



**Uniwersytet Rzeszowski**  
**Kolegium Nauk Medycznych**

**mgr Bogumiła Pniak**

**Ocena skuteczności rehabilitacji ręki z wykorzystaniem  
metod biofeedback pacjentów w okresie późnym po udarze  
mózgu**

**Promotor rozprawy doktorskiej**

dr hab. n. o zdr. prof. UR Agnieszka Guzik

**Promotor pomocniczy rozprawy doktorskiej**

dr n. o zdr. Justyna Leszczak

Rozprawa doktorska  
w dziedzinie nauk medycznych  
i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki o zdrowiu

**Rzeszów 2023**

Składam serdeczne podziękowania promotorowi  
Pani Prof. dr hab. n. o zdr. Agnieszce Guzik,  
za pomoc i udzielenie niezwykle cennych wskazówek  
oraz wyrozumiałość i wsparcie  
merytoryczne podczas przygotowywania pracy

Serdecznie dziękuję promotorowi pomocniczemu  
Pani dr n. o zdr. Justynie Leszczak, za opiekę merytoryczną  
oraz udzielenie konstruktywnych uwag podczas realizacji badań

Pracę dedykuję mojej rodzinie i przyjaciołom

## Spis treści

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Wykaz skrótów .....                                                                              | 4  |
| Wstęp .....                                                                                      | 6  |
| 1. Udar mózgu.....                                                                               | 8  |
| 1.1. Definicja.....                                                                              | 8  |
| 1.2. Epidemiologia .....                                                                         | 8  |
| 1.3. Etiologia i podział .....                                                                   | 11 |
| 1.4. Czynniki ryzyka .....                                                                       | 15 |
| 1.5. Problemy kliniczne .....                                                                    | 18 |
| 1.6. Leczenie i rehabilitacja po udarze mózgu.....                                               | 22 |
| 1.6.1. Rehabilitacja ręki u pacjentów po udarze mózgu .....                                      | 29 |
| 1.6.2. Biofeedback – definicja, zastosowanie .....                                               | 35 |
| 1.6.2.1. Rehabilitacja z wykorzystaniem metod biofeedback po udarze<br>mózgu.....                | 37 |
| 1.7. Przegląd piśmiennictwa .....                                                                | 42 |
| 2. Cel pracy .....                                                                               | 44 |
| 3. Materiał i metody .....                                                                       | 45 |
| 3.1. Charakterystyka badanych .....                                                              | 45 |
| 3.2. Przebieg badania .....                                                                      | 48 |
| 3.3. Metody oceny badanych .....                                                                 | 50 |
| 3.4. Metody rehabilitacji .....                                                                  | 52 |
| 3.5. Metody statystyczne.....                                                                    | 54 |
| 3.5.1. Wielkość próby .....                                                                      | 55 |
| 4. Wyniki.....                                                                                   | 56 |
| 4.1. Analiza efektów rehabilitacji .....                                                         | 56 |
| 4.1.1. Siła chwytu ręki i ścisku palców .....                                                    | 56 |
| 4.1.2. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego.....                                   | 60 |
| 4.1.3. Sprawność manualna ręki za pomocą testu Box and Blocks .....                              | 64 |
| 4.1.4. Funkcja chwytnej ręki wg skali Franchay.....                                              | 66 |
| 4.1.5. Funkcja motoryczna ręki wg Fugl–Meyer Motor Assessment Scale<br>for Upper Extremity ..... | 66 |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.6. Sprawność w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel .....                        | 67  |
| 4.1.7. Strona zajęta i niezajęta.....                                                                    | 68  |
| 4.1.8. Niedowład prawostronny i lewostronny .....                                                        | 75  |
| 4.1.9. Dominacja kończyny górnej .....                                                                   | 80  |
| 4.2. Zależność pomiędzy funkcją motoryczną ręki a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego..... | 86  |
| 4.3. Wpływ wybranych czynników na efekty rehabilitacji – analiza regresji logistycznej .....             | 89  |
| 5. Dyskusja.....                                                                                         | 106 |
| 6. Wnioski .....                                                                                         | 122 |
| 7. Streszczenie w języku polskim .....                                                                   | 123 |
| 8. Streszczenie w języku angielskim.....                                                                 | 125 |
| 9. Piśmiennictwo.....                                                                                    | 127 |
| 10. Aktywność naukowa Osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora.....                               | 148 |
| 11. Wykaz rycin .....                                                                                    | 150 |
| 12. Wykaz tabel.....                                                                                     | 151 |
| 13. Aneks .....                                                                                          | 158 |
| 13.1. Załącznik 1. Świadoma zgoda pacjenta .....                                                         | 158 |
| 13.2. Załącznik 2. Karta badania pacjenta .....                                                          | 159 |
| 13.3. Załącznik 3. Zgoda Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego na przeprowadzenie badań .....   | 161 |

## Wykaz skrótów

AHA – Amerykańskie Towarzystwo Kardiologiczne (z ang. *American Heart Association*)

ARR – robot do rehabilitacji kończyny górnej (z ang. *Arm Rehabilitation Robot*)

ASA – Amerykańskie Stowarzyszenie Udarowe (z ang. *American Stroke Association*)

BMI – wskaźnik masy ciała (z ang. *Body Mass Index*)

CAVE – środowisko wirtualnej rzeczywistości w formie projekcji wewnątrz sześciennego pomieszczenia, tzw. wirtualna jaskinia (z ang. *Cave Automatic Virtual Environment*)

CIMT – terapia wymuszonej aktywności (z ang. *Constrain Induced Movement Therapy*)

CIS – dokonany udar mózgu (z ang. *Complete Ischemic Stroke*)

DALY – utracone lata życia skorygowane niepełnosprawnością (z ang. *Disability Adjusted Life Years*)

EEG – elektroencefalografia

EMG – elektromiografia

FES – funkcjonalna elektrostymulacja

GBD – Raport Globalnego Obciążenia Chorobami (z ang. *Global Burden of Diseases*)

GSR – reakcja skórno-galwaniczna (z ang. *Galvanic Skin Response*)

HR – częstość akcji serca (z ang. *Heart Rate*)

HRV – zmienność rytmu serca (z ang. *Heart Rate Variability*)

LACI – lakunarny udar mózgu (z ang. *Lacunar Infarct*)

NDT Bobath – leczenie neurorozwojowe (z ang. *Neurodevelopmental Treatment*)

NMES – nerwowo-mięśniowa stymulacja elektryczna (z ang. *Neuromuscular Electrical Stimulation*)

OUN – ośrodkowy układ nerwowy

PACI – udar niedokrwieny mózgu w obszarze przedniej lub środkowej gałęzi tętnicy (z ang. *Partial Anterior Circulation Infarct*)

PND – postępujący udar mózgu (z ang. *Progressive Neurological Deficyt*)

PNF – prioprioceptywne torowanie nerwowo-mięśniowe (z ang. *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation*)

POCI – udar mózgu unaczynienia tylnego (z ang. *Posterior Circulation Infarct*)

RIND – odwracalny udar mózgu (z ang. *Reversible Ischemic Neurological Deficyt*)

SAH – krwotok podpajęczynówkowy (z ang. *Subarachnoid Haemorrhage*)

TACI – udar mózgu przedniego unaczynienia (z ang. *Total Anterior Cerebral Infarct*)

TENS – przezskórna stymulacja nerwowo-mięśniowa (z ang. *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*)

TIA – przejściowy atak niedokrwieny (z ang. *Transient Ischemic Attack*)

VR – wirtualna rzeczywistość (z ang. *Virtual Reality*)

WHO – Światowa Organizacja Zdrowia (z ang. *World Health Organisation*)

## Wstęp

Udar mózgu według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, z ang. *World Health Organisation*) jest zespołem klinicznych objawów, charakteryzującym się nagłym wystąpieniem zaburzeń czynności mózgu utrzymującym się dłużej niż 24 godziny, a przyczyna jest naczyniowa. Udar mózgu stanowi poważny problem społeczny, gdyż jest jedną z główną przyczyn niepełnosprawności i umieralności. Światowa Organizacja Zdrowia szacuje, że na udar mózgu na świecie zapada 17 mln osób rocznie, w tym 5 mln osób umiera [1,2,3].

Udar mózgu jest najczęstszą przyczyną zgonów i długotrwałej niepełnosprawności wśród dorosłych. Pomimo rozwoju metod leczenia, zasięg tego problemu wciąż wzrasta. Jednym z najczęstszych następstw udaru mózgu jest niedowład połowiczy. Deficyty występujące w ręce dotyczą około 50–70% pacjentów w ostrej fazie oraz 40% w fazie przewlekłej [4,5,6]. Upośledzenie ręki utrudnia wykonywanie czynności dnia codziennego, korzystanie z komputera, kierowanie pojazdami, kontakt z najbliższym otoczeniem. Przykłada się dużą uwagę do usprawniania funkcji ręki, ale mimo to leczenie i rehabilitacja są długotrwałe i nie dają gwarancji pełnego powrotu do sprawności. Terapia ręki niedowładnej uważana jest za najtrudniejszą część procesu usprawniania pacjentów po udarze mózgu, a powrót jej funkcji często następuje dopiero w końcowym etapie postępowania fizjoterapeutycznego [7,8].

Ciągle szuka się nowych rozwiązań i sposobów rehabilitacji osób po udarze mózgu. Badania wskazują, że w celu poprawy utraconych funkcji sensomotorycznych, korzystne jest wprowadzanie terapii wirtualnej z metodami biofeedbacku [9,10,11,12]. Biofeedback jest terapią behawioralną, odnoszącą się do procesów zachodzących w organizmie. Jest to tzw. zewnętrzna informacja zwrotna, która uczy pacjenta prawidłowej kontroli wykonywanych czynności [13].

Dostępne w literaturze badania koncentrują się przede wszystkim na ocenie efektów biofeedbacku w zakresie reedukacji chodu czy równowagi [14,15,16,17,18]. Natomiast poprawa oraz odtwarzanie funkcji ręki niedowładnej jest jednym z głównych założeń w powrocie do życia codziennego [19,20]. Ważnym tematem jest więc zbadanie oceny efektów rehabilitacji ręki z wykorzystaniem metod biofeedback u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu.

W literaturze krajowej odnajdujemy publikacje o tematyce usprawniania kończyny górnej głównie za pomocą klasycznej rehabilitacji w okresie ostrym po udarze mózgu [21]. Niektóre badania odnoszą się do okresu późnego, ale nadal jest to rehabilitacja z wykorzystaniem ćwiczeń z terapeutą (ćwiczenia bierne i czynne, terapia zajęciowa, prioprioceptywne torowanie nerwowo-mięśniowe (PNF, z ang. *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation*), leczenie neurorozwojowe (NDT Bobath, z ang. *Neurodevelopmental Treatment*) oraz fizykoterapii [21,22]. Natomiast w literaturze światowej dostępne są sprzeczne doniesienia w zakresie omawianej tematyki. Niektóre badania dowodzą, że zastosowanie urządzeń zrobotyzowanych korzystnie wpływa na poprawę funkcji motorycznej kończyny górnej [23,24]. Inne doniesienia z kolei niejednoznacznie potwierdzają korzyści terapią z robotami w przywracaniu sprawności ruchowej w stawie barkowym i łokciowym [25].

Reasumując, na podstawie przeglądu literatury krajowej można stwierdzić, iż temat odtwarzania funkcji ręki u pacjentów po udarze mózgu z wykorzystaniem urządzeń z funkcją biofeedback jest, jak dotąd, zaniedbany. Dostępne są jedynie nieliczne doniesienia światowe analizujące rehabilitację kończyny górnej po udarze mózgu. Prowadzone do tej pory badania skupiają się na kończynie górnej (staw barkowy i łokciowy), nie podejmując tematu samej ręki i jej sprawności manualnej. Zasadne jest więc dokonanie dalszych badań w jednorodnej grupie pacjentów po udarze mózgu w celu oceny efektów rehabilitacji ręki z wykorzystaniem metod biofeedback. Założono, iż uzyskane wyniki pozwolą na opracowanie programów rehabilitacyjnych dla pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu oraz na potwierdzenie lub podważenie skuteczności klinicznej metod biofeedback w rehabilitacji ręki niedowładnej.

## **1. Udar mózgu**

### **1.1. Definicja**

Udar mózgu według WHO to „zespół kliniczny charakteryzujący się nagłym wystąpieniem objawów ogniskowego, a czasem uogólnionego zaburzenia czynności mózgu bądź prowadzący do śmierci, trwający dłużej niż 24 godziny i niemający innej przyczyny niż naczyniowa” [26,27,28].

Wprowadzenie nowych metod badawczych spowodowało, że w 2013 roku Amerykańskie Stowarzyszenie Kardiologiczne/Amerykańskie Stowarzyszenie Udarowe (AHA/ASA, z ang. *American Heart Association/American Stroke Association*), zaproponowało nową definicję. Według niej niedokrwienny udar mózgu powinien być rozpoznany, gdy wystąpią „ostre objawy ogniskowego uszkodzenia mózgu, rdzenia kręgowego lub siatkówki przez co najmniej 24 godziny lub prowadzące do zgonu” [29].

Natomiast przejściowy atak niedokrwienny (TIA, z ang. *Transient Ischemic Attack*) to „przemijający epizod zaburzeń neurologicznych spowodowany ogniskowym niedokrwieniem mózgu, rdzenia kręgowego lub siatkówki bez ostrego zawału”. Objawy utrzymują się kilkanaście minut i nie przekraczają 24 godzin [29]. ASA/AHA uważa, że można dopuścić zamiennie termin „ostry zespół mózgowo-naczyniowy” w przypadku wystąpienia nagłych objawów naczyniowych w pierwszej dobie. Termin ten ma uwzględniać objawy TIA oraz dokonany udar mózgu [30].

### **1.2. Epidemiologia**

Udar mózgu to problem światowy. Jest drugą najczęstszą przyczyną zgonów na świecie po chorobie niedokrwiennej serca i często wiąże się z różnymi odległymi konsekwencjami fizycznymi i neuropsychologicznymi [31,32,33]. Pomimo obserwowanego w ostatnich latach spadku śmiertelności z powodu udaru mózgu, globalne obciążenie udarem mózgu wzrasta [34,35,36].

W 2010 roku dokonano analizy 58 badań w krajach wysoko rozwiniętych oraz 61 w krajach o niskim i średnim dochodzie. Na całym świecie odnotowano 11,5 mln przypadków udarów mózgu. W krajach wysokorozwiniętych nastąpił spadek wskaźnika

zapadalności na udary mózgu, np. w 2010 roku w Stanach Zjednoczonych odnotowano najmniejszą umieralność z powodu krwotocznego udaru mózgu (9,64/100 tys.), a w Mongolii (210,56/100 tys.) odnotowano największą umieralność z tego powodu. Na udary niedokrwienne w 2010 roku najrzadziej zapadali Włosi (71,2/100 tys.), Holendrzy (83,5/100 tys.), Francuzi (83,6/100 tys.) oraz mieszkańcy Wielkiej Brytanii. Najczęściej natomiast zapadali Estończycy (479,2/100 tys.) i Litwini (434,0/100 tys.) [37].

Raport Globalnego Obciążenia Chorobami (GBD, z ang. *Global Burden of Diseases*) z 21 regionów świata z 2017 roku przedstawia dane (1990–2017) dotyczące zachorowalności i śmiertelności związane z udarem mózgu. Odnotowano 11,9 mln incydentów udarowych oraz 6,2 mln przypadków wystąpienia udaru mózgu, które zakończyły się śmiercią [38].

Dane GBD z 2019 roku wskazują, że udar mózgu pozostał drugą przyczyną śmiertelności i kalectwa na świecie, a liczba osób żyjących z niepełnosprawnością związaną z przebytym udarem mózgu (DALY, z ang. *Disability Adjusted Life Years*) wzrosła z 91,5 mln (1990r.) do 143 mln (2019 r.) Wzrost zapadalności populacji na udar mózgu związany jest ze wzrostem czynników ryzyka, takich jak: wysoki wskaźnik masy ciała (BMI, z ang. *body mass index*), niska aktywność fizyczna, wysoki poziom glukozy czy zwiększone spożycie alkoholu [39].

Szacuję się, że globalne koszty związane z występowaniem udaru mózgu to około 721 miliardów dolarów. Jak podaje Światowa Organizacja Udaru oraz GBD w raporcie z 2022 roku obciążenie udarem mózgu, w krajach o niższych dochodach, wzrosło [40].

Jeżeli chodzi o sytuację związaną z udarem niedokrwiennym mózgu, najgorzej kształtuje się ona w Europie Wschodniej. W latach 1990–2005 nastąpił wzrost liczby zgonów spowodowanych niedokrwiennym udarem mózgu, po 2005 roku liczba ta zaczęła spadać. Natomiast w Europie Centralnej (w tym w Polsce) zaobserwowano wzrost zapadalności na tę chorobę. W Polsce od 1997 roku zapadalność na udar mózgu rośnie i w 2017 roku kształtowała się na poziomie ok. 69/100 tys. ludności [41]. W Czechach oraz Słowacji odnotowuje się większy odsetek zapadalności na udar niedokrwienny mózgu niż w Polsce. Natomiast w Niemczech wskaźnik śmiertelności i DALY jest niższy niż w Polsce, ale wyższy od wskaźnika Unii Europejskiej [41].

W 2017 roku w Unii Europejskiej zanotowano 1,12 mln. udarów mózgu. Przypuszcza się, że w 2047 będzie o 40 tys. udarów mózgu więcej. Największy wzrost

zapadalności na udar mózgu przewiduje się na Litwie (średnia roczna zmiana procentowa to odpowiednio 0,48% i 0,7%), a największy spadek w Portugalii (-1,57% i -1,3%) [42].

Badania przeprowadzone w Holandii na grupie pacjentów (1998–2010) wykazały, że częstość występowania udaru wzrasta wraz z wiekiem. W grupie pacjentów w wieku 18–44 lat zapadalność na udar mózgu w ciągu dekady zwiększyła się o 23% i jest większa u kobiet [43].

Analiza danych przedstawionych przez Scott i wsp. wykazała również wzrost występowania udarów mózgu w młodszym wieku, co rodzi potrzebę znalezienia lepszej metody ich zapobiegania [44].

Pierwsze przeprowadzone badanie w Polsce w latach 1984–1987 pokazały, że zapadalność na udar mózgu u mężczyzn wynosił 171/100 tys., a u kobiet 85–90/100 tys. W 2010 roku wg. danych GBD zapadalność na pierwszy udar mózgu wynosiła 173,2/100 tys., gdy jeszcze 20 lat wcześniej wynosiła 186,6/100 tys. Dane z 2013 roku Europejskiego Urzędu Statystycznego przedstawiały, że w Polsce z powodu chorób naczyń mózgowych (uwzględniając udary mózgu) zmarło ok. 33 tys. osób [45].

Wysokie wskaźniki zapadania na udar mózgu w Polsce i na świecie świadczą o potrzebie prowadzenia działań profilaktycznych. Jak wskazują dane Ministerstwa Zdrowia z 2018 roku, w województwie małopolskim odnotowano wskaźnik chorobowości szpitalnej od 175,6 na 100 tys., do 238,7 na 100 tys. w lubuskim. Szczyt zapadalności na udar mózgu przypada na 65 lat, ale do dużego wzrostu dochodzi już około 54 roku życia [46]. Dane Narodowego Funduszu Zdrowia z 2019 roku pokazują, że 23% osób po przebytym udarze mózgu umiera po około 90 dniach od opuszczenia szpitala, kolejne 30% w ciągu pierwszego roku [41].

Statystyki wskazują, że na udar mózgu częściej narażeni są mężczyźni (177,3/100 tys.) niż kobiety (125/100 tys.). Zapadalność na udar mózgu w Polsce jest na średnim poziomie europejskim, natomiast gorzej przedstawiają się dane związane z umieralnością pacjentów na udar mózgu i jest to 106,4/100 tys. u mężczyzn i 78,7/100 tys. u kobiet.

Współczynnik umieralności w Polsce jest jednym z najwyższych w Europie (40%), a współczynnik niepełnosprawności to 70%, gdy w krajach wysokorozwiniętych stanowi 50% [47]. Dane Narodowego Towarzystwa Udaru Mózgu pokazują, że u 10% osób, które przeżyły udar mózgu, całkowicie powracają funkcje ruchowe oraz stan

psychiczny sprzed incydentu. Minimalna strata sprawności ruchowych występuje u ok. 25% osób, a aż 40% przypadków wymaga aktywnej rehabilitacji [48].

Obniżenie śmiertelności po wystąpieniu udaru mózgu związane jest z profilaktyką, przeorganizowaniem diagnostyki i rehabilitacji, stworzeniem pododdziałów udarowych. Dzięki temu liczba zgonów w okresie ostrym znacznie się zmniejszyła. Prowadzi się edukację chorych, specjalistyczną rehabilitację. Niestety niektórzy pacjenci wymagają rehabilitacji do końca życia [26].

### **1.3. Etiologia i podział**

Udar mózgu to stan, podczas którego wystąpiły „nagłe ogniskowe objawy neurologiczne w wyniku zaburzeń krążenia mózgowego przez niedokrwienie lub krwotok” [26]. Udary mózgu dzielimy na:

- niedokrwienne – ok. 80%,
- krwotoki śródmózgowe –10–15%,
- krwotoki podpajęczynówkowe – 5–10%,
- udary żyłne – 0,5–1% [49].

Niedokrwienno udar mózgu to ogniskowa utrata czynności mózgu trwająca powyżej 24 godzin. Związane jest to z brakiem zaopatrywania w krew i może odbywać się na poziomie hemodynamicznym, mieć charakter zatorowy lub zakrzepowy. Może być spowodowany różnymi schorzeniami serca, naczyń i krwi [5].

Udar mózgu o hemodynamicznym podłożu wynika ze znacznego stopnia zwężenia tętnic, które zaopatrują mózgowie. W przypadku udarów niedokrwienno mózgu ok. 25% jest to przyczyna pochodzenia serowego. W tabeli 1 przedstawiono przyczyny sercowe wystąpienia zatorów mózgu [5].

Tabela 1. Przyczyny zatorów mózgu pochodzenia sercowego [5,50].

| <b>Przyczyny sercowe wystąpienia zatorów mózgu</b> |
|----------------------------------------------------|
| Zwężenie zastawki dwudzielnej                      |
| Zaburzenie rytmu serc                              |
| Wypadanie płątka dwudzielnej zastawki              |
| Zawał mięśnia sercowego                            |
| Śluzak serca                                       |
| Choroby zastawek                                   |
| Kardiomiopatie                                     |
| Zakrzepowo-zapalne zmiany żył kończyn dolnych      |

Zwężenie bądź całkowite zamknięcie światła naczyń spowoduje niedokrwienie mózgu. Będzie to przyczyniać się do powstania zmiany na poziomie komórkowym i molekularnym, prowadząc tym samym do śmierci komórek nerwowych [26].

Ze względu na dynamikę niedokrwienne udary mózgu dzielimy na:

- przejściowy atak niedokrwienny (TIA),
- odwracalny udar mózgu (RIND, z ang. *Reversible Ischemic Neurological Deficyt*),
- postępujący udar mózgu (PND, z ang. *Progressive Neurological Deficyt*),
- dokonany udar mózgu (CIS, z ang. *Complete Ischemic Stroke*) [51,52].

Ze względu na lokalizację udar niedokrwienny dzielimy na:

- udar mózgu przedniego unaczynienia (TACI, z ang. *Total Anterior Cerebral Infarct*),
- lakunarny udar mózgu (LACI, z ang. *Lacunar Infarct*),
- udar niedokrwienny mózgu w obszarze przedniej lub środkowej gałęzi tętnicy (PACI, z ang. *Partial Anterior Circulation Infarct*),
- udar mózgu unaczynienia tylnego (POCI, z ang. *Posterior Circculation Infarct*) [49].

Około 15% udarów niedokrwiennych mózgu poprzedza wystąpienie TIA. Jest to incydent trwający kilka minut, a objawy pojawiają się nagle [5]. W przypadku zajęcia tętnicy szyjnej będzie dochodzić do niedowładów połowicznych, afazji lub zaburzenia połowiczego czucia. TIA w obrębie tętnic kręgowych lub podstawnych będą objawiać

się zawrotami głowy, utratą przytomności, dyzartrią, niedowładem połowicznym lub obustronnym. Niekiedy będzie się objawiać jako nagły upadek (*drop attack*) spowodowany zwiotczeniem mięśni kończyn. Powodem występowania TIA są niewielkie zatory powstałe w świetle naczynia bądź oderwania od ścian dużych naczyń [51].

Zatokowy udar mózgu powstaje w wyniku zatkania niewielkich tętnic mózgu. Główną przyczyną jest nadciśnienie tętnicze, cukrzyca, hipercholesterolemia. Stanowią one ok. 25% udarów niedokrwiennych mózgu. Najczęściej występujące kliniczne postacie tego udaru mózgu przedstawiono w tabeli 2 [49,52].

Tabela 2. Najczęściej występujące zespoły kliniczne udaru mózgu zatokowego [49].

| <b>Lokalizacja ogniska niedokrwiennego</b>                                                     | <b>Objawy</b>                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tylna torebka wewnętrzna<br>Wieniec promienisty<br>Brzuszna część mostu                        | Niedowład lub porażenie połowicze po przeciwnej stronie do ogniska                             |
| Most<br>Tylna odnoga torebki wewnętrznej                                                       | Niedowład połowiczny<br>Ataksja                                                                |
| Podstawna część mostu<br>Odnoga przednia lub kolano torebki wewnętrznej<br>Wieniec promienisty | Dyzartria<br>Dysfagia<br>Niedowład twarzowo-ramieniowy<br>Niezdolność do wykonywania czynności |
| Wzgórze<br>Torebka wewnętrzna lub śródmózgowie                                                 | Niedoczulica połowicza                                                                         |
| Wzgórze<br>Torebka wewnętrzna przylegająca do wzgórza<br>Boczna część mostu                    | Mieszany deficyt czuciowo-ruchowy                                                              |

Udar krwotoczny mózgu powstaje, gdy krew wynaczyni się do struktur mózgu [53]. Na poziomie mikrokrażenia dochodzi do licznych zaburzeń, w tym do migracji tkanek zapalnych, które gromadzą się w tkance mózgowej oraz środkowej warstwie ściany naczyń. Zachodzący proces powoduje wtórne niedokrwienie. Zwiększa to możliwość wystąpienia zatoru [26,27,53].

Ze względu na podział kliniczny udaru krwotocznego mózgu wyróżniamy:

- krwotok do półkul mózgu,
- krwotok do pnia mózgu,
- krwotok do mózdzku.

Najczęstszym czynnikiem ryzyka wystąpienia krwotocznego udaru mózgu jest nadciśnienie tętnicze [51]. Związane jest to z pęknięciem tętnicy położonej w mózgu. Krwotok lokalizuje się często w podstawie, mózdzku, wzgórzu, moście i rozwija się w ciągu 30–90 minut. U pacjentów, którzy nie cierpią na nadciśnienie, wystąpienie krwotoku związane jest z krzepnięciem krwi, występowaniem nowotworów lub malformacji naczyń [54].

Podpajęczynówkowy udar mózgu (SAH, z ang. *subarachnoid hemorrhage*) powstaje poprzez nagromadzeniem się krwi między oponą pajęczą a oponą mięką. Czasem krwawienie pojawia się nagle i związane jest to z pęknięciem tętniaka, który jest wrodzony. Wskutek krwawienia zaburzeniu może ulec prawidłowa cyrkulacja płynu mózgowo-rdzeniowego oraz nastąpić nagły wzrost ciśnienia śródczaszkowego [54,55]. Bezobjawowe tętniaki stanowią mniejsze zagrożenia dla pacjenta niż świeżo pęknięte. Najczęściej tętniaki zlokalizowane są w rozwidleniu tętnicy środkowej mózgu, w końcowym odcinku tętnicy wewnętrznej szyjnej i na szczycie tętnicy podstawnej. Objawy, które powodują tętniaki, związane są z uciskiem na nerwy czaszkowe lub struktury mózgu [54]. SAH częściej możemy spotkać u kobiet, u osób po urazie głowy, chorujących na anemię sierpowatą, zażywających kokainę lub z wadami wrodzonymi tętniczo-żylnymi wewnątrz czaszki [5].

#### 1.4. Czynniki ryzyka

Czynniki ryzyka udaru mózgu dzielą się na grupy. Będą to czynniki niezależne od nas, czyli niemodyfikowalne, takie jak: płeć, wiek, rasa i genetyczne uwarunkowania. Natomiast czynniki na które mamy wpływ (modyfikowalne) to: choroby serca i nadciśnienie tętnicze, alkoholizm, nikotynizm, cukrzyca, otyłość (tabela 3) [56].

Tabela 3. Czynniki ryzyka udaru mózgu [56].

| <b>Czynniki niemodyfikowalne</b> | <b>Czynniki modyfikowalne</b> | <b>Czynniki modyfikowalne samodzielnie</b> |
|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|
| Rasa                             | Cukrzyca                      | Dieta bogato tłuszczowa, otyłość           |
| Płeć                             | Nadciśnienie tętnicze         | Palenie tytoniu                            |
| Wiek                             | Zaburzenia krzepnięcia        | Brak aktywność fizycznej                   |
| Czynniki genetyczne              | Choroba wieńcowa              | Spożywanie alkoholu                        |

Jako czynnik ryzyka udaru mózgu najczęściej występuje nadciśnienie tętnicze. Chorzy z nadciśnieniem tętniczym mają 2–4 razy częściej szansę na wystąpienie udaru mózgu [49]. Występowanie nadciśnienia powoduje zmiany zwyrodnieniowe w małych

naczyniach, a to prowadzi do przerostu lewej komory serca oraz migotania przedsionków. Ryzyko wystąpienia udaru mózgu wzrasta wraz ze wzrostem ciśnienia [57]. Ciśnienie tętnicze utrzymujące się poniżej 140/90 mm Hg może do 40% obniżyć ryzyko udaru mózgu [49]. Ryzyko wystąpienia pierwszego incydentu udarowego jest większe im wyższe ciśnienie, podwaja się przy każdym 7,5 mm Hg rozkurczowego ciśnienia. W ramach prewencji wtórnej obniżenie ciśnienia krwi zmniejsza ryzyko ponownego wystąpienia udaru mózgu [5,58].

Ważnym czynnikiem wystąpienia udaru mózgu, szczególnie u osób starszych, jest migotanie przedsionków. Badania przeprowadzone w Szwecji na 100 802 chorych z migotaniem przedsionków, pokazały, że ryzyko udaru wzrasta 5-krotnie u kobiet w porównaniu do mężczyzn [59]. Udar mózgu pochodzenia kardiogennego obejmuje większe ognisko zawałowe, a rokowania są gorsze. Migotanie przedsionków przyczynia się do wzrostu udaru mózgu od 5 do 15 razy. Zastosowanie terapii przeciwkrzepliwej jest jednym z elementów profilaktyki zapobiegania udarom niedokrwinnym mózgu [49,60,61].

Zmiany patologiczne w naczyniach krwionośnych może powodować również cukrzyca, która podnosi możliwość powstania udaru mózgu nawet o 20%. Badania pokazują, że u osób z cukrzycą obserwuje się zwiększone ryzyko powikłań poudarowych, również związane ze śmiertelnością. Istotne znaczenie ma kontrola współwystępujących czynników ryzyka oraz kontrola poziomu glikemii i stężenia cholesterolu. Można to osiągnąć nie tylko w sposób farmakologiczny, ale również przez regularną aktywność fizyczną, kontrolę masy ciała i ciśnienia krwi [62,63,64].

Kolejnym ważnym czynnikiem ryzyka udaru mózgu są zaburzenia lipidowe. Prowadzone badania nie wykazały wyraźnego odniesienia, iż podwyższone stężenie cholesterolu w organizmie wpływa znacząco na częstotliwość wystąpienia udaru mózgu [65,49]. Badania pokazują jednak, że ryzyko udaru niedokrwinnego wzrasta 2,5 razy przy cholesterolu podniesionym do 280 mg%, natomiast ryzyko udaru krwotocznego zmniejsza się 3 razy przy poziomie 160 mg% cholesterolu [26]. Tu również ważną rolę odgrywa aktywność fizyczna, odpowiednia dieta wzbogacona w kwasy omega3. Badania „Stroke Prevention by Aggressive Reduction In Cholesterol Levels” potwierdzają, że stosownie leków (statyn), które regulują poziom cholesterolu we krwi znacząco obniża występowanie udarów oraz innych incydentów sercowo-naczyniowych. Stosowanie statyny jest korzystne u tych osób, których stężenie LDL>190mg/dl [26,49,54].

Czynnikiem związanym ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia udaru mózgu jest otyłość. Badania przeprowadzone z wykorzystaniem BMI wykazują, że każdy wzrost tego wskaźnika o jedną jednostkę powoduje wzrost ryzyka wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu o 5%. Istotnym elementem profilaktyki w walce z udarem mózgu u pacjentów z otyłością jest przede wszystkim utrata masy ciała [64,66,67]. Redukcja masy ciała oparta jest na prawidłowej i zbilansowanej diecie. Ważne by ograniczyć spożycie soli (3 g max.), która zwiększa ryzyko nadciśnienia, spożywać owoce i warzywa, pełnoziarniste produkty oraz ryby [5].

Ryzyko udaru mózgu 3-krotnie zwiększa się w grupie kobiet palących papierosy, szczególnie w grupie 25–45 lat. Palenie papierosów powoduje nieodwracalne uszkodzenie ścian naczyń i powstawanie zmian miażdżycowych, zakrzepów i zwiększenia lepkości krwi [26]. Bierni palacze również są narażeni na zwiększenie ryzyka wystąpienia udaru mózgu [68]. Badania wskazują, iż zaniechanie palenia zmniejszyłoby o 10% wystąpienie wszystkich udarów mózgu [5].

Nadużywanie alkoholu powoduje nadciśnienie tętnicze. Praca serca jest przyspieszona, ciśnienie krwi wzrasta, a organizm może być odwodniony. Czynniki te zwiększają zdecydowanie możliwość wystąpienia udaru krwotocznego mózgu [64].

Czynniki ryzyka, które są swoiste tylko dla kobiet to:

- menopauza,
- terapia hormonalna,
- ciąża,
- doustne środki antykoncepcyjne,
- migrena z aurą [59].

Zwiększona zapadalność na niedokrwienny udar mózgu u kobiet związana jest ze zmianami hormonalnymi w czasie okołomenopauzalnym. Bardzo szybko spada stężenie estrogenów przy wolniejszym spadku testosteronu, co natomiast prowadzi do podwyższenia androgenów w organizmie kobiety. Terapia hormonalna, która powinna pomagać w okresie menopauzalnym, powoduje wzrost ryzyka wystąpienia udaru mózgu u kobiet. Dane pochodzące z badań Inicjatywa Zdrowia Kobiet (Women's Health Initiative) pokazały, że ryzyko udaru niedokrwiennego mózgu u kobiet wzrasta o 44% przy stosowaniu terapii hormonalnej [59].

Innym czynnikiem ryzyka, który może spowodować wystąpienie udaru mózgu u kobiet jest ciąża. Wzrost ryzyka pojawia się w trzecim trymestrze i okresie okołoporodowym. Ryzyko to powodują fizjologiczne zmiany w ciąży. Związane jest

to ze zmniejszonym tężeniem czynników przeciwzakrzepowych, zastojem krwi żyłnej i odwodnieniem. O 6 do 9 razy wzrasta ryzyko wystąpienia udaru mózgu, gdy ciężarna kobieta ma nadciśnienie tętnicze, a w stanach przedrzucawkowych ryzyko to jest większe jeszcze przez rok po urodzeniu dziecka. Mniejsze ryzyko wystąpienia udaru mózgu jest u kobiet stosujących doustne środki antykoncepcyjne (1,4–2-krotnie) niż w czasie ciąży [69].

Wytyczne AHA/ASA zalecają rzucenie palenia kobietom, u których występuje migrena z aurą. Choroba ta zwiększa dwukrotnie pojawienie się udaru krwotocznego i niedokrwienego mózgu [49].

Również czynniki genetyczne będą zwiększać ryzyko wystąpienia udaru mózgu. Osoby ciemnoskóre częściej zapadają na udar mózgu, tak samo jak osoby, które już raz go przeszły [70,71]. Większym ryzykiem wystąpienia udaru obciążone są dzieci, których rodzice doświadczyli udaru. Dodatkowo obciążone są dzieci chorujące na waskulopatie, infekcje, patologiczne stany serca lub koagulopatie występujące u dzieci. Współczesna medycyna nie potrafi wpływać jeszcze na uwarunkowania genetyczne, które mogłyby być skuteczną prewencją udaru mózgu. Mając świadomość tych czynników powinniśmy regularnie kontrolować nasz stan zdrowia [72,73].

Czynniki niemodyfikowalne, czyli te, na które nie mamy wpływu, to przede wszystkim wiek. Ryzyko wystąpienia udaru mózgu wzrasta po 55 roku życia. Statystyki wskazują, że większe prawdopodobieństwo wystąpienia udaru u kobiet występuje około 18–45 roku życia, natomiast mężczyźni chorują między 45 a 70 rokiem życia. Po 70 roku życia prawdopodobieństwo jest porównywalne u obu płci [5,60,74].

### **1.5. Problemy kliniczne**

Zasadniczą kwestią udaru mózgu jest wystąpienie niewydolności krążenia mózgowego o różnej przyczynie. Objawy ogólne udaru mózgu to przede wszystkim utrata przytomności i świadomości, ból głowy z wymiotami. Dochodzi również do zaburzeń wegetatywnych funkcji organizmu [75].

Objawy kliniczne udaru mózgu to:

- drętwienie, osłabienie mięśni twarzy, czemu towarzyszy asymetria twarzy,

- osłabienie siły mięśniowej kończyn górnych lub dolnych, kończyny górnej i dolnej po tej samej stronie (niedowład jednej strony ciała),
- zaburzenia widzenia,
- zaburzenia koordynacji ruchów,
- osłabienie mięśni gardła, języka,
- utrata przytomności.

Niedowład pojawia się po przeciwnej stronie niż ognisko udarowe. Powoduje różne zaburzenia, np. w kończynach dolnych charakterystyczny chód koszący. Ognisko udarowe zlokalizowane w płatach potylicznych powoduje zaburzenia widzenia. Są to najczęściej zaburzenia jednostronne. Lokalizacja udaru mózgu w okolicy pnia mózgu może powodować podwójne widzenie łącznie z niedowładem strony przeciwnej, a w płacie potylicznym ośrodka wzrokowego tzw. ślepotę korową [56]. Udar mózgu zlokalizowany we wzgórzu będzie powodował zaburzenie powierzchownego czucia, objawiające się pieczeniem lub paleniem skóry. Zaburzenia mowy często pojawiają się z niedowładem prawostronnym półkuli dominującej. Dla osób praworęcznych półkulą dominującą jest półkula lewa (dominująca dla czynności mowy), natomiast u leworęcznych osób półkula dominująca bywa różna. Mowa jest wtedy niezrozumiała, bełkotliwa [76]. W tabeli 4 przedstawiono szczegółowo występujące objawy kliniczne związane z lokalizacją (miejsce unaczynienia) wystąpienia udaru mózgu.

Tabela 4. Objawy kliniczne w zależności od umiejscowienia ogniska udarowego ze względu na unaczynienie [49,54].

| Objawy kliniczne                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Miejsce unaczynienia<br>(wystąpienie ogniska udarowego) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Przeciwstronne porażenie połowicze<br>Połowicza niedoczulica<br>Niedowidzenie połowicze jednoimienne<br>Jedno-, dwudniowy zwrot gałek ocznych w stronę uszkodzenia<br>Dyzartria (przez osłabienie mięśni twarzy)<br>Afazja<br>Agnozja<br>Apraksja konstruktywna oraz zaniedbywanie                                                                                                                                                                   | Tętnica środkowa mózgu                                  |
| Objawy przeciwstronne<br>Opóźnienie w odpowiedzi słownej i ruchowej<br>Objawy obustronne piramidowe wraz z niedowładem i nietrzymaniem moczu                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Tętnica przednia mózgu                                  |
| Porażenie połowicze przeciwstronne<br>Połowicza niedoczulica<br>Połowicze niedowidzenie jednoimienne                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Tętnica naczyniówkowa przednia                          |
| Abulia<br>Stupor z porażeniem połowicznym<br>Połowicza niedoczulica<br>Afazja<br>Agnozja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Tętnica szyjna wewnętrzna                               |
| <b>Zespół kliniczny P1</b> (to objawy pochodzące ze śródmózgowia, wzgórza i niskowzgórza): ataksja, porażenie połowicze, przeciwstronny hemibalizm, niedowład spojrzenia w górę, senność, abulia.<br><b>Zespół kliniczny P2</b> (to objawy pochodzące z kory płata skroniowego oraz potylicznego): połowicze niedowidzenie przeciwstronne jednoimienne, zaburzenia pamięci, agnozja wzrokowa twarzy i symboli, halucynacja konarowa, ślepotą korowa. | Tętnica tylna mózgu                                     |
| Zawroty głowy<br>Drętwienie połowy twarzy (po tej samej stronie)<br>Drętwienie kończyn przeciwstronne<br>Podwójne widzenie<br>Dyzartria<br>Dysfagia<br>Nudności<br>Wymioty                                                                                                                                                                                                                                                                           | Tętnice kręgowe i tylne dolne mózdzku                   |
| Objawy dysfunkcji nerwów czaszkowych oraz mózdzku<br>Tetraplegia<br>Zawroty głowy<br>Podwójne widzenie<br>Dyzartria<br>Zaburzenia czucia połowicze<br>Zespoły czuciowe                                                                                                                                                                                                                                                                               | Tętnica podstawna                                       |

Objawem świadczącym o krwotoku podpajęczynówkowym będzie silny ból głowy, utrata przytomności, wymioty oraz sztywność karku [5,54].

Najczęstszym problemem po udarze mózgu są zaburzenia ruchowe, wynikające z uszkodzenia kory ruchowej. W pierwszym okresie występuje obniżone napięcie mięśniowe i wiotkość. Mięśnie nie mogą prawidłowo pracować. Następnie pojawia się spastyczność oraz hipertonia. Mięśnie chorego mają wygórowane odruchy ścięgnowe, a kończyny ustawiają się w wymuszonych pozycjach [75,77]. Taką wymuszoną pozycją jest postawa Wernickiego-Manna. Ramie jest przywiedzione i w rotacji wewnętrznej, przedramię w pronacji, a staw łokciowy, nadgarstkowy i palce są w zgięciu. Kończyna dolna niedowładna jest wyprostowana (rotacja zewnętrzna w biodrze, stopa końskoszpotawa). Nieprawidłowe ustawienie niedowładnej kończyny górnej niesie trudności podczas codziennych czynności, jak np. ubieranie. Przy zgiętym nadgarstku mogą pojawiać się bóle związane z cieśnią nadgarstka, natomiast zgięte palce utrudniają utrzymanie prawidłowej higieny [78].

Do najczęstszych objawów jaki pojawiają się w obrębie niedowładnej kończyny należy ból. Obejmuje on głównie staw ramienny, chociaż niektórzy pacjenci cierpią z powodu bólu w obrębie nadgarstka lub ręki. Towarzyszyć mu może również obrzęk oraz ograniczenie ruchomości w stawie. Niekiedy będzie on związany z zakłóceniami naczynioruchowymi, nietolerancją zimna lub zmianami troficznymi skóry [79].

Często w kończynie porażonej pojawia się niestabilność w stawie ramiennym. W okresie wiotkim na niestabilność stawu będzie miała wpływ siła grawitacji, natomiast w okresie spastyczności przymusowe ustawienie kończyny niekorzystnie wpływa na funkcjonowanie stawu. Złożony mechanizm znajdujący się w stawie ramiennym, może ulec nieprawidłowościom prowadzącym do podwichnięć barku, zespołu bolesnego barku i zespołu bark–ręka [79].

Badania potwierdzają, że ok. 85% pacjentów po udarze mózgu ma zaburzenia w obrębie kończyny górnej. Związane jest to z bólem, obniżoną propriocepcją, zmysłem dotyku oraz odczuwaniem temperatury [80]. Pacjenci doznający zaburzeń somatosensorycznych mają problemy, żeby prawidłowo funkcjonować w życiu codziennym, co jest związane z upośledzeniem funkcji ręki [81]. Kolejnym problemem związanym z przeżytym udarem mózgu są deficyty poznawcze, które utrudniają terapię kończyny górnej. Związane jest to z zespołem zaniedbywania jednostronnego, objawiającym się brakiem świadomości, że niedowładna kończyna istnieje [22].

Jak podaje Światowa Organizacja Udarów, w krajach rozwiniętych trwałej dysfunkcji sprawności doznaje 2/3 chorych i jest to przede wszystkim trudność w chodzeniu, a 30% posiada ciężki stopień niesprawności ruchowej. Badania analizujące siłę mięśniową w kończynie górnej po udarze mózgu, wykazują spadek siły o ok. 39%. Największe osłabienie siły mięśniowej zauważono w ruchach zgięcia oraz rotacji zewnętrznej stawu ramiennego, a także w grzbietowym zgięciu nadgarstka [75,77].

### **1.6. Leczenie i rehabilitacja po udarze mózgu**

Bardzo ważnym elementem leczenia udaru mózgu jest jego szybkie rozpoznanie już w początkowym okresie oraz szybkie wdrożenie prawidłowych działań terapeutycznych. Istotne będzie udzielenie pierwszej pomocy i transport do placówki medycznej wykwalifikowanej w leczeniu udarów mózgu. Ważnym czynnikiem dobrego rokowania leczenia jest czas [30,49,82].

Wczesna faza udaru mózgu (stan ostry) to czas od pojawienia się objawów do siódmej doby. Dobre rezultaty leczenia udaru mózgu można osiągnąć w pierwszych godzinach wystąpienia objawów choroby. Mówi się tu o tzw. „złotej godzinie udarowej”. W ostrej fazie leczenie powinno być ukierunkowane na ograniczenie uszkodzeń, a także zapobieganiu pogorszenia się stanu klinicznego chorego. W przypadku udaru niedokrwiennego głównym celem jest poprawa perfuzji mózgowej w obszarze niedokrwiennym [5,54]. Istotnym elementem opieki nad pacjentem jest ciągle monitorowanie parametrów, takich jak ciśnienie tętnicze, częstość akcji serca, częstość oddechów, temperatura, poziom glikemii oraz saturacja tlenem [54]. Najnowsze badania wykazały, że wczesna rehabilitacja, a w szczególności terapia ruchowa podjęta w ciągu dwóch tygodni jest dla pacjentów po udarze mózgu niezwykle korzystna [83].

Najbardziej standardowym leczeniem udaru mózgu jest leczenie farmakologiczne, które ma za zadanie utrzymanie funkcji życiowych, zapobieganie zaburzeniom gospodarki kwasowo-zasadowej i wodno-elektrolitycznej, a w przypadku obrzęku mózgu leczenie przeciwoobrzękowe [84].

U pacjentów, u których wystąpił udar niedokrwienny mózgu, powinno się jak najwcześniej podać leki przeciwplatekcyjne, natomiast w przypadku udaru zatorowego – leki antykoagulacyjne (przeciwwskrzepowe) [56].

Leczenie trombolityczne polega na podaniu leku rozpuszczającego skrzep zamykający światło naczynia jak najszybciej od wystąpienia udaru. Podanie leków trombolitycznych obowiązuje w tzw. „oknie terapeutycznym”. W Polsce jest to do ok. 6 godzin od wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu. W innych krajach, jak np. Japonia, Stany Zjednoczone czy Australia, są to 3 godziny od wystąpienia udaru mózgu. Wykonanie trombektomii mechanicznej do 6 godzin od wystąpienia objawów udaru mózgu powoduje ustąpienie objawów neurologicznych [56]. Leczenie trombolityczne jest efektywne, jeżeli odpowiednio szybko zostanie zastosowane, niestety występują liczne przeciwwskazania ogólne medyczne do zastosowania tej formy leczenia. Alternatywą leczenia ostrej fazy udaru mózgu, będzie tromboliza celowana, angioplastyka z implantacją stentu w naczyniu tętniczym [85].

Leczenie przeciwwskrzepowe stosuje się przede wszystkim we wtórnej profilaktyce udarowej. Jedynym potwierdzonym przez badania International Stroke Trial i ChineseAcuteStroke Trial działającym lekiem przeciwplatekowym okazała się aspiryna. Badania potwierdziły jej skuteczność w leczeniu ostrej fazy niedokrwiennego udaru mózgu [54]. Stosowanie heparyny nie daje tak pozytywnych rezultatów jak aspiryna, natomiast powoduje zwiększenie częstotliwości krwawień. Badania kliniczne nie zalecają stosowania heparyny w przypadku udaru mózgu o podłożu miażdżycowym. Należy ją stosować w profilaktyce zakrzepicy żył głębokich [49,54].

Trombektomie mechaniczną stosuje się, gdy w przebiegu udaru mózgu występuje niedrożność dużych tętnic. Badania potwierdziły skuteczność tej metody w ostrej fazie udaru niedokrwiennego mózgu oraz jej bezpieczeństwo również dla pacjentów, którzy wcześniej otrzymali leki dożylnie [54].

Randomizowane badania potwierdzają skuteczność leczenia neurochirurgicznego, mające na celu wykonanie hemikraniektomii. Zabieg ten zwiększa znacznie szanse przeżycia pacjenta oraz zmniejsza stopień jego niepełnosprawności [49].

Bardzo ważnym elementem poprawy funkcjonalnej po przebytych udarach mózgu jest rehabilitacja. Jak podaje WHO „rehabilitacja jest procesem, który ma na celu umożliwienie osobom niepełnosprawnym osiągnięcie i utrzymanie optymalnego poziomu funkcjonowania w sferze fizycznej, zmysłowej, intelektualnej i społecznej.

Rehabilitacja dostarcza osobom niepełnosprawnym narzędzi potrzebnych do osiągnięcia niezależności i samostanowienia” [86]. Kompleksową rehabilitację należy zacząć jak najwcześniej. Powinna ona rozpocząć się po uzyskaniu stabilnego stanu pacjenta. Wczesne działania rehabilitacyjne umożliwiają pojawianie się nowych czynnościowych obszarów w częściach uszkodzonych ośrodkowego układu nerwowego. Wczesna rehabilitacja powinna być prowadzona pod nadzorem wysoko wykwalifikowanego zespołu medycznego (lekarz specjalista neurolog, fizjoterapeuta, psycholog, logopeda, pielęgniarka) [87,88].

Dzięki pracy wyspecjalizowanego zespołu terapeutycznego zmniejsza się ryzyko zgonu w ciągu roku od momentu zachorowania. Badania podają również o zmniejszeniu prawdopodobieństwa zgonu lub poważnej niepełnosprawności, porównując z odmiennymi sposobami wstępnej opieki udarowej [51,89]. Rehabilitacja na oddziałach udarowych skraca czas pobytu chorego w placówce. Nerozerwalną częścią rehabilitacji na oddziale udarowym jest podjęcie działań zmierzających do wypisania pacjenta ze szpitala i przekazanie go w ręce rehabilitacji środowiskowej. Środowiskowa rehabilitacja umożliwia asymilację w domowym środowisku oraz nabywanie przez pacjenta nowych zdolności w ramach czynności dnia codziennego [51].

Ważnym elementem w przebiegu rehabilitacji jest zapewnienie ciągłości opieki nad pacjentem przez interdyscyplinarny zespół, dokładne i wczesne rozpoznanie powikłań, jak najwcześniejsze zapoczątkowanie działań rehabilitacyjnych, tak by zminimalizować negatywne następstwa udaru mózgu. To również weryfikowanie postępów rehabilitacji, ułatwienie funkcjonowania dla pacjenta i jego rodziny w środowisku poprzez pomoc psychologiczną oraz edukację [51].

Rehabilitacja powinna być prowadzona tak, by pacjent mógł w możliwie największym zakresie odzyskać sprawność sprzed choroby lub osiągnąć poziom niezależności [51,90]. Należy uwzględnić indywidualne możliwości funkcjonalne pacjenta, jak również deficyty poznawcze, emocjonalne oraz ruchowe. Podjęcie jak najwcześniej rehabilitacji zapobiega utrwalaniu nieprawidłowych ruchów i przygotowanie chorego do samodzielnego funkcjonowania. Program rehabilitacji powinien być ukierunkowany na odzyskanie konkretnych czynności funkcjonalnych. Jest to możliwe poprzez adaptację organizmu do zmieniającego się środowiska, w oparciu o proces neuroplastyczności [87,91].

Procesy naprawcze w mózgu zachodzą w sposób spontaniczny, choć w przypadku przebytego udaru mózgu jest to nie wystarczający sposób na odzyskanie regeneracji funkcjonalnej. Badania potwierdzają, że kora mózgu zmienia swoją strukturę oraz funkcję. Dlatego tak ważne jest prowadzenie skutecznej rehabilitacji [5,92].

W niektórych krajach Europy opracowano model etapowy rehabilitacji, który jest dobrany do aktualnego stanu pacjenta. Wyróżniono kilka etapów i tak np.:

- etap A to okres ostry, gdzie pacjent jest leczony na oddziale udarowym,
- etap B to wczesna rehabilitacja neurologiczna,
- etap C to rehabilitacja z nadzorem medycznym,
- etap D to kontynuacja rehabilitacji, po zakończonym wczesnym uruchamianiu,
- etap E to podejmowanie prób zawodowej integracji,
- etap F to długotrwałe działania wspierające chorego.

W Polsce natomiast wyróżniamy rehabilitację w ostrym okresie oraz późnym [5]. Bardzo ważne jest określenie podstawowych procesów rehabilitacji, rozpoczynając od określenia rokowań danego pacjenta, oraz prawidłowa diagnostyka funkcjonalna. Kolejnym procesem jest zaplanowanie i realizacja celów rehabilitacji z możliwością oceny i modyfikacji danej terapii [93].

Celem wczesnej rehabilitacji pacjenta po udarze mózgu powinno być przede wszystkim zapobieganie skutkom unieruchomienia. Rehabilitacja powinna aktywizować mechanizmy plastyczności układu nerwowego, łagodzić skutki zaburzeń ortostatycznych oraz prowadzić do osiągnięcia optymalnej sprawności ruchowej i psychicznej chorego. Ważnym elementem jest również adaptacja pacjenta do nowej sytuacji, w której się znalazł [26]. Przebieg rehabilitacji jest zależny od stopnia wielkości przebytego udaru oraz jego objawów. W pierwszym okresie stan pacjenta jest różny: od niewielkich zaburzeń do bardzo ciężkich, a on sam jest zdezorientowany. Wybór metod zastosowanych w usprawnianiu pacjenta będzie zależny od jego stanu i dobrany indywidualnie [94]. Specyfiką porażen i niedowładów w pierwszym okresie od wystąpienia udaru mózgu jest wiotkość, dlatego istotne jest prawidłowe ułożenie chorego w łóżku. Ważne jest, aby poszczególne części ciała układane były w sposób należyty, w zróżnicowanych pozycjach, które powinno zmieniać się co dwie godziny. To zapobiega tworzeniu się patologii oraz odleżyn [95,96]. Bardzo ważnym elementem wczesnej rehabilitacji jest zapobieganie powikłaniom krążeniowo-oddechowym, poprzez stosowanie ćwiczeń oddechowych, naczyniowych, oklepywania klatki

piersiowej dla wspomagania odkształniania oraz pozycji drenażowych. Ćwiczenia oddechowe pacjent powinien wykonywać kilka razy dziennie przy pomocy aparatu do ćwiczeń lub można wykorzystać butelkę z wodą i rurką. W przypadku ciężkiego stanu pacjenta można zastosować bierną gimnastykę oddechową [26]. Pacjenci mający problem z mówieniem i połykaniem powinni być poddani terapii motoryki oralnej i stymulacji odruchu połykania, poprzez ćwiczenia krtani. Ćwiczenia te są w tym przypadku bardzo istotne, gdyż może się z tym wiązać problem odwodnienia i niedożywienia [5,97]. W ostrej fazie po udarze mózgu istotne są również ćwiczenia bierne oraz ćwiczenia mięśni dna miednicy, związane z regularnym opróżnianiem pęcherza moczowego. Równocześnie z utrzymaniem pełnego zakresu ruchu w poszczególnych stawach wprowadza się ćwiczenia czynno-bierne, czynne ze wspomaganie. Dobre rezultaty w stymulowaniu mięśni spastycznych daje masaż, pobudzając trofikę mięśni. Bardzo ważnym elementem jest etapowa pionizacja, która stymuluje propriocepcję [97].

Rehabilitacja pacjenta w późniejszym etapie obejmuje ćwiczenia równoważne w pozycji siedzącej i stojącej, kolejno wprowadzamy ćwiczenia z oporem, koordynacyjne, manipulacyjne oraz stymulacje nerwowo-mięśniową. Niekiedy pacjent będzie korzystał z pomocy ortopedycznych, które będą pomagały mu w przemieszczaniu. Po etapowym spionizowaniu przechodzi się do treningu chodu [26].

Jeną z grup metod stosowanych w rehabilitacji po udarze mózgu jest tzw. grupa metod tradycyjnych, w której zawierają się ćwiczenia bierne, czynne, wspomagane. To również pionizacja i nauka chodu. Pionizację i lokomocję wprowadza się stopniowo, dostosowując do indywidualnych możliwości pacjenta. Niejednokrotnie pojawia się zwiększone napięcie mięśniowe prowadzące do spastyczności [95]. Ważne, aby pacjent w pierwszej kolejności nauczył się kontrolować ruchy w górnej części swego ciała, czyli odzyskiwanie utraconych funkcji ruchu powinno być od części bliższych do dalszych. Schemat prowadzenia rehabilitacji opiera się na wzorcach przebiegu motoryki dziecka. Zaczynając od kołysania się, następnie siad, stanie, później chodzenie [98]. Istotna jest motywacja pacjenta do wykonywania czynności w życiu codziennym. Wykonując ćwiczenia, zawsze zaczynamy od ćwiczeń biernych przez czynno-bierne, wspomagane do czynnych [26]. Aby przeciwdziałać przykurczom, wykorzystuje się metody specjalistyczne [95]: NDT Bobath [99], PNF [100], funkcjonalną elektrostymulację (FES) [101], metody biologicznego sprzężenia zwrotnego [102].

Myśl przewodnia NDT Bobath to rozwiązywanie problemów z napięciem mięśniowym, z zaburzeniem ruchu oraz funkcji w skutek uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego (OUN). Twórcami koncepcji byli Karel i Berta Bobath, którzy nakreślili podstawy tej metody. Celem metody jest polepszenie funkcjonalności pacjenta z uszkodzeniami ośrodkowego układu nerwowego w taki sposób, żeby konkretyzacja zadania przydatnego dla pacjenta zachodziła w interakcji wraz ze zmianami otoczenia [26,103]. Istotne jest, aby przebiegało to z minimalnym nakładem energii, wykorzystując ruch maksymalny, pozbawiony kompensacji. Terapia wyznacza zindywidualizowany proces, oparty na badaniu oraz leczeniu, przy aktywnym współdziale pacjenta, by zrealizować funkcjonalne czynności. Wykorzystuje się w terapii zachowania i elementy z otoczenia, w którym pacjent funkcjonuje, aby utrwalać fizjologiczne zachowania, przy jednoczesnym zapobieganiu patologii. Działania są prowadzone 24 godziny na dobę przez 7 dni w tygodniu po to, aby aktywizować porażoną stronę oraz wyzwolić wrodzone reakcje równoważne w życiu codziennym [95,97].

Kolejna metoda wykorzystywana w rehabilitacji pacjentów po udarze mózgu to PNF, której głównym zadaniem jest mobilizowanie i inicjowanie możliwości adaptacyjnych OUN. Uruchamianie receptorów narządu ruchu pobudza plastyczność układu nerwowego [26]. Metoda powstała w latach 40 i 50, a twórcami byli Maggi Knoot i Hermana Kabata. Twórcy zaobserwowali skuteczność reedukacji ruchowej bazującej na wzorcach prawidłowego ruchu. Metoda wykorzystuje rezerwy chorego, by poprawić utracone funkcje. Odtwarza mobilność, zręczność, koordynację i umożliwia wykonanie kilku aktywności jednocześnie z ustabilizowaną pozycją. Stymuluje proprioceptory znajdujące się w stawach [104,105]. Istotna podczas wykonywania ćwiczeń jest pozycja i kierunek generowanego ruchu oraz skala rozciągniętych mięśni. Ważny jest chwyt, opór oraz w jakiej kolejności są pobudzane poszczególne mięśnie. Metoda przyczynia się do wielu korzyści poprzez edukację, dokładną diagnostykę i współdziałanie z chorym i jego otoczeniem [96].

Metoda FES to zabieg, który dostarcza do mięśni niewielkie ładunki elektryczne i pozwala wykonać ruch funkcjonalny. Stosuje się ją u pacjentów po udarze mózgu, gdy dochodzi do zakłóceń w drogach nerwowych między kończyną dolną a mózgiem. Najczęściej wykorzystuje się impulsy elektryczne o trójkątnym i prostokątnym kształcie i krótkim czasie trwania, które są bezbolesne. Metoda pochodzi ze Stanów Zjednoczonych z lat 60. W kolejnych latach testowano zastosowanie tej metody

i prowadzone badania potwierdziły jej skuteczność u pacjentów po udarze mózgu [106,107].

Równie skutecznym sposobem w rehabilitacji pacjentów po przebytym udarze mózgu jest fizykoterapia, która wspomaga kinezyterapię. Dzięki elektroterapii możemy zmniejszyć ból, stosując przezskórną stymulację nerwowo-mięśniową (TENS, z ang. *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*), natomiast do treningu mięśni wykorzystywana jest nerwowo-mięśniowa stymulacja elektryczna (NMES, z ang. *Neuromuscular Electrical Stimulation*). W celu oddziaływania na trofikę tkanek, napięcie mięśniowe, krążenie krwi i chłonki oraz przeciwbólowo stosowane jest również ciepłolecznictwo, masaż wirowy, podwodny, krioterapia i zmienne pole magnetyczne niskiej częstotliwości [26].

Istotnym ogniwem w rehabilitacji pacjenta po udarze mózgu jest terapia zajęciowa, której celem jest osiągnięcie maksymalnej sprawności i niezależności chorego. Stanowi formę kinezyterapii, dając pacjentowi dużą satysfakcję, gdyż jego uwaga skupia się na konkretnym zadaniu. Pacjenci chętnie uczestniczą w terapii, jeżeli widzą sens i cel do wykonania [108]. Terapia zajęciowa głównie koncentruje się na poprawie funkcjonowania kończyny górnej. Powinna być nakierowana na indywidualne potrzeby pacjenta, a terapeuta powinien mobilizować, wykorzystując naturalne wzorce ruchowe człowieka [96,109,110]. W trakcie terapii zajęciowej szeroko angażowane są obszary potrzebne do prawidłowego funkcjonowania chorego samodzielnie. Będzie to związane z higieną oraz prawidłową pielęgnacją jamy ustnej, obsługą w toalecie czy samodzielną kąpielą. Kolejnym obszarem będzie komunikacja, umiejętności interpersonalne i psychospołeczne, zarządzanie finansami i utrzymaniem domu. Istotnym elementem, na którym skupia się terapia zajęciowa, są czynności dnia codziennego, jak spożywanie posiłków i ubieranie się. Uczy się chorego posługiwania na nowo sprzętami gospodarstwa domowego lub proponuje nowe, by móc czynność wykonać jedną ręką, np. krojenie chleba czy otwieranie pojemników [26]. Ważne jest by terapeuta zajęciowy współpracował z zespołem prowadzącym proces rehabilitacji chorego. Sam proces terapii rozpoczyna się od ustalenia celów bliższych i dalszych przez cały zespół interdyscyplinarny. Działania terapeuty zajęciowego skupione są na czynnościach codziennych, funkcjach motorycznych i poznawczych, optymalizacji pracy kończyny górnej. Kolejny element działań to motywacja i przekazywanie pozytywnych emocji podczas samodzielnego funkcjonowania, jak również organizowanie czasu wolnego i wprowadzanie ułatwień architektonicznych [111].

W parze z terapią ruchem należy prowadzić terapię logopedyczną i psychologiczną. Dobry stan psychiczny jest niezmiennie ważny, co przekłada się na lepszą współpracę z terapeutą [96].

### **1.6.1. Rehabilitacja ręki u pacjentów po udarze mózgu**

Dysfunkcja kończyny górnej jest problemem o głębokim podłożu neurologicznym, a odtworzenie ruchu jest procesem skomplikowanym i długotrwałym [112]. Brak kontroli ruchowej oraz obniżenie napięcia mięśniowego w ostrym okresie po udarze mózgu przyczyniają się do pojawienia się zespołu bolesnego barku [26,113]. Istotnym elementem terapii kończyny górnej, w głównej mierze we wczesnym okresie od wystąpienia udaru mózgu, powinno być stosowanie prawidłowego ułożenia kończyny poprzez wdrożenie zasady 24-godzinnej ochrony. Zapobiega to odleżynom oraz umożliwia prawidłowe funkcjonowanie układu krążenia i wysyłanie informacji do mózgu. Nie należy chorego pociągać za ramię ani przewracać przez porażony bark w trakcie zmiany pozycji [97]. Gdy pacjent leży na boku porażonym, bark powinien mieć wysunięty do przodu i ramię odwrócone na zewnątrz. Łokieć natomiast ma być wyprostowany, a ręka zwrócona ku górze. Pacjent, leżąc na stronie niezajętej, ułatwia sobie oddychanie porażoną stroną. Porażone kończyny ułożone są wg. wzorca „antyskurczowego”, czyli ramię położone jest na podwyższeniu (wałki, kliny, poduszki) w celu utrzymania w odwiedzeniu, a wyprostowany jest łokieć i nadgarstek, palce rozwarłe [89]. W przypadku leżenia na plecach za pomocą poduszek, wałków, klinów ułożonych po stronie porażonej, lekko unosimy ciało, głowę kierujemy w stronę niedowładną. Bark i ramię, nadgarstek i łokieć powinny być wyprostowane, a palce rozwarłe. Przy dobrym zakresie ruchu i braku bolesności w stawie barkowym możemy kończynę zrotować zewnętrznie, a rękę ułożyć powyżej głowy chorego [98]. Pozycja leżenia na brzuchu wymusza proces prostowania kończyny górnej. Bark niedowładnej kończyny powinien być uniesiony ku górze, łokieć, nadgarstek i palce wyprostowane [88,114]. Pacjent siedząc powinien mieć podparty łokieć i przedramię, by niepotrzebnie nie rozciągać struktur stawu ramiennego. Każdą pozycję powinniśmy zmieniać co 2–3 godziny, by dostarczać wielu różnorodnych bodźców czuciowych [26,98,115].

Zaburzenia czucia głębokiego w strukturach samego barku znacznie utrudniają powrót do prawidłowego funkcjonowania kończyny górnej. Na początku mamy do czynienia z porażeniem wiotkim, które kolejno przechodzi w spastyczność o różnej intensywności. By zapewnić stabilizację dynamiczną w stawie barkowym, stosujemy ćwiczenia mięśni pierścienia rotatorów. Wzmacnianie tych mięśni wpływa na poprawę funkcji kończyny górnej. Zasadniczą rolę pełni odtworzenie ruchomości w stawie barkowym poprzez mobilizację łopatki [88,97].

Na etapie wiotkości kończyna górna będzie charakteryzowała się brakiem kontroli mięśniowej, a to prowadzi do zbyt dużej ruchomości w stawach. Zaburzenia czucia prowadzą do zaburzeń związanym z odczuwaniem bodźców zewnętrznych, tj. nadmiernego ucisku, bólu, czucia ciepła czy zimna. Sam ciężar wiotkiej kończyny może doprowadzić do rozciągnięcia torebki stawowej, powodując podwichnięcia stawu ramiennego [116].

Pomimo wielu trudności, które mogą się pojawić, terapia kończyny górnej niedowładnej powinna być kontynuowana. Rozpoczęcie powrotu funkcji motorycznych chorej kończyny zaczyna się od części proksymalnej. Na samym początku pacjent odzyskuje sprawność ruchową w barku, a na końcu w ręce. Istotną umiejętnością dla pacjenta będzie utrzymanie się w różnych pozycjach w przestrzeni, podpierając się na niedowładnej ręce [117].

Jedną z technik wykorzystywanych w rehabilitacji kończyny górnej po udarze mózgu jest aproksymacja, czyli zbliżanie powierzchni stawowych w skutek ucisku wywołanego przez ciężar ciał lub samego terapeuty. Możemy ją uzyskać, ćwicząc z pacjentem w podporach. Inną techniką jest krzyżowe torowanie, gdzie na początku ćwiczenia wykonuje się po stronie niezajętej, a dopiero później po stronie zajętej [88].

Utrzymanie zakresu ruchu w stawach chorej kończyny duży wpływ mają wykonywane ćwiczenia bierne, które stymulują czucie, uelastyczniają tkanki miękkie i pozwalają zachować pamięć ruchową. W początkowym stadium choroby należy zwiększać zakres ruchu, ale z uwagi na osłabioną kontrolę mięśniową terapeuta powinien wykonywać ćwiczenia z ostrożnością, by nie doprowadzić do niepotrzebnych urazów. W tym okresie wprowadza się również ćwiczenia izometryczne, mające wywołać napięcie w kończynie niedowładnej. Później natomiast można zaciskać rękę lub wciskać w podłogę, by napiąć mięśnie oraz stosować ćwiczenia w zamkniętych łańcuchach kinematycznych [22,118].

W okresie wiotkim wykorzystujemy również zabiegi fizykoterapeutyczne, mające na celu stymulację oraz podtrzymanie efektu terapeutycznego. Często stosuje się laseroterapię, magnetoterapię oraz NMES. Dobre efekty NMES widoczne są po stymulowaniu mięśnia dwugłowego ramienia, nadgrzebieniowego oraz grzbietowej części mięśnia naramiennego. Wykorzystuje się również prądy Traberta oraz TENS [88]. Masaż kończyny niedowładnej daje dobre rezultaty ok. 5–10 doby od wystąpienia udaru mózgu. Wykonywany w formie głaskania pobudza trofikę mięśni [26].

Wraz z powrotem funkcji ruchowych będzie pojawiało się wzmożone napięcie mięśniowe o charakterze spastycznym. Niekiedy może prowadzić do wystąpienia przykurczy oraz bolesności spoczynkowej. Spastyczna kończyna górna ustawia ramię w przywiedzeniu i rotacji wewnętrznej. Łokieć kończyny ustawia się w zgięciu i pronacji, nadgarstek w zgięciu, a ręka zaciska się w pięść [88].

Terapia spastycznej kończyny powinna być skoncentrowana na rozciąganiu zginaczy kończyny górnej (dwugłowego ramienia, ramiennego, przeciwstawiacza kciuka, długiego i krótkiego zginacza kciuka, przywodziciela kciuka i odwodziciela krótkiego kciuka, powierzchownych zginaczy palców, mięśni międzykostnych, zginaczy głębokich palców, odwodziciela małego palca, zginacza krótkiego małego palca, dłoniowego długiego oraz mięśni glistowatych) oraz obniżeniu napięcia mięśniowego. Równie ważne jest, aby spastyczne mięśnie były dobrze odżywione [119].

Jednym ze sposobów obniżenia napięcia jest wykonanie masażu w formie szczotkowania szybkimi ruchami oraz elementów masażu segmentalnego [26]. Zastosowanie techniki wstrząsania podczas masażu zwiększa elastyczność więzadeł stawowych, poprawia obieg chłonki i krążenia obwodowego, a przede wszystkim zmniejsza spastykę [22].

Badania, w leczeniu spastyczności, potwierdzają również dobre efekty krioterapii. Można osiągnąć efekt przeciwbólowy oraz zwiększenia się zakresu ruchu w stawach. Krioterapia zastosowana przez ćwiczeniami znacznie obniża napięcie mięśniowe [120].

Napięcie mięśniowe pomaga również zredukować zastosowanie tonolizy oraz metody Hufschmidta. Stymulacja wykonywana jest naprzemiennie. Najpierw stymulacji poddawane są mięśnie agonistyczne, które są spastyczne, a później osłabione antagonistyczne, wtedy, gdy spastyczne ulegną rozluźnieniu. Zabiegi fizykalne pełnią

rolę wspomagającą w przygotowaniu do kinezyterapii lub podtrzymującą efekt terapii [22,88].

W przypadku spastycznej kończyny górnej wzmożone napięcie mięśniowe redukuje wykonywanie ćwiczeń w zamkniętych łańcuchach kinematycznych, np. w podporze. Ćwiczenia te umożliwiają odtworzenie selektywnej pracy chorej kończyny oraz lepszej kontroli części proksymalnych. Ćwiczenia bierne wykonywane od części proksymalnych do dystalnych również powodują obniżenie napięcia mięśniowego poprzez zmęczenie mięśni [121]. Kontrola nad stawem barkowym i łokciowym pozwala na odtwarzanie funkcji ręki. Istotnym elementem terapii są ćwiczenia manipulacyjne oraz funkcji chwytnej ręki. Ćwiczenia przy wzmożonym napięciu mięśniowym powinny być wykonywane w pozycji siedzącej. Przedramię powinno się opierać i gdy wystąpi kontrola napięcia mięśniowego, można przejść do pozycji wyższych. Szczególny nacisk należy położyć na wyprost w stawie łokciowym, wyprost w stawie nadgarstkowym i supinację. Pacjent odzyskując funkcję ręki, powinien dowolnie wykonywać ruchy nawracania i odwracania przedramienia oraz zgięcia i wyprostu w stawie promieniowo-nadgarstkowym. Bardzo ważne są ruchy precyzyjne ręki. Następnie należy zamieniać ćwiczenia w zadania przydatne w życiu codziennym [26,88,98].

Nie ma tylko jednej właściwej metody usprawniania kończyny górnej po udarze mózgu, ale najczęściej wykorzystuje się metody PNF oraz NDT wg Bobath. Metody te oparte są na wykorzystywaniu fizjologicznych wzorców i wyhamowywaniu reakcji patologicznych [26].

Terapeuta w metodzie PNF mobilizuje aktywne i pasywne struktury, wzmacnia mięśnie oraz trenuje unerwienie recyprokalne [88]. Prawidłowa praca funkcjonalna kończyny górnej jest zależna od pracy łopatki. Łopatka z obojczykiem pracują jako jedność funkcjonalna, a stabilizatory łopatki to mięśnie, od których zależy praca obręczy barkowej. Prawidłowa praca kończyny górnej jest natomiast zależna od właściwej ruchomości i stabilizacji łopatki [122]. Wykonywane wzorce kończyny górnej przebiegają w dwóch diagonalnych, trzech płaszczyznach i są czynnościami ruchowymi. Mogą one wpływać na odżywienie mięśni oraz redukcję spastyczności. W terapii kończyny górnej można uzyskać dobre efekty, stosując wzorzec przeciwny w stosunku do występującej synergii [88,98].

Niedowładna kończyna dobrze reaguje również na ćwiczenia NDT Bobath, które mogą obniżać napięcie mięśniowe. W przypadku wystąpienia dodatknych

symptomów uszkodzonego górnego motoneuronu, zastosujemy ćwiczenia w zamkniętych łańcuchach, poprzez wykonywanie funkcjonalnych zadań [123].

Aby uzyskać zwiększenie zakresu horyzontalnego odwiedzenia w kończynie górnej, wykonamy mobilizację mięśnia piersiowego większego. Zaburzona praca tego mięśnia powoduje utrudnienia w zgięciu stawu ramiennego. Wykonanie mobilizacji mięśnia obłego większego uruchamia rotację zewnętrzną, co jest istotne w przypadku podwichnięć w niedowładnej kończynie górnej. Natomiast w przypadku zaburzonej pracy ekscentrycznej tego mięśnia również wystąpią problemy w zginaniu w stawie ramiennym [22].

Chcąc wyhamować spastyczność, np. zginaczy palców, wykonujemy głębokie rozcieranie, stosując tzw. technikę inhibicyjną. Niwelując spastyczność kciuka i palca małego, umożliwiamy otwieranie ręki [98,97].

W terapii kończyny górnej poudarowej zastosowanie znalazła również terapia wymuszenia ruchu (CIMT, z ang. *Constrain Induced Movement Therapy*). Głównym założeniem tej terapii jest wykorzystywanie niedowładnej kończyny w wykonywaniu codziennych czynności. Opiera się ona na połączeniu różnych składowych w zintegrowany system. Za najważniejsze uważa się trzy elementy:

1. trening niedowładnej kończyny przez kilka godzin dziennie przez ok. 10–15 dni,
2. behawioralne strategie wypracowane z terapeutą i przeniesione do codzienności,
3. wymuszanie używania zajętej kończyny poprzez unieruchomienie za pomocą rękawicy lub gipsu niezajętej kończyny [123]. Pacjent przede wszystkim wykonuje zadania funkcjonalne, które mają za zadanie pobudzić zjawisko plastyczności mózgu [88].

Chorzy często mają problem z postrzeganiem swojej kończyny, dlatego wykorzystuje się również terapię lustrzaną, by wspomóc reorganizację czuciowo-ruchową kory mózgu. Pacjent stara się wykonać symetryczne ruchy obu rąk, mając zasłoniętą stronę niedowładną, przez co możemy wykorzystać właściwości funkcjonalne lustrzanych neuronów. Odbijający się w lustrze obraz niezajętej kończyny, daje złudzenie poruszania również kończyną niedowładną [98,124]. Jedną z zalet tej terapii jest łatwość stosowania, nawet u osób z dużymi deficytami motorycznymi. Przeprowadzone badania kliniczne potwierdzają skuteczność terapii nawet u pacjentów po amputacjach ramienia oraz w łagodzeniu bólu w przypadku niedowładnej kończyny

po udarze mózgu [125]. Ruch jaki zachodzi w odbiciu lustrzanym powoduje dodatkowe pobudzenie półkuli mózgu przeciwnej do postrzeganej lateralności kończyn. Terapia lustrzana może stymulować regenerację motoryczną w trakcie treningu wyobrażeń motorycznych opartych na próbach ruchowych zadań. Wykorzystuje się ją również w celu zmniejszenia zaniedbywania jednostronnego [125].

Terapia, która jest wykorzystywana w terapii jednostronnego zaniedbywania, to Task-Oriented Training. Jest to kompleksowe podejście do funkcjonalnej rehabilitacji ręki nakierowanej na dany cel do osiągnięcia [22].

Deficyty występujące w ręce dotyczą około 50–70% pacjentów w ostrej fazie oraz 40% w przewlekłej. Upośledzenie ręki utrudnia wykonywanie czynności dnia codziennego, korzystanie z komputera, kierowanie pojazdami, kontakt z najbliższym otoczeniem. Przykłada się dużą wagę do usprawniania funkcji ręki, ale mimo to leczenie i rehabilitacja są długotrwałe i nie dają gwarancji pełnego powrotu do sprawności. Terapia ręki niedowładnej uważana jest za najtrudniejszą część procesu usprawniania pacjentów po udarze mózgu, a powrót jej funkcji często następuje dopiero w końcowym etapie postępowania fizjoterapeutycznego [8,126]. Nowe metody i różne techniki mają na celu głównie poprawić funkcjonowanie pacjenta po udarze mózgu w społeczeństwie. Wybierając terapię, coraz częściej wykorzystuje się zjawisko biologicznego sprzężenia zwrotnego [1]. Jedną z technik terapii pacjenta po udarze mózgu wykorzystującą to zjawisko jest metoda biofeedbacku, stosowana w cyfrowych urządzeniach [10].

### 1.6.2. Biofeedback – definicja, zastosowanie

Biofeedback jest terapią behawioralną, odnoszącą się do procesów zachodzących w organizmie. Jest to tzw. zewnętrzna informacja zwrotna, która uczy pacjenta prawidłowej kontroli wykonywanych czynności [13,127]. „Biofeedback stymuluje układ nerwowy w całościowym procesie rehabilitacji poprzez informację zewnętrzną” [10,11,28].

Metoda ta jest szeroko wykorzystywana w wielu dziedzinach medycyny, w tym w terapii zaburzeń neurologicznych. Celem biofeedbacku jest przekazanie zmiennej biomedycznej, np. tętna mierzonego za pomocą zegarka. W czasie rehabilitacji biofeedback działa terapeutycznie poprzez większe zaangażowanie pacjenta w wykonywane zadania, umożliwia kontrolę nad poprawnością ćwiczeń. Klasycznym biofeedbackiem jest sygnał dźwiękowy, wibracyjny lub wizualny. Postęp techniki spowodował stworzenie wirtualnej rzeczywistości, w której pacjenci ćwiczą przy pomocy gier. Pomiar biofeedbacku możemy podzielić na fizjologiczne (np. dostarczenie informacji z układu nerwowo-mięśniowego, sercowo-naczyniowego) i biomechaniczne (np. pomiar kontroli ruchu) [13].

Istnieją wiele rodzajów biofeedbacku, które służą różnym celom terapeutycznym. Do najczęstszych stosowanych zalicza się:

- Biofeedback elektromiografii (EMG) – jest wykorzystywany do trenowania mięśni, ich wydajności oraz wytrzymałości. Wykorzystanie elektrod daje szansę na wykrycie zmian jakie zachodzą w mięśniach szkieletowych w czasie rzeczywistym w spoczynku jak i podczas treningu. Biofeedback EMG wykorzystuje się w neurorehabilitacji, aby zwiększyć aktywność osłabionych mięśni lub do redukcji spastyczności [129].
- Biofeedback sercowo-naczyniowy – obejmuje częstość akcji serca (HR, z ang. *Heart Rate*) oraz zmienność rytmu serca (HRV, z ang. *Heart Rate Variability*). Biofeedback HR wykorzystuje się podczas treningu, co pozwala kontrolować ciśnienie krwi. Natomiast HRV dostarcza informacji zwrotnej o stanie układu sercowo-naczyniowego. Przeprowadzone badania potwierdzają poprawę jakości życia z wykorzystaniem biofeedbacku HRV u pacjentów z niedokrwinną chorobą serca i u osób w leczeniu depresji [13].

- Biofeedback elektroencefalografii (EEG) – znany także jako neurobiofeedback, za pomocą tego rodzaju biofeedbacku można zaobserwować zmiany potencjałów postsynaptycznych jakie zachodzą w mózgu [130]. Podczas EEG dochodzi do zapisu prądów czynnościowych, które są wytwarzane przez komórki nerwowe i dzięki temu można zapoznać się ze stanem fizjologicznym pacjenta. Pozwala to na trening mózgu oraz na określenie w jakim stopniu badany jest skoncentrowany [131]. Wykorzystuje się go w terapii behawioralno poznawczej, podczas zajęć z pacjentami w różnym wieku oraz z różnymi zaburzeniami lub podczas terapii osób zdrowych chcących usprawnić funkcjonowanie mózgu [132].
- Biofeedback skórno-galwaniczny (GSR, z ang. *Galvanic Skin Response*) – pozwala dostrzec zmiany jakie zachodzą w układzie współczulnym oraz przywspółczulnym, poprzez reakcje skóry na stres. Ten rodzaj biofeedbacku jest stosowany w celu zbadania zmian psychofizycznych pacjenta [133].
- Biofeedback temperaturowy – za pomocą tego biofeedbacku można zaobserwować do jakich reakcji dochodzi w związku ze zmianami temperatury ciała. Zachodzące reakcje w organizmie będą również związane ze stanem psychicznym pacjenta, co wykorzystuje się do treningu relaksu oraz w chorobach niedokrwienych kończyn czy astmie [130,132].
- Biofeedback oddechowy. – pozwala kontrolować oddech, aby organizm mógł lepiej funkcjonować. Badania przeprowadzone z wykorzystaniem tego biofeedbacku i zastosowanie ćwiczeń oddechowych wykazały skuteczny wpływ na obniżenie ciśnienia jak również opanowanie czynników emocjonalnych [13]. Biofeedback oddechowy znajduje zastosowanie w chorobach układu oddechowego (astma) oraz epilepsji [134].

### **1.6.2.1. Rehabilitacja z wykorzystaniem metod biofeedback po udarze mózgu**

Jednym z podstawowych celów rehabilitacji poudarowej jest długotrwałość oraz wielokierunkowość. Wykorzystując różne metody znane w fizjoterapii, stymuluje się mózg, by tworzył nowe połączenia nerwowe. Ma to na celu przywrócenie prawidłowych wzorców ruchowych, które zostały upośledzone [107]. Ruchy wykonywane przez pacjenta często są na początku chaotyczne, a dzięki aktywizacji OUN stają się bardziej precyzyjne i prawidłowe [1].

Rehabilitacja pacjentów po przebytym udarze mózgu coraz częściej jest wspierana przez system nowoczesnych technologii. Coraz więcej pojawia się na rynku robotów, mających stymulować nie tylko mięśnie, ale również mózg. Stosowane są metody oparte o zjawisko biofeedbacku. Wśród różnych technik stosowania zastępczego sprzężenia zwrotnego wykorzystuje się najczęściej aferencję wzrokową i słuchową. Taki rodzaj rehabilitacji pozwala na prowadzenie intensywnego treningu, który umożliwia adaptację do nowych warunków. Badania dowodzą, że praca z takim sprzętem nie tylko poprawia motywację do ćwiczeń, ale również wspomaga regenerację. Co więcej, biofeedback oparty na informacji o błędzie i o poprawnym wykonaniu zadania jest niezwykle pomocny w nauce poszczególnych umiejętności [136,137].

Nowoczesne urządzenia zapewniają ukierunkowane ćwiczenia w zależności od indywidualnych potrzeb pacjenta. W przypadku zaburzeń funkcji całej kończyny górnej czy też samej ręki po udarze mózgu stosowane są metody biofeedback z wykorzystaniem urządzeń takich jak: Biometrics [138], Armeo [139,140], Luna [141], Pablo [127] rękawica Gloreha [142], HandTutor [143], czy Amadeo [144].

Biometrcis jest urządzeniem diagnostyczno-pomiarowym, wyposażonym w dynamometr, pinchmeter, EMG Myo-Ex po oraz platformę z płytami DFP4. Elementy tego urządzenia pozwalają wykonywać trening przywracający sprawność ręki, jak i całej kończyny górnej [138,145]. Zastosowany biofeedback umożliwia wizualizację wykonywanych ruchów pacjenta, co wpływa pozytywnie na zaangażowanie oraz zwiększenie zakresu ruchu i siły mięśniowej. Wielokrotnie badacze wykorzystywali w swoich projektach to urządzenie do rehabilitacji pacjentów z różnymi schorzeniami [146,147]. Carey i wsp. przeprowadzili badania ilościowej oceny powrotu do zdrowia pacjentów po udarze mózgu. Wykorzystali goniometr

systemu Biometrics do pomiaru aktywnego zakresu ruchu zgięcia i prostowania palca wskazującego [148].

Arneo Spring jest rodzajem ortezy dla kończyny górnej, zapewniającej wykorzystanie nawet minimalnego ruchu podczas rehabilitacji niedowładnej kończyny. Wykorzystuje się tutaj biofeedback, by motywować pacjenta do podejmowania zadań za pomocą chorej kończyny. System zapewnia odciążenie kończyny i ułatwia wykonywanie ćwiczeń w wirtualnej rzeczywistości [139,149]. Urządzenie posiada czujnik siły ścisku, dzięki któremu ułatwione jest wykonanie funkcjonalnego treningu ręki [112,139].

Luna EMG to polski projekt, który można wykorzystać do pracy z niedowładną kończyną górną. Ruch jaki wykonuje pacjent jest aktywny, gdyż uzyskuje się go z jego mięśni. Wykorzystuje się reaktywną elektromiografię, dzięki czemu można trenować korę czuciowo-ruchową [112]. Urządzenie pozwala wykonywać ćwiczenia izometryczne, izokinetyczne oraz izotoniczne, a w przypadku braku ruchu kończyną również ćwiczenia bierne [141,151].

Kolejny robot do rehabilitacji kończyny górnej to ARR (z ang. *Arm Rehabilitation Robot*), który mając mniejszy rozmiar, dobrze się sprawdza w terapii. Jest to rodzaj aktywnej ortezy dla kończyny górnej w formie manipulatora semi-egzoszkieletalnego. Innym rozwiązaniem do terapii jest Phantom Premium. Dzięki temu urządzeniu pacjent może ćwiczyć precyzyjne ruchy ręką (chwyt dwu i trójpunktowy, ruch palców i nadgarstka) [152]. Bardziej nastawionym na terapię samej ręki, a w szczególności nadgarstka, jest urządzenie Biomeo PRO. Podczas ćwiczeń wykorzystywane są ruchy wykonywane w życiu codziennym. Urządzenie składa się z dwóch połówek kuli z elektronicznymi modułami, na których ułożone są palce, natomiast na ekranie wyświetlane są zadania do wykonania [153].

System Pablo jest urządzeniem wykorzystywanym do rehabilitacji, zapewniającym ocenę oraz trening funkcjonalny palców, dłoni i ramienia. Za pomocą elementów tego systemu można również prowadzić trening nadgarstka i stawu łokciowego, dokonać pomiaru siły w palcach, zakresu ruchomości oraz prowadzić trening z biofeedbackiem. Wykorzystuje się tu chwyt cylindryczny, sferyczny oraz trójpunktowy [112,154]. Badania prowadzone przez Wieczorka i Makucha potwierdzają skuteczność rehabilitacji za pomocą Systemu Pablo [127].

Powrót do sprawności kończyny górnej po udarze mózgu jest czasochłonny i wymaga intensywnej pracy. Istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu kończyny

górnej odgrywa sama ręka [155]. Jednym z rozwiązań wykorzystujących metodę biofeedbacku jest zastosowanie ortezy z EEG elektroencefalografią. Badania potwierdziły, że zastosowanie Brain-Machine Interface w przypadku niedowładnej kończyny górnej, powoduje pojawienie się aktywności dla prostowników palców [10]. Kolejnym z robotów, będącym efektem końcowym w połączeniu z biofeedbackiem, jest Amadeo. Dzięki niemu pacjent może wykonać bardzo intensywny trening i dużą liczbę powtórzeń przy pomocy celowanych gier. Robot Amadeo jest w stanie zapewnić ruch we wszystkich palcach. Badania potwierdzają skuteczność treningu z robotem u pacjentów w fazie ostrej po udarze mózgu [155]. Prowadzona przy użyciu Amadeo rehabilitacja, oprócz sprawności motorycznej, poprawia również sprawność poznawczą [156]. Ciekawym rozwiązaniem jest zastosowanie rękawiczki zintegrowanej z elektrodami, które stymulują receptory czuciowe, które ułatwiają poprawę zachowań sensomotorycznych. W przypadku dużej spastyczności zastosowano elektrody zewnętrzne, umieszczone na opuszkach palców chorego. Naukowcy z Instytutu Neuroinformatyki Uniwersytetu w Bochum opracowali i potwierdzili badaniami zastosowanie rękawicy do rehabilitacji pacjentów po udarze mózgu z wykorzystaniem neuropatyczności mózgu [157].

Przykładem rękawicy do rehabilitacji udarowej ręki jest rękawica GloReha, dzięki której można zwiększyć chwyt oraz niezależność funkcjonalną pacjenta. Badania prowadzone przy użyciu rękawicy potwierdziły zmniejszenie spastyczności oraz zwiększenie możliwości wykonywania codziennych czynności [158]. Randomizowane badania wykonane u pacjentów w podostrej fazie po przebytych udarach mózgu wykazały poprawę niezależności funkcjonalnej pacjentów [159]. Inną rękawicą do terapii ręki niedowładnej jest aktywna rękawica Hand Tutor. Wykorzystuje ona biofeedback, dzięki czemu pacjentowi łatwiej jest wykonywać ćwiczenia, które występują w postaci gier. Poprawia się precyzja ruchów, a sama terapia jest bardziej efektywna [140,160,161].

Warto jednak dodać, że najstarszą i najprostszą metodą wykorzystującą biofeedback wizualny podczas reedukacji funkcji ręki niedowładnej jest kontrola ruchu podczas obserwacji w lustrze. Badania przeprowadzone przez Thieme i wsp. wykazały skuteczność tej terapii w rehabilitacji udarowej kończyny górnej [125]. Również Gandhi i wsp. dokonali przeglądu badań z wykorzystaniem tej terapii i wykazali skuteczność jej stosowania. Dowiedziono poprawę motoryki, aktywność w obszarach wzrokowych, co zwiększało świadomość zwrotnych informacji czuciowych.

Dodatkowo terapia lustrzana wpływa na częstsze używanie niedowładnej kończyny [162]. Madhouna i wsp. połączyli terapię lustrzaną z rehabilitacją konwencjonalną, czym dowiedli, że terapia lustrzana poprawia skuteczność leczenia niedowładnej ręki [163].

Metody biofeedbacku równie szeroko wykorzystywane są w zakresie reedukacji funkcji chodu i równowagi pacjentów po udarze mózgu z wykorzystaniem urządzeń, takich jak platformy [164,165], stoły do pionizacji z funkcją kroczenia [166], lokomaty [167,168] czy egzoszkielety [166,169]. Trening na platformie stabilometrycznej, wyposażonej w kamery, daje nam możliwość kontroli posturalnej dzięki biofeedbackowi w postaci obrazu. Pacjent, wykonując ćwiczenia na platformie, ma możliwość obserwować swoją pracę oraz w sposób świadomy korygować nieprawidłowe wzorce ruchowe [107]. Nowoczesnym urządzeniem z biofeedbackiem poprawiającym funkcję chodu i możliwym do wykorzystania już na wczesnym etapie rehabilitacji po przebytym udarze mózgu jest stół do pionizacji z funkcją kroczenia ERIGO [170,171].

Kolejnym urządzeniem z funkcją biofeedbacku jest Lokomat. Jest to bardzo skuteczne narzędzie w nauce prawidłowego chodu, z użyciem informacji zwrotnej w postaci wzrokowej i słuchowej [172,173]. System ten wykorzystuje odciążenie oraz daje możliwość oceny stabilizacji stawów kończyn dolnych, przez co może zoptymalizować trening funkcjonalny na wszystkich płaszczyznach. Podobnym urządzeniem jest Reo Ambulator, wykorzystujący również system stacjonarny, ale mający mniejsze zastosowanie w praktyce. Inne roboty, które pomagają w reedukacji chodu po udarze mózgu to LOPEZ, ANKLEBOT oraz G-EO system [174,175].

Pozostałe systemy, które wykorzystują ruch pacjenta, to roboty takie jak egzoszkielety. Obecnie stosuje się egzoszkielety, które wspomagają zarówno funkcje kończyn dolnych, jak i kończyn górnych oraz dodatkowo stabilizują tułów. Mogą być sterowane mechaniczne, głosem, czujnikami założonymi na skórze pacjenta lub za pomocą sygnałów bioelektrycznych [169,175,176,]. Zalety egzoszkieletu są w rehabilitacji nieocenione. Pozwalają wspomagać funkcje czynności życia codziennego, umożliwiają wykonywanie prawidłowych wzorców ruchowych, wspierają funkcje podparcia ciała oraz mobilność pacjenta [180]. Urządzenia te wykorzystują biofeedback w postaci wzrokowej i słuchowej, wyzwalając plastyczność mózgu [175].

Praca z robotami pozwala na bardziej efektywną pracę samego pacjenta, z mniejszym udziałem terapeuty. Badania potwierdzają pobudzenie odruchów rdzeniowych nawet u bardzo osłabionej impulsacji pryoceptywnej, występującej u pacjentów z dużym niedowładem połowicznym. Najlepsze efekty w pracy z robotami można osiągnąć rozpoczynając terapię do 3 miesięcy po udarze mózgu [107].

Dzięki rozwojowi nowoczesnych technologii w szerszy sposób wykorzystuje się wirtualną rzeczywistość (VR, z ang. *Virtual Reality*). Terapia ta pozwala na połączenie funkcji poznawczych z motorycznymi. Daje to możliwość doskonalenia funkcji wykonawczych, uwagi i pamięci [178]. VR postrzega się jako wartościowe zastosowanie elementów ruchowych w rehabilitacji poudarowej. Wykorzystując tę metodę, potrzebny jest sprzęt w postaci konsoli lub komputera z odpowiednim oprogramowaniem. Sprzęt VR możemy podzielić na tradycyjny, czyli będą to monitory i ekrany, oraz z zastosowaniem środowiska wirtualnej rzeczywistości w formie projekcji wewnątrz sześciennego pomieszczenia, tzw. wirtualna jaskinia (system CAVE, z ang. *Cave Automatic Virtual Environment*). Pacjenci wykorzystują okulary stereoskopowe, a obraz jest wyświetlany na ścianie pomieszczenia. Ważny jest też sprzęt, który będzie wykrywał ruch pacjenta w trakcie terapii. Będzie on wykorzystywał feedback w postaci dźwięku, obrazu lub dotyku. Istnieje rzeczywistość wirtualna z zanurzeniem i bez. Związane jest to z tym czy pacjent zyskuje duże poczucie obcowania w wirtualnym świecie (rzeczywistość immersyjna), czy też nie (rzeczywistość nieimmersyjna) [179]. Bardzo pomocna w rehabilitacji pacjentów poudarowych jest postać awatara, dzięki któremu może odtwarzać wzorce ruchowe. Dzięki niemu można wielokrotnie odtwarzać dany ruch, co pozwala wykonać trening bardzo różnorodny bez tak dużego zmęczenia jak w rzeczywistym świecie [179]. Rozwój terapii opartej na VR stworzył nowe możliwości zastosowania metod biofeedbacku w prowadzeniu terapii z pacjentem. Coraz częściej biofeedback jest nazywany „zorientowaniem na zadanie” [180]. Wykorzystanie VR do usprawniania kończyny górnej po udarze mózgu potwierdzają badania, w których sprawdzano rezultaty efektywności wykonywanych ćwiczeń dnia codziennego [181]. Wyniki badań przeprowadzonych przez Lavera i wsp. [182] wykazały skuteczność tej terapii w poprawie siły mięśniowej oraz sprawności manualnej kończyny górnej. Niektóre raporty, które analizowali badacze, oceniały różne aspekty sprawności niedowładnej kończyny górnej po udarze mózgu, ale wykorzystanie VR jest znaczące. Uważa się,

że protokoły oceny kończyny górnej po udarze mózgu powinny być oparte przede wszystkim na ocenie wykorzystania kończyny w życiu codziennym [9].

Szybki rozwój techniki spowodował pojawienie nowych rozwiązań w rehabilitacji poudarowej, a dzięki temu, że nasz mózg jest plastyczny jest możliwy powrót do sprawności. Połączenie nowoczesnych rozwiązań z tradycyjnymi metodami rehabilitacji daje lepsze rezultaty w całym procesie usprawniania chorego po udarze mózgu. Dużą zaletą rehabilitacji z biofeedbackiem jest ich motywacyjny charakter [181,183].

## **1.7. Przegląd piśmiennictwa**

Jednym z najbardziej problematycznych deficytów po przebytych udarze mózgu jest sprawność kończyny górnej, a w szczególności ręki. Powrót funkcji ręki u każdego pacjenta jest różny i przebiega indywidualnie. Istotne dla odzyskania sprawności kończyny górnej są najczęściej stopień sprawności motorycznej i funkcjonalnej [81,117].

Szczegółowy przegląd piśmiennictwa pozwolił na odnalezienie badań autorów, którzy w swoich pracach potwierdzają skuteczność rehabilitacji pacjentów z wykorzystaniem nowoczesnych urządzeń i technologii wyposażonych w biofeedback [9,10,11,12]. Dostępne na chwilę obecną w literaturze badania koncentrują się głównie na wykorzystaniu metod biofeedback w zakresie rehabilitacji chodu i równowagi [14,15,16,17,18]. Dlatego też w oparciu o analizę literatury zidentyfikowano problem badawczy, który dotyczy oceny skuteczności metody biofeedback w rehabilitacji funkcji motorycznej ręki i samoobsługi.

Badania wskazują, że terapia wspomagana pracą robotów przynosi wiele korzyści dla pacjenta z niedowładną kończyną górną [23,24,115,184]. Potwierdzają to badania Mehrholza i wsp., którzy analizowali wpływ tych urządzeń na poprawę siły mięśniowej kończyny górnej [184]. Większość badaczy skupia się jednak na poprawie funkcji całej kończyny górnej [185]. Co więcej, w literaturze światowej dostępne są sprzeczne doniesienia w zakresie rehabilitacji z wykorzystaniem metod biofeedback. Przykładowo badania, przeprowadzone przez Kwakkel i wsp. niejednoznacznie potwierdziły korzyści płynące z terapii przy użyciu robotów [25]. W literaturze

krajowej z kolei dostępnych jest wiele badań prowadzonych u pacjentów po udarze mózgu, jednakże dotyczą rehabilitacji chodu czy równowagi przy użyciu metod biofeedback [1,14,169,187]. Dostępne są także doniesienia z wykorzystaniem różnego rodzaju ortez z funkcją biofeedback, ale dotyczą one pacjentów po leczeniu operacyjnym urazowych uszkodzeń ręki [160]. Lukę w dotychczasowej wiedzy stanowi temat skuteczności metody biofeedback w rehabilitacji funkcji motorycznej ręki po udarze mózgu. Nieliczne doniesienia krajowe w tym zakresie stanowią głównie prace poglądowe, przedstawiające wybrane rozwiązania zastosowania metod biofeedback w neurorehabilitacji [10,161].

Jednym z urządzeń wykorzystujących zjawisko biofeedback jest Biometrics LTD. Przegląd piśmiennictwa wskazuje, iż jest to urządzenie stosowane w różnych jednostkach chorobowych [189,190,191,192]. Urządzenie Biomerisc LTD było wykorzystane do badania ruchów dłoni i palców u pacjentów z protezą rąk. Prowadzone badania skupiały się na poprawie pracy i kontroli protezy w czynnościach dnia codziennego [189]. Przy użyciu systemu Biometrics LTD dokonano również oceny aktywności mięśni u dzieci z porażeniem mózgowym [190], oceny funkcjonalnej stawu kolanowego u pacjentów po uszkodzeniu rdzenia kręgowego [191], czy też pomiaru zakresu ruchu palców rąk u pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów [192]. Jednakże po analizie dostępnej literatury krajowej i zagranicznej, można stwierdzić, iż jak dotąd brak jest badań z wykorzystaniem urządzenia Biometrics LTD w rehabilitacji niedowładnej ręki w okresie późnym po udarze mózgu.

Opisane powyżej aspekty dały podłoże do przeprowadzenia niniejszych badań w celu zweryfikowania efektów terapii ręki z użyciem metody biofeedback u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu.

## 2. Cel pracy

Celem głównym pracy jest porównanie efektów rehabilitacji ręki z wykorzystaniem metody biofeedback i terapii konwencjonalnej u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu.

W celu szczegółowego zbadania problemu sformułowano następujące pytania badawcze:

1. Czy rehabilitacja pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu z wykorzystaniem metody biofeedback oraz metody konwencjonalnej wpływa na istotną poprawę funkcji motorycznej ręki i samoobsługi?
2. Czy występują istotne różnice w efektach rehabilitacji w zależności od zastosowanej metody?
3. Która z zastosowanych metod rehabilitacji przynosi większą poprawę?
4. Czy poprawa funkcji motorycznej ręki wpływa korzystnie na sprawność w zakresie samoobsługi?
5. Czy czynniki takie jak: wiek, płeć, czasu od udaru, strona niedowładu oraz dominacja kończyny górnej wpływają na efekty rehabilitacji?

### **3. Materiał i metody**

Badanie uzyskało zgodę Komisji Bioetycznej nr 3/09/2020 Uniwersytetu Rzeszowskiego oraz zostało zarejestrowane w rejestrze badań klinicznych ClinicalTrials.gov (numer rejestracyjny NCT04777253). Wszyscy uczestnicy badania, zgodnie z konwencją Helsińską zostali szczegółowo poinformowani o celu i przebiegu badania oraz o tym, że mogą zrezygnować z udziału w dowolnym momencie. Od każdego uczestnika uzyskano pisemną zgodę na udział w badaniu.

#### **3.1. Charakterystyka badanych**

Badaniem objęto 100 pacjentów z niedowładem połowicznym po udarze mózgu (po 50 w grupie badanej i kontrolnej), w tym 36 kobiet i 64 mężczyzn, przebywających na turnusie rehabilitacyjnym w Szpitalu Uzdrowiskowo– Rehabilitacyjnym w Iwoniczu Zdroju. Obie grupy były porównywalne, jeśli chodzi o rozkład wieku, płci, masy i wysokości ciała, wskaźnika BMI, strony niedowładu i czasu od udaru. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami ( $p > 0,05$ ). Średni wiek pacjentów z grupy badanej wyniósł 61 ( $\pm 10,92$ ) lat, zaś z grupy kontrolnej 61,9 ( $\pm 8,57$ ) lat. W przypadku czasu od wystąpienia udaru wartości średnie wyniosły odpowiednio: 48,7 ( $\pm 48,25$ ) miesięcy w grupie badanej i 48,7 ( $\pm 45,65$ ) miesięcy w grupie kontrolnej. Średnia wysokość ciała w grupie badanej wyniosła 170 ( $\pm 6,99$ ) cm, a w grupie kontrolnej 168 ( $\pm 6,48$ ) cm. Natomiast, średnia masa ciała w grupie badanej wyniosła 75,7 ( $\pm 11,35$ ) kg, w grupie kontrolnej 76,8 ( $\pm 12,34$ ) kg. Wskaźnik BMI z kolei, w grupie badanej wyniósł 26,1 ( $\pm 3,47$ ), a w grupie kontrolnej 27 ( $\pm 3,60$ ). Charakterystykę badanych grup przedstawiono w tabeli 5 i 6.

Tabela 5. Podział grupy badanej i grupy kontrolnej ze względu na płeć.

| Grupa/Płeć |           | N  | N Skumulowany | Procent | Procent Skumulowany |
|------------|-----------|----|---------------|---------|---------------------|
| Badana     | Kobieta   | 20 | 20            | 40,00   | 40,0                |
|            | Mężczyzna | 30 | 50            | 60,00   | 100,0               |
| Kontrolna  | Kobieta   | 16 | 16            | 32,00   | 32,0                |
|            | Mężczyzna | 34 | 50            | 68,00   | 100,0               |

N- liczba obserwacji

Tabela 6. Rozkład wieku, masy ciała, wysokości ciała, BMI i czasu od udaru w grupie badanej i kontrolnej

| Zmienna/Grupa            |           | Statystyki opisowe |           |       |       |       |       |       |       |                       |
|--------------------------|-----------|--------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
|                          |           | N                  | $\bar{X}$ | Me    | Min.  | Max.  | Q1    | Q3    | SD    |                       |
| Wiek [lata]              | Badana    | 50                 | 61,0      | 63,0  | 37,0  | 75,0  | 54,0  | 71,0  | 10,92 | U=1244,00<br>0,9698** |
|                          | Kontrolna | 50                 | 61,9      | 64,0  | 32,0  | 73,0  | 56,0  | 68,0  | 8,57  |                       |
| Masa ciała [kg]          | Badana    | 50                 | 75,7      | 77,6  | 46,9  | 108,6 | 68,7  | 81,2  | 11,35 | U=1174,50<br>0,6051** |
|                          | Kontrolna | 50                 | 76,8      | 78,8  | 46,9  | 111,0 | 70,3  | 83,2  | 12,34 |                       |
| Wysokość ciała [cm]      | Badana    | 50                 | 170,1     | 170,0 | 157,0 | 186,0 | 165,0 | 176,0 | 6,99  | U=1063,00<br>0,1985** |
|                          | Kontrolna | 50                 | 168,2     | 169,0 | 152,0 | 190,0 | 164,0 | 170,0 | 6,48  |                       |
| BMI                      | Badana    | 50                 | 26,1      | 26,4  | 17,4  | 33,5  | 23,8  | 28,0  | 3,47  | t=-1,29<br>0,2002*    |
|                          | Kontrolna | 50                 | 27,0      | 27,1  | 18,3  | 36,2  | 24,7  | 28,7  | 3,60  |                       |
| Czas od udaru [miesiące] | Badana    | 50                 | 48,7      | 29,5  | 6,00  | 204   | 9,00  | 84,0  | 48,25 | U=1226,00<br>0,8713   |
|                          | Kontrolna | 50                 | 48,7      | 30,0  | 6,00  | 180   | 8,00  | 86,0  | 45,65 |                       |

N- liczba obserwacji;  $\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Min.- wartość minimalna; Max.- wartość maksymalna; Q1

- dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe, \* Test t-Studenta dla prób

niezależnych, \*\* Test U Manna Whitneya

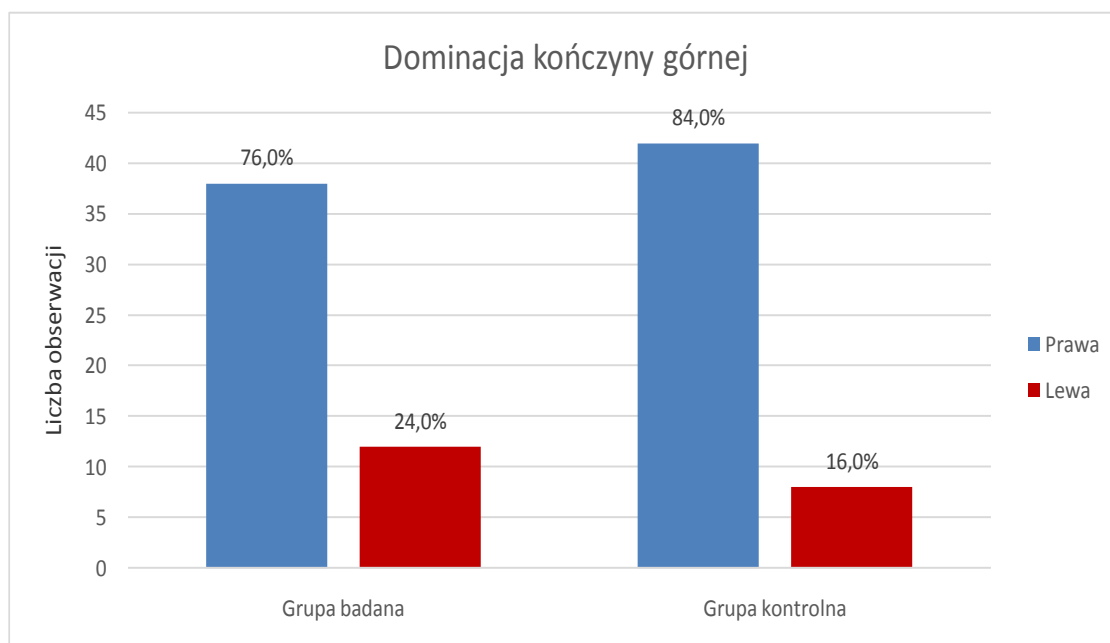
Rozkład strony niedowład w grupie badanej i kontrolnej był równomierny. Połowa pacjentów zarówno w grupie badanej i kontrolnej posiadała niedowład prawostronny, natomiast druga połowa niedowład lewostronny (tabela 7).

Tabela 7. Podział grupy badanej i grupy kontrolnej ze względu na stronę niedowład.

| Grupa/Strona niedowład |       | N  | N Skumulowany | Procent | Procent Skumulowany |
|------------------------|-------|----|---------------|---------|---------------------|
| Badana                 | Prawa | 25 | 25            | 50,00   | 50,0                |
|                        | Lewa  | 25 | 50            | 50,00   | 100,0               |
| Kontrolna              | Prawa | 25 | 25            | 50,00   | 50,0                |
|                        | Lewa  | 25 | 50            | 50,00   | 100,0               |

N- liczba obserwacji

Zdecydowana większość badanych w obu podgrupach była osobami praworęcznymi (grupa badana – 76,0%, grupa kontrolna – 84,0%). Odsetek osób w grupie badanej na poziomie 24,0% oraz w grupie kontrolnej na poziomie 8,0% wskazało kończynę górną lewą (N=12 vs. N=8) (rycina 1).



Rycina 1. Podział grupy badanej i grupy kontrolnej ze względu na dominację kończyny górnej.

#### Kryteria włączenia do badania:

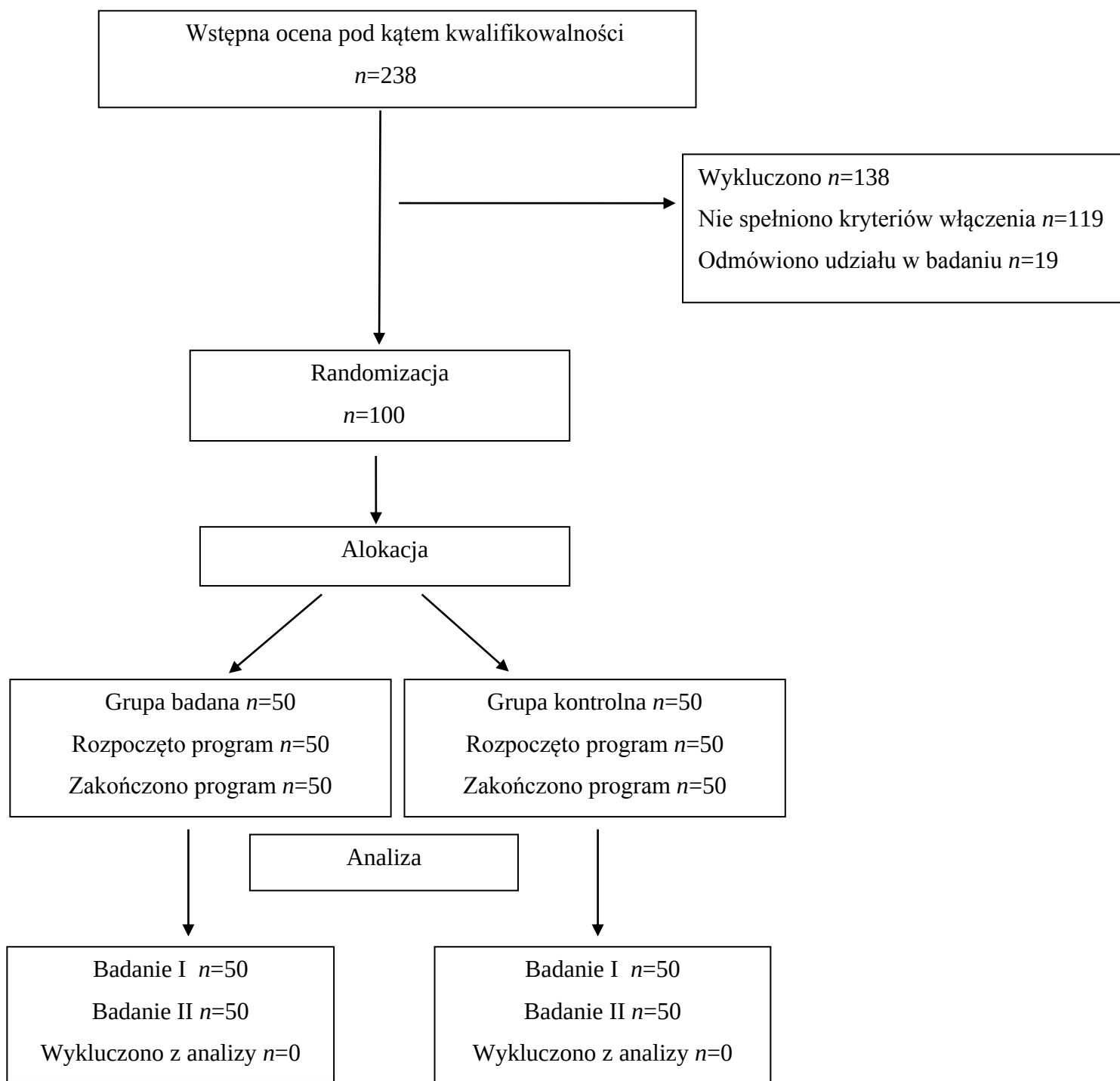
- świadoma, dobrowolna zgoda pacjenta,
- przebyty dokonany, jednokrotny niedokrwienny udar mózgu,
- niedowład połowiczy,
- czas od udaru co najmniej 6 miesięcy,
- wiek 45–75 lat,
- elementarna (podstawowa) zdolność chwytu,
- stopień niedowładu ręki 4–5 w skali Brunnström,
- stopień niepełnosprawności w skali Rankin 3,
- napięcie spastyczne w ręce niedowładnej nie więcej niż 1 plus w zmodyfikowanej skali Ashworth,
- aktualny stan zdrowia potwierdzony badaniem lekarskim pozwalający na udział w badaniach i ćwiczeniach.

Kryteria wykluczenia z badania:

- brak świadomej, dobrowolnej zgody pacjenta,
- drugi bądź kolejny udar mózgu, udar krwotoczny, udar pnia mózgu i mózdzku,
- zaburzenia wyższych czynności psychicznych ograniczające rozumienie i realizowanie zadań podczas ćwiczeń,
- zaburzenia pola widzenia,
- urazy mechaniczne i termiczne mogące wpływać na ograniczenie funkcji chwytnej ręki,
- współistniejące choroby neurologiczne, reumatologiczne, ortopedyczne w tym utrwalone przykurcze mogące wpływać na zdolność chwytne,
- niestabilny stan medyczny,
- nieukończenie 3–tygodniowego turnusu rehabilitacyjnego.

### **3.2. Przebieg badania**

Badanie przeprowadzono w Szpitalu Uzdrawiskowo–Rehabilitacyjnym w Iwoniczu Zdroju w okresie od listopada 2020r. do czerwca 2021r. Na przeprowadzenie badania uzyskano zgodę Dyrekcji Szpitala. Wstępnej ocenie pod kątem kwalifikowalności poddano 238 pacjentów, którzy zostali przyjęci do Szpitala Uzdrawiskowo–Rehabilitacyjnego. Kryteria włączenia spełniło 100 pacjentów. Spośród 138 pacjentów, którzy nie zostali zakwalifikowani do badań, 119 nie spełniało kryteriów włączenia, a 19 odmówiło udziału w badaniu. Wszyscy zakwalifikowani pacjenci ukończyli program i przeszli dwukrotną ocenę. W trakcie trwania programu nie wystąpiły żadne niepożądane zdarzenia medyczne. Przepływ uczestników badania przedstawiono na rycinie 2.



Rycina 2. Diagram przepływu badanej populacji.

Badanie było randomizowane, przeprowadzone metodą podwójnie ślepej próby. Po uwzględnieniu kryteriów kwalifikacji badani zostali przydzieleni, na zasadzie doboru losowego, do dwóch grup:

- grupa badana (50 osób) – realizująca program rehabilitacji konwencjonalnej uzupełnionej dodatkowo o trening z biofeedbackiem
- grupa kontrolna (50 osób) – realizująca wyłącznie program rehabilitacji konwencjonalnej

Osoba przeprowadzająca randomizację była również odpowiedzialna za sporządzenie listy pacjentów z podziałem na grupy. Wstępną i końcową ocenę przeprowadził fizjoterapeuta, który nie znał przydziału pacjentów do danej grupy oraz nie prowadził treningu z tymi pacjentami. Natomiast fizjoterapeuta, który prowadził terapię z pacjentami nie dokonywał ich oceny. Listę badanych osób rozszyfrowano po końcowej ocenie ostatniego z zakwalifikowanych pacjentów.

Badani z obu grup uczestniczyli w 3-tygodniowym programie rehabilitacji (od poniedziałku do soboty). Dzienny czas trwania zabiegów rehabilitacyjnych wyniósł do 2 godzin. Po zakończeniu programu badani z grupy kontrolnej mieli możliwość uczestniczenia w ćwiczeniach na urządzeniu Biometrics z funkcją biofeedback.

Ocenę pacjentów przeprowadzono dwukrotnie, w Szpitalu Uzdrowiskowo–Rehabilitacyjnym w Iwoniczu Zdroju, w pracowni fizjoterapii Zakładu Przyrodoleczniczego. Początkowa ocena została przeprowadzona przed rozpoczęciem rehabilitacji (badanie I), a kontrolna po zrealizowaniu 3-tygodniowego programu rehabilitacyjnego (badanie II), o tej samej porze dnia, w tych samych warunkach i z użyciem tych samych narzędzi pomiarowych.

### **3.3. Metody oceny badanych**

Do oceny stanu pacjentów i efektów rehabilitacji wykorzystane zostały:

– siła chwytu ręki i ścisku palców – pomiar przy użyciu elektronicznego dynamometru i pinchmetru Biometrics E-LINK EP9. Dynamometr rejestruje siłę mniejszą niż 10 dag, do 90 kg, a pinchmeter do 22 kg. Dzięki zastosowaniu oprogramowania E-Link przeprowadzić można szybką i dokładną ocenę siły ścisku. Dokonano trzykrotnie standardowego testu chwytu dla każdej ręki, który został podany analizie. Pomiaru przy użyciu pinchmetru również dokonano trzykrotnie dla każdej ręki w trzech różnych

ustawieniach (key, tyre- joint, tip-to-top). W wielu badaniach wykazano wysoką czułość, trafność i zgodność dynamometru i pinchmetru firmy Biometrics E-LINK EP9 [193,194,195].

– zakres ruchomości stawów promieniowo- nadgarstkowych – pomiar przy użyciu goniometru R500. Urządzenie działa z dokładnością do jednego stopnia i za pomocą łączności bezprzewodowej bluetooth jest automatycznie przenoszony do specjalnego oprogramowania. Ocenie poddano ruchy w dwóch płaszczyznach: strzałkowej- zgięcie i wyprost, w płaszczyźnie czołowej- odwodzenie dopromieniowe i przywodzenie dołokciowe, zarówno dla ręki prawej jak i lewej. Badania potwierdzają rzetelność goniometru R500 [196,197].

– sprawność manualna ręki za pomocą testu Box and Blocks – test składa się z drewnianej skrzynki (53,7 cm x 25,4 cm x 8,5 cm) podzielonej przegrodą na dwie części oraz 150 klocków (2,5 cm). Wykonanie testu polega na przeniesieniu przez pacjenta jak największej liczby klocków z jednego przedziału pudełka do drugiego o równej wielkości w ciągu 60 sekund. Pudełko powinno być umieszczone w środkowej linii pacjenta, aby podczas przenoszenia klocki były przenoszone przez przegrodę. Przed wykonaniem próby właściwej pacjent może wykonać próbę przez 15 sekund oraz rozpocząć test ręką niezajętą. Wyższa liczba przeniesionych klocków wskazuje na lepszą sprawność manualną pacjenta. Liczne badania wskazują, że test Box and Blocks jest jednym z najczęściej stosowanych narzędzi do oceny sprawności manualnej ręki w populacji osób po udarze mózgu, charakteryzując się wysoką zgodnością zewnętrzną i wewnętrzną [198,199,200,201,202,203].

– funkcja chwytnej ręki wg skali Franchay – skala ta składa się z 7 zadań – zaliczeń/niepowodzeń, a pacjent zdobywa za każdą zrealizowaną pomyślnie czynność 1 punkt lub 0 za brak wykonania. Pacjent przy użyciu ręki niedowładnej wykonuje próbę odkręcenia słoika, podniesienia i postawienia na miejsce cylindra o średnicy 2 cali (później o średnicy ½ cala). Następnym zadaniem jest użycie niedowładnej ręki do wypicia wody ze szklanki, uczesania się, otwarcia i zamknięcia pokrowca na ubranie. Maksymalna możliwa do zdobycia suma punktów za wykonanie powyższych czynności wynosi 7. Im więcej punktów zdobędzie pacjent tym lepsza jest sprawność manualna ręki. Skala ta, to miara kontroli proksymalnej ruchów kończyny górnej i sprawności manualnej ręki [127,204]. Badania donoszą, że skala Franchay charakteryzuje się doskonałą rzetelnością i jest wiarygodnym narzędziem w zakresie oceny funkcji chwytnej ręki osób po udarze mózgu [205].

- możliwości motoryczne ręki wg Fugl–Meyer Motor Assessment Scale for Upper Extremity. Test w zakresie funkcji ręki ocenia: ruchy precyzyjne oraz chwyt [127]. Punktacja mieści się w zakresie 0-2 za każdą czynność. Maksymalna możliwa do zdobycia suma punktów za wykonanie powyższych czynności wynosi 14 punktów. Im więcej punktów zdobędzie pacjent tym lepsza jest sprawność motoryczna ręki. Liczni autorzy potwierdzają wysoką rzetelność i niezawodność Fugl–Meyer Motor Assessment Scale for Upper Extremity [206,207,208,209].
- sprawność w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel –zawiera dziesięć aktywności dnia codziennego, ocenianych w zakresie wartości punktowych 0–10 lub 0–15, proporcjonalnie do poziomu stopnia samowystarczalności. Maksymalna suma wszystkich punktów jest równa 100. Ocenia się możliwość spożywania posiłków, przemieszczanie się, ubieranie, poruszanie się po powierzchniach płaskich oraz schodach, korzystanie z toalety, utrzymanie higieny osobistej i kąpiel całego ciała, kontrolowanie zwieraczy pęcherza moczowego i odbytu. Im mniejszy wynik tym cięższy stan pacjenta. Skala Barthel jest najczęściej stosowanym narzędziem służącym do oceny samoobsługi po udarze mózgu, a jej bardzo dobre właściwości psychometryczne zostały potwierdzone wieloma badaniami [210,211,212,213].

### **3.4. Metody rehabilitacji**

Badani z obu grup uczestniczyli w 3-tygodniowym programie rehabilitacji (od poniedziałku do soboty). Dzienny czas trwania zabiegów rehabilitacyjnych wyniósł do 2 godzin. Program obejmował: ćwiczenia grupowe i indywidualne (czynne, wspomagane, manipulacyjne, z wykorzystaniem metody PNF, równoważne, oddechowe), masaż ręczny, zabiegi fizykalne z zakresu laseroterapii, elektroterapii, magnetoterapii oraz zabiegów z wykorzystaniem surowców naturalnych (kąpiele solankowe, kąpiele kwasowęglowe, okłady borowinowe).

Ćwiczenia czynne, wspomagane i manipulacyjne miały na celu reedukację ruchów kończyny górnej niedowładnej we wszystkich płaszczyznach oraz ruchów precyzyjnych ręki. Ćwiczenia oddechowe stosowano w celu poprawy symetryczności ruchów klatki piersiowej i wzmocnienia mięśni oddechowych. Ćwiczenia równoważne miały na celu poprawę kontroli i płynności ruchów pacjenta w przestrzeni. Wykorzystano również

procedury techniki rytmicznej stabilizacji, stabilizacji zwrotnej i kombinację skurczów izotonicznych w cel poprawy koordynacji i stabilności oraz stymulacji czucia głębokiego. Wykonywano także mobilizację łopatki, która miała na celu poprawę ruchomości łopatki względem klatki piersiowej i samej kończyny górnej [93]. Zabiegi fizykalne oraz z wykorzystaniem surowców naturalnych stosowano przed kinezyterapią, celem normalizacji napięcia mięśniowego i zmniejszenia dolegliwości bólowych strony zajętej. Ponadto zabiegi kąpieli solankowej i kwasowęglowej miały na celu polepszyć regulację krążenia krwi oraz znormalizować ciśnienie tętnicze.

Dodatkowo pacjenci z grupy badanej otrzymali trening z biofeedbackiem ukierunkowany na poprawę funkcji motorycznej ręki. Do ćwiczeń wykorzystano urządzenie Biometrics Ltd (Rycina 3). Urządzenie pozwalało na wykonywanie ruchów we wszystkich płaszczyznach poszczególnych stawów ręki. Podczas ćwiczeń pacjent na ekranie monitora posiadał wizualizację ruchów, które wykonywał dzięki czemu poprzez biofeedback mógł wpływać na zwiększenie zakresu ruchu oraz angażować większą siłę mięśniową, dodatkowo potwierdzeniem poprawnego wykonania zadania był sygnał akustyczny. Do ćwiczeń został użyty czujnik E-Link Myo- Ex, który wykorzystywał powierzchniowe EMG. Ruch ręki pacjenta był wizualizowany na ekranie monitora. Zadania polegały na dopasowywaniu klocków w różnych kolorach lub łapaniu piłek do kosza. Kolejnym elementem zadań z biofeedbackiem było wykorzystanie do ćwiczeń dynamometru i pichtometru E-Link. Początkowy zakres siły był mniejszy niż posiadany. Istotnym elementem ćwiczeń było wykorzystanie napięcia izometrycznego oraz rozluźnienia. Tzw. „rozluźnianie” jest często dla pacjentów trudnym elementem ćwiczeń. W tym przypadku zastosowano gry, które miały za zadanie nauczyć chwytania i rozluźniania (przenoszenie kontenerów z nabrzeża do ładowni na statku). Biofeedback wizualny powodował lepszą motywację pacjenta do ćwiczeń. Czas trwania ćwiczeń z funkcją biofeedback wyniósł 30 minut dziennie.



Rycina 3. Biometrics LTD. Stacja diagnostyczno- ćwiczeniowa E- Link.

### 3.5. Metody statystyczne

Analizę danych przeprowadzono w pakiecie Statistica 13.3 w której wykorzystano metody statystyki opisowej poddane wnioskowaniu statystycznemu. Określono charakterystyki wybranych parametrów jak liczebność (N), wartość średnią ( $\bar{x}$ ), medianę (Me), wartość minimalną (Min.) i maksymalną (Max.), kwartył dolny i górny (Q1 i Q3) oraz odchylenie standardowe (SD).

W celu określenia poziomu istotności statystycznej do oceny różnic w przeciętnym poziomie cechy liczbowej dla prób niezależnych (do porównania dwóch grup) wykorzystano test t-Studenta dla prób niezależnych, bądź w przypadku niespełnienia założeń testu parametrycznego (brak zgodności rozkładu zmiennej z rozkładem normalnym zweryfikowanym testem W Shapiro-Wilka) skorzystano z testu nieparametrycznego U Manna Whitneya. Dla par powiązanych w związku z brakiem wystąpienia normalności rozkładu różnic zmiennych zależnych w badanych grupach wykorzystano test Wilcoxona.

Do określenia korelacji zmiennych, które nie spełniały kryterium normalności rozkładu wykorzystano współczynnik korelacji rang Spearmana. Do opisu i interpretacji istotnej korelacji przyjęto skalę określającą siłę związku:

|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| $r_{xy} = 0$            | - brak korelacji          |
| $0 < r_{xy} < 0,1$      | - korelacja nikła         |
| $0,1 \leq r_{xy} < 0,3$ | - korelacja słaba         |
| $0,3 \leq r_{xy} < 0,5$ | - korelacja przeciętna    |
| $0,5 \leq r_{xy} < 0,7$ | - korelacja wysoka        |
| $0,7 \leq r_{xy} < 0,9$ | - korelacja bardzo wysoka |
| $0,9 \leq r_{xy} < 1$   | - korelacja prawie pełna  |

W analizie wykorzystano również regresję logistyczną w celu weryfikacji wpływu wybranych czynników na przeprowadzone wyniki badań.

Za poziom istotności statystycznej przyjęto wartość  $p < 0,05$ .

### 3.5.1. Wielkość próby

Zastosowano procedurę obliczenia minimalnej wielkości próby przed przystąpieniem do badań, przy użyciu kalkulatora doboru próby. Uzyskano wielkość populacji - 71 pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu. Ostatecznie do badania zakwalifikowano 100 pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu.

Do wyznaczenia minimalnej liczebności próby zastosowano następujący wzór:

$$N_{min} = \frac{NP(\alpha^2 \cdot f(1-f))}{NP \cdot e^2 + \alpha^2 \cdot f(1-f)}$$

$N_{min}$  – minimalna liczebność próby

$NP$  – wielkość populacji, z której brana jest próba

$\alpha$  – poziom ufności dla wyników

$f$  – wielkość frakcji

$e$  – założony błąd maksymalny

## 4. Wyniki

### 4.1. Analiza efektów rehabilitacji

#### 4.1.1. Siła chwytu ręki i ścisku palców

Badając siłę chwytu ręki oraz ścisku palców w kończynie górnej prawej i lewej za pomocą dynamometru zaobserwowano w grupie badanej poprawę odnotowanych wartości między badaniami o średnio 5,5 kilograma (ręka prawa) oraz o ponad 5 kilogramów (ręka lewa). Powyższe zaobserwowane różnice okazały się istotne statystycznie ( $p < 0,0001$ ). W grupie, w której wykorzystywana była wyłącznie terapia konwencjonalna istotny efekt odnotowano wyłącznie w kończynie górnej prawej ( $p = 0,0007$ ). W związku, iż w ręce lewej w grupie kontrolnej nie zauważono istotnej różnicy w odnotowanych wynikach między badaniami doszło do wystąpienia istotnej różnicy w osiągniętych efektach prowadzonej rehabilitacji między grupami ( $p = 0,0020$ ). Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 8 i tabeli 9.

Tabela 8. Siła chwytu [kg] prawej ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Siła chwytu prawej ręki [kg] |      |      |      |       |                      |      |      |      |       |         |          |
|---------|------------------------------|------|------|------|-------|----------------------|------|------|------|-------|---------|----------|
|         | Grupa badana                 |      |      |      |       | Grupa kontrolna      |      |      |      |       | U       | p        |
|         | $\bar{X}$                    | Me   | Q1   | Q3   | SD    | $\bar{X}$            | Me   | Q1   | Q3   | SD    |         |          |
| I       | 23,9                         | 22,1 | 16,7 | 28,1 | 13,66 | 19,4                 | 17,8 | 10,2 | 24,0 | 13,12 | 950,00  | 0,0390** |
| II      | 29,3                         | 27,1 | 20,0 | 35,2 | 16,12 | 23,4                 | 19,3 | 10,0 | 32,2 | 17,50 | 896,50  | 0,0150** |
| Efekt   | 5,5                          | 3,0  | 0,6  | 8,4  | 9,31  | 3,9                  | 2,4  | 0,4  | 6,1  | 11,90 | 1122,00 | 0,3794** |
| p       | (Z=4,61), <0,0001****        |      |      |      |       | (Z=3,41), 0,0007**** |      |      |      |       |         |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe, \*\* Test U Manna Whitneya, \*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 9. Siła chwytu [kg] lewej ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Siła chwytu lewej ręki [kg] |      |      |      |       |                      |      |      |      |       |         | U        |  |
|---------|-----------------------------|------|------|------|-------|----------------------|------|------|------|-------|---------|----------|--|
|         | Grupa badana                |      |      |      |       | Grupa kontrolna      |      |      |      |       |         |          |  |
|         | $\bar{X}$                   | Me   | Q1   | Q3   | SD    | $\bar{X}$            | Me   | Q1   | Q3   | SD    |         |          |  |
| I       | 22,4                        | 18,2 | 11,0 | 29,9 | 18,09 | 20,8                 | 20,0 | 13,0 | 28,8 | 10,59 | 1190,00 | 0,6817** |  |
| II      | 27,6                        | 24,7 | 15,5 | 29,6 | 20,33 | 21,8                 | 18,6 | 12,0 | 29,6 | 12,21 | 1073,00 | 0,2237** |  |
| Efekt   | 5,2                         | 3,2  | 0,5  | 7,1  | 8,78  | 1,0                  | 1,4  | -2,3 | 3,1  | 8,00  | 801,00  | 0,0020** |  |
| p       | (Z=4,65), <0,0001****       |      |      |      |       | (Z=1,25), 0,2130**** |      |      |      |       |         |          |  |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Kolejnym etapem badań było zbadanie siły ścisku palców prawej ręki przy użyciu pinchmetru przed oraz po przeprowadzonej rehabilitacji konwencjonalnej z biofeedbackiem oraz z wykorzystaniem wyłącznie rehabilitacji konwencjonalnej. W obu podgrupach odnotowano istotny wzrost badanego parametru po II pomiarze w porównaniu z pomiarem I (grupa badana:  $p < 0,0001$ ,  $p = 0,0012$ ,  $p = 0,0004$ ; grupa kontrolna:  $p = 0,0225$ ,  $p = 0,0011$ ,  $p = 0,0031$ ) z czego w grupie badanej zaobserwowane efekty okazały się nieco lepsze, lecz różnice te były tak niewielkie, iż w efektach rehabilitacji nie odnotowano wyników istotnych statystycznie między grupami. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 10, 11 oraz 12.

Tabela 10. Siła ścisku palców [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Siła ścisku palców prawej ręki [kg] |     |     |     |      |                      |     |      |     |      |         | U        | p |
|---------|-------------------------------------|-----|-----|-----|------|----------------------|-----|------|-----|------|---------|----------|---|
|         | Grupa badana                        |     |     |     |      | Grupa kontrolna      |     |      |     |      |         |          |   |
|         | $\bar{X}$                           | Me  | Q1  | Q3  | SD   | $\bar{X}$            | Me  | Q1   | Q3  | SD   |         |          |   |
| I       | 6,2                                 | 6,0 | 4,1 | 7,8 | 3,20 | 5,7                  | 5,0 | 3,2  | 6,9 | 4,02 | 1025,00 | 0,1217** |   |
| II      | 7,6                                 | 7,2 | 5,5 | 9,0 | 3,83 | 6,4                  | 5,2 | 3,9  | 8,3 | 4,10 | 968,50  | 0,0527** |   |
| Efekt   | 1,4                                 | 0,9 | 0,0 | 2,1 | 2,58 | 0,7                  | 0,4 | -0,2 | 1,6 | 2,86 | 1036,50 | 0,1420** |   |
| p       | (Z=4,27), <0,0001****               |     |     |     |      | (Z=2,28), 0,0225**** |     |      |     |      |         |          |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 11. Siła ścisku palców (three-joins) [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Siła ścisku palców (three-joins) prawej ręki [kg] |     |      |     |      |                      |     |      |     |      |         | U        | p |
|---------|---------------------------------------------------|-----|------|-----|------|----------------------|-----|------|-----|------|---------|----------|---|
|         | Grupa badana                                      |     |      |     |      | Grupa kontrolna      |     |      |     |      |         |          |   |
|         | $\bar{X}$                                         | Me  | Q1   | Q3  | SD   | $\bar{X}$            | Me  | Q1   | Q3  | SD   |         |          |   |
| I       | 6,2                                               | 5,6 | 4,1  | 7,9 | 3,48 | 5,3                  | 4,6 | 2,4  | 6,7 | 3,76 | 981,00  | 0,0642** |   |
| II      | 7,7                                               | 7,3 | 4,3  | 9,4 | 4,34 | 6,5                  | 4,7 | 3,5  | 7,6 | 4,91 | 960,50  | 0,0463** |   |
| Efekt   | 1,5                                               | 0,6 | -0,4 | 2,0 | 3,21 | 1,1                  | 0,6 | -0,2 | 1,4 | 3,21 | 1238,00 | 0,9368** |   |
| p       | (Z=3,24), 0,0012****                              |     |      |     |      | (Z=3,26), 0,0011**** |     |      |     |      |         |          |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartyl; Q3 – górny kwartyl; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 12. Siła ścisku palców (tip-top) [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Siła ścisku palców (tip-top) prawej ręki [kg] |     |     |     |      |                      |     |      |     |      |         | U        | p |
|---------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|------|----------------------|-----|------|-----|------|---------|----------|---|
|         | Grupa badana                                  |     |     |     |      | Grupa kontrolna      |     |      |     |      |         |          |   |
|         | $\bar{X}$                                     | Me  | Q1  | Q3  | SD   | $\bar{X}$            | Me  | Q1   | Q3  | SD   |         |          |   |
| I       | 5,2                                           | 4,8 | 3,4 | 6,4 | 2,66 | 4,3                  | 4,1 | 1,9  | 5,0 | 2,86 | 926,50  | 0,0260** |   |
| II      | 6,2                                           | 5,8 | 4,1 | 7,3 | 3,21 | 5,0                  | 4,2 | 2,8  | 6,0 | 2,98 | 894,00  | 0,0143** |   |
| Efekt   | 1,0                                           | 0,7 | 0,0 | 1,9 | 1,94 | 0,7                  | 0,5 | -0,2 | 1,4 | 1,84 | 1131,50 | 0,4159** |   |
| p       | (Z=3,53), 0,0004****                          |     |     |     |      | (Z=2,96), 0,0031**** |     |      |     |      |         |          |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartyl; Q3 – górny kwartyl; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Z kolei w odniesieniu do siły ścisku palców w lewej ręce sytuacja wyglądała nieco odmiennie. W grupie osób u których zastosowano rehabilitację konwencjonalną połączoną z biofeedbackiem w porównaniu z rehabilitacją konwencjonalną efekty rehabilitacji okazały się istotnie skuteczne przy zanotowaniu wzrostu badanych wartości od średnio blisko 1kg ( $\bar{X} = 0,9$ ) do ponad 1,5kg ( $\bar{X} = 1,6$ ). W grupie kontrolnej wzrost wartości po II badaniu również był widoczny, lecz statystycznie nieistotny ( $p=0,4327$ ;  $p=0,1290$ ;  $p=0,1377$ ). W związku z powyższymi stwierdzeniami odnotowano także istotność statystyczną różnic efektów między grupami siły ścisku palców lewej ręki ( $p=0,0094$ ) oraz siły ścisku palców dla pomiaru tip-top ( $p=0,0177$ ). Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 13, 14 oraz 15.

Tabela 13. Siła ścisku palców [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Siła ścisku palców lewej ręki [kg] |     |     |     |      |                      |     |      |     |      |         | U        | p |
|---------|------------------------------------|-----|-----|-----|------|----------------------|-----|------|-----|------|---------|----------|---|
|         | Grupa badana                       |     |     |     |      | Grupa kontrolna      |     |      |     |      |         |          |   |
|         | $\bar{X}$                          | Me  | Q1  | Q3  | SD   | $\bar{X}$            | Me  | Q1   | Q3  | SD   |         |          |   |
| I       | 5,8                                | 4,8 | 2,5 | 7,1 | 4,56 | 5,9                  | 5,4 | 3,3  | 7,0 | 3,44 | 1140,00 | 0,4503** |   |
| II      | 7,4                                | 6,3 | 3,8 | 8,7 | 5,24 | 6,2                  | 5,1 | 3,9  | 8,1 | 3,75 | 1104,00 | 0,3158** |   |
| Efekt   | 1,6                                | 0,8 | 0,1 | 1,7 | 2,92 | 0,3                  | 0,2 | -0,7 | 1,2 | 2,76 | 873,00  | 0,0094** |   |
| p       | (Z=4,60), <0,0001****              |     |     |     |      | (Z=0,78), 0,4327**** |     |      |     |      |         |          |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartyl; Q3 – górny kwartyl; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 14. Siła ścisku palców (three-joins) [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Siła ścisku palców (three-joins) lewej ręki [kg] |     |      |     |      |                      |     |      |     |      |         | U        | p |
|---------|--------------------------------------------------|-----|------|-----|------|----------------------|-----|------|-----|------|---------|----------|---|
|         | Grupa badana                                     |     |      |     |      | Grupa kontrolna      |     |      |     |      |         |          |   |
|         | $\bar{X}$                                        | Me  | Q1   | Q3  | SD   | $\bar{X}$            | Me  | Q1   | Q3  | SD   |         |          |   |
| I       | 5,9                                              | 4,9 | 2,8  | 8,0 | 4,55 | 5,2                  | 4,5 | 3,1  | 6,9 | 3,35 | 1199,00 | 0,7277** |   |
| II      | 6,9                                              | 5,7 | 4,0  | 7,8 | 4,61 | 5,8                  | 4,7 | 3,5  | 8,3 | 3,64 | 1096,50 | 0,2915** |   |
| Efekt   | 0,9                                              | 0,7 | -0,2 | 1,7 | 1,98 | 0,6                  | 0,2 | -0,5 | 1,3 | 2,20 | 1107,50 | 0,3276** |   |
| p       | (Z=2,89), 0,0038****                             |     |      |     |      | (Z=1,52), 0,1290**** |     |      |     |      |         |          |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartyl; Q3 – górny kwartyl; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 15. Siła ścisku palców (tip-top) [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Siła ścisku palców (tip-top) lewej ręki [kg] |     |     |     |      |                      |     |      |     |      |         | U        | p |
|---------|----------------------------------------------|-----|-----|-----|------|----------------------|-----|------|-----|------|---------|----------|---|
|         | Grupa badana                                 |     |     |     |      | Grupa kontrolna      |     |      |     |      |         |          |   |
|         | $\bar{X}$                                    | Me  | Q1  | Q3  | SD   | $\bar{X}$            | Me  | Q1   | Q3  | SD   |         |          |   |
| I       | 4,5                                          | 4,1 | 2,0 | 5,9 | 3,09 | 4,3                  | 3,7 | 2,2  | 6,1 | 2,83 | 1214,00 | 0,8067** |   |
| II      | 5,7                                          | 5,1 | 3,3 | 6,9 | 3,69 | 4,6                  | 3,9 | 2,8  | 6,1 | 2,51 | 1042,50 | 0,1536** |   |
| Efekt   | 1,2                                          | 0,8 | 0,1 | 1,7 | 1,69 | 0,2                  | 0,2 | -0,3 | 1,1 | 1,96 | 905,50  | 0,0177** |   |
| p       | (Z=4,34), <0,0001****                        |     |     |     |      | (Z=1,48), 0,1377**** |     |      |     |      |         |          |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartyl; Q3 – górny kwartyl; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

#### 4.1.2. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego

Kolejnym etapem badań było zbadanie zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki. Ocenie poddano ruch zgięcia, wyprostu, odwodzenia dopromieniowego oraz przywodzenia dołokciowego przy użyciu goniometru R500. Istotne efekty rehabilitacji konwencjonalnej z biofeedbackiem odnotowano dla ruchu zgięcia ( $p=0,0057$ ), odwodzenia dopromieniowego ( $p=0,0071$ ) oraz przywodzenia dołokciowego ( $p=0,0220$ ), natomiast w grupie kontrolnej po II przeprowadzonym badaniu w stosunku do badania I uzyskano istotną poprawę zakresu ruchomości dla odwodzenia dopromieniowego ( $p=0,0166$ ) oraz przywodzenia dołokciowego ( $p=0,0016$ ). Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 16, 17, 18 oraz 19.

Tabela 16. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie      | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (zgięcie) |      |      |      |       |                             |      |      |      |       |                |                 |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-----------------------------|------|------|------|-------|----------------|-----------------|
|              | Grupa badana                                                             |      |      |      |       | Grupa kontrolna             |      |      |      |       | U              | p               |
|              | $\bar{X}$                                                                | Me   | Q1   | Q3   | SD    | $\bar{X}$                   | Me   | Q1   | Q3   | SD    |                |                 |
| <b>I</b>     | 57,3                                                                     | 59,5 | 54,0 | 60,0 | 10,49 | 56,0                        | 57,5 | 50,0 | 61,0 | 9,53  | <b>1166,00</b> | <b>0,5649**</b> |
| <b>II</b>    | 58,3                                                                     | 60,0 | 55,0 | 62,0 | 10,69 | 57,1                        | 60,0 | 50,0 | 64,0 | 10,31 | <b>1223,00</b> | <b>0,8550**</b> |
| <b>Efekt</b> | 1,0                                                                      | 0,0  | 0,0  | 2,0  | 4,61  | 1,1                         | 0,0  | 0,0  | 2,0  | 6,09  | <b>1108,00</b> | <b>0,3293**</b> |
| <b>p</b>     | <b>(Z=2,76), 0,0057****</b>                                              |      |      |      |       | <b>(Z=1,20), 0,2301****</b> |      |      |      |       |                |                 |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 17. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie      | Zakres ruchomości prawej ręki (wyprost) |      |      |      |       |                             |      |      |      |       |                |                 |
|--------------|-----------------------------------------|------|------|------|-------|-----------------------------|------|------|------|-------|----------------|-----------------|
|              | Grupa badana                            |      |      |      |       | Grupa kontrolna             |      |      |      |       | U              | p               |
|              | $\bar{X}$                               | Me   | Q1   | Q3   | SD    | $\bar{X}$                   | Me   | Q1   | Q3   | SD    |                |                 |
| <b>I</b>     | 42,1                                    | 45,5 | 37,0 | 50,0 | 11,37 | 38,6                        | 42,0 | 34,0 | 46,0 | 11,92 | <b>1007,00</b> | <b>0,0946**</b> |
| <b>II</b>    | 43,0                                    | 47,0 | 38,0 | 50,0 | 10,94 | 39,9                        | 41,0 | 35,0 | 48,0 | 11,80 | <b>992,50</b>  | <b>0,0764**</b> |
| <b>Efekt</b> | 0,9                                     | 0,0  | 0,0  | 2,0  | 6,04  | 1,3                         | 0,5  | -1,0 | 4,0  | 4,87  | <b>1242,00</b> | <b>0,9588**</b> |
| <b>p</b>     | <b>(Z=1,56), 0,1180****</b>             |      |      |      |       | <b>(Z=1,86), 0,0627****</b> |      |      |      |       |                |                 |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 18. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (odwodzenie dopromieniowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie      | Zakres ruchomości prawej ręki (odwodzenie dopromieniowe) |      |      |      |      |                             |      |      |      |      |                |                 |
|--------------|----------------------------------------------------------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|----------------|-----------------|
|              | Grupa badana                                             |      |      |      |      | Grupa kontrolna             |      |      |      |      | U              | p               |
|              | $\bar{X}$                                                | Me   | Q1   | Q3   | SD   | $\bar{X}$                   | Me   | Q1   | Q3   | SD   |                |                 |
| <b>I</b>     | 18,4                                                     | 19,0 | 16,0 | 20,0 | 4,67 | 17,0                        | 18,0 | 13,0 | 20,0 | 5,48 | <b>1115,00</b> | <b>0,3538**</b> |
| <b>II</b>    | 19,2                                                     | 20,0 | 16,0 | 21,0 | 5,01 | 18,3                        | 19,0 | 15,0 | 22,0 | 6,11 | <b>1149,00</b> | <b>0,4884**</b> |
| <b>Efekt</b> | 0,8                                                      | 0,0  | 0,0  | 1,0  | 2,09 | 1,2                         | 0,0  | 0,0  | 3,0  | 3,45 | <b>1169,00</b> | <b>0,5789**</b> |
| <b>p</b>     | <b>(Z=2,69), 0,0071****</b>                              |      |      |      |      | <b>(Z=2,40), 0,0166****</b> |      |      |      |      |                |                 |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 19. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie      | Zakres ruchomości prawej ręki (przywodzenie dołokciowe) |      |      |      |      |                             |      |      |      |      |                    |                 |
|--------------|---------------------------------------------------------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|--------------------|-----------------|
|              | Grupa badana                                            |      |      |      |      | Grupa kontrolna             |      |      |      |      | Wartość statystyki | p               |
|              | $\bar{X}$                                               | Me   | Q1   | Q3   | SD   | $\bar{X}$                   | Me   | Q1   | Q3   | SD   |                    |                 |
| <b>I</b>     | 23,5                                                    | 23,0 | 20,0 | 29,0 | 7,26 | 24,0                        | 25,5 | 20,0 | 30,0 | 7,97 | <b>U=1140,50</b>   | <b>0,4524**</b> |
| <b>II</b>    | 24,9                                                    | 24,5 | 20,0 | 30,0 | 7,46 | 25,9                        | 26,5 | 20,0 | 30,0 | 8,99 | <b>t=-0,62</b>     | <b>0,5384*</b>  |
| <b>Efekt</b> | 1,4                                                     | 0,0  | 0,0  | 2,0  | 4,29 | 1,9                         | 1,0  | 0,0  | 3,0  | 4,06 | <b>U=1091,00</b>   | <b>0,2745**</b> |
| <b>p</b>     | <b>(Z=2,29), 0,0220****</b>                             |      |      |      |      | <b>(Z=3,16), 0,0016****</b> |      |      |      |      |                    |                 |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartyl; Q3 – górny kwartyl; SD – odchylenie standardowe

\*Test t-Studenta dla prób niezależnych\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcozona

Następnie przeprowadzono pomiary zakresu ruchomości do zgięcia, wyprostu, odwodzenie dopromieniowego oraz przywodzenie dołokciowego dla ręki lewej przed oraz po rehabilitacji. Zauważono, iż w grupie badanej odnotowano we wszystkich czterech zakresach istotną poprawę wyników między I i II badaniem ( $p=0,0083$ ;  $p=0,0001$ ;  $p<0,0001$ ;  $p=0,0005$ ), natomiast w grupie kontrolnej rehabilitacja konwencjonalna okazała się istotnie skuteczna dla zakresu ruchu wyprostu ( $p=0,0414$ ), odwodzenie dopromieniowego ( $p=0,0059$ ) oraz przywodzenie dołokciowego ( $p=0,0077$ ). Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 20, 21, 22 oraz 23.

Tabela 20. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie      | Zakres ruchomości lewej ręki (zgięcie) |      |      |      |       |                             |      |      |      |       |                |                 |
|--------------|----------------------------------------|------|------|------|-------|-----------------------------|------|------|------|-------|----------------|-----------------|
|              | Grupa badana                           |      |      |      |       | Grupa kontrolna             |      |      |      |       | U              | p               |
|              | $\bar{X}$                              | Me   | Q1   | Q3   | SD    | $\bar{X}$                   | Me   | Q1   | Q3   | SD    |                |                 |
| <b>I</b>     | 54,3                                   | 54,0 | 49,0 | 60,0 | 10,52 | 57,7                        | 60,0 | 53,0 | 64,0 | 10,08 | <b>961,00</b>  | <b>0,0467**</b> |
| <b>II</b>    | 56,0                                   | 55,5 | 50,0 | 60,0 | 9,79  | 57,9                        | 60,0 | 50,0 | 64,0 | 10,31 | <b>1065,00</b> | <b>0,2034**</b> |
| <b>Efekt</b> | 1,7                                    | 0,0  | 0,0  | 2,0  | 5,34  | 0,3                         | 0,0  | 0,0  | 1,0  | 3,45  | <b>1118,00</b> | <b>0,3647**</b> |
| <b>p</b>     | <b>(Z=2,64), 0,0083****</b>            |      |      |      |       | <b>(Z=1,08), 0,2796****</b> |      |      |      |       |                |                 |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 21. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie      | Zakres ruchomości lewej ręki (wyprost) |      |      |      |       |                             |      |      |      |       |                |                 |
|--------------|----------------------------------------|------|------|------|-------|-----------------------------|------|------|------|-------|----------------|-----------------|
|              | Grupa badana                           |      |      |      |       | Grupa kontrolna             |      |      |      |       | U              | p               |
|              | $\bar{X}$                              | Me   | Q1   | Q3   | SD    | $\bar{X}$                   | Me   | Q1   | Q3   | SD    |                |                 |
| <b>I</b>     | 42,1                                   | 43,5 | 37,0 | 50,0 | 12,72 | 44,4                        | 47,5 | 35,0 | 52,0 | 12,99 | <b>1115,50</b> | <b>0,3556**</b> |
| <b>II</b>    | 45,1                                   | 47,0 | 40,0 | 50,0 | 11,95 | 45,7                        | 48,0 | 35,0 | 55,0 | 12,89 | <b>1206,00</b> | <b>0,7643**</b> |
| <b>Efekt</b> | 2,9                                    | 1,0  | 0,0  | 3,0  | 5,34  | 1,3                         | 0,0  | 0,0  | 4,0  | 5,19  | <b>1055,00</b> | <b>0,1800**</b> |
| <b>p</b>     | <b>(Z=3,96), 0,0001****</b>            |      |      |      |       | <b>(Z=2,04), 0,0414****</b> |      |      |      |       |                |                 |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 22. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (odwodzenie dopromieniowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie      | Zakres ruchomości lewej ręki (odwodzenie dopromieniowe) |      |      |      |      |                             |      |      |      |      |                |                 |
|--------------|---------------------------------------------------------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|----------------|-----------------|
|              | Grupa badana                                            |      |      |      |      | Grupa kontrolna             |      |      |      |      | U              | p               |
|              | $\bar{X}$                                               | Me   | Q1   | Q3   | SD   | $\bar{X}$                   | Me   | Q1   | Q3   | SD   |                |                 |
| <b>I</b>     | 18,5                                                    | 18,0 | 14,0 | 24,0 | 6,88 | 20,1                        | 20,0 | 16,0 | 24,0 | 6,07 | <b>1063,00</b> | <b>0,1985**</b> |
| <b>II</b>    | 20,6                                                    | 20,0 | 16,0 | 27,0 | 7,42 | 21,1                        | 20,0 | 18,0 | 25,0 | 5,83 | <b>1147,50</b> | <b>0,4820**</b> |
| <b>Efekt</b> | 2,2                                                     | 1,0  | 0,0  | 2,0  | 3,76 | 1,0                         | 0,0  | 0,0  | 2,0  | 3,31 | <b>1096,00</b> | <b>0,2900**</b> |
| <b>p</b>     | <b>(Z=4,45), &lt;0,0001****</b>                         |      |      |      |      | <b>(Z=2,75), 0,0059****</b> |      |      |      |      |                |                 |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 23. Zakres ruchomości stawu promieniowo – nadgarstkowego lewej ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie      | Zakres ruchomości lewej ręki (przywodzenie dołokciowe) |      |      |      |      |                             |      |      |      |      |                |                 |
|--------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|----------------|-----------------|
|              | Grupa badana                                           |      |      |      |      | Grupa kontrolna             |      |      |      |      | U              | p               |
|              | $\bar{X}$                                              | Me   | Q1   | Q3   | SD   | $\bar{X}$                   | Me   | Q1   | Q3   | SD   |                |                 |
| <b>I</b>     | 24,8                                                   | 23,5 | 19,0 | 31,0 | 8,14 | 27,5                        | 30,0 | 21,0 | 33,0 | 7,62 | <b>986,50</b>  | <b>0,0698**</b> |
| <b>II</b>    | 26,2                                                   | 24,5 | 20,0 | 34,0 | 8,45 | 28,5                        | 30,0 | 23,0 | 34,0 | 7,17 | <b>1036,00</b> | <b>0,1411**</b> |
| <b>Efekt</b> | 1,4                                                    | 0,5  | 0,0  | 2,0  | 2,70 | 1,0                         | 0,0  | 0,0  | 2,0  | 2,51 | <b>1211,00</b> | <b>0,7907**</b> |
| <b>p</b>     | <b>(Z=3,48), 0,0005****</b>                            |      |      |      |      | <b>(Z=2,67), 0,0077****</b> |      |      |      |      |                |                 |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

#### 4.1.3. Sprawność manualna ręki za pomocą testu Box and Blocks

Podczas prowadzonych badań za pomocą testu Box and Blocks zbadano sprawność manualną ręki dominującej i niedominującej oraz sprawdzono efekty przeprowadzonej rehabilitacji w obu podgrupach. Po II badaniu zaobserwowano poprawę badanego parametru w obu podgrupach, lecz w grupie badanej w stosunku do grupy kontrolnej średni pozytywny zaobserwowany efekt prowadzonej terapii był

wyższy zarówno w ręce dominującej ( $\bar{X} = 3,8$  vs.  $\bar{X} = 2,8$ ) jak i w ręce niedominującej ( $\bar{X} = 4,2$  vs.  $\bar{X} = 1,7$ ). Należy jednak zaznaczyć, iż istotną różnicę w efekcie rehabilitacji między podgrupami odnotowano jedynie dla ręki niedominującej ( $p=0,0221$ ).

Zarówno rehabilitacja konwencjonalna z użyciem biofeedback'u jak i prowadzenie wyłącznie rehabilitacji konwencjonalnej okazały się istotnie skuteczne w poprawie sprawności manualnej ręki (ręka dominująca:  $p<0,0001$ ,  $p=0,0014$ ; ręka niedominująca:  $p<0,0001$ ,  $p=0,0142$ ). Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 24 i tabeli 25.

Tabela 24. Sprawność manualna ręki dominującej wg testu Box and Blocks w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Box and Blocks (ręka dominująca) |      |      |      |       |                      |      |      |      |       |                    | p        |
|---------|----------------------------------|------|------|------|-------|----------------------|------|------|------|-------|--------------------|----------|
|         | Grupa badana                     |      |      |      |       | Grupa kontrolna      |      |      |      |       | Wartość statystyki |          |
|         | $\bar{X}$                        | Me   | Q1   | Q3   | SD    | $\bar{X}$            | Me   | Q1   | Q3   | SD    |                    |          |
| I       | 28,7                             | 32,0 | 20,0 | 38,0 | 12,41 | 26,1                 | 25,5 | 21,0 | 32,0 | 9,83  | t=1,16             | 0,2483*  |
| II      | 32,5                             | 35,0 | 24,0 | 42,0 | 13,18 | 28,9                 | 29,0 | 20,0 | 35,0 | 11,14 | t=1,47             | 0,1434*  |
| Efekt   | 3,8                              | 3,0  | 1,0  | 6,0  | 4,38  | 2,8                  | 2,0  | 0,0  | 4,0  | 5,76  | U=1000,00          | 0,0854** |
| p       | (Z=5,18), <0,0001****            |      |      |      |       | (Z=3,20), 0,0014**** |      |      |      |       |                    |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*Test t-Studenta dla prób niezależnych\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

Tabela 25. Sprawność manualna ręki niedominującej wg testu Box and Blocks w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Box and Blocks (ręka niedominująca) |      |      |      |       |                      |      |      |      |       |          | Wartość statystyki | p |
|---------|-------------------------------------|------|------|------|-------|----------------------|------|------|------|-------|----------|--------------------|---|
|         | Grupa badana                        |      |      |      |       | Grupa kontrolna      |      |      |      |       |          |                    |   |
|         | $\bar{X}$                           | Me   | Q1   | Q3   | SD    | $\bar{X}$            | Me   | Q1   | Q3   | SD    |          |                    |   |
| I       | 28,5                                | 27,5 | 21,0 | 36,0 | 12,01 | 29,3                 | 28,5 | 20,0 | 36,0 | 10,17 | t=-0,38  | 0,7066*            |   |
| II      | 32,7                                | 32,5 | 23,0 | 40,0 | 12,75 | 31,0                 | 30,0 | 24,0 | 36,0 | 10,58 | t=0,71   | 0,4803*            |   |
| Efekt   | 4,2                                 | 4,0  | 1,0  | 7,0  | 4,54  | 1,7                  | 1,0  | 0,0  | 5,0  | 6,86  | U=917,50 | 0,0221**           |   |
| p       | (Z=5,27), <0,0001****               |      |      |      |       | (Z=2,45), 0,0142**** |      |      |      |       |          |                    |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*Test t-Studenta dla prób niezależnych\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

#### 4.1.4. Funkcja chwytnej ręki wg skali Franchay

W badaniach własnych wykorzystano także skalę Franchay do określenia funkcji chwytnej ręki. Zauważono, iż uzyskane wyniki po II badaniu okazały się wyższe w stosunku do badania I średnio w grupie badanej o ponad 1 punkt ( $\bar{X} = 1,1$ ), natomiast w grupie kontrolnej o niecały 1 punkt ( $\bar{X} = 0,7$ ). W obu badanych podgrupach wyniki istotności statystycznej określono na poziomie  $p < 0,0001$ . Ponadto zbadana różnica wyników między grupami okazała się istotna statystycznie w II badaniu ( $p = 0,0352$ ) oraz dla samego efektu przeprowadzonej rehabilitacji ( $p = 0,0054$ ) (tabela 26).

Tabela 26. Funkcja chwytnej ręki wg skali Frenchay w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Skala Frenchay        |     |     |     |      |                       |     |     |     |      |         |          |
|---------|-----------------------|-----|-----|-----|------|-----------------------|-----|-----|-----|------|---------|----------|
|         | Grupa badana          |     |     |     |      | Grupa kontrolna       |     |     |     |      | U       | p        |
|         | $\bar{X}$             | Me  | Q1  | Q3  | SD   | $\bar{X}$             | Me  | Q1  | Q3  | SD   |         |          |
| I       | 4,3                   | 4,5 | 3,5 | 5,0 | 0,90 | 4,4                   | 4,5 | 3,5 | 5,0 | 0,92 | 2562,00 | 0,8013** |
| II      | 5,4                   | 5,5 | 5,0 | 6,0 | 0,84 | 5,1                   | 5,0 | 4,5 | 5,5 | 0,90 | 944,00  | 0,0352** |
| Efekt   | 1,1                   | 1,0 | 0,5 | 1,5 | 0,73 | 0,7                   | 0,5 | 0,0 | 1,0 | 0,71 | 845,50  | 0,0054** |
| p       | (Z=5,65), <0,0001**** |     |     |     |      | (Z=4,86), <0,0001**** |     |     |     |      |         |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartyl; Q3 – górny kwartyl; SD – odchylenie standardowe\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

#### 4.1.5. Funkcja motoryczna ręki wg Fugl–Meyer Motor Assessment Scale for Upper Extremity

W obu podgrupach zaobserwowano także poprawę sprawności motorycznej ręki po 3 tygodniowym okresie rehabilitacji, w której odnotowano wzrost badanych wartości po II badaniu. W grupie badanej wyniki uległy poprawie średnio o blisko 1,5 punktu ( $\bar{X} = 1,4$ ) ( $p < 0,0001$ ), natomiast w grupie kontrolnej o średnio blisko 1 punkt ( $\bar{X} = 0,7$ ) ( $p = 0,0001$ ). Odnotowano także istotną różnicę w osiągniętych efektach rehabilitacji między grupami na korzyść grupy badanej ( $p = 0,0024$ ) (tabela 27).

Tabela 27. Sprawność motoryczna ręki wg skali Fugl-Motor Assessment Scale for Upper Extermity w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Fugl-Meyer Assessment Scale |      |      |      |      |                      |      |     |      |      |         | U        | p |
|---------|-----------------------------|------|------|------|------|----------------------|------|-----|------|------|---------|----------|---|
|         | Grupa badana                |      |      |      |      | Grupa kontrolna      |      |     |      |      |         |          |   |
|         | $\bar{X}$                   | Me   | Q1   | Q3   | SD   | $\bar{X}$            | Me   | Q1  | Q3   | SD   |         |          |   |
| I       | 9,1                         | 9,0  | 9,0  | 9,0  | 0,99 | 9,4                  | 9,0  | 9,0 | 10,0 | 1,46 | 1080,00 | 0,2426** |   |
| II      | 10,5                        | 11,0 | 10,0 | 11,0 | 1,23 | 10,1                 | 10,0 | 9,0 | 11,0 | 1,63 | 1079,50 | 0,2412** |   |
| Efekt   | 1,4                         | 1,0  | 0,0  | 2,0  | 1,12 | 0,7                  | 0,0  | 0,0 | 1,0  | 1,11 | 809,00  | 0,0024** |   |
| p       | (Z=5,16), <0,0001****       |      |      |      |      | (Z=3,82), 0,0001**** |      |     |      |      |         |          |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

#### 4.1.6. Sprawność w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel

Następnie zbadano sprawność pacjentów w zakresie czynności dnia codziennego przy pomocy wskaźnika Barthel oraz sprawdzono wpływ prowadzonych terapii na powyższe wartości określając jednocześnie efekt rehabilitacji między badaniami. Po rehabilitacji konwencjonalnej z biofeedbackiem oraz terapii konwencjonalnej odnotowano poprawę badanych parametrów odpowiednio o ponad 4 punkty ( $\bar{X} = 4,3$ ) oraz ponad 3 punkty ( $\bar{X} = 3,3$ ). W obu podgrupach między I i II badaniem istotność statystyczną określono na poziomie  $p < 0,0001$  (tabela 28).

Tabela 28. Sprawność w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.

| Badanie | Skala Barthel         |      |      |      |      |                       |      |      |      |      |         |          |
|---------|-----------------------|------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|------|---------|----------|
|         | Grupa badana          |      |      |      |      | Grupa kontrolna       |      |      |      |      | U       | p        |
|         | $\bar{X}$             | Me   | Q1   | Q3   | SD   | $\bar{X}$             | Me   | Q1   | Q3   | SD   |         |          |
| I       | 83,1                  | 85,0 | 80,0 | 90,0 | 6,54 | 81,5                  | 85,0 | 80,0 | 85,0 | 6,57 | 1044,50 | 0,1576** |
| II      | 87,4                  | 90,0 | 85,0 | 90,0 | 6,41 | 84,8                  | 85,0 | 80,0 | 90,0 | 7,21 | 980,00  | 0,0632** |
| Efekt   | 4,3                   | 5,0  | 0,0  | 10,0 | 4,29 | 3,3                   | 0,0  | 0,0  | 5,0  | 4,24 | 1078,50 | 0,2385** |
| p       | (Z=4,70), <0,0001**** |      |      |      |      | (Z=4,11), <0,0001**** |      |      |      |      |         |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test U Manna Whitneya\*\*\*\* Test Wilcoxona

#### 4.1.7. Strona zajęta i niezajęta

W kolejnym etapie analizie poddano efekty rehabilitacji w zależności od strony zajętej i niezajętej badanych pacjentów.

Zbadano zależność między I i II badaniem sprawności manualnej ręki wg testu Box and Blocks w grupie badanej oraz grupie kontrolnej zarówno dla strony zajętej oraz niezajętej. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, iż w obu badanych podgrupach doszło do poprawy otrzymanych wyników po rehabilitacji, lecz rehabilitacja konwencjonalna połączona z biofeedbackiem okazała się skuteczniejsza co potwierdzono wynikami istotnymi statystycznie na poziomie  $p < 0,001$ . Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 29.

Tabela 29. Sprawność manualna ręki wg testu Box and Blocks w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.

| Grupa/Strona/Badanie |           |    | Box and Blocks |           |      |      |      |      |      |       |      | Z         | p |
|----------------------|-----------|----|----------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|------|-----------|---|
|                      |           |    | N              | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD    |      |           |   |
| Badana               | Zajęta    | I  | 50             | 23,2      | 23,0 | 3,0  | 48,0 | 15,0 | 32,0 | 11,25 | 5,48 | <0,0001** |   |
|                      |           | II | 50             | 27,4      | 27,5 | 5,0  | 58,0 | 18,0 | 36,0 | 12,17 |      |           |   |
|                      | Niezajęta | I  | 50             | 33,9      | 33,0 | 10,0 | 63,0 | 28,0 | 41,0 | 10,65 | 4,94 | <0,0001** |   |
|                      |           | II | 50             | 37,7      | 36,5 | 10,0 | 70,0 | 30,0 | 46,0 | 11,58 |      |           |   |
| Kontrolna            | Zajęta    | I  | 50             | 23,9      | 21,5 | 6,0  | 47,0 | 17,0 | 30,0 | 9,88  | 2,51 | 0,0121**  |   |
|                      |           | II | 50             | 26,0      | 25,0 | 4,0  | 54,0 | 18,0 | 32,0 | 9,98  |      |           |   |
|                      | Niezajęta | I  | 50             | 31,5      | 31,0 | 6,0  | 55,0 | 26,0 | 36,0 | 8,80  | 3,34 | 0,0008**  |   |
|                      |           | II | 50             | 33,9      | 33,0 | 9,0  | 61,0 | 28,0 | 40,0 | 10,35 |      |           |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcoxona

Następnie zbadano zakresy ruchomości stawu promieniowo–nadgarstkowego do zgięcia przy użyciu goniometru R500 dla strony zajętej i niezajętej w grupie badanej i kontrolnej w I i II badaniu. Jedyną zaobserwowaną istotną statystycznie zależność odnotowano w grupie badanej dla strony niedowładnej między I i II badaniem. Wyniki po rehabilitacji połączonej z biofeedbackiem uległy poprawie o 1 stopień ( $Me=54,0$  vs.  $55,0$ ). Należy zaznaczyć również, iż zdecydowanej poprawie uległ minimalny zakres

ruchomości zmierzony w badanej podgrupie (*Min. 16,0 vs. 30,0*) oraz zakres ruchomości maksymalny (*Max. 82,0 vs. 84,0*) (tabela 30).

Tabela 30. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.

| Grupa/Strona/Badanie |           |    | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (zgięcie) |           |      |      |      |      |      |       |      |          |
|----------------------|-----------|----|--------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|------|----------|
|                      |           |    | N                                                            | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD    | Z    | p        |
| Badana               | Zajęta    | I  | 50                                                           | 52,2      | 54,0 | 16,0 | 82,0 | 47,0 | 59,0 | 11,52 | 3,51 | 0,0005** |
|                      |           | II | 50                                                           | 54,2      | 55,0 | 30,0 | 84,0 | 50,0 | 60,0 | 11,01 |      |          |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                                           | 59,5      | 60,0 | 42,0 | 78,0 | 55,0 | 62,0 | 8,06  | 1,75 | 0,0803** |
|                      |           | II | 50                                                           | 60,2      | 60,0 | 33,0 | 80,0 | 55,0 | 65,0 | 8,54  |      |          |
| Kontrolna            | Zajęta    | I  | 50                                                           | 53,7      | 55,0 | 23,0 | 68,0 | 49,0 | 60,0 | 10,07 | 1,51 | 0,1301** |
|                      |           | II | 50                                                           | 54,2      | 58,0 | 24,0 | 75,0 | 47,0 | 60,0 | 10,71 |      |          |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                                           | 60,0      | 60,0 | 40,0 | 77,0 | 55,0 | 65,0 | 8,49  | 0,80 | 0,4237** |
|                      |           | II | 50                                                           | 60,8      | 60,0 | 40,0 | 80,0 | 58,0 | 68,0 | 8,73  |      |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcoxona

Odnosząc się do zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego do wyprostu stwierdzono, iż rehabilitacja konwencjonalna z biofeedbackiem przyniosła poprawę dla badanego parametru zarówno po stronie zajętej oraz niezajętej w której wyniki uległy istotnej poprawie o +/- 1 stopień, natomiast w grupie kontrolnej odnotowano istotną poprawę jedynie dla strony zajętej. Powyższe obserwacje potwierdzono wynikami istotnymi statystycznie na poziomie  $p=0,0022$ ,  $p=0,0186$ ,  $p=0,00389$  (tabela 31).

Tabela 31. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.

| Grupa/Strona/Badanie |           |    | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (wyprost) |           |      |      |      |      |      |       |      |          |
|----------------------|-----------|----|--------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|------|----------|
|                      |           |    | N                                                            | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD    | Z    | p        |
| Badana               | Zajęta    | I  | 50                                                           | 38,0      | 40,0 | 0,0  | 60,0 | 32,0 | 45,0 | 12,44 | 3,06 | 0,0022** |
|                      |           | II | 50                                                           | 40,0      | 41,5 | 0,0  | 63,0 | 34,0 | 48,0 | 11,88 |      |          |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                                           | 46,2      | 49,0 | 22,0 | 65,0 | 41,0 | 50,0 | 10,08 | 2,35 | 0,0186** |
|                      |           | II | 50                                                           | 48,1      | 49,5 | 16,0 | 70,0 | 46,0 | 51,0 | 9,50  |      |          |
| Kontrolna            | Zajęta    | I  | 50                                                           | 37,5      | 40,0 | 7,0  | 58,0 | 30,0 | 49,0 | 12,99 | 2,89 | 0,0038** |
|                      |           | II | 50                                                           | 39,3      | 40,5 | 7,0  | 61,0 | 30,0 | 50,0 | 12,04 |      |          |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                                           | 45,5      | 46,0 | 0,0  | 74,0 | 37,0 | 52,0 | 11,23 | 0,85 | 0,3940** |
|                      |           | II | 50                                                           | 46,3      | 47,0 | 15,0 | 74,0 | 35,0 | 56,0 | 12,36 |      |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcoxona

Dla zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego ręki zarówno dla odwodzenia dopromieniowego i przywodzenia dołokciowego odnotowano poprawę badanych zakresów zarówno w grupie badanej jak i kontrolnej a wyniki po terapii w obu podgrupach były do siebie zbliżone. Zarówno rehabilitacja konwencjonalna jak i rehabilitacja konwencjonalna z biofeedbackiem przyniosła istotne efekty dla strony zajętej i niezajętej. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 32 i tabeli 33.

Tabela 32. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (odwodzenie dopromieniowego) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.

| Grupa/Strona/Badanie |           |    | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (odwodzenie dopromieniowego) |           |      |      |      |      |      |      |      |          |
|----------------------|-----------|----|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
|                      |           |    | N                                                                               | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD   | Z    | p        |
| Badana               | Zajęta    | I  | 50                                                                              | 15,9      | 16,0 | 2,0  | 30,0 | 12,0 | 20,0 | 5,84 | 3,61 | 0,0003** |
|                      |           | II | 50                                                                              | 17,2      | 16,5 | 3,0  | 30,0 | 14,0 | 20,0 | 5,75 |      |          |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                                                              | 21,0      | 20,0 | 11,0 | 32,0 | 18,0 | 25,0 | 4,67 | 3,68 | 0,0002** |
|                      |           | II | 50                                                                              | 22,6      | 20,0 | 15,0 | 38,0 | 19,0 | 27,0 | 5,79 |      |          |
| Kontrolna            | Zajęta    | I  | 50                                                                              | 17,1      | 17,0 | 3,0  | 34,0 | 13,0 | 20,0 | 6,46 | 2,58 | 0,0098** |
|                      |           | II | 50                                                                              | 18,1      | 19,0 | 3,0  | 34,0 | 13,0 | 23,0 | 6,69 |      |          |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                                                              | 20,1      | 20,0 | 10,0 | 36,0 | 18,0 | 23,0 | 5,06 | 2,47 | 0,0136** |
|                      |           | II | 50                                                                              | 21,2      | 20,0 | 12,0 | 34,0 | 18,0 | 24,0 | 5,09 |      |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcoxona

Tabela 33. Zakres ruchomości stawu promieniowo- nadgarstkowego ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.

| Grupa/Strona/Badanie |           |    | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego ręki (przywodzenie odłokciowe) |           |      |      |      |      |      |      |      |          |
|----------------------|-----------|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
|                      |           |    | N                                                                                 | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD   | Z    | p        |
| Badana               | Zajęta    | I  | 50                                                                                | 21,4      | 20,0 | 1,0  | 40,0 | 16,0 | 27,0 | 8,17 | 3,17 | 0,0015** |
|                      |           | II | 50                                                                                | 23,2      | 20,0 | 2,0  | 45,0 | 18,0 | 30,0 | 8,40 |      |          |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                                                                | 26,9      | 25,5 | 18,0 | 40,0 | 21,0 | 32,0 | 6,17 | 2,48 | 0,0131** |
|                      |           | II | 50                                                                                | 27,9      | 26,5 | 18,0 | 42,0 | 23,0 | 33,0 | 6,77 |      |          |
| Kontrolna            | Zajęta    | I  | 50                                                                                | 23,3      | 24,0 | 4,0  | 42,0 | 18,0 | 30,0 | 8,60 | 3,54 | 0,0004** |
|                      |           | II | 50                                                                                | 25,0      | 26,5 | 5,0  | 42,0 | 19,0 | 30,0 | 8,38 |      |          |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                                                                | 28,2      | 29,5 | 13,0 | 40,0 | 25,0 | 32,0 | 6,42 | 2,30 | 0,0215** |
|                      |           | II | 50                                                                                | 29,5      | 30,0 | 13,0 | 49,0 | 25,0 | 34,0 | 7,44 |      |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcoxona

Zbadano następnie siłę chwytu ręki [kg] u pacjentów przy użyciu dynamometru przed i po terapii. Badania przeprowadzono dla grupy badanej i kontrolnej skupiając się indywidualnie na stronie zajętej oraz niezajętej. Zauważono, iż w grupie badanej terapia

przyniosła istotnie lepsze efekty (strona zajęta:  $Me=12,7kg$  vs.  $21,1kg$ , strona niezajęta:  $Me=25,0kg$  vs.  $28,0kg$ ) w porównaniu z grupą kontrolną w której istotną poprawę odnotowano wyłącznie dla strony niezajętej ( $Me=14,5kg$  vs.  $15,5kg$ ) (tabela 34).

Tabela 34. Siła chwytu [kg] ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.

| Grupa/Strona/Badanie |           |    | Siła chwytu ręki [kg] |           |      |      |       |      |      |       |      |           |
|----------------------|-----------|----|-----------------------|-----------|------|------|-------|------|------|-------|------|-----------|
|                      |           |    | N                     | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max.  | Q1   | Q3   | SD    | Z    | p         |
| Badana               | Zajęta    | I  | 50                    | 17,9      | 12,7 | 0,0  | 74,4  | 8,9  | 22,3 | 14,52 | 5,19 | <0,0001** |
|                      |           | II | 50                    | 23,2      | 21,1 | 0,5  | 72,0  | 13,3 | 29,6 | 15,76 |      |           |
|                      | Niezanęta | I  | 50                    | 28,3      | 25,0 | 3,4  | 104,7 | 19,3 | 34,0 | 15,78 | 4,07 | <0,0001** |
|                      |           | II | 50                    | 33,7      | 28,0 | 4,3  | 112,1 | 23,6 | 37,0 | 19,24 |      |           |
| Kontrolna            | Zajęta    | I  | 50                    | 15,6      | 14,5 | 1,5  | 34,9  | 8,5  | 21,8 | 9,18  | 3,11 | 0,0019**  |
|                      |           | II | 50                    | 18,8      | 15,4 | 2,1  | 63,6  | 7,9  | 25,5 | 13,68 |      |           |
|                      | Niezanęta | I  | 50                    | 24,7      | 22,9 | 2,6  | 66,8  | 15,3 | 31,4 | 12,59 | 1,61 | 0,1069**  |
|                      |           | II | 50                    | 26,4      | 24,7 | 2,0  | 71,0  | 15,1 | 33,1 | 15,50 |      |           |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartyl; Q3 – górny kwartyl; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcozona

Podobnie sytuacja przedstawiała się dla siły ścisku palców ręki [kg] przy użyciu pinchmetru. Rehabilitacja połączona z biofeedbackiem dała istotnie lepsze rezultaty w terapii (zarówno dla strony zajętej ( $Me=3,6 kg$  vs.  $5,1 kg$ ) jak i niezajętej ( $Me=6,6 kg$  vs.  $7,5 kg$ )) w przeciwieństwie do rehabilitacji konwencjonalnej w której zaobserwowano istotną poprawę badanego parametru wyłącznie dla strony niezajętej ( $Me=4,0 kg$  vs.  $4,2 kg$ ) (tabela 35).

Tabela 35. Siła ścisku palców [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.

| Grupa/Strona/Badanie |           |    | Siła ścisku palców [kg] |           |     |      |      |     |      |      |      |           |
|----------------------|-----------|----|-------------------------|-----------|-----|------|------|-----|------|------|------|-----------|
|                      |           |    | N                       | $\bar{X}$ | Me  | Min. | Max. | Q1  | Q3   | SD   | Z    | p         |
| Badana               | Zajęta    | I  | 50                      | 4,7       | 3,6 | 0,2  | 15,3 | 2,4 | 6,9  | 3,37 | 4,79 | <0,0001** |
|                      |           | II | 50                      | 6,1       | 5,1 | 0,3  | 22,1 | 3,3 | 7,6  | 4,44 |      |           |
|                      | Niezajęta | I  | 50                      | 7,3       | 6,6 | 1,4  | 22,4 | 5,1 | 8,3  | 4,01 | 4,09 | <0,0001** |
|                      |           | II | 50                      | 8,8       | 7,5 | 1,7  | 22,8 | 6,3 | 10,2 | 4,32 |      |           |
| Kontrolna            | Zajęta    | I  | 50                      | 4,9       | 4,0 | 0,3  | 14,0 | 2,5 | 6,6  | 3,43 | 2,04 | 0,0418**  |
|                      |           | II | 50                      | 5,6       | 4,2 | 0,7  | 17,1 | 3,3 | 8,1  | 3,92 |      |           |
|                      | Niezajęta | I  | 50                      | 6,7       | 5,7 | 0,8  | 20,3 | 4,6 | 7,3  | 3,83 | 1,06 | 0,2884**  |
|                      |           | II | 50                      | 7,0       | 6,3 | 0,6  | 20,3 | 4,5 | 8,5  | 3,81 |      |           |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcoxona

Następnie zbadano zależność między I i II badaniem w grupie badanej i kontrolnej dla strony zajętej oraz niezajętej w odniesieniu do parametru siły ścisku palców (kg) three-joins oraz tip-top. Odnotowano osiągnięcie lepszych efektów rehabilitacji w grupie osób poddanych terapii z biofeedbackiem w której średnie wartości po II pomiarze uległy poprawie o ponad 1kg, natomiast w grupie kontrolnej poprawę odnotowano do maksymalnie 1kg dla strony zajętej pomiarze siły ścisku palców three-joins. Należy także zauważyć, iż w grupie osób korzystających wyłącznie z rehabilitacji konwencjonalnej terapia dla strony niezajętej w pomiarze tip-top nie przyniosła istotnych statystycznie zmian ( $p=0,4352$ ) (tabela 36, 37).

Tabela 36. Siła ścisku palców (three-joins) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.

| Grupa/Strona/Badanie |           |    | Siła ścisku palców (three-joins) [kg] |           |     |      |      |     |      |      |      |              |
|----------------------|-----------|----|---------------------------------------|-----------|-----|------|------|-----|------|------|------|--------------|
|                      |           |    | N                                     | $\bar{X}$ | Me  | Min. | Max. | Q1  | Q3   | SD   | Z    | p            |
| Badana               | Zajęta    | I  | 50                                    | 4,7       | 3,7 | 0,7  | 20,2 | 2,2 | 5,6  | 3,73 | 3,24 | 0,0012*<br>* |
|                      |           | II | 50                                    | 5,8       | 4,7 | 0,5  | 18,5 | 3,4 | 7,6  | 4,19 |      |              |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                    | 7,4       | 7,0 | 0,9  | 21,6 | 5,0 | 8,2  | 3,88 | 2,94 | 0,0033*<br>* |
|                      |           | II | 50                                    | 8,7       | 7,8 | 0,4  | 20,6 | 6,3 | 10,0 | 4,33 |      |              |
| Kontrolna            | Zajęta    | I  | 50                                    | 4,3       | 3,4 | 0,9  | 18,5 | 2,0 | 5,4  | 3,20 | 2,49 | 0,0127*<br>* |
|                      |           | II | 50                                    | 5,3       | 4,1 | 0,9  | 21,2 | 2,7 | 6,0  | 4,49 |      |              |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                    | 6,3       | 6,2 | 0,4  | 17,6 | 3,9 | 7,4  | 3,60 | 2,31 | 0,0207*<br>* |
|                      |           | II | 50                                    | 7,0       | 6,5 | 1,0  | 19,4 | 4,1 | 8,3  | 3,98 |      |              |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\* Test Wilcoxona

Tabela 37. Siła ścisku palców (tip-top) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.

| Grupa/Strona/Badanie |           |    | Siła ścisku palców (tip-top) [kg] |           |     |      |      |     |     |      |                    |              |
|----------------------|-----------|----|-----------------------------------|-----------|-----|------|------|-----|-----|------|--------------------|--------------|
|                      |           |    | N                                 | $\bar{X}$ | Me  | Min. | Max. | Q1  | Q3  | SD   | Wartość statystyki | p            |
| Badana               | Zajęta    | I  | 50                                | 3,9       | 3,3 | 0,1  | 15,7 | 2,0 | 4,9 | 2,86 | Z=4,05             | 0,0001*<br>* |
|                      |           | II | 50                                | 5,0       | 4,1 | 0,2  | 18,2 | 2,9 | 5,5 | 3,52 |                    |              |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                | 5,8       | 5,3 | 1,1  | 14,2 | 4,3 | 7,0 | 2,63 | Z=3,85             | 0,0001*<br>* |
|                      |           | II | 50                                | 6,9       | 6,3 | 1,5  | 18,3 | 5,4 | 7,8 | 3,12 |                    |              |
| Kontrolna            | Zajęta    | I  | 50                                | 3,4       | 2,6 | 0,2  | 12,9 | 1,6 | 4,4 | 2,45 | Z=3,37             | 0,0008*<br>* |
|                      |           | II | 50                                | 4,1       | 3,4 | 0,7  | 14,0 | 2,3 | 5,5 | 2,81 |                    |              |
|                      | Niezajęta | I  | 50                                | 5,2       | 4,4 | 0,6  | 13,0 | 3,4 | 6,4 | 2,94 | t=-0,79            | 0,4352*      |
|                      |           | II | 50                                | 5,4       | 4,7 | 0,9  | 13,1 | 3,5 | 6,9 | 2,58 |                    |              |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\* Test Wilcoxona

#### 4.1.8. Niedowład prawostronny i lewostronny

Kolejnym etapem analizy statystycznej było zbadanie zależności między I i II pomiarem w grupie osób korzystających z rehabilitacji połączonej z biofeedbackiem oraz w grupie pacjentów uczęszczających wyłącznie na terapię konwencjonalną w zależności od strony niedowładu: prawej oraz lewej.

Dla wyników testu Box and Blocks oraz zakresu ruchomości zgięcia ręki zaobserwowano, iż po II pomiarze w grupie badanej doszło do istotnej poprawy notowanych wartości zarówno dla strony niedowładu prawostronnego i lewostronnego, natomiast w przypadku grupy kontrolnej jedyną istotną poprawę po II badaniu zaobserwowano w teście Box and Blocks dla niedowładu lewostronnego (tabela 38, 39).

Tabela 38. Sprawność manualna ręki wg testu Box and Blocks w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.

| Grupa/Strona niedowładu/Badanie |       |    | Box and Blocks |           |      |      |      |      |      |       |                    |           |
|---------------------------------|-------|----|----------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|--------------------|-----------|
|                                 |       |    | N              | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD    | Wartość statystyki | p         |
| Badana                          | Prawa | I  | 25             | 22,2      | 24,0 | 3,0  | 40,0 | 15,0 | 32,0 | 10,73 | Z=4,19             | <0,0001** |
|                                 |       | II | 25             | 25,5      | 27,0 | 5,0  | 47,0 | 16,0 | 35,0 | 11,49 |                    |           |
|                                 | Lewa  | I  | 25             | 24,3      | 23,0 | 8,0  | 48,0 | 15,0 | 33,0 | 11,87 | t=-5,03            | <0,0001*  |
|                                 |       | II | 25             | 29,4      | 28,0 | 10,0 | 58,0 | 20,0 | 36,0 | 12,75 |                    |           |
| Kontrolna                       | Prawa | I  | 25             | 24,9      | 21,0 | 6,0  | 47,0 | 16,0 | 32,0 | 12,06 | Z=1,04             | 0,3002**  |
|                                 |       | II | 25             | 25,7      | 26,0 | 4,0  | 50,0 | 18,0 | 31,0 | 10,02 |                    |           |
|                                 | Lewa  | I  | 25             | 22,8      | 22,0 | 9,0  | 39,0 | 18,0 | 26,0 | 7,19  | Z=2,80             | 0,0052**  |
|                                 |       | II | 25             | 26,4      | 25,0 | 12,0 | 54,0 | 20,0 | 32,0 | 10,14 |                    |           |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcoxona

Tabela 39 Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.

| Grupa/Strona<br>niedowładu/Badanie |       |    | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (zgięcie) |           |      |      |      |      |      |       |      |          |
|------------------------------------|-------|----|--------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|------|----------|
|                                    |       |    | N                                                            | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD    | Z    | p        |
| Badana                             | Prawa | I  | 25                                                           | 54,0      | 54,0 | 28,0 | 82,0 | 50,0 | 60,0 | 12,42 | 2,37 | 0,0179** |
|                                    |       | II | 25                                                           | 55,8      | 56,0 | 30,0 | 84,0 | 50,0 | 60,0 | 12,69 |      |          |
|                                    | Lewa  | I  | 25                                                           | 50,4      | 52,0 | 16,0 | 69,0 | 46,0 | 54,0 | 10,48 | 2,67 | 0,0076** |
|                                    |       | II | 25                                                           | 52,6      | 54,0 | 32,0 | 75,0 | 48,0 | 59,0 | 9,02  |      |          |
| Kontrolna                          | Prawa | I  | 25                                                           | 53,2      | 53,0 | 24,0 | 68,0 | 47,0 | 62,0 | 10,29 | 0,86 | 0,3882** |
|                                    |       | II | 25                                                           | 53,7      | 55,0 | 24,0 | 68,0 | 46,0 | 63,0 | 11,14 |      |          |
|                                    | Lewa  | I  | 25                                                           | 54,2      | 59,0 | 23,0 | 66,0 | 49,0 | 60,0 | 10,03 | 1,25 | 0,2115** |
|                                    |       | II | 25                                                           | 54,8      | 58,0 | 24,0 | 75,0 | 50,0 | 60,0 | 10,46 |      |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcoxona

Następnie zbadano zakres ruchomości ręki do wyprost w grupie badanej oraz grupie kontrolnej biorąc pod uwagę stronę niedowładu prawą, bądź lewą. Jedyne istotne poprawy zakresów ruchomości między I i II badaniem odnotowano w grupie badanej dla niedowładu lewostronnego oraz w grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego (tabela 40).

Tabela 40. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.

| Grupa/Strona<br>niedowładu/Badanie |       |    | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (wyprost) |           |      |      |      |      |      |       |         | Wartość<br>statystyki | p |
|------------------------------------|-------|----|--------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|---------|-----------------------|---|
|                                    |       |    | N                                                            | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD    |         |                       |   |
| Badana                             | Prawa | I  | 25                                                           | 37,1      | 40,0 | 12,0 | 60,0 | 29,0 | 44,0 | 11,92 | Z=1,90  | 0,0569**              |   |
|                                    |       | II | 25                                                           | 39,0      | 42,0 | 13,0 | 60,0 | 30,0 | 46,0 | 11,71 |         |                       |   |
|                                    | Lewa  | I  | 25                                                           | 38,9      | 40,0 | 0,0  | 60,0 | 36,0 | 50,0 | 13,12 | Z=2,73  | 0,0064**              |   |
|                                    |       | II | 25                                                           | 41,0      | 41,0 | 0,0  | 63,0 | 38,0 | 50,0 | 12,21 |         |                       |   |
| Kontrolna                          | Prawa | I  | 25                                                           | 35,0      | 36,0 | 7,0  | 58,0 | 23,0 | 45,0 | 13,45 | t=-2,59 | 0,0161*               |   |
|                                    |       | II | 25                                                           | 36,9      | 40,0 | 7,0  | 56,0 | 28,0 | 45,0 | 11,90 |         |                       |   |
|                                    | Lewa  | I  | 25                                                           | 40,0      | 43,0 | 8,0  | 56,0 | 35,0 | 50,0 | 12,27 | Z=1,77  | 0,0766**              |   |
|                                    |       | II | 25                                                           | 41,7      | 44,0 | 22,0 | 61,0 | 33,0 | 50,0 | 11,93 |         |                       |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\* Test Wilcoxona

Zbadano następnie zależności między I i II badaniem odnosząc się do zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego dla odwodzenia dopromieniowego i przywodzenia dołokciowego. O ile w grupie badanej i grupie kontrolnej zaobserwowano istotną poprawę notowanych wartości dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego dla przywodzenia dołokciowego, tak w przypadku odwodzenia dopromieniowego terapia okazała się skuteczna jedynie w podgrupie osób korzystających z rehabilitacji konwencjonalnej połączonej z biofeedbackiem. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 41 i tabeli 42.

Tabela 41. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (odwodzenia dopromieniowego) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.

| Grupa/Strona<br>niedowładu/Badanie |       |    | Zakres      ruchomości      stawu      promieniowo-nadgarstkowego      (odwodzenia<br>dopromieniowego) |           |      |      |      |      |      |      |      | Z        | p |
|------------------------------------|-------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|----------|---|
|                                    |       |    | N                                                                                                      | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD   |      |          |   |
| Badana                             | Prawa | I  | 25                                                                                                     | 17,6      | 18,0 | 5,0  | 29,0 | 15,0 | 20,0 | 5,87 | 2,09 | 0,0366** |   |
|                                    |       | II | 25                                                                                                     | 18,6      | 20,0 | 10,0 | 30,0 | 15,0 | 21,0 | 6,08 |      |          |   |
|                                    | Lewa  | I  | 25                                                                                                     | 14,2      | 15,0 | 2,0  | 30,0 | 10,0 | 16,0 | 5,41 | 3,05 | 0,0023** |   |
|                                    |       | II | 25                                                                                                     | 15,9      | 16,0 | 3,0  | 29,0 | 14,0 | 19,0 | 5,19 |      |          |   |
| Kontrolna                          | Prawa | I  | 25                                                                                                     | 14,6      | 15,0 | 3,0  | 25,0 | 12,0 | 19,0 | 5,68 | 1,85 | 0,0640** |   |
|                                    |       | II | 25                                                                                                     | 15,6      | 15,0 | 3,0  | 25,0 | 12,0 | 20,0 | 5,89 |      |          |   |
|                                    | Lewa  | I  | 25                                                                                                     | 19,6      | 20,0 | 8,0  | 34,0 | 15,0 | 23,0 | 6,32 | 1,87 | 0,0619** |   |
|                                    |       | II | 25                                                                                                     | 20,7      | 20,0 | 8,0  | 34,0 | 16,0 | 25,0 | 6,58 |      |          |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcoxona

Tabela 42. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.

| Grupa/Strona niedowładu/Badanie |       |    | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (przywodzenie dołokciowe) |           |      |      |      |      |      |      |                    |
|---------------------------------|-------|----|------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                                 |       |    | N                                                                            | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max  | Q1   | Q3   | SD   | Wartość statystyki |
| Badana                          | Prawa | I  | 25                                                                           | 22,0      | 21,0 | 6,0  | 40,0 | 16,0 | 29,0 | 8,36 | Z=2,15             |
|                                 |       | II | 25                                                                           | 24,2      | 23,0 | 10,0 | 45,0 | 17,0 | 30,0 | 8,87 |                    |
|                                 | Lewa  | I  | 25                                                                           | 20,9      | 19,0 | 1,0  | 40,0 | 17,0 | 23,0 | 8,11 | Z=2,50             |
|                                 |       | II | 25                                                                           | 22,1      | 20,0 | 2,0  | 40,0 | 19,0 | 24,0 | 7,93 |                    |
| Kontrolna                       | Prawa | I  | 25                                                                           | 20,9      | 21,0 | 5,0  | 33,0 | 15,0 | 28,0 | 8,43 | t=-2,94            |
|                                 |       | II | 25                                                                           | 23,0      | 24,0 | 5,0  | 37,0 | 18,0 | 30,0 | 8,56 |                    |
|                                 | Lewa  | I  | 25                                                                           | 25,6      | 27,0 | 4,0  | 42,0 | 20,0 | 30,0 | 8,27 | Z=2,54             |
|                                 |       | II | 25                                                                           | 27,0      | 28,0 | 12,0 | 42,0 | 21,0 | 30,0 | 7,86 |                    |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*Test t-Studenta dla prób zależnych \*\* Test Wilcoxona

Dla siły chwytu ręki (kg) zmierzonej za pomocą dynamometru zauważono, iż w grupie badanej notowano średnio wyższą poprawę badanego parametru zarówno dla niedowładu prawostronnego jak i lewostronnego. Pomimo osiągnięcia nieco niższych wartości siły chwytu po drugim badaniu w grupie kontrolnej wyniki także okazały się istotne statystycznie ( $p=0,0160$ ;  $p=0,0450$ ) (tabela 43).

Tabela 43. Siła chwytu [kg] ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.

| Grupa/Strona niedowładu/Badanie |       |    | Siła chwytu ręki [kg] |           |      |      |      |      |      |       |      |
|---------------------------------|-------|----|-----------------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|------|
|                                 |       |    | N                     | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD    | Z    |
| Badana                          | Prawa | I  | 25                    | 23,5      | 19,7 | 0,9  | 74,4 | 12,7 | 27,0 | 17,26 | 3,03 |
|                                 |       | II | 25                    | 27,6      | 22,7 | 0,5  | 72,0 | 16,2 | 34,5 | 16,75 |      |
|                                 | Lewa  | I  | 25                    | 12,4      | 11,4 | 0,0  | 37,0 | 8,7  | 12,7 | 8,23  | 4,29 |
|                                 |       | II | 25                    | 18,8      | 16,6 | 0,5  | 69,3 | 11,5 | 24,9 | 13,64 |      |
| Kontrolna                       | Prawa | I  | 25                    | 13,2      | 12,5 | 1,6  | 24,3 | 8,5  | 17,9 | 6,91  | 2,41 |
|                                 |       | II | 25                    | 16,5      | 12,9 | 2,1  | 57,5 | 7,5  | 21,2 | 12,34 |      |
|                                 | Lewa  | I  | 25                    | 17,9      | 15,5 | 1,5  | 34,9 | 11,4 | 28,7 | 10,61 | 2,00 |
|                                 |       | II | 25                    | 21,2      | 18,3 | 4,3  | 63,6 | 10,3 | 29,4 | 14,79 |      |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\* Test Wilcoxona

Biorąc pod uwagę zbadaną siłę ścisku palców ręki (kg) przy użyciu pinchmetru zauważono, iż zarówno w grupie badanej jak i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego wyniki po II pomiarze uległy średnio zbliżonej poprawie, lecz w podgrupie osób korzystających z rehabilitacji połączonej z biofeedbackiem wartość środkowa rozkładu danych była wyższa ( $Me=6,5$ ). W przypadku udaru lewostronnego istotną poprawę siły ścisku palców oraz siły ścisku palców three-joins udało się odnotować wyłącznie w grupie badanej (tabela 44, 45).

Tabela 44. Siła ścisku palców [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.

| Grupa/Strona niedowładu/Badanie |       |    | Siła ścisku palców [kg] |           |     |      |      |     |     |      |      |           |
|---------------------------------|-------|----|-------------------------|-----------|-----|------|------|-----|-----|------|------|-----------|
|                                 |       |    | N                       | $\bar{X}$ | Me  | Min. | Max. | Q1  | Q3  | SD   | Z    | p         |
| Badana                          | Prawa | I  | 25                      | 6,1       | 6,0 | 0,2  | 15,3 | 3,1 | 8,4 | 3,80 | 2,48 | 0,0130**  |
|                                 |       | II | 25                      | 7,1       | 6,5 | 0,3  | 17,2 | 4,2 | 8,4 | 4,33 |      |           |
|                                 | Lewa  | I  | 25                      | 3,2       | 2,5 | 0,5  | 8,7  | 2,0 | 3,6 | 2,08 | 4,26 | <0,0001** |
|                                 |       | II | 25                      | 5,1       | 3,9 | 0,9  | 22,1 | 2,6 | 6,0 | 4,41 |      |           |
| Kontrolna                       | Prawa | I  | 25                      | 4,2       | 4,1 | 0,4  | 12,4 | 2,3 | 5,4 | 2,57 | 2,74 | 0,0061**  |
|                                 |       | II | 25                      | 5,2       | 4,0 | 1,4  | 15,3 | 2,5 | 7,5 | ,59  |      |           |
|                                 | Lewa  | I  | 25                      | 5,6       | 3,9 | 0,3  | 14,0 | 2,7 | 7,0 | ,04  | 0,9  | 0,7751**  |
|                                 |       | II | 25                      | 6,0       | 4,3 | 0,7  | 17,1 | 3,5 | 8,1 | 4,26 |      |           |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\* Test Wilcoxona

Tabela 45. Siła ścisku palców (three-joins) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.

| Grupa/Strona niedowładu/Badanie |       |    | Siła ścisku palców (three-joins) [kg] |           |     |      |      |     |     |      |      |          |
|---------------------------------|-------|----|---------------------------------------|-----------|-----|------|------|-----|-----|------|------|----------|
|                                 |       |    | N                                     | $\bar{X}$ | Me  | Min. | Max. | Q1  | Q3  | SD   | Z    | p        |
| Badana                          | Prawa | I  | 25                                    | 6,0       | 4,4 | 0,7  | 20,2 | 3,1 | 7,7 | 4,56 | 1,20 | 0,2312** |
|                                 |       | II | 25                                    | 7,0       | 5,4 | 0,5  | 18,5 | 3,9 | 9,8 | 4,89 |      |          |
|                                 | Lewa  | I  | 25                                    | 3,4       | 2,8 | 0,7  | 8,4  | 2,0 | 3,9 | 2,01 | 3,30 | 0,0010** |
|                                 |       | II | 25                                    | 4,7       | 4,1 | 0,8  | 15,5 | 3,2 | 5,5 | 3,02 |      |          |
| Kontrolna                       | Prawa | I  | 25                                    | 3,7       | 3,3 | 0,9  | 9,9  | 2,0 | 4,9 | 2,14 | 1,93 | 0,0538** |
|                                 |       | II | 25                                    | 5,1       | 4,1 | 1,3  | 21,2 | 1,9 | 4,7 | 4,94 |      |          |
|                                 | Lewa  | I  | 25                                    | 4,8       | 3,4 | 0,9  | 18,5 | 2,3 | 5,9 | 3,98 | 1,58 | 0,1137** |
|                                 |       | II | 25                                    | 5,4       | 4,1 | 0,9  | 19,2 | 2,7 | 8,3 | 4,10 |      |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\*Test Wilcoxona

Dla pomiaru siły ścisku palców tip-top wartości po II pomiarze w stosunku do I pomiaru okazały się istotne statystycznie w obu badanych podgrupach, lecz należy zaznaczyć, iż rehabilitacja konwencjonalna z biofeedbackiem okazała się nieco bardziej skuteczna. Odnotowano średnią poprawę siły ścisku palców (tip-top) o ponad 1kg, natomiast w grupie kontrolnej wartości te zaobserwowano na poziomie 0,7 kg (tabela 46).

Tabela 46. Siła ścisku palców (tip-top) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.

| Grupa/Strona niedowładu/Badanie |       |    | Siła ścisku palców (tip-top) [kg] |           |     |      |      |     |     |      | Wartość statystyki | p        |
|---------------------------------|-------|----|-----------------------------------|-----------|-----|------|------|-----|-----|------|--------------------|----------|
|                                 |       |    | N                                 | $\bar{X}$ | Me  | Min. | Max. | Q1  | Q3  | SD   |                    |          |
| Badana                          | Prawa | I  | 25                                | 5,1       | 4,6 | 0,1  | 15,7 | 2,7 | 6,0 | 3,40 | Z=2,23             | 0,0258** |
|                                 |       | II | 25                                | 6,2       | 5,1 | 0,2  | 18,2 | 3,9 | 7,3 | 4,26 |                    |          |
|                                 | Lewa  | I  | 25                                | 2,7       | 2,4 | 0,6  | 6,3  | 1,6 | 3,4 | 1,43 | t=-4,24            | 0,0003*  |
|                                 |       | II | 25                                | 3,8       | 3,4 | 1,0  | 10,4 | 2,6 | 5,0 | 2,08 |                    |          |
| Kontrolna                       | Prawa | I  | 25                                | 3,3       | 2,8 | 0,8  | 7,7  | 1,9 | 4,6 | 1,86 | Z=2,22             | 0,0264** |
|                                 |       | II | 25                                | 4,0       | 3,2 | 1,3  | 14,0 | 2,3 | 4,8 | 2,80 |                    |          |
|                                 | Lewa  | I  | 25                                | 3,6       | 2,6 | 0,2  | 12,9 | 1,5 | 4,4 | 2,96 | Z=2,65             | 0,0081** |
|                                 |       | II | 25                                | 4,3       | 3,6 | 0,7  | 11,6 | 2,6 | 5,6 | 2,87 |                    |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*Test t-Studenta dla prób zależnych\*\* Test Wilcoxona

#### 4.1.9. Dominacja kończyny górnej

Uczestników badania podzielono następnie na dominację kończyny górnej i zbadano zależności między I i II pomiarem w poszczególnych testach.

Biorąc pod uwagę dominację prawej ręki zaobserwowano, iż zarówno w grupie badanej i grupie kontrolnej doszło po terapii do odnotowania istotnie lepszych wartości w teście Box and Blocks, natomiast w przypadku dominacji lewej kończyny górnej istotną poprawę odnotowano jedynie u osób korzystających z rehabilitacji konwencjonalnej połączonej z biofeedbackiem (tabela 47).

Tabela 47. Sprawność manualna ręki wg testu Box and Blocks w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.

| Grupa/Dominacja/Badanie |            |    | Box and Blocks |           |      |      |      |      |      |       |         | Wartość statystyki | p |
|-------------------------|------------|----|----------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|---------|--------------------|---|
|                         |            |    | N              | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD    |         |                    |   |
| Badana                  | Ręka prawa | I  | 38             | 20,4      | 19,5 | 3,0  | 48,0 | 14,0 | 27,0 | 10,20 | Z=5,15  | <0,0001*<br>*      |   |
|                         |            | II | 38             | 24,9      | 23,5 | 5,0  | 50,0 | 16,0 | 34,0 | 11,45 |         |                    |   |
|                         | Ręka lewa  | I  | 12             | 32,3      | 33,0 | 11,0 | 46,0 | 26,0 | 40,0 | 9,87  | t=-2,44 | 0,0326*            |   |
|                         |            | II | 12             | 35,4      | 34,5 | 17,0 | 58,0 | 27,5 | 41,5 | 11,27 |         |                    |   |
| Kontrolna               | Ręka prawa | I  | 42             | 21,1      | 20,0 | 6,0  | 40,0 | 16,0 | 26,0 | 7,38  | Z=3,16  | 0,0016**           |   |
|                         |            | II | 42             | 24,5      | 23,5 | 4,0  | 54,0 | 18,0 | 29,0 | 9,67  |         |                    |   |
|                         | Ręka lewa  | I  | 8              | 38,4      | 38,5 | 24,0 | 47,0 | 32,5 | 47,0 | 8,81  | Z=0,68  | 0,4990**           |   |
|                         |            | II | 8              | 33,9      | 34,0 | 25,0 | 50,0 | 27,0 | 37,0 | 8,08  |         |                    |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*Test t-Studenta dla prób zależnych\*\* Test Wilcoxona

Poprawę zakresów ruchomości ręki do zgięcia po II badaniu odnotowano jedynie dla ręki dominującej prawej w grupie badanej, natomiast w przypadku wyprostów skuteczny efekt rehabilitacji został osiągnięty wyłącznie dla ręki dominującej prawej w grupie badanej oraz grupie kontrolnej. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 48 i 49.

Tabela 48. Zakres ruchomości ręki stawu promieniowo-nadgarstkowego (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.

| Grupa/Dominacja/Badanie |                           |    | Zakres ruchomości ręki stawu promieniowo-nadgarstkowego (zgięcie) |           |      |      |      |      |      |       |      |          |
|-------------------------|---------------------------|----|-------------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|------|----------|
|                         |                           |    | N                                                                 | $\bar{X}$ | Me   | Min  | Max. | Q1   | Q3   | SD    | Z    | p        |
| Badana                  | Ręka prawa                | I  | 38                                                                | 51,8      | 54,0 | 28,0 | 74,0 | 47,0 | 58,0 | 9,91  | 3,53 | 0,0004** |
|                         |                           | II | 38                                                                | 53,5      | 54,0 | 30,0 | 80,0 | 50,0 | 60,0 | 10,42 |      |          |
|                         | Ręka lewa                 | I  | 12                                                                | 53,2      | 54,0 | 16,0 | 82,0 | 48,0 | 60,0 | 16,11 | 1,36 | 0,1731** |
|                         |                           | II | 12                                                                | 56,3      | 57,0 | 32,0 | 84,0 | 52,0 | 62,5 | 12,99 |      |          |
| Kontrolna               | Ręka prawa                | I  | 42                                                                | 52,7      | 55,0 | 23,0 | 67,0 | 48,0 | 60,0 | 10,17 | 1,20 | 0,2296** |
|                         |                           | II | 42                                                                | 53,2      | 55,0 | 24,0 | 75,0 | 46,0 | 60,0 | 10,98 |      |          |
|                         | Ręka lewa (N ważnych = 4) | I  | 8                                                                 | 59,0      | 61,0 | 45,0 | 68,0 | 53,5 | 65,0 | 8,18  | 1,10 | 0,2733** |
|                         |                           | II | 8                                                                 | 59,5      | 61,5 | 45,0 | 68,0 | 55,0 | 65,0 | 7,71  |      |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartyl; Q3 – górny kwartyl; SD – odchylenie standardowe\*\*Test Wilcoxona

Tabela 49. Zakres ruchomości ręki stawu promieniowo-nadgarstkowego (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.

| Grupa/Dominacja/Badanie |            |    | Zakres ruchomości ręki stawu promieniowo-nadgarstkowego ręki (wyprost) |           |      |      |      |      |      |       |                    |         |
|-------------------------|------------|----|------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|--------------------|---------|
|                         |            |    | N                                                                      | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD    | Wartość statystyki | p       |
| Badana                  | Ręka prawa | I  | 38                                                                     | 37,5      | 40,0 | 0,0  | 60,0 | 34,0 | 44,0 | 12,02 | Z=3,91             | 0,0001* |
|                         |            | II | 38                                                                     | 40,1      | 41,5 | 0,0  | 60,0 | 37,0 | 48,0 | 11,79 |                    |         |
|                         | Ręka lewa  | I  | 12                                                                     | 39,4      | 41,5 | 15,0 | 60,0 | 29,5 | 50,0 | 14,15 | t=-0,03            | 0,9764* |
|                         |            | II | 12                                                                     | 39,5      | 41,5 | 20,0 | 63,0 | 31,0 | 47,5 | 12,70 |                    |         |
| Kontrolna               | Ręka prawa | I  | 42                                                                     | 37,0      | 39,0 | 7,0  | 58,0 | 29,0 | 50,0 | 13,38 | Z=2,38             | 0,0175* |
|                         |            | II | 42                                                                     | 38,6      | 38,5 | 7,0  | 59,0 | 29,0 | 50,0 | 12,16 |                    |         |
|                         | Ręka lewa  | I  | 8                                                                      | 39,8      | 44,0 | 15,0 | 50,0 | 36,0 | 46,5 | 11,23 | t=-1,90            | 0,0986* |
|                         |            | II | 8                                                                      | 42,9      | 43,0 | 20,0 | 61,0 | 40,5 | 47,5 | 11,47 |                    |         |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartyl; Q3 – górny kwartyl; SD – odchylenie standardowe

\*Test t-Studenta dla prób zależnych \*\* Test Wilcoxona

Odnosząc się do zakresów ruchomości ręki dla odwodzenie dopromieniowego oraz łokciowego zauważono, iż rehabilitacja w obu podgrupach okazała się skuteczna dla ręki dominującej prawej. Co prawda w przypadku przywodzenia dołokciowego odnotowano także istotny wynik statystyczny badający efekt między I i II badaniem dla

ręki dominującej lewej, lecz wartość tę należy traktować z pewną dozą ostrożności ze względu na małą liczbę ważnych przypadków (N=6). Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 50 i tabeli 51.

Tabela 50. Zakres ruchomości ręki stawu promieniowo-nadgarstkowego (odwodzenie dopromieniowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.

| Grupa/Dominacja/Badanie |                              |    | Zakres ruchomości ręki stawu promieniowo-nadgarstkowego (odwodzenie dopromieniowe) |           |      |      |      |      |      |      |      |          |
|-------------------------|------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
|                         |                              |    | N                                                                                  | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD   | Z    | p        |
| Badana                  | Ręka prawa                   | I  | 38                                                                                 | 15,6      | 15,0 | 2,0  | 30,0 | 10,0 | 20,0 | 5,85 | 3,09 | 0,0020** |
|                         |                              | II | 38                                                                                 | 16,8      | 16,0 | 3,0  | 30,0 | 13,0 | 20,0 | 5,68 |      |          |
|                         | Ręka lewa                    | I  | 12                                                                                 | 16,8      | 17,0 | 5,0  | 29,0 | 14,5 | 19,5 | 5,95 | 1,82 | 0,0687** |
|                         |                              | II | 12                                                                                 | 18,8      | 19,5 | 5,0  | 30,0 | 16,0 | 21,0 | 5,94 |      |          |
| Kontrolna               | Ręka prawa                   | I  | 42                                                                                 | 17,6      | 17,5 | 4,0  | 34,0 | 13,0 | 20,0 | 6,51 | 2,15 | 0,0312** |
|                         |                              | II | 42                                                                                 | 18,6      | 19,0 | 4,0  | 34,0 | 13,0 | 24,0 | 6,71 |      |          |
|                         | Ręka lewa<br>(N ważnych = 4) | I  | 8                                                                                  | 14,3      | 15,0 | 3,0  | 21,0 | 12,0 | 18,0 | 5,73 | 1,46 | 0,1441** |
|                         |                              | II | 8                                                                                  | 15,9      | 19,0 | 3,0  | 22,0 | 12,0 | 20,0 | 6,51 |      |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\* Test Wilcoxona

Tabela 51. Zakres ruchomości ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.

| Grupa/Dominacja/Badanie |                              |    | Zakres ruchomości ręki (przywodzenie dołokciowe) |           |      |      |      |      |      |      |      |              |
|-------------------------|------------------------------|----|--------------------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
|                         |                              |    | N                                                | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD   | Z    | p            |
| Badana                  | Ręka prawa                   | I  | 38                                               | 20,4      | 19,0 | 1,0  | 40,0 | 16,0 | 24,0 | 7,99 | 3,16 | 0,0016*<br>* |
|                         |                              | II | 38                                               | 22,0      | 20,0 | 2,0  | 40,0 | 18,0 | 30,0 | 8,24 |      |              |
|                         | Ręka lewa                    | I  | 12                                               | 24,8      | 24,0 | 14,0 | 40,0 | 18,5 | 29,0 | 8,13 | 1,13 | 0,2604*<br>* |
|                         |                              | II | 12                                               | 26,8      | 26,5 | 15,0 | 45,0 | 22,0 | 29,5 | 8,14 |      |              |
| Kontrolna               | Ręka prawa                   | I  | 42                                               | 23,3      | 24,5 | 4,0  | 42,0 | 18,0 | 30,0 | 8,81 | 2,97 | 0,0030*<br>* |
|                         |                              | II | 42                                               | 24,7      | 26,5 | 5,0  | 42,0 | 18,0 | 30,0 | 8,28 |      |              |
|                         | Ręka lewa<br>(N ważnych = 6) | I  | 8                                                | 23,4      | 23,0 | 10,0 | 38,0 | 20,0 | 26,5 | 7,96 | 2,20 | 0,0277*<br>* |
|                         |                              | II | 8                                                | 26,6      | 26,0 | 11,0 | 40,0 | 21,5 | 33,5 | 9,29 |      |              |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*\* Test Wilcoxona

Poprawa siły chwytu ręki u osób badanych dla kończyny górnej dominującej prawej nastąpiła zarówno w grupie badanej i grupie kontrolnej, lecz należy zauważyć, iż lepsze rezultaty osiągnięto po rehabilitacji konwencjonalnej połączonej z biofeedbackiem. Terapia dla ręki dominującej lewej okazała się skuteczna wyłącznie w przypadku rehabilitacji połączonej z terapią biofeedback (tabela 52).

Tabela 52. Siła chwytu [kg] ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.

| Grupa/Dominacja/Badanie |            |    | Siła chwytu ręki [kg] |           |      |      |      |      |      |       | Wartość statystyki | p         |
|-------------------------|------------|----|-----------------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|--------------------|-----------|
|                         |            |    | N                     | $\bar{X}$ | Me   | Min. | Max. | Q1   | Q3   | SD    |                    |           |
| Badana                  | Ręka prawa | I  | 38                    | 18,5      | 12,7 | 0,9  | 74,4 | 8,9  | 22,3 | 15,62 | Z=4,62             | <0,0001** |
|                         |            | II | 38                    | 23,5      | 21,0 | 0,5  | 72,0 | 13,0 | 28,9 | 16,98 |                    |           |
|                         | Ręka lewa  | I  | 12                    | 16,2      | 14,7 | 0,0  | 38,7 | 8,8  | 23,5 | 10,67 | t=-3,01            | 0,0118*   |
|                         |            | II | 12                    | 22,2      | 23,1 | 0,5  | 42,1 | 13,6 | 30,7 | 11,62 |                    |           |
| Kontrolna               | Ręka prawa | I  | 42                    | 15,2      | 14,3 | 1,5  | 34,9 | 8,4  | 21,1 | 9,35  | Z=3,19             | 0,0014**  |
|                         |            | II | 42                    | 18,8      | 15,4 | 2,1  | 63,6 | 7,7  | 24,4 | 14,23 |                    |           |
|                         | Ręka lewa  | I  | 8                     | 17,2      | 15,1 | 5,4  | 29,0 | 11,3 | 25,4 | 8,60  | t=1,43             | 0,1968*   |
|                         |            | II | 8                     | 16,1      | 11,8 | 7,5  | 30,4 | 9,2  | 24,3 | 9,28  |                    |           |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*Test t-Studenta dla prób zależnych \*\* Test Wilcoxona

Następnie zbadano zależność między I i II pomiarem dla siły ścisku palców w grupie badanej i kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej. Istotną poprawę notowanych wartości siły ścisku palców zaobserwowano jedynie w podgrupie osób korzystających z rehabilitacji konwencjonalnej połączonej z biofeedbackiem (tabela 53).

Tabela 53. Siła ścisku palców [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.

| Grupa/Dominacja/Badanie |            |    | Siła ścisku palców [kg] |           |      |     |      |      |      |       | Wartość statystyki | p        |
|-------------------------|------------|----|-------------------------|-----------|------|-----|------|------|------|-------|--------------------|----------|
|                         |            |    | N                       | $\bar{X}$ | Me   | Min | Max. | Q1   | Q3   | SD    |                    |          |
| Badana                  | Ręka prawa | I  | 38                      | 4,6       | 3,7  | 0,2 | 15,3 | 2,3  | 6,9  | 3,63  | Z=3,96             | 0,0001** |
|                         |            | II | 38                      | 6,2       | 5,0  | 0,3 | 22,1 | 3,0  | 7,4  | 4,96  |                    |          |
|                         | Ręka lewa  | I  | 12                      | 16,2      | 14,7 | 0,0 | 38,7 | 8,8  | 23,5 | 10,67 | Z=2,82             | 0,0047** |
|                         |            | II | 12                      | 22,2      | 23,1 | 0,5 | 42,1 | 13,6 | 30,7 | 11,62 |                    |          |
| Kontrolna               | Ręka prawa | I  | 42                      | 5,0       | 3,9  | 0,3 | 14,0 | 2,5  | 6,6  | 3,64  | Z=1,78             | 0,0749** |
|                         |            | II | 42                      | 5,7       | 4,2  | 0,7 | 17,1 | 2,8  | 8,1  | 4,15  |                    |          |
|                         | Ręka lewa  | I  | 8                       | 4,6       | 5,1  | 1,4 | 7,1  | 2,7  | 6,3  | 2,18  | t=-1,60            | 0,1547*  |
|                         |            | II | 8                       | 5,3       | 4,6  | 1,3 | 8,3  | 3,8  | 8,2  | 2,61  |                    |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*Testt-Studenta dla prób zależnych \*\* Test Wilcoxona

Terapia konwencjonalna jak i rehabilitacja połączona z biofeedbackiem pozwoliły osiągnąć poprawę siły ścisku palców dla pomiaru three-joins oraz tip-top jedynie dla ręki dominującej prawej. Poprawa dla powyższych parametrów w obu podgrupach okazała się do siebie zbliżona (tabela 54, 55).

Tabela 54. Siła ścisku palców (three-joins) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.

| Grupa/Dominacja/Badanie |            |    | Siła ścisku palców (three-joins) [kg] |           |     |      |      |     |     |      | Wartość statystyki | p        |
|-------------------------|------------|----|---------------------------------------|-----------|-----|------|------|-----|-----|------|--------------------|----------|
|                         |            |    | N                                     | $\bar{X}$ | Me  | Min. | Max. | Q1  | Q3  | SD   |                    |          |
| Badana                  | Ręka prawa | I  | 38                                    | 4,8       | 3,8 | 0,7  | 20,2 | 2,0 | 5,6 | 4,14 | Z=2,94             | 0,0033** |
|                         |            | II | 38                                    | 5,9       | 4,5 | 0,5  | 18,5 | 3,2 | 7,6 | 4,57 |                    |          |
|                         | Ręka lewa  | I  | 12                                    | 4,4       | 3,7 | 2,3  | 7,9  | 3,0 | 6,1 | 2,06 | Z=1,29             | 0,1973** |
|                         |            | II | 12                                    | 5,6       | 5,5 | 1,7  | 12,2 | 3,9 | 6,8 | 2,79 |                    |          |
| Kontrolna               | Ręka prawa | I  | 42                                    | 4,3       | 3,3 | 0,9  | 18,5 | 2,0 | 5,4 | 3,40 | Z=2,47             | 0,0136** |
|                         |            | II | 42                                    | 5,4       | 4,2 | 0,9  | 21,2 | 2,3 | 6,0 | 4,81 |                    |          |
|                         | Ręka lewa  | I  | 8                                     | 4,3       | 4,5 | 1,4  | 7,4  | 2,8 | 5,5 | 2,05 | t=-0,46            | 0,6612*  |
|                         |            | II | 8                                     | 4,4       | 3,9 | 1,4  | 7,8  | 3,2 | 6,1 | 2,21 |                    |          |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*Test t-Studenta dla prób zależnych \*\* Test Wilcoxona

Tabela 55. Siła ścisku palców (tip-top) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.

| Grupa/Dominacja/Badanie |            |    | Siła ścisku palców (tip-top) [kg] |           |     |      |      |     |     |      |         | Wartość statystyki | p |
|-------------------------|------------|----|-----------------------------------|-----------|-----|------|------|-----|-----|------|---------|--------------------|---|
|                         |            |    | N                                 | $\bar{X}$ | Me  | Min. | Max. | Q1  | Q3  | SD   |         |                    |   |
| Badana                  | Ręka prawa | I  | 38                                | 4,0       | 3,3 | 0,1  | 15,7 | 1,9 | 4,9 | 3,21 | Z=3,56  | 0,0004**           |   |
|                         |            | II | 38                                | 5,2       | 4,0 | 0,2  | 18,2 | 2,6 | 5,8 | 3,97 |         |                    |   |
|                         | Ręka lewa  | I  | 12                                | 3,6       | 3,6 | 1,4  | 5,3  | 2,7 | 4,6 | 1,25 | t=-2,19 | 0,0512*            |   |
|                         |            | II | 12                                | 4,4       | 4,4 | 2,6  | 7,2  | 3,3 | 5,3 | 1,36 |         |                    |   |
| Kontrolna               | Ręka prawa | I  | 42                                | 3,5       | 2,6 | 0,2  | 12,9 | 1,6 | 4,4 | 2,61 | Z=3,26  | 0,0011**           |   |
|                         |            | II | 42                                | 4,3       | 3,4 | 0,7  | 14,0 | 2,2 | 5,6 | 2,98 |         |                    |   |
|                         | Ręka lewa  | I  | 8                                 | 3,3       | 3,7 | 1,0  | 4,9  | 2,0 | 4,5 | 1,47 | t=-0,52 | 0,6212*            |   |
|                         |            | II | 8                                 | 3,5       | 3,4 | 1,0  | 5,5  | 2,6 | 4,7 | 1,54 |         |                    |   |

$\bar{X}$  - średnia; Me- mediana; Q1 – dolny kwartył; Q3 – górny kwartył; SD – odchylenie standardowe

\*Test t-Studenta dla prób zależnych \*\* Test Wilcoxona

#### 4.2. Zależność pomiędzy funkcją motoryczną ręki a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego

Za pomocą współczynnika korelacji rang Spearmana zbadano zależność między sprawnością manualną ręki dominującej oraz niedominującej ocenioną za pomocą testu Box and Blocks w I i II badaniu oraz dla efektu rehabilitacji, a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel także w I i II badaniu oraz dla efektu rehabilitacji. Osiągając brak istotnych korelacji wywnioskowano, iż wyższe wyniki w teście Box and Blocks nie mają wpływu na sprawność w zakresie samoobsługi. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 56 i tabeli 57.

Tabela 56. Korelacja R Spearmana – zależność między sprawnością manualną ręki dominującej wg testu Box and Blocks, a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu oraz dla efektu rehabilitacji.

| Zmienne                          |           | Skala Barthel          |                        |                        |                        |                        |                        |
|----------------------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                                  |           | Grupa badana           |                        |                        | Grupa kontrolna        |                        |                        |
|                                  |           | I pomiar               | II pomiar              | Efekt                  | I pomiar               | II pomiar              | Efekt                  |
| Box and Blocks (ręka dominująca) | I pomiar  | 0,25<br>( $p=0,0854$ ) | -                      | -                      | 0,17<br>( $p=0,2472$ ) | -                      | -                      |
|                                  | II pomiar | -                      | 0,21<br>( $p=0,1530$ ) | -                      | -                      | 0,26<br>( $p=0,0736$ ) | -                      |
|                                  | Efekt     | -                      | -                      | 0,13<br>( $p=0,3541$ ) | -                      | -                      | 0,05<br>( $p=0,7443$ ) |

Tabela 57. Korelacja R Spearmana – zależność między sprawnością manualną ręki niedominującej wg testu Box and Blocks, a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu oraz dla efektu rehabilitacji.

| Zmienne                             |           | Skala Barthel           |                         |                        |                         |                        |                        |
|-------------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
|                                     |           | Grupa badana            |                         |                        | Grupa kontrolna         |                        |                        |
|                                     |           | I pomiar                | II pomiar               | Efekt                  | I pomiar                | II pomiar              | Efekt                  |
| Box and Blocks (ręka niedominująca) | I pomiar  | -0,18<br>( $p=0,2225$ ) | -                       | -                      | -0,10<br>( $p=0,4698$ ) | -                      | -                      |
|                                     | II pomiar | -                       | -0,11<br>( $p=0,4611$ ) | -                      | -                       | 0,12<br>( $p=0,4066$ ) | -                      |
|                                     | Efekt     | -                       | -                       | 0,02<br>( $p=0,8932$ ) | -                       | -                      | 0,13<br>( $p=0,3725$ ) |

Następnie przeprowadzono analizę współczynnika korelacji między skalą Frenchay określającą funkcję chwytową ręki, a sprawnością w zakresie samoobsługi wg skali Barthel. Zauważono, iż w grupie badanej między II pomiarem doszło do istotnego dodatniego współczynnika korelacji określonego na poziomie przeciętnym ( $R=0,49$ ,  $p=0,0003$ ), natomiast w grupie kontrolnej istotne dodatnie współczynniki zaobserwowano między badaniem I ( $R=0,33$ ,  $p=0,0189$ ) oraz dla odnotowanego efektu rehabilitacji ( $R=0,30$ ,  $p=0,0336$ ) (tabela 58).

Tabela 58. Korelacja R Spearmana – zależność między funkcją chwytą ręki wg skali Frenchay, a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu oraz dla efektu rehabilitacji.

| Zmienne        |           | Skala Barthel      |                                  |                    |                                  |                    |                                  |
|----------------|-----------|--------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|
|                |           | Grupa badana       |                                  |                    | Grupa kontrolna                  |                    |                                  |
|                |           | I pomiar           | II pomiar                        | Efekt              | I pomiar                         | II pomiar          | Efekt                            |
| Skala Frenchay | I pomiar  | 0,27<br>(p=0,0580) | -                                | -                  | <b>0,33</b><br><b>(p=0,0189)</b> | -                  | -                                |
|                | II pomiar | -                  | <b>0,49</b><br><b>(p=0,0003)</b> | -                  | -                                | 0,28<br>(p=0,0514) | -                                |
|                | Efekt     | -                  | -                                | 0,25<br>(p=0,0804) | -                                | -                  | <b>0,30</b><br><b>(p=0,0336)</b> |

Za pomocą korelacji rang Spearmana zbadano również zależności między sprawnością motoryczną ręki określoną za pomocą skali Fugl-Motor Assessment Scale for Upper Extermity, a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel. Zauważono, iż wraz z notowaniem wyższych wyników sprawności motorycznej ręki w II badaniu zaobserwowano istotnie lepszą sprawność w zakresie samoobsługi u pacjentów zarówno w grupie badanej jak i kontrolnej ( $R=0,39$ ,  $p=0,0052$ ;  $R=0,38$ ,  $p=0,0065$ ). W podgrupie wykorzystującej terapię konwencjonalną odnotowano także istotny dodatni współczynnik korelacji między osiągniętymi efektami rehabilitacji ( $R=0,35$ ,  $p=0,0119$ ) (tabela 59).

Tabela 59. Korelacja R Spearmana – zależność między sprawnością motoryczną ręki wg skali Fugl-Motor Assessment Scale for Upper Extermity a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu oraz dla efektu rehabilitacji.

| Zmienne            |           | Skala Barthel      |                                  |                    |                    |                                  |                                  |
|--------------------|-----------|--------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                    |           | Grupa badana       |                                  |                    | Grupa kontrolna    |                                  |                                  |
|                    |           | I pomiar           | II pomiar                        | Efekt              | I pomiar           | II pomiar                        | Efekt                            |
| Skala Fugla-Mayera | I pomiar  | 0,22<br>(p=0,1275) | -                                | -                  | 0,23<br>(p=0,1128) | -                                | -                                |
|                    | II pomiar | -                  | <b>0,39</b><br><b>(p=0,0052)</b> | -                  | -                  | <b>0,38</b><br><b>(p=0,0065)</b> | -                                |
|                    | Efekt     | -                  | -                                | 0,20<br>(p=0,1629) | -                  | -                                | <b>0,35</b><br><b>(p=0,0119)</b> |

#### 4.3. Wpływ wybranych czynników na efekty rehabilitacji – analiza regresji logistycznej

Kolejnym krokiem analizy statystycznej było zbadanie wpływu wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na prawdopodobieństwo wystąpienia efektów rehabilitacji, do której wykorzystano modele regresji logistycznej. W pierwszej kolejności sprawdzono wpływ powyższych czynników na efekty sprawności manualnej ręki dominującej zarówno w grupie badanej jak i grupie kontrolnej. Nie odnotowano istotnego wpływu żadnego z wybranych czynników na prawdopodobieństwo wystąpienia efektu w wynikach testu Box and Blocks. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 60.

Tabela 60. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w teście Box and Blocks (ręka dominująca) w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Box and Blocks (ręka dominująca) – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|----------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                       | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                  | 0,0410  | 0,0479        | 0,7338      | -0,0528        | 0,1349         | <b>1,0419</b> | <b>0,3917</b> |
| Czas od udaru    | -                                                  | -0,0201 | 0,0103        | 3,7843      | -0,0403        | 0,0002         | <b>0,9801</b> | <b>0,0517</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                          | 0,6219  | 0,5024        | 1,5320      | -0,3629        | 1,6067         | <b>3,4687</b> | <b>0,2158</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                              | 0,9817  | 0,6174        | 2,5278      | -0,2285        | 2,1918         | <b>7,1230</b> | <b>0,1119</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                              | 0,6909  | 0,5218        | 1,7528      | -0,3319        | 1,7137         | <b>3,9820</b> | <b>0,1855</b> |
| Efekt            | Box and Blocks (ręka dominująca) – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                       | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                  | -0,0137 | 0,0379        | 0,1307      | -0,0880        | 0,0606         | <b>0,9864</b> | <b>0,7177</b> |
| Czas od udaru    | -                                                  | -0,0021 | 0,0075        | 0,0779      | -0,0167        | 0,0126         | <b>0,9979</b> | <b>0,7802</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                          | -0,4042 | 0,3742        | 1,1669      | -1,1377        | 0,3292         | <b>0,4455</b> | <b>0,2800</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                              | 0,0198  | 0,3516        | 0,0032      | -0,6694        | 0,7090         | <b>1,0405</b> | <b>0,9550</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                              | -0,5754 | 0,5790        | 0,9875      | -1,7103        | 0,5595         | <b>0,3164</b> | <b>0,3204</b> |

Następnie zbadano wpływ czynników na prawdopodobieństwo wystąpienia efektów rehabilitacji w teście Box and Blocks dla ręki niedominującej. Zauważono wpływ pojedynczego predyktora w grupie kontrolnej, a mianowicie czasu od udaru. Stwierdzono, iż późniejsze rozpoczęcie rehabilitacji po udarze mózgu powoduje

potencjalny spadek możliwości prawdopodobieństwa wystąpienia pozytywnego efektu rehabilitacji w powyższym teście. Miesięczne opóźnienie w rozpoczęciu rehabilitacji konwencjonalnej skutkuje zmniejszeniem szansy na wystąpienie efektu o blisko 2%, natomiast po roku odsetek ten wyniesie już blisko 22%. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 61.

Tabela 61. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładu oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w teście Box and Blocks (ręka niedominująca) w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt             | Box and Blocks (ręka niedominująca) – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|-------------------|-------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                   | Poziom Efekt                                          | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU 95,0% górna | GU 95,0% dolna | OR            | p             |
| Wiek              | -                                                     | -0,0241 | 0,0418        | 0,3308      | -0,1061        | 0,0579         | <b>0,9762</b> | <b>0,5652</b> |
| Czas od udaru     | -                                                     | 0,0086  | 0,0108        | 0,6314      | -0,0126        | 0,0298         | <b>1,0086</b> | <b>0,4269</b> |
| Płeć              | Męczyzna                                              | 0,2640  | 0,3993        | 0,4371      | -0,5186        | 1,0466         | <b>1,6955</b> | <b>0,5085</b> |
| Strona niedowładu | Prawa                                                 | 0,0305  | 0,4199        | 0,0053      | -0,7925        | 0,8535         | <b>1,0629</b> | <b>0,9421</b> |
| Ręka dominująca   | Prawa                                                 | 0,4019  | 0,4585        | 0,7685      | -0,4967        | 1,3005         | <b>2,2342</b> | <b>0,3807</b> |
| Efekt             | Box and Blocks (ręka niedominująca) – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                   | Poziom Efekt                                          | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU 95,0% górna | GU 95,0% dolna | OR            | p             |
| Wiek              | -                                                     | -0,0091 | 0,0369        | 0,0607      | -0,0815        | 0,0633         | <b>0,9909</b> | <b>0,8053</b> |
| Czas od udaru     | -                                                     | -0,0203 | 0,0082        | 6,0897      | -0,0364        | -0,0042        | <b>0,9799</b> | <b>0,0136</b> |
| Płeć              | Męczyzna                                              | 0,0854  | 0,3288        | 0,0675      | -0,5591        | 0,7299         | <b>1,1863</b> | <b>0,7950</b> |
| Strona niedowładu | Prawa                                                 | 0,1483  | 0,3366        | 0,1940      | -0,5116        | 0,8081         | <b>1,3452</b> | <b>0,6596</b> |
| Ręka dominująca   | Prawa                                                 | 0,0176  | 0,4305        | 0,0017      | -0,8261        | 0,8613         | <b>1,0358</b> | <b>0,9674</b> |

Następnie zbadano wpływ wieku, płci, czasu od udaru, strony niedowładu oraz dominację kończyny górnej na prawdopodobieństwo wystąpienia efektu rehabilitacji w zakresie samoobsługi oraz funkcji chwytnej ręki. W powyższych przypadkach nie odnotowano istotnego wpływu żadnego czynnika zarówno w grupie badanej jak i w grupie kontrolnej. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 62 i tabeli 63.

Tabela 62. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji sprawności w zakresie dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt              | Skala Barthel – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|--------------------|---------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                    | Poziom Efekt                    | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek               | -                               | -0,0360 | 0,0305        | 1,3914      | -0,0959        | 0,0238         | <b>0,9646</b> | <b>0,2382</b> |
| Czas od udaru      | -                               | -0,0046 | 0,0064        | 0,5189      | -0,0173        | 0,0080         | <b>0,9954</b> | <b>0,4713</b> |
| Płeć               | Mężczyzna                       | -0,0710 | 0,3096        | 0,0526      | -0,6778        | 0,5358         | <b>0,8676</b> | <b>0,8186</b> |
| Strona niedowładów | Prawa                           | 0,3855  | 0,3141        | 1,5064      | -0,2301        | 1,0012         | <b>2,1621</b> | <b>0,2197</b> |
| Ręka dominująca    | Prawa                           | 0,5323  | 0,3785        | 1,9780      | -0,2095        | 1,2741         | <b>2,8996</b> | <b>0,1596</b> |
| Efekt              | Skala Barthel – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                    | Poziom Efekt                    | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek               | -                               | -0,0273 | 0,0354        | 0,5942      | -0,0966        | 0,0421         | <b>0,9731</b> | <b>0,4408</b> |
| Czas od udaru      | -                               | -0,0041 | 0,0072        | 0,3258      | -0,0182        | 0,0100         | <b>0,9959</b> | <b>0,5682</b> |
| Płeć               | Mężczyzna                       | -0,1809 | 0,3176        | 0,3245      | -0,8034        | 0,4416         | <b>0,6964</b> | <b>0,5689</b> |
| Strona niedowładów | Prawa                           | -0,1937 | 0,3204        | 0,3654      | -0,8217        | 0,4343         | <b>0,6789</b> | <b>0,5455</b> |
| Ręka dominująca    | Prawa                           | 0,6595  | 0,4569        | 2,0829      | -0,2361        | 1,5550         | <b>3,7394</b> | <b>0,1490</b> |

Tabela 63. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji funkcji chwytnej ręki wg skali Frenchay w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt              | Skala Frenchay – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|--------------------|----------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                    | Poziom Efekt                     | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek               | -                                | -0,0111 | 0,0395        | 0,0796      | -0,0885        | 0,0663         | <b>0,9889</b> | <b>0,7779</b> |
| Czas od udaru      | -                                | -0,0066 | 0,0083        | 0,6315      | -0,0228        | 0,0096         | <b>0,9935</b> | <b>0,4268</b> |
| Płeć               | Mężczyzna                        | -0,0596 | 0,4119        | 0,0210      | -0,8669        | 0,7477         | <b>0,8876</b> | <b>0,8849</b> |
| Strona niedowładów | Prawa                            | 0,5678  | 0,4499        | 1,5930      | -0,3140        | 1,4496         | <b>3,1133</b> | <b>0,2069</b> |
| Ręka dominująca    | Prawa                            | 0,3969  | 0,4538        | 0,7648      | -0,4926        | 1,2864         | <b>2,2118</b> | <b>0,3818</b> |
| Efekt              | Skala Frenchay – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                    | Poziom Efekt                     | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek               | -                                | -0,0159 | 0,0365        | 0,1883      | -0,0875        | 0,0558         | <b>0,9843</b> | <b>0,6643</b> |
| Czas od udaru      | -                                | -0,0122 | 0,0075        | 2,6515      | -0,0268        | 0,0025         | <b>0,9879</b> | <b>0,1035</b> |
| Płeć               | Mężczyzna                        | -0,1612 | 0,3308        | 0,2375      | -0,8095        | 0,4871         | <b>0,7244</b> | <b>0,6261</b> |
| Strona niedowładów | Prawa                            | 0,1010  | 0,3315        | 0,0929      | -0,5487        | 0,7507         | <b>1,2239</b> | <b>0,7605</b> |
| Ręka dominująca    | Prawa                            | 0,1356  | 0,4249        | 0,1019      | -0,6971        | 0,9683         | <b>1,3115</b> | <b>0,7496</b> |

Zbadano również wpływ czynników na prawdopodobieństwo wystąpienia efektu rehabilitacji przy zastosowaniu rehabilitacji konwencjonalnej z biofeedbackiem oraz wyłącznie rehabilitacji konwencjonalnej. W grupie kontrolnej czynnikiem istotnym w zakresie efektów rehabilitacji okazała się płeć pacjentów, przy czym zauważono, iż mężczyźni w stosunku do kobiet powodują spadek możliwości prawdopodobieństwa wystąpienia pożądanego efektu terapii. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 64.

Tabela 64. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji sprawności motorycznej ręki wg skali Fugl-Motor Assessment Scale for Upper Extermity w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Skala Fugl-Mayer – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                       | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                  | -0,0429 | 0,0353        | 1,4731      | -0,1121        | 0,0264         | <b>0,9580</b> | <b>0,2249</b> |
| Czas od udaru    | -                                  | -0,0049 | 0,0069        | 0,5057      | -0,0185        | 0,0086         | <b>0,9951</b> | <b>0,4770</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                          | 0,0208  | 0,3395        | 0,0038      | -0,6446        | 0,6862         | <b>1,0425</b> | <b>0,9511</b> |
| Strona niedowład | Prawa                              | -0,6239 | 0,3635        | 2,9457      | -1,3365        | 0,0886         | <b>0,2871</b> | <b>0,0861</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                              | 0,7131  | 0,4239        | 2,8299      | -0,1177        | 1,5439         | <b>4,1629</b> | <b>0,0925</b> |
| Efekt            | Skala Fugl-Mayer – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                       | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                  | -0,0068 | 0,0381        | 0,0322      | -0,0816        | 0,0679         | <b>0,9932</b> | <b>0,8576</b> |
| Czas od udaru    | -                                  | 0,0021  | 0,0079        | 0,0672      | -0,0135        | 0,0176         | <b>1,0021</b> | <b>0,7955</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                          | -0,7854 | 0,3334        | 5,5483      | -1,4388        | -0,1319        | <b>0,2079</b> | <b>0,0185</b> |
| Strona niedowład | Prawa                              | -0,2878 | 0,3453        | 0,6949      | -0,9646        | 0,3889         | <b>0,5623</b> | <b>0,4045</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                              | -0,2112 | 0,4339        | 0,2370      | -1,0616        | 0,6392         | <b>0,6554</b> | <b>0,6263</b> |

Dla zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (zgięcia) w ręce prawej zarówno w grupie badanej jak i grupie kontrolnej nie odnotowano istotnego wpływu czynników na prawdopodobieństwo wystąpienia pozytywnego efektu rehabilitacji. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 65.

Tabela 65. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości prawej ręki (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (zgięcie) – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                                                               | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                                          | -0,0123 | 0,0299        | 0,1690      | -0,0708        | 0,0462         | <b>0,9878</b> | <b>0,6810</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                                          | -0,0041 | 0,0069        | 0,3596      | -0,0176        | 0,0094         | <b>0,9959</b> | <b>0,5487</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                                  | 0,5869  | 0,3340        | 3,0885      | -0,0676        | 1,2415         | <b>3,2344</b> | <b>0,0788</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                                      | 0,6587  | 0,3420        | 3,7102      | -0,0115        | 1,3289         | <b>3,7337</b> | <b>0,0541</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                                      | -0,5525 | 0,3908        | 1,9983      | -1,3185        | 0,2135         | <b>0,3312</b> | <b>0,1575</b> |
| Efekt            | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (zgięcie) – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                                                               | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                                          | 0,0140  | 0,0377        | 0,1381      | -0,0599        | 0,0880         | <b>1,0141</b> | <b>0,7101</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                                          | -0,0025 | 0,0076        | 0,1081      | -0,0174        | 0,0124         | <b>0,9975</b> | <b>0,7423</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                                  | -0,2100 | 0,3311        | 0,4020      | -0,8590        | 0,4391         | <b>0,6571</b> | <b>0,5261</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                                      | -0,0577 | 0,3354        | 0,0295      | -0,7151        | 0,5998         | <b>0,8911</b> | <b>0,8635</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                                      | 0,7202  | 0,5720        | 1,5856      | -0,4008        | 1,8413         | <b>4,2227</b> | <b>0,2080</b> |

Podczas badania wpływu czynników na zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (wyprostu) w ręce prawej zauważono, iż strona niedowład ma istotny wpływ na potencjalne osiągnięcie efektu przy zastosowaniu rehabilitacji konwencjonalnej połączonej z biofeedbackiem. Pacjenci z niedowładem prawostronnym charakteryzowali się ponad pięciokrotnie większą szansą na poprawę zakresu ruchomości w porównaniu z osobami z niedowładem lewostronnym. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 66.

Tabela 66. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości prawej ręki (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (wyprost) – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                                                               | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                                          | 0,0334  | 0,0315        | 1,1206      | -0,0284        | 0,0952         | <b>1,0339</b> | <b>0,2898</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                                          | -0,0045 | 0,0073        | 0,3788      | -0,0187        | 0,0098         | <b>0,9955</b> | <b>0,5382</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                                  | 0,5895  | 0,3508        | 2,8235      | -0,0981        | 1,2772         | <b>3,2513</b> | <b>0,0929</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                                      | 0,8324  | 0,3444        | 5,8426      | 0,1574         | 1,5074         | <b>5,2850</b> | <b>0,0156</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                                      | 0,3904  | 0,4220        | 0,8559      | -0,4367        | 1,2175         | <b>2,1833</b> | <b>0,3549</b> |
| Efekt            | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (wyprost) – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                                                               | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                                          | 0,0795  | 0,0406        | 3,8250      | -0,0002        | 0,1591         | <b>1,0827</b> | <b>0,0505</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                                          | 0,0070  | 0,0076        | 0,8512      | -0,0079        | 0,0219         | <b>1,0070</b> | <b>0,3562</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                                  | -0,1243 | 0,3441        | 0,1305      | -0,7988        | 0,5502         | <b>0,7799</b> | <b>0,7179</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                                      | -0,0093 | 0,3442        | 0,0007      | -0,6840        | 0,6654         | <b>0,9816</b> | <b>0,9785</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                                      | 0,9614  | 0,5749        | 2,7962      | -0,1655        | 2,0882         | <b>6,8400</b> | <b>0,0945</b> |

Zaobserwowano również wpływ płci na poprawę zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (odwodzenie dopromieniowe) podczas zastosowania rehabilitacji konwencjonalnej z biofeedbackiem. Mężczyźni odznaczali się blisko sześciokrotnie większą szansą na wystąpienie efektu terapii w porównaniu z kobietami. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 67.

Tabela 67. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości prawej ręki (odwodzenie dopromieniowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (odwodzenie dopromieniowe) – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                                                                                | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                                                           | 0,0061  | 0,0305        | 0,0397      | -0,0538        | 0,0660         | <b>1,0061</b> | <b>0,8421</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                                                           | -0,0096 | 0,0073        | 1,6943      | -0,0240        | 0,0048         | <b>0,9905</b> | <b>0,1930</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                                                   | 0,8753  | 0,3540        | 6,1151      | 0,1816         | 1,5691         | <b>5,7581</b> | <b>0,0134</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                                                       | 0,5191  | 0,3463        | 2,2468      | -0,1596        | 1,1978         | <b>2,8239</b> | <b>0,1339</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                                                       | -0,4983 | 0,3989        | 1,5607      | -1,2801        | 0,2835         | <b>0,3691</b> | <b>0,2116</b> |
| Efekt            | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (odwodzenie dopromieniowe) – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                                                                                | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                                                           | -0,0126 | 0,0345        | 0,1337      | -0,0803        | 0,0550         | <b>0,9875</b> | <b>0,7146</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                                                           | -0,0036 | 0,0070        | 0,2652      | -0,0174        | 0,0101         | <b>0,9964</b> | <b>0,6066</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                                                   | 0,0801  | 0,3099        | 0,0668      | -0,5273        | 0,6875         | <b>1,1737</b> | <b>0,7961</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                                                       | -0,0615 | 0,3122        | 0,0388      | -0,6733        | 0,5504         | <b>0,8843</b> | <b>0,8439</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                                                       | 0,2792  | 0,4133        | 0,4563      | -0,5309        | 1,0892         | <b>1,7477</b> | <b>0,4994</b> |

Zarówno w grupie badanej jak i grupie kontrolnej nie odnotowano istotnego wpływu wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na prawdopodobieństwo wystąpienia poprawy w zakresie ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (przywodzenie dołokciowe). Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 68.

Tabela 68. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Zakres ruchomości prawej ręki (przywodzenie dołokciowe) – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                                              | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                         | 0,0069  | 0,0282        | 0,0601      | -0,0483        | 0,0621         | <b>1,0069</b> | <b>0,8063</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                         | -0,0026 | 0,0064        | 0,1665      | -0,0153        | 0,0100         | <b>0,9974</b> | <b>0,6832</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                 | 0,3109  | 0,3035        | 1,0494      | -0,2839        | 0,9056         | <b>1,8622</b> | <b>0,3056</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                     | 0,2679  | 0,3050        | 0,7717      | -0,3298        | 0,8657         | <b>1,7089</b> | <b>0,3797</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                     | 0,2382  | 0,3736        | 0,4065      | -0,4941        | 0,9706         | <b>1,6103</b> | <b>0,5238</b> |
| Efekt            | Zakres ruchomości prawej ręki (przywodzenie dołokciowe) – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                                              | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                         | -0,0135 | 0,0369        | 0,1334      | -0,0857        | 0,0588         | <b>0,9866</b> | <b>0,7150</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                         | 0,0075  | 0,0074        | 1,0067      | -0,0071        | 0,0221         | <b>1,0075</b> | <b>0,3157</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                 | -0,3028 | 0,3226        | 0,8811      | -0,9351        | 0,3295         | <b>0,5457</b> | <b>0,3479</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                     | 0,2664  | 0,3185        | 0,7000      | -0,3577        | 0,8906         | <b>1,7038</b> | <b>0,4028</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                     | 0,3002  | 0,4219        | 0,5063      | -0,5267        | 1,1272         | <b>1,8230</b> | <b>0,4767</b> |

Odnotowano natomiast istotny wpływ płci oraz strony niedowład na efekt rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości zgięcia lewej ręki w grupie badanej. Zauważono, iż mężczyźni mieli blisko 4,5-krotnie wyższą szansę na poprawę zakresu ruchu w porównaniu do kobiet, natomiast u osób z niedowładem prawostronnym szansa na poprawę ruchomości była niższa niż u badanych z niedowładem lewostronnym. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 69.

Tabela 69. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości lewej ręki (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt              | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (zgięcie) – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                    | Poziom Efekt                                                                              | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek               | -                                                                                         | 0,0463  | 0,0327        | 2,0048      | -0,0178        | 0,1103         | <b>1,0473</b> | <b>0,1568</b> |
| Czas od udaru      | -                                                                                         | -0,0068 | 0,0075        | 0,8264      | -0,0214        | 0,0079         | <b>0,9932</b> | <b>0,3633</b> |
| Płeć               | Mężczyzna                                                                                 | 0,7415  | 0,3456        | 4,6015      | 0,0640         | 1,4189         | <b>4,4057</b> | <b>0,0319</b> |
| Strona niedowładów | Prawa                                                                                     | -0,7764 | 0,3640        | 4,5492      | -1,4898        | -0,0629        | <b>0,2117</b> | <b>0,0329</b> |
| Ręka dominująca    | Prawa                                                                                     | 0,1413  | 0,4075        | 0,1202      | -0,6574        | 0,9399         | <b>1,3265</b> | <b>0,7288</b> |
| Efekt              | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (zgięcie) – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                    | Poziom Efekt                                                                              | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek               | -                                                                                         | 0,0343  | 0,0409        | 0,7037      | -0,0458        | 0,1144         | <b>1,0349</b> | <b>0,4015</b> |
| Czas od udaru      | -                                                                                         | -0,0029 | 0,0077        | 0,1404      | -0,0180        | 0,0122         | <b>0,9971</b> | <b>0,7079</b> |
| Płeć               | Mężczyzna                                                                                 | 0,2438  | 0,3389        | 0,5173      | -0,4205        | 0,9081         | <b>1,6283</b> | <b>0,4720</b> |
| Strona niedowładów | Prawa                                                                                     | -0,3314 | 0,3306        | 1,0051      | -0,9794        | 0,3165         | <b>0,5154</b> | <b>0,3161</b> |
| Ręka dominująca    | Prawa                                                                                     | -0,5709 | 0,4268        | 1,7894      | -1,4073        | 0,2656         | <b>0,3193</b> | <b>0,1810</b> |

Ponownie w podgrupie osób wykorzystujących w 3-tygodniowym programie rehabilitacji terapię konwencjonalną połączoną z biofeedbackiem stwierdzono, iż mężczyźni w sposób istotny mieli blisko 5-krotnie oraz 3,5-krotnie wyższą szansę na poprawę zakresu ruchomości lewej ręki odpowiednio do wyprostu oraz podczas odwodzenia dopromieniowego w stosunku do kobiet. Podczas badania wpływu czynników na prawdopodobieństwo wystąpienia efektu dla zakresu przywodzenia dółokciowego wyniki okazały się nieistotne statystycznie w obu podgrupach. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 70, 71 oraz tabeli 72.

Tabela 70 Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości lewej ręki (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt              | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (wyprost) – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                    | Poziom Efekt                                                                              | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek               | -                                                                                         | 0,0539  | 0,0319        | 2,8586      | -0,0086        | 0,1163         | <b>1,0553</b> | <b>0,0909</b> |
| Czas od udaru      | -                                                                                         | -0,0012 | 0,0069        | 0,0318      | -0,0147        | 0,0122         | <b>0,9988</b> | <b>0,8586</b> |
| Płeć               | Mężczyzna                                                                                 | 0,7992  | 0,3347        | 5,7013      | 0,1432         | 1,4552         | <b>4,9452</b> | <b>0,0170</b> |
| Strona niedowładów | Prawa                                                                                     | -0,0143 | 0,3356        | 0,0018      | -0,6721        | 0,6436         | <b>0,9719</b> | <b>0,9661</b> |
| Ręka dominująca    | Prawa                                                                                     | -0,7991 | 0,4312        | 3,4345      | -1,6441        | 0,0460         | <b>0,2023</b> | <b>0,0638</b> |
| Efekt              | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (wyprost) – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                    | Poziom Efekt                                                                              | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek               | -                                                                                         | 0,0255  | 0,0358        | 0,5054      | -0,0447        | 0,0957         | <b>1,0258</b> | <b>0,4771</b> |
| Czas od udaru      | -                                                                                         | 0,0069  | 0,0072        | 0,9377      | -0,0071        | 0,0210         | <b>1,0070</b> | <b>0,3329</b> |
| Płeć               | Mężczyzna                                                                                 | 0,0980  | 0,3186        | 0,0946      | -0,5264        | 0,7223         | <b>1,2165</b> | <b>0,7584</b> |
| Strona niedowładów | Prawa                                                                                     | 0,3992  | 0,3215        | 1,5419      | -1,0293        | 0,2309         | <b>0,4500</b> | <b>0,2143</b> |
| Ręka dominująca    | Prawa                                                                                     | -0,3635 | 0,4201        | 0,7487      | -1,1868        | 0,4598         | <b>0,4834</b> | <b>0,3869</b> |

Tabela 71. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (odwodzenie dopromieniowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (odwodzenie dopromieniowe) – grupa badana |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                                                                            | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                                                       | 0,0076  | 0,0290        | 0,0688      | -0,0492        | 0,0645         | <b>1,0076</b> | <b>0,7931</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                                                       | -0,0030 | 0,0065        | 0,2080      | -0,0157        | 0,0098         | <b>0,9970</b> | <b>0,6483</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                                               | 0,6270  | 0,3048        | 4,2322      | 0,0296         | 1,2243         | <b>3,5040</b> | <b>0,0397</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                                                   | 0,0615  | 0,3128        | 0,0386      | -0,5517        | 0,6746         | <b>1,1308</b> | <b>0,8442</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                                                   | -0,0323 | 0,3721        | 0,0075      | -0,7615        | 0,6969         | <b>0,9374</b> | <b>0,9308</b> |
| Efekt            | Zakres ruchomości lewej ręki (odwodzenie dopromieniowe) – grupa kontrolna                               |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                                                                            | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                                                       | -0,0065 | 0,0356        | 0,0337      | -0,0762        | 0,0632         | <b>0,9935</b> | <b>0,8543</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                                                       | -0,0082 | 0,0074        | 1,2331      | -0,0227        | 0,0063         | <b>0,9918</b> | <b>0,2668</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                                               | -0,2774 | 0,3223        | 0,7408      | -0,9091        | 0,3543         | <b>0,5742</b> | <b>0,3894</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                                                   | 0,5889  | 0,3335        | 3,1182      | -0,0647        | 1,2426         | <b>3,2474</b> | <b>0,0774</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                                                   | -0,1696 | 0,4222        | 0,1615      | -0,9971        | 0,6578         | <b>0,7123</b> | <b>0,6878</b> |

Tabela 72. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (przywodzenie dołokciowe) – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                                                                              | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                                                         | 0,0027  | 0,0299        | 0,0079      | 0,0559         | 0,0612         | <b>1,0027</b> | <b>0,9292</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                                                         | 0,0143  | 0,0077        | 3,4696      | -0,0007        | 0,0294         | <b>1,0144</b> | <b>0,0625</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                                                 | 0,5691  | 0,3206        | 3,1500      | -0,0594        | 1,1975         | <b>3,1209</b> | <b>0,0759</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                                                     | 0,0257  | 0,3264        | 0,0062      | -0,6141        | 0,6655         | <b>1,0527</b> | <b>0,9373</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                                                     | 0,1104  | 0,3814        | 0,0838      | -0,6370        | 0,8579         | <b>1,2471</b> | <b>0,7722</b> |
| Efekt            | Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (przywodzenie dołokciowe) – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                                                                              | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                                                         | -0,0223 | 0,0363        | 0,3779      | -0,0936        | 0,0489         | <b>0,9779</b> | <b>0,5387</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                                                         | 0,0009  | 0,0072        | 0,0145      | -0,0132        | 0,0149         | <b>1,0009</b> | <b>0,9041</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                                                                 | 0,5188  | 0,3261        | 2,5304      | -0,1204        | 1,1580         | <b>2,8224</b> | <b>0,1117</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                                                                     | -0,0509 | 0,3226        | 0,0249      | -0,6831        | 0,5813         | <b>0,9033</b> | <b>0,8747</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                                                                     | 0,2725  | 0,4247        | 0,4118      | -0,5598        | 1,1049         | <b>1,7247</b> | <b>0,5210</b> |

Podczas przeprowadzonej analizy nie odnotowano wpływu wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na prawdopodobieństwo wystąpienia poprawy w sile chwytu ręki prawej jak i lewej zarówno podczas stosowania rehabilitacji konwencjonalnej połączonej z terapią biofeedback oraz podczas wykorzystania wyłącznie rehabilitacji konwencjonalnej. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 73 i tabeli 74.

Tabela 73. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły chwytu [kg] prawej ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Siła chwytu prawej ręki [kg] – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                   | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                              | 0,0587  | 0,0355        | 2,7326      | -0,0109        | 0,1284         | <b>1,0605</b> | <b>0,0983</b> |
| Czas od udaru    | -                                              | 0,0013  | 0,0084        | 0,0237      | -0,0152        | 0,0178         | <b>1,0013</b> | <b>0,8777</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                      | -0,5520 | 0,4461        | 1,5313      | -1,4263        | 0,3223         | <b>0,3315</b> | <b>0,2159</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                          | -0,3076 | 0,4174        | 0,5429      | -1,1257        | 0,5105         | <b>0,5406</b> | <b>0,4612</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                          | 0,1996  | 0,4576        | 0,1903      | -0,6972        | 1,0965         | <b>1,4907</b> | <b>0,6627</b> |
| Efekt            | Siła chwytu prawej ręki [kg] – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                   | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                              | -0,1067 | 0,0713        | 2,2412      | -0,2464        | 0,0330         | <b>0,8988</b> | <b>0,1344</b> |
| Czas od udaru    | -                                              | 0,0006  | 0,0097        | 0,0036      | -0,0184        | 0,0196         | <b>1,0006</b> | <b>0,9525</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                      | -0,8348 | 0,5638        | 2,1918      | -1,9399        | 0,2704         | <b>0,1883</b> | <b>0,1387</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                          | 0,2171  | 0,4240        | 0,2622      | -0,6140        | 1,0483         | <b>1,5439</b> | <b>0,6086</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                          | 0,3969  | 0,5459        | 0,5288      | -0,6729        | 1,4668         | <b>2,2120</b> | <b>0,4671</b> |

Tabela 74. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły chwytu [kg] lewej ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Siła chwytu lewej ręki [kg] – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|-----------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                  | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                             | 0,0200  | 0,0403        | 0,2452      | -0,0591        | 0,0990         | <b>1,0202</b> | <b>0,6205</b> |
| Czas od udaru    | -                                             | 0,0020  | 0,0088        | 0,0514      | -0,0152        | 0,0192         | <b>1,0020</b> | <b>0,8206</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                     | 0,2715  | 0,4179        | 0,4220      | -0,5476        | 1,0906         | <b>1,7212</b> | <b>0,5159</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                         | -1,1092 | 0,5718        | 3,7629      | -2,2300        | 0,0115         | <b>0,1088</b> | <b>0,0524</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                         | -0,3774 | 0,6159        | 0,3755      | -1,5846        | 0,8298         | <b>0,4701</b> | <b>0,5400</b> |
| Efekt            | Siła chwytu lewej ręki [kg] – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                  | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                             | -0,0367 | 0,0409        | 0,8068      | -0,1168        | 0,0434         | <b>0,9640</b> | <b>0,3691</b> |
| Czas od udaru    | -                                             | -0,0053 | 0,0075        | 0,5022      | -0,0199        | 0,0094         | <b>0,9947</b> | <b>0,4785</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                     | 0,2180  | 0,3367        | 0,4193      | -0,4419        | 0,8778         | <b>1,5465</b> | <b>0,5173</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                         | -0,6734 | 0,3528        | 3,6426      | -1,3649        | 0,0181         | <b>0,2601</b> | <b>0,0563</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                         | 0,6551  | 0,4518        | 2,1030      | -0,2303        | 1,5405         | <b>3,7070</b> | <b>0,1470</b> |

Następnie wzięto pod uwagę prawdopodobieństwo wystąpienia efektu rehabilitacji dla siły ścisku palców prawej ręki i zbadano wpływ wybranych czynników. Okazało się, że podczas prowadzenia terapii konwencjonalnej znaczącym czynnikiem jest płeć. Zarówno dla efektu siły ścisku palców oraz siły ścisku palców przy pomiarze three-joins mężczyźni charakteryzowali się odpowiednio ponad jednokrotnie oraz jednokrotnie niższą szansą na uzyskanie efektu w stosunku do kobiet. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 75, 76 oraz tabeli 77.

Tabela 75. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Siła ścisku palców prawej ręki [kg] – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|-------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                          | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                     | 0,0351  | 0,0319        | 1,2119      | -0,0274        | 0,0976         | <b>1,0357</b> | <b>0,2710</b> |
| Czas od udaru    | -                                                     | -0,0022 | 0,0071        | 0,0918      | -0,0161        | 0,0118         | <b>0,9978</b> | <b>0,7619</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                             | -0,3141 | 0,3588        | 0,7664      | -1,0174        | 0,3892         | <b>0,5335</b> | <b>0,3813</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                 | -0,6573 | 0,3739        | 3,0904      | -1,3902        | 0,0755         | <b>0,2686</b> | <b>0,0788</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                 | 0,0286  | 0,4269        | 0,0045      | -0,8081        | 0,8654         | <b>1,0589</b> | <b>0,9466</b> |
| Efekt            | Siła ścisku palców prawej ręki [kg] – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                          | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                     | 0,0285  | 0,0388        | 0,5422      | -0,0474        | 0,1045         | <b>1,0290</b> | <b>0,4615</b> |
| Czas od udaru    | -                                                     | -0,0069 | 0,0078        | 0,7843      | -0,0223        | 0,0084         | <b>0,9931</b> | <b>0,3758</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                             | -0,9856 | 0,4372        | 5,0815      | -1,8426        | -0,1287        | <b>0,1393</b> | <b>0,0242</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                 | 0,5671  | 0,3834        | 2,1877      | -0,1844        | 1,3186         | <b>3,1088</b> | <b>0,1391</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                 | -0,0236 | 0,4594        | 0,0026      | -0,9241        | 0,8768         | <b>0,9538</b> | <b>0,9590</b> |

Tabela 76. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców (Three-Joins) [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Siła ścisku palców prawej ręki (Three-Joins) [kg] – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                                        | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                   | -0,0042 | 0,0295        | 0,0207      | -0,0620        | 0,0535         | <b>0,9958</b> | <b>0,8856</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                   | -0,0022 | 0,0064        | 0,1153      | -0,0147        | 0,0104         | <b>0,9978</b> | <b>0,7342</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                           | 0,2102  | 0,3090        | 0,4625      | -0,3956        | 0,8159         | <b>1,5225</b> | <b>0,4965</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                               | -0,3017 | 0,3216        | 0,8804      | -0,9320        | 0,3285         | <b>0,5469</b> | <b>0,3481</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                               | 0,3659  | 0,3871        | 0,8934      | -0,3928        | 1,1246         | <b>2,0788</b> | <b>0,3446</b> |
| Efekt            | Siła ścisku palców prawej ręki (Three-Joins) [kg] – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                                        | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                   | -0,0414 | 0,0444        | 0,8697      | -0,1283        | 0,0456         | <b>0,9595</b> | <b>0,3510</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                   | -0,0163 | 0,0087        | 3,4707      | -0,0334        | 0,0008         | <b>0,9839</b> | <b>0,0625</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                           | -1,1356 | 0,5542        | 4,1984      | -2,2218        | -0,0493        | <b>0,1032</b> | <b>0,0405</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                               | -0,0438 | 0,3977        | 0,0121      | -0,8232        | 0,7356         | <b>0,9161</b> | <b>0,9123</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                               | 0,2134  | 0,5110        | 0,1743      | -0,7883        | 1,2150         | <b>1,5322</b> | <b>0,6763</b> |

Tabela 77. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców (Tip-Top) [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Siła ścisku palców prawej ręki (Tip-Top) [kg] – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|-----------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                                    | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                               | -0,0414 | 0,0372        | 1,2396      | -0,1143        | 0,0315         | <b>0,9594</b> | <b>0,2656</b> |
| Czas od udaru    | -                                                               | 0,0142  | 0,0098        | 2,0924      | -0,0050        | 0,0334         | <b>1,0143</b> | <b>0,1480</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                       | -0,4707 | 0,3711        | 1,6083      | -1,1981        | 0,2567         | <b>0,3901</b> | <b>0,2047</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                           | -0,0435 | 0,3705        | 0,0138      | -0,7696        | 0,6826         | <b>0,9167</b> | <b>0,9065</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                           | 0,7468  | 0,4197        | 3,1663      | -0,0758        | 1,5695         | <b>4,4534</b> | <b>0,0752</b> |
| Efekt            | Siła ścisku palców prawej ręki (Tip-Top) [kg] – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                                    | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                               | -0,0173 | 0,0364        | 0,2267      | -0,0887        | 0,0540         | <b>0,9828</b> | <b>0,6340</b> |
| Czas od udaru    | -                                                               | -0,0097 | 0,0074        | 1,7118      | -0,0242        | 0,0048         | <b>0,9903</b> | <b>0,1908</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                       | -0,3798 | 0,3439        | 1,2196      | -1,0539        | 0,2943         | <b>0,4678</b> | <b>0,2694</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                           | 0,1258  | 0,3361        | 0,1402      | -0,5329        | 0,7845         | <b>1,2861</b> | <b>0,7081</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                           | -0,2414 | 0,4632        | 0,2715      | -1,1493        | 0,6666         | <b>0,6171</b> | <b>0,6023</b> |

Końcowy etap analizy statystycznej stanowiło zbadanie wpływu wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na prawdopodobieństwo wystąpienia poprawy siły ścisku palców lewej ręki. W grupie badanej dla pomiaru siły ścisku palców oraz siły ścisku palców przy pomiarze three-joins istotnym czynnikiem okazała się strona niedowład. Pacjenci z niedowładem prawostronnym mają mniejszą szansę na uzyskanie efektu rehabilitacji w stosunku do pacjentów z niedowładem lewostronnym. W grupie kontrolnej zaobserwowano wpływ płci na prawdopodobieństwo wystąpienia efektu rehabilitacji dla pomiaru siły ścisku palców oraz siły ścisku palców przy pomiarze tip-top. Mężczyźni charakteryzowali się +/- 1,5 krotną mniejszą szansą na poprawę badanego parametru w stosunku do kobiet. Dla pomiaru siły ścisku palców tip-top w grupie kontrolnej istotnym czynnikiem okazał się także czas od udaru. Wysłano wniosek, iż wraz z późniejszym rozpoczęciem terapii o jeden miesiąc od wystąpienia udaru prawdopodobieństwo uzyskania efektu maleje o ponad 2%, natomiast pacjenci rozpoczynający rehabilitację konwencjonalną 1 rok później od wystąpienia udaru uzyskują mniejszą szansę osiągnięcia efektu o 24%. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli 78, 79 oraz tabeli 80.

Tabela 78. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Siła ścisku palców lewej ręki [kg] – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                         | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                    | -0,0205 | 0,0404        | 0,2587      | -0,0997        | 0,0586         | <b>0,9797</b> | <b>0,6110</b> |
| Czas od udaru    | -                                                    | 0,0033  | 0,0083        | 0,1603      | -0,0130        | 0,0196         | <b>1,0033</b> | <b>0,6889</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                            | -0,3953 | 0,4209        | 0,8822      | -1,2203        | 0,4296         | <b>0,4535</b> | <b>0,3476</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                | -1,3109 | 0,5634        | 5,4145      | -2,4152        | -0,2067        | <b>0,0727</b> | <b>0,0200</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                | -0,4420 | 0,6269        | 0,4971      | -1,6707        | 0,7867         | <b>0,4131</b> | <b>0,4808</b> |
| Efekt            | Siła ścisku palców lewej ręki [kg] – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                         | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                    | -0,0211 | 0,0385        | 0,2991      | -0,0966        | 0,0544         | <b>0,9792</b> | <b>0,5845</b> |
| Czas od udaru    | -                                                    | 0,0101  | 0,0078        | 1,6928      | -0,0051        | 0,0253         | <b>1,0102</b> | <b>0,1932</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                            | -0,9072 | 0,3761        | 5,8195      | -1,6442        | -0,1701        | <b>0,1629</b> | <b>0,0158</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                | 0,0454  | 0,3480        | 0,0170      | -0,6367        | 0,7274         | <b>1,0950</b> | <b>0,8963</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                | -0,2426 | 0,4532        | 0,2866      | -1,1308        | 0,6456         | <b>0,6156</b> | <b>0,5924</b> |

Tabela 79. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców (Three-Joins) [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Siła ścisku palców lewej ręki (Three-Joins) [kg] – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                                       | cena    | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                  | 0,0331  | 0,0309        | 1,1468      | -0,0275        | 0,0936         | <b>1,0336</b> | <b>0,2842</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                  | 0,0109  | 0,0074        | 2,1519      | -0,0254        | 0,0037         | <b>0,9892</b> | <b>0,1424</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                          | 0,1323  | 0,3230        | 0,1679      | -0,7654        | 0,5007         | <b>0,7674</b> | <b>0,6820</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                              | 0,7850  | 0,3485        | 5,0738      | -1,4681        | -0,1020        | <b>0,2080</b> | <b>0,0243</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                              | 0,1219  | 0,3934        | 0,0960      | -0,8930        | 0,6492         | <b>0,7837</b> | <b>0,7567</b> |
| Efekt            | Siła ścisku palców lewej ręki (Three-Joins) [kg] – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                                       | cena    | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                                  | -0,0429 | 0,0401        | 1,1435      | -0,1214        | 0,0357         | <b>0,9580</b> | <b>0,2849</b> |
| Czas od udaru    | -                                                                  | 0,0013  | 0,0073        | 0,0338      | -0,0129        | 0,0156         | <b>1,0013</b> | <b>0,8541</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                          | 0,4650  | 0,3481        | 1,7846      | -1,1472        | 0,2172         | <b>0,3946</b> | <b>0,1816</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                              | 0,0290  | 0,3318        | 0,0077      | -0,6214        | 0,6794         | <b>1,0598</b> | <b>0,9303</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                              | 0,9142  | 0,4757        | 3,6941      | -0,0181        | 1,8465         | <b>6,2240</b> | <b>0,0546</b> |

Tabela 80. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców (Tip-Top) [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.

| Efekt            | Siła ścisku palców lewej ręki (Tip-Top) [kg] – grupa badana    |         |               |             |                |                |               |               |
|------------------|----------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|                  | Poziom Efekt                                                   | Ocena   | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                              | 0,0118  | 0,0344        | 0,1181      | -0,0556        | 0,0792         | <b>1,0119</b> | <b>0,7311</b> |
| Czas od udaru    | -                                                              | -0,0082 | 0,0073        | 1,2528      | -0,0225        | 0,0061         | <b>0,9919</b> | <b>0,2630</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                      | -0,4139 | 0,3944        | 1,1017      | -1,1868        | 0,3590         | <b>0,4370</b> | <b>0,2939</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                          | -0,5808 | 0,3950        | 2,1620      | -1,3551        | 0,1934         | <b>0,3130</b> | <b>0,1415</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                          | 0,6037  | 0,4268        | 2,0003      | -0,2329        | 1,4402         | <b>3,3445</b> | <b>0,1573</b> |
| Efekt            | Siła ścisku palców lewej ręki (Tip-Top) [kg] – grupa kontrolna |         |               |             |                |                |               |               |
|                  | Poziom Efekt                                                   | cena    | Standard Błąd | Walda Stat. | GU górna 95,0% | GU dolna 95,0% | OR            | p             |
| Wiek             | -                                                              | 0,0102  | 0,0441        | 0,0537      | -0,0763        | 0,0967         | <b>1,0103</b> | <b>0,8167</b> |
| Czas od udaru    | -                                                              | 0,0224  | 0,0098        | 5,1951      | -0,0416        | -0,0031        | <b>0,9779</b> | <b>0,0227</b> |
| Płeć             | Mężczyzna                                                      | 0,9237  | 0,4035        | 5,2410      | -1,7144        | -0,1329        | <b>0,1577</b> | <b>0,0221</b> |
| Strona niedowład | Prawa                                                          | 0,2523  | 0,3579        | 0,4968      | -0,9538        | 0,4492         | <b>0,6038</b> | <b>0,4809</b> |
| Ręka dominująca  | Prawa                                                          | 0,2462  | 0,4907        | 0,2517      | -1,2079        | 0,7155         | <b>0,6112</b> | <b>0,6159</b> |

## 5. Dyskusja

Głównym celem pracy było porównanie efektów rehabilitacji ręki z wykorzystaniem metody biofeedback i terapii konwencjonalnej u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu. W pracy postawiono pięć pytań badawczych, które można podzielić na trzy główne obszary. Mianowicie, pierwszy obszar badawczy związany był ze sprawdzeniem (1 pytanie badawcze) i porównaniem (2 pytanie badawcze) efektów rehabilitacji pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu w zależności od zastosowanej metody, a w konsekwencji określenie, która z zastosowanych metod rehabilitacji: z biofeedbackiem czy konwencjonalna jest skuteczniejsza (3 pytanie badawcze). Drugi aspekt dotyczył oceny zależności pomiędzy funkcją motoryczną ręki a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego (4 pytanie badawcze). Ostatni, trzeci szczegółowy problem badawczy dotyczył analizy wpływu wybranych czynników tj. wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowład oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji (5 pytanie badawcze).

Motywacją do podjęcia niniejszych badań stał się fakt, iż jednym z najbardziej problematycznych deficytów po przebytych udarach mózgu jest sprawność kończyny górnej, a w szczególności ręki. Badania wskazują, że reedukacja funkcji ręki niedowładnej jest osobniczo zmienna i przebiega indywidualnie, a czynnikami kluczowymi w tym procesie są stopień sprawności funkcjonalnej i motorycznej pacjenta po udarze mózgu [81,117]. Ponadto donosi się, że reedukacja funkcji ręki niedowładnej uważana jest za najbardziej problematyczny element procesu rehabilitacji po udarze mózgu [7,8], co może wynikać z faktu złożoności w budowie anatomicznej, a tym samym trudności w ocenie ręki jako składowej całej kończyny górnej. Na podstawie przeglądu literatury krajowej i zagranicznej można stwierdzić, iż dostępne są liczne badania potwierdzające skuteczność rehabilitacji pacjentów po udarze mózgu z wykorzystaniem nowoczesnych urządzeń i technologii wyposażonych w biofeedback [9,10,11,12,13,14,15,16,17,18]. Jednakże koncentrują się one przede wszystkim na zastosowaniu metod biofeedback w zakresie reedukacji funkcji chodu i równowagi po udarze mózgu [14,15,16,17,18]. Dlatego też w oparciu o analizę dostępnej na chwilę obecną literatury zidentyfikowano lukę w wiedzy, która dotyczy oceny skuteczności metody biofeedback w rehabilitacji funkcji motorycznej ręki i samoobsługi pacjentów po udarze mózgu.

Warto również dodać, że o ile w literaturze krajowej można odnaleźć nieliczne badania w zakresie rehabilitacji kończyny górnej w okresie ostrym po udarze mózgu [21], to temat odtwarzania funkcji kończyny górnej, w szczególności ręki niedowładnej, w okresie późnym po udarze mózgu jest zupełnie zaniedbany. To spostrzeżenie stało się kolejnym powodem podjęcia badań. Zasadniczo największy postęp w odzyskiwaniu funkcji neuromotorycznych obserwuje się we wczesnym okresie poudarowym [214,215] ze względu na fakt, że zmiany związane z regeneracją w obrębie strefy półcienia tzw. penumbry następują stosunkowo szybko po wystąpieniu udaru mózgu, a w późniejszym okresie proces ten ulega zwolnieniu [216,217]. W związku z tym badaniem objęto pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu, u których mogło już dojść do adaptacji do korzystania z utrwalonego wzorca ruchowego kończyny górnej, w tym ręki zajętej, jak również kompensacji w ręce niezajętej. Oczekiwanym efektem pracy jest potwierdzenie lub odrzucenie hipotezy o wyższej skuteczności metod biofeedback względem metody konwencjonalnej w rehabilitacji ręki pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu, a więc u których mogło dojść do adaptacyjnego korzystania z utrwalonego wzorca ruchowego.

Pierwszy obszar badawczy związany był ze sprawdzeniem efektów rehabilitacji pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu w zakresie zmian w funkcji motorycznej ręki i samoobsługi, a następnie określenie różnic w tychże efektach w zależności od zastosowanej metody tj. metody biofeedback oraz metody konwencjonalnej. Przeprowadzone badania wykazały, że pacjenci uzyskali poprawę sprawności manualnej w obu grupach badanej, jak i kontrolnej, ale lepsze efekty terapii odnotowano dla grupy pacjentów korzystających z rehabilitacji połączonej z biofeedbackiem. Analizując uzyskane wyniki w zakresie testu Box and Blocks, za pomocą którego zbadano sprawność manualną ręki dominującej i niedominującej oraz sprawdzono efekty przeprowadzonej rehabilitacji w obu podgrupach. Po II badaniu zaobserwowano poprawę badanego parametru w obu podgrupach, lecz w grupie badanej w stosunku do grupy kontrolnej średni pozytywny zaobserwowany efekt prowadzonej terapii był wyższy zarówno w ręce dominującej ( $\bar{X} = 3,8$  vs.  $\bar{X} = 2,8$ ) jak i w ręce niedominującej ( $\bar{X} = 4,2$  vs.  $\bar{X} = 1,7$ ). Zbadano również zależności pomiędzy ręką zajęta, a ręką niezajętą w obu grupach. Test wykazał poprawę dla obydwu grup, natomiast terapia połączona z biofeedbackiem okazała się skuteczniejsza w poprawie sprawności manualnej ( $p < 0,0001$ ). Badając sprawność manualną, wzięto również pod

uwagę stronę niedowładnej ręki. Wyniki wykazały poprawę dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego tylko dla grupy pacjentów, którzy korzystali z rehabilitacji konwencjonalnej połączonej z biofeedbackiem ( $p < 0,001$ ). Zbadano również sprawność motoryczną ręki za pomocą skali Fugl-Meyer Motors Assessment Skale for Upper Extermity. Lepszy efekt zaobserwowano w grupie badanej, która miała wdrożoną rehabilitację z biofeedbackiem. Grupa kontrolna też poprawiła swoje wyniki ( $p = 0,0001$ ), ale nie tak zdecydowanie jak grupa badana ( $p = 0,0024$ ).

Podobne badania przeprowadziła Dziemian i wsp., wykorzystując podczas rehabilitacji kończyny górnej, ćwiczenia z biofeedbackiem. Zbadano grupę 10 osób po przebytych udarach mózgu. Przed i po terapii, na którą składało się 15 sesji, przeprowadzono test Box and Blocks i Fugl-Mayer. Wyniki wskazały na poprawę funkcji kończyny górnej stosując terapię z biofeedbackiem. Podobnie jak w badaniach własnych wykazano istotną statystycznie poprawę funkcji kończyny górnej zaobserwowaną w skali: Fugl-Meyer ( $p = 0,38$ ) oraz sprawności manualnej ręki w teście Box and Blocks ( $p = 0,27$ ) po terapii z biofeedbackiem w grupie badanej. Autorzy wnioskuje o korzyściach wdrożenia terapii z biofeedbackiem w celu usprawniania zaburzonej funkcji kończyny górnej. Jednakże warto dodać, iż badaniem objęto jedynie 10 chorych po przebytych udarach mózgu, w tym 8 po udarze niedokrwiennym oraz 2 po udarze krwotocznym, a więc grupa nie była jednorodna [199]. Podobnie Wieczorek i Makuch zbadali 16 pacjentów po przebytych udarach mózgu. Zastosowali rehabilitację tradycyjną dla kończyny górnej w pierwszej grupie pacjentów (8 osób), a drugą grupę (8 osób) poddano terapii wzbogaconej o biofeedback. Obie grupy badanych pacjentów poprawiły funkcję kończyny górnej, ale nie było wyraźnej poprawy w grupie z biofeedbackiem w porównaniu do grupy kontrolnej. Badacze również wykorzystali test Fugl-Meyer, który wykazał poprawę w obydwu grupach [127]. Być może wynika to z faktu, iż badani pacjenci byli we wczesnym okresie po udarze mózgu tj. średnia ilość dni po udarze wyniosła  $19,13 \pm 3,36$ , a co się z tym wiąże w obu grupach, zachodził proces samoistnego zdrowienia, ponieważ zmiany związane z regeneracją w obrębie strefy półcienia następują stosunkowo szybko po wystąpieniu udaru mózgu, a w późniejszym okresie proces ten ulega zwolnieniu [216,217]. Ocena wpływu terapii z użyciem biofeedback na poprawę funkcjonalną kończyn górnych była także przedmiotem badań El-Kafa i wsp. W badaniu wzięło udział 40 pacjentów po przebytych udarach mózgu. Badanych podzielono losowo na grupy, z których jedna otrzymała rehabilitację tradycyjną uzupełnioną o terapię

z biofeedbackiem. Druga grupa uczestniczyła tylko w terapii konwencjonalnej. Wyniki, które otrzymali badacze, wykazały zdecydowaną poprawę funkcjonalną w grupie, w której zastosowano terapię biofeedback [139]. Obserwacje te nie są zgodne z doniesieniami Sapostnik i wsp., którzy przeprowadzili randomizowane badanie w grupie pacjentów w fazie ostrej po przebytych udarach mózgu. Pacjenci zakwalifikowani do badań mieli niewielkie deficyty ruchowe kończyn górnych. Badania skupiały się na poprawie funkcji motorycznej kończyny górnej. Część pacjentów została poddana terapii tradycyjnej. U drugiej części pacjentów zastosowano również terapię tradycyjną, ale wzbogaconą przez VR. Badacze wykazali, że nie ma istotnych różnic w osiągnięciu poprawy sprawności funkcji kończyny górnej stosując VR. Natomiast autorzy wskazują, że istotne jest, aby podejmować w jak najwcześniejszym okresie od wystąpienia udaru mózgu rehabilitację ruchową celem poprawy funkcji kończyny górnej po udarze mózgu [218]. Wnioski tych badań mogą sugerować i potwierdzać hipotezę, że w początkowej fazie po udarze mózgu procesy regeneracyjne postępują w szybkim tempie co się na poprawę sprawności funkcjonalnej badanych, niezależnie od rodzaju zastosowanej rehabilitacji. Również Hsu i wsp. przeprowadzili ocenę efektów rehabilitacji pacjentów w okresie przewlekłym po przebytych udarach mózgu z wykorzystaniem robota do poprawy funkcji kończyny górnej. Badanych podzielono na dwie grupy: terapia konwencjonalna i terapia konwencjonalna połączona ze zrobotyzowanym urządzeniem, w których każdy pacjent otrzymał 30 terapeutycznych sesji. Do terapii wykorzystano egzoszkielek zakładany na zajęętą rękę, który wykonywał ćwiczenia bierne (zgięcie i wyprost). Badacze skupili się na ocenie funkcjonalnej ręki. Wyniki wykazały znaczną poprawę funkcji ręki niedowładnej w grupie, która otrzymała rehabilitację połączoną ze zrobotyzowanym urządzeniem [219]. Badana grupa była niewielka (12 osób) w porównaniu do badań własnych oraz urządzenie z biofeedbackiem wykorzystane do treningu wspomagało tylko ruch zgięcia i wyprostu. Kim i wsp. przeprowadzili podobne badania, w których skupili się na wpływie treningu przestrzennego z biofeedbackiem na funkcje kończyny górnej po incydencie udarowym. Przed i po przystąpieniu do treningu badane osoby zostały ocenione za pomocą testu Fugl-Meyer i funkcji motorycznej. Badacze skoncentrowali się na zadaniu ruchowym (sięganiu bocznym) niedowładną kończyną górną. Po zakończeniu treningu wyniki pokazały zdecydowane lepsze efekty dla grupy osób, które miały wdrożony program z biofeedbackiem (test Fugl-Meyer  $p = 0,034$ ) [135]. Ocena poprawy funkcji kończyny górnej przy użyciu Fugl-Meyer w okresie

późnym po przebytych udarach mózgu, była również tematem badań Cho i wsp. Ich randomizowane badania wykazały skuteczność przeprowadzonej rehabilitacji z wykorzystaniem robota. Podobnie jak w badaniach własnych autorzy wykazali poprawę funkcjonalną i sprawności manualnej kończyny górnej [220]. Zbieżne wyniki uzyskali także Amano i wsp., grupa pacjentów z niedowładem połowicznym w okresie późnym po udarze mózgu trenująca z robotem, poprawiła kontrolę i funkcję motoryczną kończyny górnej ocenioną przy użyciu skali Fugl-Meyer [221]. Również Rong i wsp. przeprowadzili trening dla pacjentów po przebytych udarach mózgu z wykorzystaniem zrobotyzowanych urządzeń. Po dwudziestu sesjach, funkcja kończyny górnej niedowładnej badanych pacjentów istotnie poprawiła się w teście Fugl-Meyer [222].

Inni badacze, którzy potwierdzają nasze doniesienia o skuteczności prowadzenia terapii przy użyciu sprzętu z biofeedbackiem, podali treningowi pacjentów stosując EMG biofeedback. Zasadnicza różnica jest taka, że badacze skupili się na całej niedowładnej kończynie górnej, w badaniach własnych natomiast analizowano samą ręką. Podobnie jak w badaniach własnych, zastosowano test Fugl-Meyer, ocenę czynnościową i funkcjonalną pacjentów przed i po zastosowaniu treningu. Pacjenci w grupie z EMG biofeedback wykazali znaczną poprawę sprawności funkcji kończyny górnej. Jednakże badacze uważają, że należy zachować ostrożność w interpretowaniu wyników terapii z wykorzystaniem biofeedbacku. Uważają oni, że należy dokładnie określić wskaźniki (biomarkery) brane pod uwagę w tych badaniach oraz uwzględniać współistniejące zaburzenia neurologiczne, które pacjent może posiadać by dokonywać obiektywnej oceny efektów rehabilitacji [136]. Straudi i wsp. w badaniach wykorzystali obustronną przezczaszkową stymulację do terapii wspomaganej robotem kończyn górnych u osób po udarze mózgu. Wyniki jakie osiągnęli pacjenci pozwalają stawiać tezę o lepszym efekcie rehabilitacji na poprawę funkcji motorycznej kończyny górnej. Lepsze wyniki osiągnęli pacjenci z udarem przewlekłym i podkorowym, niż z udarem ostrym i korowym [23]. Temat podjęty przez Kakuda również potwierdza, że rehabilitacja wspomagana przez roboty, może przynosić lepsze rezultaty w terapii po udarze mózgu nawet, gdy funkcja motoryczna jest poważnie upośledzona. Uważa, że intensywna rehabilitacja w okresie ostrym po udarze, w połączeniu z nieinwazyjną stymulacją mózgu i lekami, daje lepsze rezultaty w powrocie do sprawności, szczególnie podczas treningu chodu [24]. Cordella przeprowadził terapię u pacjentów przy użyciu rękawicy egzoszkieletowej do rehabilitacji kończyny górnej. Uzyskane wyniki pokazały poprawę sprawności motorycznej u pacjentów w okresie późnym po

udarze mózgu [223]. Bayindir wsp. prowadzili podobne badania w celu oceny skuteczności terapii ręki z wykorzystaniem zrobotyzowanych urządzeń, mających wspomagać klasyczną rehabilitację. W badaniach uczestniczyło 33 pacjentów po przebytych udarze mózgu. Zostali oni podzieleni na grupy i przebadani przed i po terapii testem Box and Bloks, Fugla-Meyera. Po terapii obydwie grupy poprawiły swoje wyniki, natomiast po okresie trzech miesięcy pacjenci, którzy otrzymali rehabilitację wzbogaconą o terapię z biofeedbackiem zdecydowanie osiągnęli większą poprawę funkcji ręki [143].

W badaniach własnych przy pomocy wskaźnika Barthel oceniono sprawność pacjentów w zakresie czynności dnia codziennego. Po rehabilitacji wykazano poprawę w obu badanych grupach. Dokonano również analizy zależności pomiędzy sprawnością manualną ręki dominującej i niedominującej, a sprawnością w zakresie wykonywania czynności dnia codziennego. Nie odnotowano istotnych korelacji pomiędzy sprawnością manualną ręki, a wykonywaniem czynności w życiu codziennym. Zauważona natomiast zależność między funkcją chwytnej ręki (skala Frenchay) a sprawnością w zakresie samoobsługi (skala Barthel). W grupie badanej odnotowano różnicę pomiędzy pierwszym pomiarem ( $R=0,27$ ,  $p=0,0580$ ) a drugim badaniem ( $R=0,49$ ,  $p=0,003$ ).

Podobnie Jankowska i wsp. wykorzystali w swoich badaniach popularny wskaźnik Barthel, w celu oceny sprawności pacjentów w zakresie czynności dnia codziennego. Autorzy oceniali skuteczność neurorehabilitacji u pacjentów po przebytych udarze mózgu w grupie 90 osób, których podzielono ze względu na rodzaj zastosowanej rehabilitacji: w warunkach szpitalnych oraz w warunkach środowiskowych. Badanych oceniono za pomocą skali Barthel, przed i po rehabilitacji. Badane osoby uzyskały znaczną poprawę funkcjonalną na co wskazywała skala Barthel, w grupie szpitalnej ( $p=0,0005$ ) i środowiskowej ( $p=0,0005$ ). Badania potwierdziły słuszność prowadzenia rehabilitacji u pacjentów po incydencie udarowym. Nieco lepsze wyniki uzyskali badani w grupie leczonej w warunkach szpitalnych ( $SD=2,99$ ) niż środowiskowych ( $SD=1,25$ ), co wskazuje na potrzebę ścisłej współpracy zespołu terapeutów oraz prowadzenie rehabilitacji po udarowej [87]. Inni badacze [155], którzy potwierdzają nasze doniesienia stwierdzają, że terapia z wykorzystaniem zrobotyzowanych urządzeń z biofeedbackiem do rehabilitacji daje pozytywne efekty. Wyniki potwierdziły poprawę w czynnościach dnia codziennego za pomocą wskaźnika Barthel oraz zmniejszenie dysfunkcji sensomotorycznych. Badania potwierdzają, że

wykorzystując w terapii biofeedback zwiększa się szansę na efektywniejszą rehabilitację, a co za tym idzie szybszy powrót do sprawności [10,13]. Do podobnych wniosków doszli badacze, którzy przeanalizowali doniesienia naukowe autorów wykorzystujących innowacyjną technologię komputerową w połączeniu z tradycyjną rehabilitacją. Raporty oceniały funkcje kończyny górnej, jej siłę, sprawność manualną oraz sprawność czynnościową pacjenta po incydencie udarowym [9]. Lavera i wsp. poddali analizie 37 raportów, w których zastosowano neurorehabilitację z wykorzystaniem VR. W raportach tych oceniano funkcjonalność kończyny górnej, sprawność czynności życia codziennego oraz funkcje kończyny dolnej i chód osób po udarze mózgu. Wyniki wykazały przewagę skuteczności rehabilitacji z wykorzystaniem VR dla poprawy funkcji kończyny górnej i czynności dnia codziennego. Badacze zalecają dalsze badania, by ustalić konieczność i korzystny wpływ z zastosowania terapii VR na poprawę funkcji kończyn górnych czy funkcji poznawczych u pacjentów po przebytym udarze mózgu. W badaniach własnych skupiliśmy się na funkcji zajętej ręki, natomiast w wyżej omówionych badaniach interesowano się całą kończyną górną, stąd potrzeba weryfikacji badań [182]. Mehrholz i wsp. dokonali analizy 45 badań z 1619 uczestnikami, które porównywały trening wspomagany przez zrobotyzowane urządzenia z innymi formami terapii w celu przywrócenia funkcji w zajętej kończynie górnej, po udarze mózgu. Wyniki wykazały poprawę w zakresie wykonywania czynności dnia codziennego ( $p=0,0005$ ) dla grupy wzbogaconej w terapię z urządzeniami z biofeedbackiem [184]. Natomiast Kwakkel i wsp. dokonali analizy randomizowanych badań dostępnych na temat rehabilitacji kończyny górnej po udarze mózgu. Wnioski jakie wyciągnęli z analizy, nie potwierdzają jednoznacznie korzyści płynących z terapii z robotami w zakresie funkcji czynności życia codziennego. Wskazują na korzyści płynące z wykorzystania robotów w rehabilitacji, ze względów ekonomicznych i środowiskowych. Brakuje jednak dowodów na to, że terapia z robotami w znaczący sposób poprawia funkcję kończyny górnej [25].

Do określenia funkcji chwytnej ręki w badaniach własnych wykorzystano skalę Franchay, która wykazała większą poprawę w grupie badanej. Oceny dokonano dwukrotnie, przed i po rehabilitacji. W badaniu drugim grupy badanej wyniki były wyższe średnio o 1,1 punktu, natomiast w grupie kontrolnej o 0,7 punktu. Zbadana różnica wyników między grupami okazała się istotna statystycznie w II badaniu ( $p=0,0352$ ) oraz dla samego efektu przeprowadzonej rehabilitacji ( $p=0,0054$ ).

Również Wieczorek i Makuch w swoich badaniach poddali ocenie funkcję chwytłą ręki, jednakże skoncentrowali się na sile chwytów cylindrycznego, szczypcowego, bocznego i trójpunktowego. Badacze ocenili skuteczności ćwiczeń kończyny górnej, wykonywanych w przestrzeni wirtualnej przy zastosowaniu metody biofeedback, u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu. Jednakże porównując wyniki międzygrupowe po przeprowadzonej terapii, nie wykazano różnic istotnych statystycznie w grupie badanej pacjentów ćwiczących z biofeedbackiem a grupą kontrolną. Można przypuszczać, iż zbyt mała liczebność grup nie pozwoliła na ukazanie statystycznie istotnych różnic między grupami badaną i kontrolną, które liczyły tylko po 8 osób [127].

Na kolejnym etapie badań własnych dokonano pomiaru zakresów ruchów ręki przy użyciu goniometru na początku i końcu terapii. Również w tym przypadku lepsze efekty rehabilitacji uzyskali pacjenci, którzy mieli włączony biofeedback do terapii tradycyjnej. Poprawił się zakres stawu promieniowo-nadgarstkowego w zgięciu, przywodzeniu dołokciowym i odwodzeniu dopromieniowym dla ręki prawej oraz we wszystkich zakresach stawu promieniowo-nadgarstkowego w ręce lewe ( $p=0,0083$ ;  $p=0,0001$ ;  $p<0,0001$ ;  $p=0,0005$ ). Zbadano też siłę chwytu ręki i palców przy użyciu dynamometru i pinchmetru i w tych pomiarach również lepsze wyniki osiągnęli pacjenci, którzy mogli korzystać ze sprzętu z biofeedbackiem ( $p=0,0001$ ). Dokonano również podziału na rękę dominującą prawą i lewą. W obydwu grupach nastąpiła poprawa siły chwytu, ale zdecydowanie lepsze efekty osiągnęły osoby z grupy wykorzystującej biofeedback ( $p=0,0118$ ). Natomiast poprawę siły ścisku palców dla dominującej ręki prawej i lewej, osiągnęli tylko pacjenci po rehabilitacji tradycyjnej z biofeedbackiem ( $p=0,0047$ ). Warto dodać, iż w badaniach własnych dokonano analizy pomiarów siły ścisku palców w trzech pozycjach- key, tip-toop, three-joint. Ważnym elementem badań było odnotowanie poprawy siły ścisku palców (w ustawieniu key i three-joint) dla pacjentów, którzy otrzymali terapię wzbogaconą o biofeedback. Podobne efekty odnotowano w przypadku siły ścisku w ustawieniu tip-toop. Poprawę uzyskano dla prawostronnego i lewostronnego niedowładu ręki ( $p=0,0004$ ;  $p=0,0512$ ). Natomiast analizując siłę ścisku palców (three-joint, tip-toop) dla dominującej ręki, nie wykazano znaczących różnic pomiędzy zastosowaną rehabilitacją w obu grupach.

Także Hsu i wsp. badali zakres ruchu zajętej kończyny górnej [219], w wyniku rehabilitacji z wykorzystaniem egzoszkieletu, łącząc go z konwencjonalną terapią poudarową. Ich obserwacje wykazały poprawę zakresu ruchu zajętej kończyny górnej

oraz wzrost siły mięśniowej. Jednakże badana grupa była nieliczna (12 osób), dlatego też, autorzy zalecają dalsze badania by potwierdzić słuszność ich doniesień [219]. W badaniach własnych grupa pacjentów była zdecydowanie większa (100 przebadanych pacjentów), co pozwala twierdzić, iż wykorzystanie biofeedbacku daje pozytywne efekty rehabilitacji poudarowej. Z kolei Bayidir i wsp. ocenili siłę chwytu i szczypania (tip-toop), a ich wyniki potwierdziły lepsze efekty dla grupy pacjentów, u których zastosowano terapię wzbogaconą o biofeedback [143]. Analiza pracy z grupą pacjentów z niedowładną kończyną górną, przeprowadzona przez Bisolotti i wsp., potwierdziła korzyści płynące z rehabilitacji połączonej z robotami. W grupie tej poprawiła się siła i sprawność mięśni ręki, a sami pacjenci zgłosili zmniejszenie spastyczności w zajętej kończynie górnej [158]. Yue i wsp. dokonali przeglądu dostępnej literatury dotyczącej zrobotyzowanego sprzętu do rehabilitacji ręki. Analizowane prace przedstawiają również sprzęt skupiający się na poprawie ruchomości stawów, sił mięśniowej oraz zmniejszeniu spastyczności ręki. Trening przy pomocy zrobotyzowanej rękawicy, poprawia natomiast ruch funkcjonalny zajętej kończyny. Wykorzystanie sygnałów EEG w prowadzonej terapii sprzyja regeneracji kończyn, a pacjenci mają możliwość wykonywać ruch sięgania i chwytania. Technologia EMG daje lepsze efekty rehabilitacji niż tradycyjny trening, gdyż wykrywa intencje motoryczne z sygnału EMG danego pacjenta i pomaga w wykonaniu ruchu. Autorzy wskazują, że dostępny na rynku sprzęt jest doskonałony i coraz chętniej wykorzystywany do terapii u pacjentów z niedowładną ręką [224].

Powyższe wyniki badań zarówno własnych, jak i innych autorów wskazują, że wykorzystanie metod biofeedback wraz z tradycyjną rehabilitacją daje dobre efekty terapeutyczne w zakresie funkcji manualnej, siły chwytu i mobilności zarówno ręki jak i całej kończyny górnej u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu.

Kolejny problem badawczy dotyczył oceny zależności pomiędzy funkcją motoryczną ręki a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego. W badaniach własnych wykazano, że wraz ze wzrostem wyników sprawności motorycznej ręki, poprawiała się sprawność pacjentów w zakresie samoobsługi w grupie badanej ( $R=0,39$ ,  $p=0,0052$ ) i kontrolnej ( $R=0,38$ ,  $p=0,0065$ ).

Podobnie Rodgers i wsp. w swoich badaniach, podjęli się oceny zależności pomiędzy funkcją motoryczną kończyny górnej a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego. Oceniana zależność jest zbliżona do badań własnych, ale należy podkreślić fakt, iż dotyczy całej kończyny górnej. Badacze wykazali, iż różnice nie były

istotne statystycznie pomiędzy grupą trenującą z pomocą robota, a grupą która otrzymała konwencjonalną terapię. W grupie, która otrzymała terapię wspomaganą robotem z biofeedbackiem, pacjenci mieli mniejsze upośledzenie kończyn górnych, lepszą mobilność oraz lepsze wyniki w czynnościach dnia codziennego, niż osoby w grupie otrzymujących konwencjonalną terapię. Po okresie trzech miesięcy pacjenci trenujący z robotem radzili sobie gorzej w czynnościach dnia codziennego niż osoby poddane konwencjonalnej terapii kończyn górnych. Jednakże badacze uznali, że obydwie formy terapii dla pacjentów po przebytym udarze mózgu przynoszą pozytywne efekty usprawniania kończyny górnej [225]. Również Lo i wsp. zbadali skuteczność rehabilitacji z wykorzystaniem robota z biofeedbackiem w grupie pacjentów po udarze mózgu. Zwrócili uwagę na mobilność kończyn górnych oraz czynności dnia codziennego. Badacze wykazali, iż trening z wykorzystaniem zrobotyzowanych urządzeń oraz konwencjonalna terapia są tak samo skuteczne w zakresie poprawy mobilności kończyn górnych oraz wykonywania czynności dnia codziennego [226].

W związku z powyższym można stwierdzić, iż wyniki uzyskane w badaniach własnych są zbieżne z wynikami innych autorów, wskazując, że niezależnie od rodzaju zastosowanej terapii poprawa sprawności motorycznej ręki wpływa korzystnie na sprawność w zakresie samoobsługi u pacjentów po udarze mózgu.

Ostatni szczegółowy problem badawczy dotyczył analizy wpływu takich czynników jak wiek, płeć, czas od wystąpienia udaru, strony niedowładnej i dominacji kończyny górnej na efekty uzyskane podczas rehabilitacji. W badaniach własnych wykazano, że znaczącym czynnikiem wpływającym na efekty sprawności motorycznej ręki, jednakże jedynie w grupie kontrolnej, była płeć i czasu od udaru. U mężczyzn zauważono obniżenie możliwości wystąpienia pożądanego efektu terapii, jak również późniejsze rozpoczęcie rehabilitacji po udarze mózgu, powodowało potencjalny spadek możliwości prawdopodobieństwa wystąpienia pozytywnego efektu rehabilitacji w sprawności motorycznej ręki. Miesięczne opóźnienie w rozpoczęciu rehabilitacji konwencjonalnej, skutkowało zmniejszeniem szansy na wystąpienie efektu o blisko 2%, natomiast po roku odsetek ten wyniósł już ponad 20%. Z kolei, u mężczyzn z grupy badanej zaobserwowano znacznie większą szansą na poprawę zakresu ruchomości odwodzenia promieniowego, zarówno prawej jak i lewej ręki oraz wyższą szansę na poprawę zgięcia i wyprostu lewej ręki w porównaniu z kobietami. Natomiast nie odnotowano wpływu tych czynników na zakres ruchu zgięcia ręki. Badając oddziaływanie podanych czynników na zakres ruchomości wyprostu ręki oraz siłę

ścisku, strona niedowładna miała wpływ na osiągnięte efekty. Osoby z grupy z biofeedbackiem z niedowładem prawostronnym wykazywały większą szansę na poprawę zakresu ruchomości ręki prawej i siły ścisku ręki lewej w porównaniu z osobami z niedowładem lewostronnym. Być może wynika to z faktu, iż zdecydowana większość badanych pacjentów w obu podgrupach była osobami praworęcznymi (grupa badana – 76%, grupa kontrolna – 84%), więc automatycznie posiadali większe zaangażowanie i motywację w aktywizację właśnie tej kończyny górnej w procesie rehabilitacji. Natomiast większa poprawa siły ścisku ręki lewej, wydają się wynikiem oczywistym z tego względu, iż u osób z niedowładem prawostronnym kończyna góra lewa jest zdrowa.

Podobnie w badaniach innych autorów najwięcej pozytywnych zmian dostrzeżono wśród osób z niedowładem prawostronnym, będących od 7 do 12 miesięcy po udarze mózgu. Dotyczyły one zmniejszenia się zawartość tkanki tłuszczowej, a zwiększenia tkanki mięśniowej w kończynie dolnej i górnej niedowładnej, jak również w kończynie górnej zdrowej po rehabilitacji [227]. Może to wynikać z faktu, iż pacjenci będący w tym czasie po udarze mózgu zaadoptowali się już do nowej sytuacji życiowej, wrócili do naturalnego środowiska domowego i mają największą motywację do rehabilitacji celem odzyskania „dawnego życia”. Warto podkreślić, że osoby będące w okresie wczesnym po udarze często borykają się z depresją, niechęcią do rehabilitacji, doznając porażek i niepowodzeń w używaniu kończyn niedowładnych, zwłaszcza jeżeli niedowładna jest kończyna dominująca [228,229]. W badaniach własnych najlepsze efekty uzyskali pacjenci z niedowładem prawostronnym, co potwierdza powyższą teorię, ponieważ zdecydowana większość badanych pacjentów była praworęczna, można więc przypuszczać, że gdy minął okres wczesny związany z obniżeniem motywacji do ćwiczeń w związku z chorobą, ich aktywność ruchowa była zintensyfikowana na pracy kończyny prawej – dominującej.

W literaturze światowej zauważamy wiele prac podejmujących temat wpływu wyżej wymienionych czynników na efekty rehabilitacji, jednakże w zakresie reedukacji chodu czy równowagi po przebytych udarach mózgu, w tym z wykorzystaniem metod biofeedback [1,14,102,169,187,230,231]. Przykładowo w badaniach dotyczących wpływu wieku, czasu od wystąpienia udaru, płci i strony niedowładów, w zakresie reedukacji chodu z wykorzystaniem bieżni z biofeedbackiem u pacjentów w okresie przewlekłym po udarze mózgu, autorzy wykazali, iż strona niedowładów istotnie różnicuje wyniki rehabilitacji. Podobnie jak w badaniach własnych, pacjenci

z niedowładem prawostronnym uzyskiwali lepsze efekty rehabilitacji, ale dotyczyły one tylko prędkości chodu. Najlepsze wyniki we wszystkich miarach sprawności przed rehabilitacją stwierdzono w grupie 3–6 lat po udarze mózgu. Natomiast czynniki takie jak wiek, czas od wystąpienia udaru oraz płeć nie miały wpływu na wyniki reedukacji chodu opartej na treningu na bieżni ruchomej u pacjentów w przewlekłym stadium poudarowym [231]. Wyniki te są zgodne z doniesieniami Przysady i wsp., którzy badali wpływ płci, wieku i strony niedowładu na wyniki rehabilitacji pacjentów po udarze mózgu. Badanych podzielono na cztery grupy wiekowe: do 49 lat, od 50 do 59 lat, od 60 do 69 lat oraz powyżej 69 lat. Autorzy stwierdzili, że w przeciwieństwie do strony niedowładu wiek i płeć nie były istotnie związane z wynikami rehabilitacji. Wykazali, że pacjenci z niedowładem prawostronnym średnio osiąkali większą poprawę po rehabilitacji [232].

W badaniach własnych analizując wpływ płci na wystąpienie efektu rehabilitacji, w zależności od zastosowanej metody tj. wzbogaconej o biofeedback i konwencjonalnej, zauważono, iż w grupie kontrolnej spadek możliwości wystąpienia pożądanego efektu, pojawił się u mężczyzn w stosunku do badanych kobiet. Kolejnym zaobserwowanym wnioskiem był wpływ płci na poprawę zakresu ruchomości (odwiedzenie dopromieniowe) w stawie nadgarstkowo-promieniowym prawej ręki w grupie pacjentów, którzy otrzymali terapię z biofeedbackiem. Badani mężczyźni w tej grupie wykazali sześciokrotnie większą szansę na poprawę w porównaniu do badanych kobiet. Również zauważono, że badani mężczyźni prawie cztery i pół razy mieli większą szansę na poprawę zakresu ruchu zgięcia w stawie nadgarstkowo-promieniowym niż kobiety. Analizie poddano również zakresy ruchomości stawu nadgarstkowo-promieniowego w lewej ręce. Otrzymane wyniki wykazały wyższą poprawę u pacjentów w grupie korzystającej z terapii konwencjonalnej połączonej z biofeedbackiem. Znowu mężczyźni wykazali się pięciokrotnie (ruch wyprostu) i trzy i pół razy (ruch przywiedzenia dołokciowego) lepszym wynikiem niż kobiety. Nie zauważono jednak wpływu płci na siłę chwytu badanej ręki.

Tanlaki i wsp. wykazali w swoich badaniach, że planując plan terapii dla pacjentów po udarze mózgu, należy uwzględnić wiek i płeć pacjenta [233]. Badaniem objęli dwa tysiące dwustu sześćdziesięciu sześciu pacjentów po udarze mózgu (1283 mężczyzn i 983 kobiet). Autorzy wykazali, iż istnieją istotne różnice płci i wieku w zakresie długości pobytu na oddziale rehabilitacji pacjentów po udarze mózgu. Te różnice mogą sugerować, że w planowaniu programu terapii należy wziąć pod uwagę te

czynniki [233]. W badaniach własnych potwierdziła się teza przedstawiona przez Tanlaki i wsp., że płeć, ma wpływ na poprawę stanu pacjenta. Stwierdzenie to jest zależne od tego czy pacjenci zostali poddani rehabilitacji tradycyjnej, czy też z wykorzystaniem biofeedbacku. Być może wynika to z faktu, iż w trakcie przeprowadzania badań własnych zaobserwowano, iż mężczyźni zdecydowanie łatwiej, chętniej i z większym zainteresowaniem podchodzili do ćwiczeń z biofeedbackiem, w porównaniu do kobiety, które cechowały się ostrożnością w trakcie terapii. Coupar i wsp. dokonali przeglądu literatury na temat wpływu takich czynników jak wiek i płeć osób po przebytym udarze mózgu, na efekty rehabilitacji kończyny górnej. Przeanalizowali oni 58 badań, które uwzględniały wyżej wymienione czynniki. Stwierdzono, że najbardziej istotnymi okazały się nie wiek czy płeć, lecz stopień dysfunkcji występujący w kończynie górnej przed rozpoczęciem rehabilitacji [234]. Analiza badań Sapostnik i wsp. również nie potwierdziła, aby wiek i płeć miał znaczenie na efekty rehabilitacji. Nie zauważono znaczących różnic pomiędzy badanymi grupami w pierwszym i końcowym pomiarze [218]. W związku z tym można stwierdzić, iż doniesienia z literatury dostarczają sprzecznych wyników, dlatego należy kontynuować badania, aby wyciągnąć wnioski w tym zakresie.

Warto również podkreślić fakt, iż nowoczesne rozwiązania, wykorzystujące postęp techniki pozwalają włączyć do rehabilitacji roboty z funkcją biofeedback mające na celu jak najlepszą terapię strony niedowładnej [155]. Terapia ręki niedowładnej ma istotne znaczenie w codziennym życiu, w szczególności, gdy zaburzona funkcja nie pozwala na interakcje z otoczeniem. Kłopot będą stanowić czynności takie jak mycie się, ubieranie, odbieranie telefonu, prowadzenie samochodu czy robienie zakupów [155]. W krajowej literaturze jest wiele pozycji, które skupiają się na tradycyjnej rehabilitacji kończyny górnej po udarze mózgu [22,75,96,172,181]. Omawiana rehabilitacja w tych publikacjach skoncentrowana jest na terapii z terapeutą za pomocą ćwiczeń biernych, wspomaganych czy manualnych ręki. Ilość pozycji, w których omawiana jest rehabilitacja pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu z wykorzystaniem metod biofeedbacku jest niewystarczająca. W literaturze światowej można zauważyć prace, które omawiają terapię pacjentów z wykorzystaniem nowoczesnych rozwiązań [236]. Nadal jednak nie został podjęty temat rehabilitacji pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu wykorzystaniem metod biofeedbacku przy użyciu urządzenia Biometrics Ltd, jak również z w warunkach uzdrowiskowych. Biometrics Ltd jest stosowany u pacjentów z protezą rąk [189], w mózgowym

porażeniu dziecięcym [190], po uszkodzeniu rdzenia kręgowego [191], czy też w reumatoidalnym zapaleniem stawów [192]. Jednakże po analizie dostępnej literatury krajowej i zagranicznej, można stwierdzić, iż jak dotąd brak jest badań z wykorzystaniem urządzenia Biometrics Ltd w rehabilitacji niedowładnej ręki w okresie późnym po udarze mózgu. Brak opublikowanych źródeł w tym zakresie, nie pozwala na dyskusję pomiędzy wynikami niniejszego badania oraz weryfikację uzyskanych wyników.

Reasumując powyższe rozważania można stwierdzić, iż temat odtwarzania funkcji ręki u pacjentów po udarze mózgu z wykorzystaniem urządzeń z funkcją biofeedback jest nie do końca poznany. W literaturze krajowej nie udało się odszukać opublikowanych źródeł, które pozwoliłyby na dyskusję pomiędzy wynikami badania oraz weryfikacji postawionej hipotezy. Nieliczne doniesienia krajowe stanowią głównie prace pogładowe, przedstawiające wybrane rozwiązania zastosowania metod biofeedback w neurorehabilitacji [10,161]. Doniesienia światowe natomiast w wielu przypadkach analizują kończynę górną jako całość [23,24,136,184,185]. W związku z tym można stwierdzić, iż prowadzone do tej pory badania skupiają się głównie na kończynie górnej (staw barkowy i łokciowy), nie podejmując tematu samej ręki i jej sprawności manualnej. Deficyt badań w tym zakresie może wynikać z faktu, iż badacze i klinicyści unikają tej tematyki, ze względu na złożoność i trudność oceny ręki niedowładnej, o czym już wcześniej wspomniano. Warto dodać również, że w literaturze światowej dostępne są sprzeczne doniesienia w zakresie rehabilitacji z wykorzystaniem metod biofeedback. Dokonując analizy literatury tego tematu, liczne badania wskazują na pozytywne efekty usprawniania kończyn górnych po udarze mózgu z wykorzystaniem zrobotyzowanego sprzętu z biofeedbackiem [8,23,24,115,135,184,185]. Badacze donoszą, że uzupełnianie rehabilitacji tradycyjnej o metodę biofeedbacku daje dużo korzyści dla pacjentów po udarze mózgu. Dobre efekty przynoszą wspólne działania terapii, ale brakuje jednoznacznych dowodów na to, że prowadzenie działań przy pomocy tylko robota rehabilitacyjnego jest wysoce efektywne. Duży potencjał w usprawnianiu kończyny górnej, jest w połączeniu konwencjonalnej rehabilitacji z biofeedbackiem, a zrobotyzowana terapia wydaje się być przyszłością w terapii osób po udarze mózgu [8,23,24,115,135,184,185]. Jednakże, są także dostępne badania, które niejednoznacznie potwierdzają korzyści płynące z terapii przy użyciu robotów lub nie potwierdzają różnic w osiągnięciu poprawy sprawności funkcji kończyny górnej pomiędzy klasyczną rehabilitacją a metodami

biofeedback [25,209]. Dlatego też, istniała potrzeba i zasadne było przeprowadzenie niniejszych badań w jednorodnej grupie pacjentów po udarze mózgu w celu oceny efektów rehabilitacji ręki z wykorzystaniem metod biofeedback. Uzyskane wyniki pozwoliły na potwierdzenie hipotezy o wyższej skuteczności metod biofeedback względem metody konwencjonalnej w rehabilitacji ręki pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu. Wymiarem praktycznym niniejszych badań jest fakt, iż przedstawione wyniki pozwolą na opracowanie programów rehabilitacyjnych dla pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu, u których mogło dojść do adaptacyjnego korzystania z utrwalonego wzorca ruchowego.

#### Ograniczenia badania

Niniejsze badanie posiada kilka ograniczeń. Po pierwsze do badania kwalifikowano pacjentów w określonym przedziale wiekowym tj. od 45 do 75 lat. Związane było to z miejscem prowadzenia badania jakim jest uzdrowski szpital rehabilitacyjny. Na taki rodzaj rehabilitacji uzdrowskiej znacznie częściej są kierowani pacjenci w starszym wieku oraz w okresie późnym od wystąpieniu incydentu udarowego. Wynika to z faktu, iż ten rodzaj rehabilitacji poza aspektem ruchowym korzystnie wpływa również na aspekt psychologiczny pacjentów, bowiem częstym zjawiskiem występującym w tej grupie chorych jest samotność, czy też różnego rodzaju ograniczenia fizyczne, stanowiące barierę w kontaktach społecznych. Co więcej, należy podkreślić fakt, iż coraz częściej na udar mózgu zapadają osoby młode. Dlatego też, konieczne są dalsze badania z uwzględnieniem młodszych grup pacjentów, aby porównać uzyskane wyniki. Bowiem można przypuszczać, iż osoby młodsze z założenia lepsze kondycyjnie, bardziej sprawne fizycznie, z racji mniejszego ryzyka obciążenia wielochorobowością związaną z wiekiem i zmianami inwolucyjnymi w poszczególnych układach organizmu człowieka, będą osiągać lepsze efekty rehabilitacji w zakresie reedukacji funkcji ręki niedowładnej w porównaniu z osobami starszymi po udarze mózgu, u których procesy starzenia są już rozwinięte. Kolejnym ograniczeniem badania jest brak grupy follow-up. Związane jest to z brakiem możliwości ponownego przyjęcia tych samych pacjentów do uzdrowskiego szpitala rehabilitacyjnego. Niestety leczenie uzdrowskie niesie ze sobą pewne ograniczenia czasowe w tym zakresie. Zatem konieczne są dalsze badania z uwzględnieniem trzeciej oceny follow-up, w okresie np. trzech miesięcy od zakończenia rehabilitacji uzdrowskiej, aby sprawdzić trwałość uzyskanych efektów terapii ręki u pacjentów po

udarze mózgu. Warto byłoby również przeprowadzić podobne badania w innych uzdrowiskach, czy też porównać wyniki rehabilitacji uzdrowiskowej z rehabilitacją prowadzoną w warunkach ambulatoryjnych oraz w grupie osób będących w okresie wczesnym po udarze mózgu.

## 6. Wnioski

Na podstawie analizy wyników badań własnych sformułowano następujące wnioski:

1. Rehabilitacja pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu z wykorzystaniem metody biofeedback oraz metody konwencjonalnej wpływa na istotną poprawę funkcji motorycznej ręki i samoobsługi.
2. Występują istotne różnice w efektach rehabilitacji w zależności od zastosowanej metody terapii.
3. Rehabilitacja z wykorzystaniem metod biofeedback przynosi lepsze efekty w zakresie poprawy sprawności manualnej, mobilności, siły chwytu i ścisku palców zarówno w ręce zajętej, jak i niezajętej, w porównaniu do rehabilitacji konwencjonalnej u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu.
4. Poprawa sprawności motorycznej ręki wpływa korzystnie na sprawność w zakresie samoobsługi u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu.
5. Czynniki takie jak: czasu od udaru, płeć oraz strona niedowładu istotnie wpływają na efekty rehabilitacji ręki u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu.

## 7. Streszczenie w języku polskim

**Tytuł:** Ocena skuteczność rehabilitacji ręki z wykorzystaniem metod biofeedback pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu

**Wstęp:** Badania wskazują, że reedukacja funkcji ręki niedowładnej uważana jest za najbardziej problematyczny element procesu rehabilitacji po udarze mózgu. Dlatego też w oparciu o analizę dostępnej na chwilę obecną literatury zidentyfikowano lukę w wiedzy, która dotyczy oceny skuteczności metody biofeedback w rehabilitacji funkcji motorycznej ręki i samoobsługi pacjentów po udarze mózgu.

**Cel pracy:** Porównanie efektów rehabilitacji ręki z wykorzystaniem metody biofeedback i terapii konwencjonalnej u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu.

**Materiały i metody:** Badaniem objęto 100 pacjentów z niedowładem połowicznym w okresie późnym po udarze mózgu, przydzielonych na zasadzie doboru losowego, do dwóch grup: grupa badana (50 osób) realizująca program rehabilitacji konwencjonalnej uzupełnionej dodatkowo o trening z biofeedbackiem, grupa kontrolna (50 osób) realizująca wyłącznie program rehabilitacji konwencjonalnej. Badanie wykonano dwukrotnie, przed rozpoczęciem i po zrealizowaniu 3-tygodniowego programu rehabilitacyjnego. Do oceny efektów rehabilitacji wykorzystane zostały: siła chwytu ręki i ścisku palców przy użyciu dynamometru i pinchmetru, zakres ruchomości stawów promieniowo-nadgarstkowych ręki przy użyciu goniometru, sprawność manualna ręki za pomocą testu Box and Blocks, funkcja chwytnej ręki wg skali Franchay, możliwości motoryczne ręki wg skali Fugl–Meyer, sprawność w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel.

**Wyniki:** Wykazano poprawę sprawności manualnej w teście Box and Blocks w obu badanych grupach, jednakże rehabilitacja konwencjonalna połączona z biofeedbackiem okazała się skuteczniejsza ( $p < 0,001$ ), zarówno przy uwzględnieniu strony zajętej/niezajętej, ręki dominującej, jak i strony niedowładnej prawa/lewa. Badając sprawność motoryczną i chwytnej ręki za pomocą skali Fugl–Meyer i Franchay, lepszy efekt zaobserwowano w grupie badanej ( $p < 0,005$ ). Również w przypadku zakresów ruchów ręki przy użyciu goniometru lepsze efekty rehabilitacji uzyskali pacjenci z grupy badanej. Poprawił się zakres stawu promieniowo-nadgarstkowym w zgięciu, przywodzeniu dołokciowym i odwodzeniu dopromieniowym dla ręki prawej oraz we wszystkich zakresach stawu promieniowo-nadgarstkowego w ręce lewej ( $p = 0,0083$ ;

$p=0,0001$ ;  $p<0,0001$ ;  $p=0,0005$ ). Analizując siłę chwytu ręki i palców przy użyciu dynamometru i pinchmetru także lepsze wyniki osiągnęli pacjenci z grupy badanej ( $p=0,0001$ ). Natomiast w zakresie oceny czynności dnia codziennego przy pomocy wskaźnika Barthel w obu badanych grupach odnotowano istotną statystycznie poprawę na poziomie  $p<0,0001$ .

**Wnioski:** Rehabilitacja pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu z wykorzystaniem metody biofeedback oraz metody konwencjonalnej wpływa na istotną poprawę funkcji motorycznej ręki i samoobsługi. Rehabilitacja z wykorzystaniem metod biofeedback przynosi lepsze efekty w zakresie poprawy sprawności manualnej, mobilności, siły chwytu i ścisku palców zarówno w ręce zajętej, jak i niezajętej, w porównaniu do rehabilitacji konwencjonalnej u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu.

**Słowa kluczowe:** udar mózgu, rehabilitacja ręki, biofeedback, okres późny

## 8. Streszczenie w języku angielskim

### Summary

Title: Evaluation of the effectiveness of hand rehabilitation with the use biofeedback in patients in the late phase after a stroke

**Introduction:** Research shows that the retraining of paretic hand function is considered the most problematic element of the rehabilitation process after a stroke. Therefore, based on the analysis of the currently available literature, a gap in knowledge was identified regarding the assessment of the effectiveness of biofeedback in the rehabilitation of the motor function of the hand and self-care of patients after a stroke.

**Aim of the study:** Comparison of the effects of hand rehabilitation with the use of biofeedback and conventional therapy in patients in the late phase after a stroke.

**Materials and methods:** The study involved 100 patients with hemiparesis in the late phase after a stroke, randomly assigned to two groups: the study group (50 people) implementing a conventional rehabilitation program additionally supplemented with biofeedback training, the control group (50 people) implementing only a conventional rehabilitation program. The examination was performed twice, before and after the 3-week rehabilitation program. The following ways of assessing the effects of rehabilitation were used: hand grip strength and pinch strength using a dynamometer and pinchmeter, range of motion of the radiocarpal joints of the hand using a goniometer, manual dexterity of the hand using the Box and Blocks Test, grip function of the hand according to the Frenchay scale, hand motor skills according to the Fugl-Meyer assessment scale, efficiency in activities of daily living according to the Barthel index.

**Results:** Improvement of manual dexterity in the Box and Bloks Test was demonstrated in both studied groups, however, conventional rehabilitation combined with biofeedback proved to be more effective ( $p < 0.001$ ), both when taking into account the affected/non-affected side, the dominant hand and the right/left side of paresis. When examining the motor and gripping efficiency of the hand using the Fugl-Meyer and Frenchay scales, a better effect was observed in the treatment group ( $p < 0.005$ ). Also in the case of ranges of hand movements with the use of a goniometer, patients from the treatment group achieved better rehabilitation results. The range of the radiocarpal joint in flexion, ulnar adduction and radial abduction improved for the right hand and in all ranges of the radiocarpal joint in the left hand ( $p = 0.0083$ ;  $p = 0.0001$ ;  $p < 0.0001$ ;  $p =$

0.0005). When analyzing hand grip strength and pinch strength using a dynamometer and a pinchmeter, the patients from the treatment group also achieved better results ( $p=0.0001$ ). On the other hand, in the assessment of the performance in activities of daily living using the Barthel index, a statistically significant improvement was noted in both groups at the level of  $p<0.0001$ .

**Conclusions:** Rehabilitation of patients in the late phase after stroke with the use of biofeedback and conventional methods significantly improves the motor function of the hand and self-care. Rehabilitation with the use of biofeedback brings better results in terms of the improvement of manual dexterity, mobility, grip and pinch strength, both in the affected and non-affected hand, compared to conventional rehabilitation in patients in the late phase after a stroke.

**Key words:** stroke, hand rehabilitation, biofeedback, late phase

## 9. Piśmiennictwo

1. Kołcz-Trzęsicka A., Żurowska A., Bidzińska G., Piesiewicz-Białas K., Kobylańska M., Paprocka-Borowicz M. Wykorzystanie biofeedbacku w rehabilitacji osób po udarze mózgu, *Med Sport*, 2017,1,4:33,53–60.
2. Ambrosini E., Peri E. Nava C. et. al. A multimodal training with visual biofeedback in subacute stroke survivors: a randomized controlled trial, *Eur J Phys Rehabil Med*, 2020,56,1:24–3.
3. Wattchow K., McDonnell M., Hillier S. Rehabilitation Interventions for Upper Limb Function in the First Four Weeks Following Stroke, A Systematic Review and Meta – Analysis of the Evidence, *Arch Phys Med Rehabil*, 2018,99,2:367–382.
4. Guzik A., Bushnell C. Stroke Epidemiology and Risk Factor Management. *Continuum (Minneapolis)*, 2017,23(1, Cerebrovascular Disease):15–39.
5. Kraft P. Udar mózgu, Wyd. Urban&Patner, Wrocław, 2020:2,7–9,10–11,23–26,77–91, 78–81.
6. Saini V., Guada L., Yavagal DR. Global Epidemiology of Stroke and Access to Acute Ischemic Stroke Interventions, *Neurology*, 2021,97,20,2:6–16.
7. Hernandez E. D., Forero S. M., Galeano C. P., et al. Intra-and Inter-rater reliability of Fugl–Meyer assessment of upper extremity in stroke, *J Rehabil Med*, 2019,51: 652–659.
8. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Nowoczesne rozwiązania techniczne w usprawnianiu funkcji kończyn górnych, *Ann Acad Med Siles*, 2012:66,4,34–40.
9. Dudzińska J., Kaźmierczak K., Lisiński P. Wirtualna rzeczywistość w rehabilitacji niedowładnej kończyny górnej u pacjentów po udarze mózgu, *Rehabil Orthop Neurophysiol Sport Promot*, 2019,28.
10. Kwolek A., Podgórska J., Rykała J., Leszczak J. Zastosowanie biofeedbacku w rehabilitacji neurologicznej, *Prz Med Uniw Rzesz Inst Leków*, 2013:3,379–388.
11. Kim J. H. The effects of training using EMG biofeedback on stroke patients upper extremity functions, *J Phys Ther Sci*, 2017,29:1085–1088.

12. Lourenção M.I.P., Battistella L. R., May Moran de Brito Ch., et. al. Effect of biofeedback accompanying occupational therapy and functional electrical stimulation in hemiplegic patients, *Int J Rehabil Res*, 2008,31,1:33–41.
13. Giggins O. M., Persson U. M., Caulfield B., Biofeedback in rehabilitation, *J Neuroeng Rehabil*, 2013,18:10:60.
14. Strojek K., Janczak Ł., Radzimińska A. i wsp. Potrzeba reedukacji chodu po udarze niedokrwiennym mózgu, *J Educ Health Sport*, 2016,6,10:79–89.
15. May H.I., Özdolap S., Mengi A., Sarıkaya S. The effect of mirror therapy on lower extremity motor function and ambulation in post–stroke patients: A prospective, randomized–controlled study, *Turk J Phys Med Rehabil*, 2020,9;66,2:154–160.
16. Kim J.H., Cho Y.S., Park J.S., Kim W.J. Effect of motor imagery training and electromyogram–triggered neuromuscular electrical stimulation on lower extremity function in stroke patients: a pilot trial, *J Phys Ther Sci*, 2017,29,11:1931–1933.
17. Broderick P., Horgan F., Blake C., Ehrensberger M., Simpson D., Monaghan K. Mirror therapy for improving lower limb motor function and mobility after stroke: A systematic review and meta–analysis, *Gait Posture*, 2018,63:208–220.
18. Stanton R., Ada L., Dean C.M., Preston E. Biofeedback improves performance in lower limb activities more than usual therapy in people following stroke: a systematic review, *J Physiother*, 2017,63,1:11–16.
19. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Nowoczesne rozwiązania techniczne w usprawnianiu funkcji kończyn górnych, *Ann Acad Med Siles*, 2012,66,4.
20. Pollock A., Sybil E., Farmer S.E., Brady M.C et al. Interventions for improving upper limb function after stroke, *Cochrane Database Syst Rev*, 2014,11,010820.12.
21. Klimkiewicz P., Klimkiewicz R., Jankowska A., et al. Ocena stanu funkcjonalnego po neurorehabilitacji pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu, *Wiad Lek*, 2018,71,2:271–277.
22. Kuczma M., Wolniak J., Filarecka A., Kuczma W. Przywracanie sprawności kończyny górnej po udarze mózgu, Pod redakcją Podgórska M., *Choroby XXI wieku – wyzwania w pracy fizjoterapeuty*, Wyd. WSZ, Gdańsk, 2017:140-156

23. Straudi S., Fregni F., Martinuzzi C., Pavarelli C., Salvioli S., Basaglia N. DCS and Robotics on Upper Limb Stroke Rehabilitation: Effect Modification by Stroke Duration and Type of Stroke, *Biomed Res Int*, 2016;50,68,127.
24. Kakuda W. Future directions of stroke rehabilitation, *Rinsho Shinkeigaku*, 2020, 60,3:181–186.
25. Kwakkel G., Kollen B. J., Krebs H.I. Effects of robot–assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review, *Neurorehabil Neural Repair*, 2008;22(2):111–21.
26. Kwolek A. Rehabilitacja w udarze mózgu, Wyd. Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 2009,39–46, 47–49, 130–140, 143–151, 151–173, 174–186.
27. Stępień A. *Neurologia*, Wyd. Medical Tribune Polska, Warszawa, 2014,2:171-178
28. Członkowska A. Nowa definicja udaru. Stanowiska AHA i ASA 2013, *Med Prakt*, 2014,1:42–46.
29. Sacco R.L., Kasner S.E., Broderick J.P. et al. American Heart Association Stroke Council, Council on Cardiovascular Surgery and Anesthesia, Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Epidemiology and Prevention, Council on Peripheral Vascular Disease, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. An updated definition of stroke for the 21st century: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association, *Stroke*, 2013,44,7:2064–2089.
30. Błażejewska–Hyżorek B., Członkowska A., Czernuszenko A., Ferens A. Wytyczne postępowania w udarze mózgu, *Pol Prz Neurol*, 2019,15.
31. Donkor E.S. Stroke in the 21st Century: A Snapshot of the Burden, Epidemiology, and Quality of Life, *Stroke Res Treat*, 2018;32,38,165.
32. NFZ on health. Ischemic stroke, 2021.  
[https://zdrowedane.nfz.gov.pl/pluginfile.php/202/mod\\_resource/content/1/udar\\_niedokrwienny\\_mozgu\\_nfz\\_o\\_zdrowiu.pdf](https://zdrowedane.nfz.gov.pl/pluginfile.php/202/mod_resource/content/1/udar_niedokrwienny_mozgu_nfz_o_zdrowiu.pdf) 2019
33. Hankey G.J. Stroke, *Lancet*. 2017,389:641–654.
34. Coleman E.R.; Moudgal R.; Lang K., et al. Early Rehabilitation After Stroke: a Narrative Review, *Curr Atheroscler Rep*, 2017,19:59.

35. Irisawa H., Mizushima T. Correlation of Body Composition and Nutritional Status with Functional Recovery in Stroke Rehabilitation Patients, *Nutrients*, 2020,12,1923.
36. Główny Urząd Statystyczny (GUS), *Rocznik demograficzny*, Warszawa, 2016.
37. Krishnamurthi R.V., Feigin V.L., Forouzanfar M.H., et al. Global and regional burden of first-ever ischaemic and haemorrhagic stroke during 1990–2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010, *Lancet Glob Health* 2013,1,5:259–81.
38. Krishnamurthi R.V., Ikeda T., Feigin V.L. Global, Regional and Country-Specific Burden of Ischaemic Stroke, Intracerebral Haemorrhage and Subarachnoid Haemorrhage: A Systematic Analysis of the Global Burden of Disease Study 2017, *Neuroepidemiology*, 2020,54:17–117.
39. GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019, *Lancet Neurol*, 2021,20,10:795–820.
40. Feigin V.L., Brainin M., Norrving B., et al. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022, *Int J Stroke*, 2022,17,1:18–29.
41. Narodowy Fundusz Zdrowia, *Zdrowe dane. NFZ o zdrowiu, Udar niedokrwienny mózgu*, 2019.
42. Wafa H. A., Wolfe Ch., Emmett E., Roth G. A., Johnson C. O., Wang Y. Burden of Stroke in Europe Thirty-Year Projections of Incidence, Prevalence, Deaths, and Disability–Adjusted Life Years, *Stroke*, 2020,51:2418–2427.
43. Ekker M.S., Verhoeven J.I., Vaartjes I., Nieuwenhuizen K.M., Klijn C.J.M., Leeuw F.E. Stroke incidence in young adults according to age, subtype, sex, and time trends, *Neurology*, 2019,21,92,21:2444–2454.
44. Scott C.A., Li L., Rothwell P.M. Diverging Temporal Trends in Stroke Incidence in Younger vs Older People: A Systematic Review and Meta-analysis, *JAMA Neurol*. 2022,1,79,10:1036–1048.
45. Raciborski F., Gujski M., *Udar mózgu, rosnący problem starzejącym się społeczeństwie, Raport IOZ*, Warszawa, 2016:11-16.
46. Ministerstwo Zdrowia. *Mapa potrzeb zdrowotnych w zakresie chorób neurologicznych wieku podeszłego*, 2018:45-130.
47. Rekomendacja nr 8/2020 z dnia 30 listopada 2020 Prezesa Agencji Oceny Technologii Medycznych i Taryfikacji w sprawie zalecanych technologii

- medycznych, działań przeprowadzanych w ramach programów polityki zdrowotnej oraz warunków realizacji tych programów, dotyczących chorób naczyń mózgowych z uwzględnieniem udaru mózgu, Agencja Oceny Technologii Medycznych i Taryfikacji, 2020.
48. Sabiniewicz M., Niwald M., Machnia M., i wsp. Wybrane zaburzenia funkcji poznawczych po udarze mózgu – charakterystyka kliniczna i diagnostyka, *Aktualn Neurol*, 2015,15,1:35–40,30.
  49. Sienkiewicz–Jarosz H. Udar mózgu, kompendium dla praktyka, Wyd. PZWL Lekarskie, Warszawa, 2020:2–3,10–13,12–21,40–42,63–69,99–103.
  50. Prusiński A. Neurologia praktyczna, Wyd. PZWL Lekarskie, Warszaw, 2012:208–230.
  51. Podemski R. Kompendium neurologii, Wyd. Grupa Medica, Gdańsk, 2019:230–234.
  52. Kozubski W., Liberski P. Neurologia, Podręcznik dla studentów medycyny, Wyd. PZWL Lekarskie, Warszawa, 2010:425–426.
  53. Bajor K., Andrzejczyk P. Opieka pielęgniarska nad pacjentem po przebyłym udarze niedokrwiennym mózgu – studium przypadku, *Modern Nursing Health Care*, 2019,2:72-77.
  54. Hauser S., Harrison L. Neurologia w medycynie klinicznej, Wyd. Czelej S.p. z o. o., Lublin, 2012:230–333,350–356.
  55. Lawton M.T., Vates E., Subarachnoid Hemorrhage, *N Engl J Med*, 2017,377:257–266.
  56. Lewera D. Zrozumieć udar mózgu, Wyd. Conlinuo, Wrocław, 2018:23–26.
  57. Bychowska D., Snarska K., Chorąży M. Nadciśnienie tętnicze jako czynnik ryzyka udaru niedokrwiennego mózgu W: Sytuacje trudne w ochronie zdrowia praca zbiorowa, Pod redakcją: Lankau A., Kondzior D., Krajewska–Kułak E., Wyd Uniwersytet Medyczny Białystok, 2017:339–365.
  58. Buonacera A., Stancanelli B., Malatino L. Stroke and Hypertension: An Appraisal from Pathophysiology to Clinical Practice, *Curr Vasc Pharmacol*, 2019,17,1:72–84.
  59. Ketepe-Arachi T., Sharma S. Zapobiegania i ocena ryzyka udaru mózgu u kobiet. *Med Prakt Neurologia*, 2018, 3,51:7–16.

60. Antecki J., Brelak E., Sobolewski P., Kozera G. Profilaktyka pierwotna i wtórna udaru niedokrwiennego mózgu w świetle obecnych zaleceń i rekomendacji, *Forum Med Rodz*, 2018,12,3:89–98.
61. Healey J.S., Amit G., Field T.S. Atrial fibrillation and stroke: how much atrial fibrillation is enough to cause a stroke?, *Curr Opin Neurol*, 2020,33,1:17–23.
62. Chen R., Ovbiagele B., Feng W. Diabetes and stroke: epidemiology, pathophysiology, pharmaceuticals and outcomes, *Am J Med Sci*, 2016,351,4:380–386.
63. Lau L.H., Lew J., Borschmann K., Thijs V. Ekinici EI. Prevalence of diabetes and its effects on stroke outcomes: A meta-analysis and literature review, *J Diabetes Investig*, 2019,10,3:780–792.
64. Centrala Narodowego Funduszu Zdrowia Departament Analiz i Strategii, NFZ o zdrowiu, udar niedokrwienny mózgu, Warszawa, 2019:6–9.
65. O'donnell M., Xavier D., Liu L., et al. Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the interstroke study): a case-control study, *The Lancet*, 2010,376,9735:112–123.
66. Yawoot N., Govitrapong P., Tocharus C., Tocharus J. Ischemic stroke, obesity, and the anti-inflammatory role of melatonin, *Biofactors*, 2021,47,1:41–58.
67. Kernan W., Inzucchi S., Sawan C., Macko R., Furie K. Obesity: a stubbornly obvious target for stroke prevention, *Stroke*, 2013,44,1:278–286.
68. Pan B., Jin X., Jun L., Qiu S., Zheng Q., Pan M. The relationship between smoking and stroke: A meta-analysis, *Medicine (Baltimore)*, 2019,98,12:14872.
69. Stróżyńska E., Ryglewicz D. Czynniki ryzyka udaru mózgu u kobiet, *Pol Prz Neurol*, 2013,9,4:135–140.
70. Gardener H., Sacco RL., Rundek T., Battistella V., Cheung YK., Elkind MSV. Race and Ethnic Disparities in Stroke Incidence in the Northern Manhattan Study, *Stroke*, 2020,51,4:1064–1069.
71. Chorąży M., Snarska K., Nosek A., Krajewska A., Kochanowicz J., Kułakowska A. Jakość życia u pacjentów po przebytym udarze mózgu z uwzględnieniem aktywności ruchowej i samoobsługi. Pod redakcją: Kowalewska B., Jankowiak B., Krajewskiej – Kułak E., *Jakość życia w naukach Medycznych*, Wyd. Uniwersytetu Medycznego, Białystok, 2019:61-93.
72. Strepikowska A., Buciński A. Udar mózgu – czynniki ryzyka i profilaktyka, *Post Farmakoter*, 2009,65,1.

73. Meyer S., Poryo M., Flotats-Bastardas M., Ebrahimi-Fakhari D., Yilmaz U. Stroke in children and adolescents, *Radiologie*, 2017,57,7:569–576.
74. Boehme AK., Esenwa C., Elkind MS. Stroke Risk Factors, Genetics and Prevention, *Circ Res*, 2017,120,3:472–495.
75. Starosta M., Redlicka J., Brzeziński M., Niwald M., Miller E. Udar mózgu – ryzyko niepełnosprawności oraz możliwości poprawy funkcji motorycznych i poznawczych, *Prace poglądowe, Pol Merkur Lek, Łódź*, 2016,241:51–54.
76. Rajtar A.M., Przewoźnik D.A., Starowicz-Filip A. Będkowska– Korpała B., Dysfunkcje wykonawcze w afatycznych zaburzeniach mowy po udarze mózgu, *Post Psychiatr i Neurol*, 2014,23:41–46.
77. Sabiniewicz M., Niwald M., Machnia M., Włodarczyk L., Miller E. Wybrane zaburzenia funkcji poznawczych po udarze mózgu–charakterystyka kliniczna i diagnostyka, *Aktualn Neurol* , 2015,15,1:35–40.
78. Sławek J. Toksyna botulinowa w leczeniu spastyczności kończyny górnej, *Pol Prz Neurol*, 2015,11,4:190–201.
79. Kornet M., Głowacka–Mrotek I., Nowacka K., Hagner W. Upper limb treatment techniques for stroke survivors, *J Educ Health Sport*, 2017,7,4:234–257.
80. Carlsson H., Gard G., Brogårdh C. Upper–limb sensory impairments after stroke: Self–reported experiences of daily life and rehabilitation, *J Rehabil Med*, 2018,10,50,1:45–51.
81. Meyer S., Karttunen AH., Thijs V., Feys H., Verheyden G. How do somatosensory deficits in the arm and hand relate to upper limb impairment, activity, and participation problems after stroke? A systematic review, *Phys Ther*, 2014,94,9:1220–31.
82. Belagaje SR. Stroke Rehabilitation, *Continuum (Minneap Minn)*, 2017,23,1:238–253.
83. Liu Y., Yin JH., Lee JT., Peng GS., Yang FC. Early Rehabilitation after Acute Stroke: The Golden Recovery Period published online ahead of print, *Acta Neurol Taiwan*, 2022,18.
84. Kozera G., Raniszewska E., Gąsecki D., W. M. Nyka, Pierwsza pomoc u pacjentów z udarem mózgu, *Forum Med Rodz*, 2007,1,1:11–16.
85. Kummer R. Time Is Brain, *Stroke*, 2019,50,3:552–553.

86. Czechowski, K., Wilmowska-Pietruszyńska A. O potrzebie rehabilitacji kompleksowej, Niepełnosprawność–zagadnienia, problemy, rozwiązania, Wyd. Państwowy Fundusz Rehabilitacji Osób Niepełnosprawnych, 2016,2,19: 35–51.
87. Jankowska A., Hadław- Klimaszewska O., Krukowska S. i wsp. Ocena skuteczności kompleksowej neurorehabilitacji u chorych po udarze niedokrwiennym mózgu, Wiad Lek, 2018,71,9:1701–1706.
88. Winstein CJ., Stein J., Arena R. et al. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association, Stroke, 2017, 48,12:369.
89. Lackland DT., Roccella EJ., Deutsch AF., et al. Factors influencing the decline in stroke mortality: a statement from the American Heart Association/American Stroke Association, Stroke, 2014,45,1:315–353.
90. Kawwa J., Wilmowska-Pietruszyńska A. Znaczenie rehabilitacji w zapobieganiu niepełnosprawności, Niepełnosprawność–zagadnienia, problemy, rozwiązania, Wyd. Państwowy Fundusz Rehabilitacji Osób Niepełnosprawnych, 2016,2,19:75–89.
91. Bernhardt J., Godecke E., Johnson L., Langhorne P. Early rehabilitation after stroke, Curr Opin Neurol, 2017,30,1:48–54.
92. Kossut M. Basic mechanism of neuroplasticity, Neuropsychiatry and Neuropsychology, 2019,14,1:1–8.
93. Zbornik M., Hoffman J., Hoffman A., Sochanek M. Rola rehabilitacji w procesie leczenia pacjentów po przebytych udarze mózgu. Pod redakcją: Podgórska M., Choroby XXI wieku – wyzwania w pracy fizjoterapeuty, Wyd. WWSZ, Gdańsk, 2017:127-139.
94. Lennon S., Stokes M. Fizjoterapia w rehabilitacji neurologicznej, Redaktor Polskiego Wydania Kwolek A. Wyd. Elsevier Urban & Partner, 2009:23–30.
95. Skorupińska A., Kostorz K., Bojarska– Hurnik S. Zastosowanie metody Bobath w rehabilitacji osób dorosłych po udarze niedokrwiennym mózgu, Geriatria, 2017,11:130–134.
96. Kaniewska K., Kuryliszyn–Moskal A., Dziecioł–Anikiej Z., GrelochA., Wojciuk M. Przegląd współczesnych metod specjalnych fizjoterapii wykorzystywanych w usprawnianiu pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu, Pod redakcją: Kowalczyk K, Krajewskiej–Kułak E., Cybulskiego M., Wybrane choroby

- cywilizacyjne XXI wieku, Wyd. Uniwersytet Medyczny, Białystok, 2017:97-125.
97. Piskorz J., Wójcik G., Iłzecka J., Kozak-Putowska D. Wczesna rehabilitacja pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu, *Med Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 2014,20, 4:351–355.
98. Hoffman J., Ozdarska K., Hoffman A., Sochanek M. Rehabilitacja kończyny górnej po udarze mózgu, Pod redakcją: Podgórska M., *Choroby XXI w – wyzwania w pracy fizjoterapeuty* Wyd. WSZZ, Gdańsk, 2017:1–20.
99. Pathak A., Gyanpuri V., Dev P., Dhiman NR. The Bobath Concept (NDT) as rehabilitation in stroke patients: A systematic review, *J Family Med Prim Care*, 2021,10,11:3983–3990.
100. Guiu-Tula FX., Cabanas-Valdés R., Sitjà-Rabert M., Urrútia G., Gómara-Toldrà N. The Efficacy of the proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) approach in stroke rehabilitation to improve basic activities of daily living and quality of life: a systematic review and meta-analysis protocol, *BMJ Open*, 2017,7,12:016739.
101. Niu CM., Bao Y., Zhuang C., et al. Synergy-Based FES for Post-Stroke Rehabilitation of Upper-Limb Motor Functions, *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2019,27,2:256–264.
102. Guzik A. Nowe kierunki w fizjoterapii osób po udarze mózgu, *Przegl Med UR Narod Instyt Lek*, 2010,4:401–409.
103. Mikołajewska E., Mikołajewski D., Metoda Bobath w rehabilitacji dorosłych i dzieci, *Niepełnosprawność – zagadnienia, problemy, rozwiązania*, 2016,1,18:7-21.
104. Chen J., Shaw F.: Progress in sensorimotor rehabilitative physical therapy, *World J Clin Cases*, 2014,2,8:316–326.
105. Seo K., Hyeon A.K.: The effects of ramp gait exercise with PNF on stroke patients' dynamic balance, *J Phys Ther Sci*, 2015,27:1747–1749.
106. Yan T., Ch Ch., Hui-Chan W., Li L. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke a randomized placebocontrolled trial, *Stroke*, 2005,36,1: 80–85.
107. Szołtys B., Grzesińska A., Holik M., Kasprzak A. Nowoczesna rehabilitacja pacjentów po udarze mózgu, *Rehabil Prakt*, 2019,3:18–23.

108. Juśkiewicz–Swaczyna B., Białkowska J. Rola terapii zajęciowej w rehabilitacji, *Szkice Humanistyczne*, 2015,15,3–4:223–228.
109. Legg LA., Lewis SR., Schofield–Robinson OJ., Drummond A., Langhorne P. Occupational therapy for adults with problems in activities of daily living after stroke, *Cochrane Database Syst Rev*, 2017,7,7.
110. Almhdawi KA., Mathiowetz VG., White M., Mas RC. Efficacy of Occupational Therapy Task-oriented Approach in Upper Extremity Post-stroke Rehabilitation, *Occup Ther Int*, 2016,23,4:444–456.
111. Svestkova O., Svecena K., Formankova P. Czy terapia zajęciowa jest istotna w procesie rehabilitacji?, *Niepełnosprawność – zagadnienia, problemy, rozwiązania*, 2014,12,3.
112. Tutak J., Innowacyjne rozwiązania w urządzeniach mechatronicznych wspomagających rehabilitację osób po udarach mózgu, *Wyd. Politechnika Rzeszowska*, 2019:16–17,21–37.
113. Pollock A., Farmer SE., Brady MC. et al. Interventions for improving upper limb function after stroke, *Cochrane Database Syst Rev*, 2014,11.
114. Lankau A., Kondzior D., Krajewska- Kułak E. Pacjent w sytuacji trudnej po przebytych udarze niedokrwiennym, Pod redakcją: Bondaryk U. Kowalczyk K. *Sytuacje trudne w Ochronie Zdrowia*, Wyd. Uniwersytetu Medycznego, Białystok, 2017,2:74-90.
115. Grant VM., Gibson A., Shields N. Somatosensory stimulation to improve hand and upper limb function after stroke-a systematic review with meta-analyses, *Top Stroke Rehabil*, 2018,25,2:150–160.
116. Pop T. Podwichnięcie w stawie ramiennym u chorych po udarze mózgu i wpływ wybranych czynników na częstość występowania niestabilności, *Ortop Traumatol Rehabil*, 2013,15:259–267.
117. Sidaway M., Głowacka–Popkiewicz J., Krawczyk M., Waraksa T. Wczesna fizjoterapia kończyny górnej chorych po udarze mózgu. Pytania bez odpowiedzi, *Adv in Rehab*, 2017,31,1:37–47.
118. Mikołajewska E. Przykład terapii niedowładnej kończyny górnej Metodą NDT Bobath, *Prakt Fizjoter Rehabil*, 2010,11: 24-28.
119. Studnicki R., Hansdorfer–Korzon R., Sławek J. Zastosowanie fizykoterapii w leczeniu spastyczności u pacjentów po udarze mózgu, *Rehabil Prakt*, 2015,4: 47–51.

120. Krukowska J., Dalewski M., Czernicki J. Ocena skuteczności krioterapii miejscowej u osób ze spastycznością po udarze mózgu, Evaluation of effectiveness of local cryotherapy in patients with post-stroke spasticity, *Wiad Lek*, 2014,67:71–5.
121. Pop T. Ocena wpływu rehabilitacji z wykorzystaniem koncepcji Proprioceptywnego Nerwowo– Mięśniowego Torowania na poprawę funkcji kończyny górnej i dynamikę zmian w strukturach barku u chorych po udarze mózgu, Wyd. Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 2010,1.
122. Bilińska M., Biliński G., Ciesielski T. i wsp. Wykorzystanie koncepcji Bobath w zwalczaniu spastyczności, *Rehabil Prakt*, 2013,2:14–18.
123. Gleinert M. Terapia wymuszonego ruchu- historia, Główne założenia i perspektywa na przyszłość, *Ann Acad Med Gedan*, 2016,46:75–80.
124. Pérez–Cruzado D., Merchán–Baeza JA., González–Sánchez M., Cuesta–Vargas AI. Systematic review of mirror therapy compared with conventional rehabilitation in upper extremity function in stroke survivors, *Aust Occup Ther*, 2017,64,2:91–112.
125. Thieme H., Morkisch N., Mehrholz J., Pohl M., Behrens J., Borgetto B., Dohle C. Mirror therapy for improving motor function after stroke: Update of a Cochrane review, *Stroke*, 2019,50,2:26–27.
126. Hernandez E. D., Forero S. M., Galeano C. P., et al. Intra–and Inter–rater reliability of Fugl–Meyer assessment of upper extremity in stroke, *J Rehabil Med*, 2019,51:652–659.
127. Wieczorek M., Makuch M. Ocena skuteczności ćwiczeń kończyny górnej, wykonywanych w przestrzeni wirtualnej przy zastosowaniu biologicznego sprzężenia zwrotnego, u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu – doniesienia wstępne, *Aktualne Problemy Biomechaniki*, 2019,17:123-129.
128. Malik K., Dua A. Biofeedback. In: *StatPearls*. Treasure Island, Stat Pearls, 2022:1-13.
129. Cheung, E.Y.Y., Yu, K.K.K., Kwan, R.L.C. et al. Effect of EMG-biofeedback robotic-assisted body weight supported treadmill training on walking ability and cardiopulmonary function on people with subacute spinal cord injuries – a randomized controlled trial, *BMC Neurol*, 2019,19,140.
130. Kołodziej M., Majkowski A., Sułko G., Rak R. J., Neurofeedback realizacja praktyczna w LAB View, *Prz Elektrotech*, 2013,89,10.

131. Baran K. Rozpoznawanie emocji za pomocą technologii: elektroencefalografia (EEG), motion capture i wirtualna rzeczywistość (VR), Pod redakcją: Dzierżak R., Grądz Ż. Wybrane zagadnienia z zakresu elektrotechniki i inżynierii biomedycznej, Wyd. Politechnika Lubelska, Lublin, 2018:32–44.
132. Walkowiak H. EEG Biofeedback, Charakterystyka, zastosowanie, opinie specjalistów, Wyd. Uniwersytet im. A. Mickiewicza Poznań, 2015,36:307–325.
133. Kciuk M., Wawrzala P., Bernas P. Zastosowanie czujnika GSR w systemie Biofeedback, Pod redakcją: Roj J. Metrologia w nauce i w przemyśle Wyd. Politechnika Śląska, Gliwice, 2020:1-15.
134. Gębska M., Wojciechowska A., Weber-Nowakowska K., Mikołajczyk A., Kocięcki M., Żyżniewska -Banaszak E. Możliwości wykorzystania treningu biofeedback w fizjoterapii The use of biofeedback training in physiotherapy, Acta Balneol, 2013, 4,134.
135. Kim CY., Lee JS., Lee JH. Et al. Effect of spatial target reaching training based on visual biofeedback on the upper extremity function of hemiplegic stroke patients, J Phys Ther Sci, 2015,4:10916.
136. Garro F., Chiappalone M., Buccelli S., Michieli L., Semprini M. Neuromechanical Biomarkers for Robotic Neurorehabilitation, Front Neurorobot, 2021,15:1662–5218.
137. Bowman T., Gervasoni E., Arienti C. et al. Wearable Devices for Biofeedback Rehabilitation: A Systematic Review and Meta–Analysis to Design Application Rules and Estimate the Effectiveness on Balance and Gait Outcomes in Neurological Diseases, Sensors (Basel), 2021,21,10:34-44.
138. Ortmann S., Kesselring J., Kool J. Reliability and validity of measuring grip strength with a robotic-assisted device in patients after stroke, Int Ther J Rehabil, 2018,27,4:1-10.
139. El-Kafy EMA., Alshehri MA., El-Fiky AA., Guermazi MA. The Effect of Virtual Reality- Based Therapy on Improving Upper Limb Functions in Individuals With Stroke: A Randomized Control Trial, Front Aging Neurosci 2021,2,13:731343.
140. Widmer M., Held JP., Wittmann F., Lamercy O., Lutz K., Luft AR. Does motivation matter in upper-limb rehabilitation after stroke? Armeo Senso-Reward: study protocol for a randomized controlled trial, Trials, 2017,18,1:580.

141. Olczak A., Truszczyńska-Baszak A. Influence of the Passive Stabilization of the Trunk and Upper Limb on Selected Parameters of the Hand Motor Coordination, Grip Strength and Muscle Tension, in Post-Stroke Patients, *J Clin Med.*, 2021,29,10,11:2402.
142. Lee HC., Kuo FL., Lin YN., Liou TH., Lin JC., Huang SW. Effects of Robot-Assisted Rehabilitation on Hand Function of People With Stroke: A Randomized, Crossover-Controlled, Assessor-Blinded Study, *Am J Occup Ther*, 2021,75,1:7501205020.
143. Bayındır O., Akyüz G., Sekban N. The effect of adding robot-assisted hand rehabilitation to conventional rehabilitation program following stroke: A randomized-controlled study, *Turk J Phys Med Rehabil*, 2022,1;68,2:254–261.
144. Torrisi M., Maggio MG., De Cola MC. Et al. Beyond motor recovery after stroke: The role of hand robotic rehabilitation plus virtual reality in improving cognitive function, *J Clin Neurosci*, 2021,92:11–16.
145. Allen D., Barnett F. Reliability and validity of an electronic dynamometer for measuring grip strength, *J Rehab Therapy*, 2011,18,5,258.
146. McDonald S., Aguilar L., Levine D. Comparison of Hand Range of Motion During the Use of Normal and Adaptive (Built-Up) Silverware, *AJOT*, 2016,70,4,1:7
147. Aimola E., Valle MS., Casabona A. Effects of Predictability of Load Magnitude on the Response of the Flexor Digitorum Superficialis to a Sudden Fingers Extension, *PLoS One*, 2014,9,10:09067.
148. Carey LM., Abbott DF., Egan GF., Bernhardt J., Donnan GA. Motor impairment and recovery in the upper limb after stroke: behavioral and neuroanatomical correlates, *Stroke*, 2005,36,3:625–9.
149. Adamczyk D., Jankowski J. Zastosowanie egzoszkieleatów w rehabilitacji ruchowej u pacjentów ze stwardnieniem rozsianym, *Med Robotics Reports*, 2019,8:41–46.
150. Olczak A., Truszczyńska-Baszak A., Stępień A. The Use of Arneo®Spring Device to Assess the Effect of Trunk Stabilization Exercises on the Functional Capabilities of the Upper Limb-An Observational Study of Patients after Stroke, *Sensors (Basel)*, 2022,8;22,12:4336.

151. Zasadzka E., Tobis S., Trzmiel T. Application of an EMG–Rehabilitation Robot in Patients with Post–Coronavirus Fatigue Syndrome (COVID–19)—A Feasibility Study, *Int J Environ Res Public Health*, 2020,19,16,10398.
152. Zhang S., Fu Q., Guo S., Fu Y. Coordinative Motion-Based Bilateral Rehabilitation Training System with Exoskeleton and Haptic Devices for Biomedical Application, *Micromachines (Basel)*, 2018,24;10,1:8.
153. Gorścić M., Cikajlo I., Goljar N., Nowak D. A multisession evaluation of an adaptive competitive arm rehabilitation game, *J Neuroeng Rehabil*, 2017,14.1:1-15.
154. Baldan F., Turolla A., Rimini D. et al. Robot-assisted rehabilitation of hand function after stroke: Development of prediction models for reference to therapy, *J Electromyogr Kinesiol*, 2021,57:102534.
155. Sale P., Lombardi V., Franceschini M. Hand robotics rehabilitation: feasibility and preliminary results of a robotic treatment in patients with hemiparesis, *Stroke Res Treat*, 2012:820931.
156. Torrisi M., Maggio MG., De Cola MC. et al. Beyond motor recovery after stroke: The role of hand robotic rehabilitation plus virtual reality in improving cognitive function, *J Clin Neurosci*, 2021,92:11–16.
157. Szczęsny A., Zawisłak R., Krawczyk A. i wsp. Wspomagana rehabilitacja kończyny górnej u osób po udarze, *Prz Elektrotech*, 2021,97.
158. Bissolotti L., Villafañe J. H., Gaffurini P., Orizio C., Valdes K., Negrini S. Changes in skeletal muscle perfusion and spasticity in patients with poststroke hemiparesis treated by robotic assistance (Gloreha) of the hand, *J Phys Ther*, 2016,28:769–773.
159. Vanoglio F., Bernocchi P., Mulè C. et al. Feasibility and efficacy of a robotic device for hand rehabilitation in hemiplegic stroke patients: a randomized pilot controlled study. *Clin Rehabil*, 2017,3:351-360.
160. Krajczy M., Krajczy E., Szczegieliński A. i wsp. Fizjoterapia po zabiegu operacyjnym ręki z zastosowaniem urządzenia do diagnostyki i terapii funkcjonalnej ręki, *Studia przypadku. Fizjoter Pol*, 2015,15,3:46–54.
161. Mikołajewska E., Mikołajewski D., Wykorzystanie robotów rehabilitacyjnych do usprawniania, *Niepełnosprawność –zagadnienia, problemy, rozwiązania*, 2013,4,9: 38.

162. Gandhi DB., Sterba A., Khatter H., Pandian JD. Mirror Therapy in Stroke Rehabilitation: Current Perspectives, *Ther Clin Risk Manag*, 2020,7,16:75–85.
163. Madhoun HY., Tan B., Feng Y., Zhou Y., Zhou C., Yu L. Task-based mirror therapy enhances the upper limb motor function in subacute stroke patients: a randomized control trial, *Eur J Phys Rehabil Med*, 2020,56,3:265–271.
164. Maciaszek J. Effects of Posturographic Platform Biofeedback Training on the Static and Dynamic Balance of Older Stroke Patients, *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2018,27,7:1969–1974.
165. Jankowska A., Klimkiewicz P., Krukowska S., Woldańska -Okońska M. Assessment of the Impact of Training on the Stabilometric Platform Using the Biofeedback Method on Improving Balance and Functional Efficiency of Patients After a Stroke, *Acta Balneol*, 2021,63:15–21.
166. Rojek A., Zwolińska-Mirek K., Oleksy Ł. From the treadmill to the exoskeleton. Evolution of mechanical gait assistance methods, *Rehabil Med*, 2015,19:25–33.
167. Baronchelli F., Zucchella C., Serrao M., Intiso D., Bartolo M. The effect of robotic assisted gait training with Lokomat® on balance control after stroke: systematic review and meta-analysis, *Front Neurol*, 2012,12,10-73.
168. Bruni M. F., Melegari C., De Cola M.C., Bramanti A., Bramanti P., Calabrò R. S. What does best evidence tell us about robotic gait rehabilitation in stroke patients: a systematic review and meta-analysis, *J Clin Neurosci*, 2018,48:11–17.
169. Tarnacka B., Turczyn P. Zastosowanie robotyki w rehabilitacji zaburzeń chodu w schorzeniach neurologicznych, *Pol Prz Neurol*, 2017,13,2:63–73.
170. Calabrò RS., Naro A., Russo M. et al. Do post-stroke patients benefit from robotic verticalization? A pilot-study focusing on a novel neurophysiological approach, *Restor Neurol Neurosci*, 2015,33,5:81–671.
171. Maggio M. G., Naro A., Manuli A., et al. Effects of robotic neurorehabilitation on body representation in individuals with stroke: a preliminary study focusing on an EEG-based approach, *Brain Topography*, 2021,34,3:348–362.
172. Pop T. Rehabilitacja po udarze mózgu. Komentarz Ekspercki, *Rehabil Prakt*, 2019,3:13–17.
173. Ancona E., Quarenghi A., Simonini M. et al. Effect of verticalization with Erigo® in the acute rehabilitation of severe acquired brain injury, *Neurol Sci*, 2019,40,10:2073–2080.

174. Stoller O., Schindelholz M., Bichsel L. et al. Cardiopulmonary responses to robotic end-effector-based walking and stair climbing, *Med Eng Phys*, 2014,36,4:425–431.
175. Opara J., Komentarz Espercki, Innowacyjne zastosowanie szkieletów zewnętrznych w rehabilitacji neurologicznej, *Rehabil Prakt*, 2017,5:14–16.
176. Høyer E., Opheim A., Jørgensen V. Implementing the exoskeleton Ekso GTTM for gait rehabilitation in a stroke unit – feasibility, functional benefits and patient experiences, *Disabil Rehabil Assist Technol*, 2022,17,4:473–479.
177. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Możliwości wykorzystania egzoskieletu medycznego jako nowoczesnej formy terapii, *Niepełnosprawność – zagadnienia, problemy, rozwiązania*, 2012,4,5.
178. Faria AL., Cameirão MS., Couras JF., Aguiar JRO., Costa GM., Bermúdez I., Badia S. Combined Cognitive-Motor Rehabilitation in Virtual Reality Improves Motor Outcomes in Chronic Stroke – A Pilot Study, *Front Psychol*, 2018,30,9:854.
179. Stasieńko A., Sarzyńska-Długosz I. Zastosowanie rzeczywistości wirtualnej w rehabilitacji neurologicznej, *Post Rehab*, 2016,4:67–75.
180. Bartnicka J., Zietkiewicz A., Rozik J., Kasprzak A. Brain4train Project as an Educional Response to the Challenges of Post-Stroke Rehabilitation, *Teaching & Education Conference Vienna*, 2019:54-65.
181. Kiper A., Dziemian K., Baba A. i wsp. Wpływ innowacyjnych technologii na usprawnianie kończyny górnej u chorych po udarze mózgu, *Rehabil Prakt*, 2016,2:61–65.
182. Laver K., George S., Thomas S., Deutsch JE., Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation: an abridged version of a Cochrane review, *Eur J Phys Rehabil Med*, 2015,51,4:497–506.
183. Opar J. Czy nowe technologie w neurorehabilitacji zastąpią fizjoterapeutów?, *Rehabil Prakt*, 2018,4:13-19
184. Mehrholz J., Pohl M., Platz T., Kugler J., Elsner B. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke, *Cochrane Database Syst Rev*, 2018,3,9,9.
185. Franceschini M., Goffredo M., Pournajaf S., et al. Predictors of activities of daily living outcomes after upper limb robot-assisted therapy in subacute stroke patients, *Journal Pone*, 2018,13,2.

186. Pruszyńska M., Tadeja S., Świątczak M., Kostka J. Zastosowanie interfejsów wirtualnych i innych cyfrowych technologii w rehabilitacji, Wyd. Uniwersytetu Medycznego, Łódź, 2022,4:7-34.
187. Bugajski M., Czernicki J., Ocena wpływu ćwiczeń na platformie balansowej z wykorzystaniem biologicznego sprzężenia zwrotnego na reedukację chodu osób po udarze mózgu. Przegląd Medyczny, Wyd. Uniwersytetu Rzeszowskiego 2013,4:439–447.
188. Monfared N. R. S., Mehraban A. H., Boroumand S. Effectiveness of Videogames on Balance and Fear of Falling in Chronic Stroke Patient, Iran Rehabil J, 2015,13,1.
189. Jarque-Bou N., Vergara M., Sancho-Bru J. L. Hand Kinematics Characterization While Performing Activities of Daily Living Through Kinematics Reduction, IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2020,28,7:1556-1565.
190. Sanpablo A. I. P., Disselhorst-Klug C., Penaloza A. M. et al. Muscular Activation during Low Resistance Elbow's Motion of Children with and without Cerebral Palsy. International Conference on Electrical Engineering, Autom Control Comput Sci, 2019:1–6.
191. Casabona A., Valle MS., Dominante C., Laudani L., Onesta MP., Cioni M. Effects of Functional Electrical Stimulation Cycling of Different Duration on Viscoelastic and Electromyographic Properties of the Knee in Patients with Spinal Cord Injury, Brain Sci, 2020,23,11,1:7.
192. Yeager L. Effectiveness of adaptive utensils on hand and finger range of motion in individuals with rheumatoid arthritis, University of Tennessee at Chattanooga HHP, USA, 2019,5,2-19.
193. Allen D., Barnett F. Reliabilit and validity of an electronic dynamometer for measuring grip strength, Int J Ther Rehabil, 2011,18,5:258–264.
194. Stock R., Thrane G., Askim T., Anke A., Mork PJ. Development of grip strength during the first year after stroke, J Rehabil Med., 2019,1,51,4:248–256.
195. Bae JH., Kang SH., Seo KM., Kim DK., Shin HI., Shin HE. Relationship Between Grip and Pinch Strength and Activities of Daily Living in Stroke Patients, Ann Rehabil Med, 2015,39,5:752–62.

196. Goodson A., McGregor AH., Douglas J., Taylor P. Direct, quantitative clinical assessment of hand function: usefulness and reproducibility, *Man Ther*, 2007,12,2:144–52.
197. Korhonen L., Pokka T., Holappa A., Serlo W., Sinikumpu JJ. The Measurement Methods of Movement and Grip Strength in Children with a Previous Upper Extremity Fracture: A Comparative, Prospective Research. *Scand J Surg*, 2020,109,4:351–358.
198. Kontson K., Marcus I., Myklebust B., Civillico E. Targeted box and blocks test: Normative data and comparison to standard tests, *PLoS One*, 2017,19,12,5:0177965.
199. Dziemian K., Kiper A., Baba A. i wsp. Wpływ rehabilitacji z zastosowaniem robota wspomaganego przez powierzchniowe EMG na poprawę sprawności ręki u chorych po udarze mózgu – badanie pilotażowe, *Med Rehabil*, 2017,21,4:4–10.
200. Ceravolo M. G. Action Observation as a Tool for Upper Limb Recovery, *Fiz Rehabil Med*, 2016; 28,1–2:144–150.
201. Alt Murphy M, Resteghini C., Feys P., Lamers I. An overview of systematic reviews on upper extremity outcome measures after stroke, *BMC Neurology*, 2015,15,1:1–15.
202. Platz T., Pinkowski C., van Wijck F., Kim IH., di Bella P., Johnson G. Reliability and validity of arm function assessment with standardized guidelines for the Fugl-Meyer Test, Action Research Arm Test and Box and Block Test: a multicentre study, *Clin Rehabil*, 2005,19,4:404–11.
203. Chen H-M., Chen CC., Hsueh I-P., Huang S-L., Hsieh C-L. Test-Retest Reproducibility and Smallest Real Difference of 5 Hand Function Tests in Patients With Stroke, *Neurorehabil Neural Repair*, 2009,23,5:435–40.
204. Krzemińska S., Bekus A., Borodziech A., Arendarczyk M. Analysis and Evaluation of Subjective Quality of Life in a Group of Patients after Ischemic Stroke, *J Neurosci Nurs*, 2016,5,2,4.
205. Baude M., Mardale V., Loche CM., Hutin E., Gracies JM., Bayle N. Intra- and inter-rater reliability of the Modified Frenchay Scale to measure active upper limb function in hemiparetic patients, *Ann Psych Rehabil*, 2016,59:59–60.

206. Hernández ED, Galeano CP., Barbosa NE., Forero SM., Nordin Å., Sunnerhagen KS., Alt Murphy M. Intra- and inter-rater reliability of Fugl-Meyer Assessment of Upper Extremity in stroke, *J Rehabil Med*, 2019,4,51,9:652–659.
207. Lundquist CB, Maribo T. The Fugl-Meyer assessment of the upper extremity: reliability, responsiveness and validity of the Danish version, *Disabil Rehabil*, 2017,39,9:934–939.
208. Hsieh YW, Wu CY, Lin KC, Chang YF, Chen CL, Liu JS. Responsiveness and validity of three outcome measures of motor function after stroke rehabilitation, *Stroke*, 2009,40,4:1386–91.
209. Heesoo K., Jingang H., Jooyeon K., Dong-sik P., Ji-Hea W., Youngyoul Y., Reliability, Concurrent Validity, and Responsiveness of the Fugl-Meyer Assessment (FMA) for Hemiplegic Patients, *J Phys Ther Sci*, 2012,24: 893–899.
210. Roda-Sales A., Vergara M., Sancho-Bru JL., Gracia-Ibáñez V., Jarque-Bou NJ. Effect on hand kinematics when using assistive devices during activities of daily living, *Peer J*, 2019,7:7806
211. GarcesC. D. The Effects of a Reduced Force Aerial Bucket Control on Upper Extremity Muscular Demands as Assessed with Surface Electromyography, *Marquette University USA*, 2017:10-57
212. Collin C., Wade D. T., Davies S., Horne V. The Barthel ADL Index: a reliability study, *Int. Disabil*, 1988,10:61–63.
213. Green J., Forster A., Young J. A test-retest reliability study of the Barthel Index, the Rivermead Mobility Index, the Nottingham Extended Activities of Daily Living Scale and the Frenchay Activities Index in stroke patients, *Disabil Rehabil*, 2001,23:670–676.
214. Duncan P.W., Lai S.M., Keighley J. Defining post-stroke recovery: Implications for design and interpretation of drug trials, *Neuropharmacology*, 2000,39:835–841.
215. Lee K.B., Lim S.H., Kim K.H.et al. Six-month functional recovery of stroke patients: A multi-time-point study, *Int J Rehabil Res*, 2015,38:173–180.
216. Dąbrowski J., Czajka A., Zielińska-Turek J., et al. Brain Functional Reserve in the Context of Neuroplasticity after Stroke, *Neural Plast*, 2019:9708905.

217. Kopp B., Kunkel A., Muhlneckel W., Villringer K., Taub E., Flor H. Plasticity in the motor system related to therapy-induced improvement of movement after stroke, *Neuroreport*, 1990,10:807–810.
218. Sapostnik G., Cohen LG., Mamdani M., Pooyania S., et al. Efficacy and safety on non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST) a randomized, multicentre, single-blinded, controlled trial, *Lancet Neurol*, 2016,15,10:10,19–27.
219. Hsu Ch., Wu Ch., Huang Ch., Shie H., Tsai Y. Feasibility and Potential effects of Robot-Assisted passive range of motion training In combination with conventional rehabilitation on hand function In patients with chronic stroke, *J Rehabil Med Taiwan*, 2022.
220. Cho K.H., Song W.K. Robot-Assisted Reach Training With an Active Assistant Protocol for Long-Term Upper Extremity Impairment Poststroke: A Randomized Controlled Trial, *Arch Phys Med Rehabil*, 2019,100,2:213–219.
221. Amano Y., Noma T., Etoh S., Miyata R., Kawamura K., Shimodozono M. Reaching exercise for chronic paretic upper extremity after stroke using a novel rehabilitation robot with arm-weight support and concomitant electrical stimulation and vibration: before-and-after feasibility trial, *Biomed Eng Online*, 2020,6,19,1:28.
222. Rong W., Yu Tong K., Ling Hu X., Kit Ho Sz. Effects of electromyography-driven robot-aided hand training with neuromuscular electrical stimulation on hand control performance after chronic stroke, *Disabil Rehabil Assist Technol*, 2015,10,2:59–149.
223. Cordella F., Scotto Di Luzio F., Bravi M., Santacaterina F., et. al. Hand motion analysis during robot-aided rehabilitation in chronic stroke, *J Biol Regul Homeost Agents*, 2020,34,5,3:45–52.
224. Yue Z., Zhang X., Wang J. Hand Rehabilitation Robotics on Poststroke Motor Recovery, *Behav Neurol*, 2017:39-08135.
225. Rodgers H., Bosomworth H., Krebs HI., et. al. Robot-assisted training compared with an enhanced upper limb therapy programme and with usual care for upper limb functional limitation after stroke: the RATULS three-group RCT, *Health Technol Assess*, 2020,24,54:1–232.
226. Lo K., Stephenson M., Lockwood C. Effectiveness of robotic assisted rehabilitation for mobility and functional ability in adult stroke patients:

- a systematic review, JBI Database System Rev Implement Rep, 2017,12:3049–3091.
227. Przysada G., Leszczak J., Baran J. Impact of a Rehabilitation Program on the Change in Components of Body Mass of the Upper and Lower Limbs in People After Ischemic Stroke, *Med Sci Monit*, 2022,28,28:936397.
  228. Schöttke H., Giabbiconi CM. Post-stroke depression and post-stroke anxiety: Prevalence and predictors, *Int Psychogeriatr*, 2015,27,11:1805–12.
  229. Jiang XG., Lin Y., Li YS. Correlative study on risk factors of depression among acute stroke patients, *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2014,18,9:1315–23.
  230. Kaźmierczak K., Wareńczak-Pawlicka A., Miedzyblocki M., Lisiński P. Effect of Treadmill Training with Visual Biofeedback on Selected Gait Parameters in Subacute Hemiparetic Stroke Patients, *Int J Environ Res Public Health*, 2022,19,24:16925.
  231. Guzik A., Druzbicki M., Kwolek A., Przysada G., et al. Analysis of the association between selected factors and outcomes of treadmill gait training with biofeedback in patients with chronic stroke, *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2020,33,1:159–168.
  232. Przysada G, Kwolek A, Mazur A. Effects of selected factors in rehabilitation outcomes in stroke patients, *Med Rehabil*, 2007,11,3:29–36.
  233. Tanlaka E., King-Shier K., Green T., Seneviratne C., Dukelow S. Sex Differences in Stroke Rehabilitation Care in Alberta, *Can J Neurol Sci*, 2020,47,4:494–503.
  234. Coupar F., Pollock A., Rowe P., Weir C., Langhorne P. Predictors of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis, *J Rehabil*, 2012,26,4:291–313.
  235. Bindawas S.M., Vennu V.S. Stroke rehabilitation. A call to action in Saudi Arabia, *Neurosciences*, 2016,21,4:297–305.

## **10. Aktywność naukowa Osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora**

Aktywność naukową rozpoczęłam w 2016 roku, biorąc czynny udział w konferencji naukowej na Międzynarodowy Dzień Inwalidy (Zgorzelec 2016 r.). W kolejnych latach sukcesywnie podejmowałam dalsze działania naukowe, uczestnicząc czynnie w licznych konferencjach zarówno krajowych, jak i zagranicznych m.in. Ogólnopolska Konferencja Naukowa Chorób Neurodegeneracyjnych (Lublin 2020 r.), Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa Otyłość dziecięca: „Od poczęcia do dorosłości” (Katowice 2020), 13th World Stroke Congress (on-line 2021 r.), 1st International Electronic Conference on Medicine (on-line 2021r.), 2nd International Electronic Conference on Brain Sciences Clinical Neuroscience (on-line 2021 r.), XIII i XIV Międzynarodowe Dni Rehabilitacji „Potrzeby i Standardy Współczesnej Rehabilitacji” (Rzeszów 2021 r., 2022 r.), 16th World Congress ISPRM (Lizbona 2022 r.), 12th World Congress for Neurorehabilitation (Wiedeń 2022 r.). Na XIII Międzynarodowych Dniach Rehabilitacji byłam także członkiem komitetu organizacyjnego.

Do dnia dzisiejszego opublikowałam 5 artykułów naukowych o łącznej liczbie punktów MNiSW 340 IF 11,357.

Biorę czynny udział w naukowych projektach badawczych takich jak: „Obiektywizacja procesu rehabilitacji przy użyciu nowoczesnego sprzętu diagnostycznego w Uzdrowisku Iwonicz S.A.” przy współpracy z firmą Technomex (2015–2016 r.), „Badanie oceny skuteczności klinicznej z wykorzystaniem robota rehabilitacyjnego Luna EMG” firmy Egzotech (2022–2023r.). Obecnie jestem członkiem międzynarodowego zespołu badawczego w projekcie Narodowego Funduszu Zdrowia w partnerstwie z Instytutem Medycyny Wsi im. W. Chodźki i Katholische Univesität Eichstätt- Ingolstad z Niemiec, współfinansowanym ze środków Unii Europejskiej pt. „Wypracowanie i wdrożenie systemu kompleksowej oceny funkcjonalnej w rehabilitacji z wykorzystaniem doświadczeń i rozwiązań zagranicznych”, w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014–2020, realizowanym w Szpitalu Uzdrowiskowo-Rehabilitacyjnym „Excelsior” w Iwoniczu Zdroju.

Ciągle podnoszę swoje kwalifikacje poprzez udział w licznych kursach i szkoleniach m.in. Metody McKenzi, PNF, Funkcjonalnej fizjoterapii dorosłych po ogniskowym uszkodzeniu mózgu, Terapii mięśniowo- powięziowych punktów spustowych, Badania i fizjoterapii funkcjonalnej w uszkodzeniach stawu skokowego i stopy, Badania i fizjoterapii funkcjonalnej w uszkodzeniach stawu kolanowego (moduł I i II), Badania i fizjoterapii funkcjonalnej w uszkodzeniach obręczy barkowej (moduł I i II), „Weekend z neurologią” – pacjent po udarze mózgu, Analiza chodu i jej wykorzystanie w praktyce fizjoterapeutycznej, Badanie i dokumentacja medyczna w fizjoterapii, Kurs THERA–Band, Terapia oddechowa i wspomaganie leczenia zaburzeń oddychania na oddziałach neonatologicznych.

Jestem również świadoma potrzeby rozwoju kontaktów pomiędzy jednostką naukową a otoczeniem społeczno-gospodarczym, w tym organizacjami zrzeszającymi pacjentów oraz podmiotami leczniczymi, czego wyrazem jest mój udział jako kierownika Zakładu Przyrodoleczniczego Szpitala Uzdrawiskowo-Rehabilitacyjnego „Excelsior” w Iwoniczu Zdroju w Radzie Pracodawców organizowanej przez Władze Dziekańskie Kolegium Nauk Medycznych Uniwersytetu Rzeszowskiego w 2021 roku.

## **11. Wykaz rycin**

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Rycina 1. Podział grupy badanej i grupy kontrolnej ze względu na dominację kończyny górnej.....                    | 47 |
| Rycina 2. Diagram przepływu badanej populacji.....                                                                 | 49 |
| Rycina 3. Biometrics LTD. Stacja diagnostyczno- ćwiczeniowa E- Link do rehabilitacji kończy górnych i dolnych..... | 54 |

## 12. Wykaz tabel

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Przyczyny zatorów mózgu pochodzenia sercowego.....                                                                                                               | 12 |
| Tabela 2. Najczęściej występujące zespoły kliniczne udaru mózgu zatokowego.....                                                                                            | 14 |
| Tabela 3. Czynniki ryzyka udaru mózgu.....                                                                                                                                 | 15 |
| Tabela 4. Objawy kliniczne w zależności od umiejscowienia ogniska udarowego ze względu na unaczynienie.....                                                                | 20 |
| Tabela 5. Podział grupy badanej i grupy kontrolnej ze względu na płeć.....                                                                                                 | 46 |
| Tabela 6. Statystyki opisowe – wiek, masa ciała [kg], wysokość ciała [cm], BMI, czas od udaru u osób w grupie badanej i kontrolnej.....                                    | 46 |
| Tabela 7. Podział grupy badanej i grupy kontrolnej ze względu na stronę niedowład.....                                                                                     | 46 |
| Tabela 8. Siła chwytu [kg] prawej ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                                  | 56 |
| Tabela 9. Siła chwytu [kg] lewej ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                                   | 57 |
| Tabela 10. Siła ścisku palców [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                           | 57 |
| Tabela 11. Siła ścisku palców (three-joins) [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                             | 58 |
| Tabela 12. Siła ścisku palców (tip-top) [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                 | 58 |
| Tabela 13. Siła ścisku palców [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                            | 59 |
| Tabela 14. Siła ścisku palców (three-joins) [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                              | 59 |
| Tabela 15. Siła ścisku palców (tip-top) [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                  | 59 |
| Tabela 16. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu..... | 60 |
| Tabela 17. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu..... | 61 |

|                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 18. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (odwodzenie dopromieniowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....    | 61 |
| Tabela 19. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....     | 62 |
| Tabela 20. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu...                        | 63 |
| Tabela 21. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                      | 63 |
| Tabela 22. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (odwodzenie dopromieniowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....     | 64 |
| Tabela 23. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....      | 64 |
| Tabela 24. Sprawność manualna ręki dominującej wg testu Box and Blocks w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                                              | 65 |
| Tabela 25. Sprawność manualna ręki niedominującej wg testu Box and Blocks w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                                           |    |
| Tabela 26. Funkcja chwytnej ręki wg skali Frenchay w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                                                                  | 66 |
| Tabela 27. Sprawność motoryczna ręki wg skali Fugl-Motor Assessment Scale for Upper Extermity w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                       | 67 |
| Tabela 28. Sprawność w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu.....                                                     | 67 |
| Tabela 29. Sprawność manualna ręki wg testu Box and Blocks w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.....                                          | 68 |
| Tabela 30. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu..... | 69 |

|                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 31. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.....                                  | 70 |
| Tabela 32. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (odwodzenie dopromieniowego) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.....               | 71 |
| Tabela 33. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.....                  | 71 |
| Tabela 34. Siła chwytu [kg] ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.....                                                                             | 72 |
| Tabela 35. Siła ścisku palców [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.....                                                                       | 73 |
| Tabela 36. Siła ścisku palców (three-joins) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.....                                                         | 74 |
| Tabela 37. Siła ścisku palców (tip-top) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla strony zajętej i niezajętej w I i II badaniu.....                                                             | 74 |
| Tabela 38. Sprawność manualna ręki wg testu Box and Blocks w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu...                                                               | 75 |
| Tabela 39 Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.....                     | 76 |
| Tabela 40. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.....                    | 76 |
| Tabela 41. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (odwodzenia dopromieniowego) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu..... | 77 |
| Tabela 42. Zakres ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.....    | 78 |
| Tabela 43. Siła chwytu [kg] ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.....                                                               | 78 |

|                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 44. Siła ścisku palców [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.....                                                     | 79 |
| Tabela 45. Siła ścisku palców (three-joins) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.....                                       | 79 |
| Tabela 46. Siła ścisku palców (tip-top) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla niedowładu prawostronnego i lewostronnego w I i II badaniu.....                                           | 80 |
| Tabela 47. Sprawność manualna ręki wg testu Box and Blocks w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.....                                                                     | 81 |
| Tabela 48. Zakres ruchomości ręki stawu promieniowo-nadgarstkowego (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.....                       | 82 |
| Tabela 49. Zakres ruchomości ręki stawu promieniowo-nadgarstkowego (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.....                       | 82 |
| Tabela 50. Zakres ruchomości ręki stawu promieniowo-nadgarstkowego ręki (odwodzenie dopromieniowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu..... | 83 |
| Tabela 51. Zakres ruchomości ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.....                                        | 83 |
| Tabela 52. Siła chwytu [kg] ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.....                                                                       | 84 |
| Tabela 53. Siła ścisku palców [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.....                                                                 | 85 |
| Tabela 54. Siła ścisku palców (three-joins) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.....                                                   | 85 |
| Tabela 55. Siła ścisku palców (tip-top) [kg] ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej dla dominacji ręki prawej i lewej w I i II badaniu.....                                                       | 86 |
| Tabela 56. Korelacja R Spearmana – zależność między sprawnością manualną ręki dominującej wg testu Box and Blocks, a sprawnością w zakresie czynności dnia                                                                  |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu oraz dla efektu rehabilitacji.....                                                                                                                                                                                   | 87 |
| Tabela 57. Korelacja R Spearmana – zależność między sprawnością manualną ręki niedominującej wg testu Box and Blocks, a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu oraz dla efektu rehabilitacji.....                     | 87 |
| Tabela 58. Korelacja R Spearmana – zależność między funkcją chwytową ręki wg skali Frenchay, a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu oraz dla efektu rehabilitacji.....                                              | 88 |
| Tabela 59. Korelacja R Spearmana – zależność między sprawnością motoryczną ręki wg skali Fugl-Motor Assessment Scale for Upper Extremity, a sprawnością w zakresie czynności dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej w I i II badaniu oraz dla efektu rehabilitacji..... | 88 |
| Tabela 60. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w teście Box and Blocks (ręka dominująca) w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                                                                                 | 89 |
| Tabela 61. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w teście Box and Blocks (ręka niedominująca) w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                                                                              | 90 |
| Tabela 62. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji sprawności w zakresie dnia codziennego wg wskaźnika Barthel w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                                                               | 91 |
| Tabela 63. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji funkcji chwytowej ręki wg skali Frenchay w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                                                                                  | 91 |
| Tabela 64. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji sprawności motorycznej ręki wg skali Fugl-Motor Assessment Scale for Upper Extremity w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                                      | 92 |
| Tabela 65. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości prawej ręki (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                                     | 93 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 66. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości prawej ręki (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                                  | 94  |
| Tabela 67. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości prawej ręki (odwodzenie dopromieniowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                 | 95  |
| Tabela 68. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego prawej ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej..... | 96  |
| Tabela 69. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości lewej ręki (zgięcie) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                                   | 97  |
| Tabela 70. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (wyprost) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                  | 98  |
| Tabela 71. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (odwodzenie dopromieniowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej..... | 99  |
| Tabela 72. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do zakresu ruchomości stawu promieniowo-nadgarstkowego lewej ręki (przywodzenie dołokciowe) przy użyciu goniometru R500 w grupie badanej i grupie kontrolnej.....  | 100 |
| Tabela 73. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły chwytu [kg] prawej ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                                                  | 101 |
| Tabela 74. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły chwytu [kg] lewej ręki przy użyciu dynamometru w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                                                                   | 101 |

|                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 75. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.....               | 102 |
| Tabela 76. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców (Three-Joins) [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej..... | 103 |
| Tabela 77. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców (Tip-Top) [kg] prawej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.....     | 103 |
| Tabela 78. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.....                | 104 |
| Tabela 79. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców (Three-Joins) [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.....  | 105 |
| Tabela 80. Wpływ wieku, czasu od udaru, płci, strony niedowładów oraz dominacji kończyny górnej na efekty rehabilitacji w odniesieniu do siły ścisku palców (Tip-Top) [kg] lewej ręki przy użyciu pinchmetru w grupie badanej i grupie kontrolnej.....      | 105 |

## 13. Aneks

### 13.1. Załącznik 1. Świadoma zgoda pacjenta

#### ŚWIADOMA ZGODA NA UDZIAŁ W BADANIU

Ja niżej podpisany/podpisana oświadczam, że przeczytałem/przeczytałam i zrozumiałem/zrozumiałam powyższe informacje dotyczące badania klinicznego: **(Ocena skuteczność rehabilitacji ręki z wykorzystaniem metod biofeedback u pacjentów w okresie późnym po udarze mózgu)** oraz otrzymałem/otrzymałam, satysfakcjonujące mnie odpowiedzi na zadane pytania. Wyrażam dobrowolnie zgodę na udział w tym badaniu i jestem świadomy/świadoma, iż w każdej chwili mogę wycofać zgodę na udział w dalszej części badania klinicznego bez podania przyczyny.

Ponadto wyrażam zgodę na przetwarzanie danych w tym badaniu zgodnie z obowiązującym w Polsce prawem (Ustawa o Ochronie Danych Osobowych z 10.05.2018)

.....

Data i podpis pacjenta

## 13.2. Załącznik 2. Karta badania pacjenta

### METRYCZKA

1. Wiek..... Płeć:      M      K      Waga..... Wzrost.....
2. Czas od wystąpienia udaru mózgu (w miesiącach).....
3. Strona niedowładu P/L

| Kwalifikacja pacjenta         |   |   |    |   |   |   |
|-------------------------------|---|---|----|---|---|---|
| Skal Brunnstrom               | 1 | 2 | 3  | 4 | 5 | 6 |
| Zmodyfikowana Skala Rankin    | 1 | 2 | 3  | 4 | 5 |   |
| Zmodyfikowana Skala Ashwortha | 0 | 1 | +1 | 2 | 3 | 4 |

| Karta badania pacjenta         |                 |   |             |   |                                                                       |   |   |                                                                          |   |    |
|--------------------------------|-----------------|---|-------------|---|-----------------------------------------------------------------------|---|---|--------------------------------------------------------------------------|---|----|
| Box and Blocks Testing Form    | Dominująca ręka |   | Zajęta ręka |   | Liczba bloków przetransportowanych w ciągu minuty<br>Dominująca ręka: |   |   | Liczba bloków przetransportowanych w ciągu minuty<br>Niedominująca ręka: |   |    |
| Badanie I                      |                 |   |             |   |                                                                       |   |   |                                                                          |   |    |
| Badanie II                     |                 |   |             |   |                                                                       |   |   |                                                                          |   |    |
| SKALA BARTHEL<br>Badanie I     | 1               | 2 | 3           | 4 | 5                                                                     | 6 | 7 | 8                                                                        | 9 | 10 |
| SKALA BARTHEL<br>Badanie II    | 1               | 2 | 3           | 4 | 5                                                                     | 6 | 7 | 8                                                                        | 9 | 10 |
| SKALA FRENCHAY<br>Badanie I    | 1               |   | 2           | 3 | 4                                                                     | 5 |   | 6                                                                        | 7 |    |
| SKALA FRENCHAY<br>Badanie II   | 1               |   | 2           | 3 | 4                                                                     | 5 |   | 6                                                                        | 7 |    |
| SKALA FUGL-MEYER<br>Badanie I  | 1               |   | 2           | 3 | 4                                                                     | 5 |   | 6                                                                        | 7 |    |
| SKALA FUGL-MEYER<br>Badanie II | 1               |   | 2           | 3 | 4                                                                     | 5 |   | 6                                                                        | 7 |    |

### Goniometr staw promieniowo-nadgarstkowy

| Ruch                               | Badanie I<br>(Ręka prawa) | Badanie II<br>(Ręka prawa) | Badanie I<br>(Ręka lewa) | Badanie II<br>(Ręka lewa) |
|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| zgięcie (65')*                     |                           |                            |                          |                           |
| wyprost (55')*                     |                           |                            |                          |                           |
| odwodzenie<br>dopromieniowe (20')* |                           |                            |                          |                           |
| Przywodzenie<br>dołokciowe (35')*  |                           |                            |                          |                           |

\* normy zakresów ruchów zgodnie z ISOM

### Dynamometr

| Badanie I<br>ręka prawa | Badanie II<br>ręka prawa | Badanie I<br>Ręka lewa | Badanie II<br>Ręka lewa |
|-------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| Pomiar:                 | Pomiar:                  | Pomiar:                | Pomiar:                 |
| Pomiar:                 | Pomiar:                  | Pomiar:                | Pomiar:                 |
| Pomiar:                 | Pomiar:                  | Pomiar:                | Pomiar:                 |
| Średnia pomiarów:       | Średnia pomiarów:        | Średnia pomiarów:      | Średnia pomiarów:       |

### Pinchmeter

#### Ręka prawa

| Badanie I            |  |  |  | Średnia pomiarów |
|----------------------|--|--|--|------------------|
| Pomiar klucz:        |  |  |  |                  |
| Pomiar three-joints; |  |  |  |                  |
| Pomiar tip-to-top    |  |  |  |                  |
| Badanie II           |  |  |  |                  |
| Pomiar klucz:        |  |  |  |                  |
| Pomiar three-joints; |  |  |  |                  |
| Pomiar tip-to-top    |  |  |  |                  |

#### Ręka lewa

| Badanie I            |  |  |  | Średnia pomiarów |
|----------------------|--|--|--|------------------|
| Pomiar klucz:        |  |  |  |                  |
| Pomiar three-joints; |  |  |  |                  |
| Pomiar tip-to-top    |  |  |  |                  |
| Badanie II           |  |  |  |                  |
| Pomiar klucz:        |  |  |  |                  |
| Pomiar three-joints; |  |  |  |                  |
| Pomiar tip-to-top    |  |  |  |                  |

### 13.3. Załącznik 3. Zgoda Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego na przeprowadzenie badań



KOMISJA BIOETYCZNA UNIwersYTETU RZESZOWSKIEGO  
UNIwersYTET RZESZOWSKI  
Kolegium Nauk Medycznych  
al. mjr. W. Kopisto 2a, 35-959 Rzeszów

**UCHWAŁA Nr 3/09/2020**

**Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Rzeszowskim**

**25/09/2020**

Komisja Bioetyczna przy Uniwersytecie Rzeszowskim, działając na podstawie art. 29 ust. 3 pkt 2 ustawy z dnia 5 grudnia 1996 roku o zawodzie lekarza (Dz. U. z dnia 26 marca 1997 roku, Nr 28, poz. 152), zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11 maja 1999 roku (Dz. U. Nr 47 poz. 480 z 1999 roku) w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania Komisji Bioetycznych oraz działając zgodnie z zasadami GCP (Good Clinical Practice) i ustawą z dnia 6 września 2001 roku Prawo farmaceutyczne (Dz. U. z 2019 r. poz. 499 z późn. zm.), po zapoznaniu się z wnioskiem złożonym przez wnioskodawcę, w wyniku przeprowadzonej dyskusji i głosowania (dn. 25 września 2020 r.) przeprowadzonych w formie zdalnej liczbą 8 głosów akceptujących spośród 8 oddanych głosów

**postanawia**

**projekt badawczy: Ocena skuteczności rehabilitacji z wykorzystaniem metod biofeedbacku u pacjentów po udarze mózgu.**

**zaopiniować pozytywnie.**

**Uwagi:** Uchwała jest ważna na okres objęty planem badań.

Przewodnicząca Komisji Bioetycznej UR

Dr hab. med. Beata Sas-Korczyńska, prof. UR

Do wiadomości:

Wnioskodawca: Prof. Agnieszka Guzik, dr Justyn Leszczak, lek. Grzegorz Gazda, mgr Bogumiła Pniak, prof. Mariusz Drużbicki, dr Ewelina Czenczek-Lewandowska