

Gdański Uniwersytet Medyczny



**Wydział Nauk o Zdrowiu z Instytutem Medycyny Morskiej
i Tropikalnej**

mgr Paulina Magdalena Ostrowska

**Ocena przydatności wybranych systemów
fizjoterapeutycznych w terapii pacjentów po udarze
mózgu w fazie przewlekłej**

Evaluation of the usefulness of selected
physiotherapeutic systems in the treatment of patients
after stroke in chronic phase

Rozprawa na stopień doktora w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauk o zdrowiu

Promotor: dr hab. Rita Hansdorfer-Korzon

Gdańsk 2023

Pragnę ogromnie podziękować

*Przewspaniałej Pani Promotor Dr hab. Ricie Hansdorfer-Korzon
za zaufanie, nieocenioną opiekę naukową, przekazaną wiedzę, poświęcony czas oraz wyrozumiałość*

*Wyjątkowemu Lekarzowi Ryszardowi Tomaszczukowi,
za pomoc w urzeczywistnieniu marzenia o podjęciu studiów doktoranckich*

*Najukochańszym Rodzicom, Danucie i Wojciechowi,
za ogromne wsparcie, nieustanną motywację i wiarę w mój potencjał*

*Przekochanym Siostronom, Marlence i Emilce,
za ratunek w trudnych momentach oraz gotowość zawsze*

*Kochanemu Wadimkowi,
za anielską cierpliwość i obecność*

*Niezwykłym Przyjaciółom, zwłaszcza Marlence i Mariolce,
za skuteczne rozładowywanie napięcia oraz doping*

*Dzielnym Pacjentom,
będącym inspiracją w tworzeniu tej pracy*



Spis treści:

| | |
|---|----|
| 1. Lista skrótów..... | 5 |
| 2. Streszczenie..... | 7 |
| 2.1. Streszczenie w języku polskim..... | 7 |
| 2.2. Streszczenie w języku angielskim..... | 14 |
| 3. Wykaz prac wchodzących w skład rozprawy..... | 20 |
| 4. Wprowadzenie..... | 21 |
| 4.1. Udar mózgu – definicja i klasyfikacja..... | 22 |
| 4.2. Czynniki ryzyka wystąpienia udaru niedokrwienego mózgu..... | 27 |
| 4.3. Patofizjologia udaru niedokrwienego mózgu – kaskada niedokrwienna..... | 30 |
| 4.4. Obraz kliniczny pacjenta po udarze niedokrwienym mózgu..... | 33 |
| 4.5. Postępowanie fizjoterapeutyczne stosowane u chorych po udarze niedokrwienym mózgu..... | 36 |
| 4.5.1. Telerehabilitacja jako forma leczenia fizjoterapeutycznego pacjentów po udarze mózgu w warunkach ograniczonych zasobów..... | 43 |
| 4.5.2. System SPIDER jako narzędzie fizjoterapeutyczne służące poprawie symetrii dystrybucji ciężaru ciała u pacjentów po udarze niedokrwienym mózgu w fazie przewlekłej..... | 47 |
| 4.6. Ocena ilościowa zaburzeń równowagi u pacjentów po udarze niedokrwienym mózgu w fazie przewlekłej..... | 52 |
| 5. Cele rozprawy doktorskiej..... | 55 |
| 6. Materiał i metody..... | 56 |
| 6.1. Materiał..... | 56 |
| 6.1.1. Szczegółowa charakterystyka badanych – badanie pierwsze..... | 60 |
| 6.1.2. Szczegółowa charakterystyka badanych – badanie drugie..... | 62 |
| 6.2. Metody wykorzystane w badaniu pierwszym..... | 62 |
| 6.2.1. Metoda opisu randomizowanego badania kontrolowanego według deklaracji CONSORT..... | 63 |
| 6.2.2. Protokół oceny..... | 64 |
| 6.2.3. Ilościowa ocena aktywnej dystrybucji ciężaru ciała za pomocą platformy posturograficznej TYMO®..... | 66 |
| 6.2.4. Program leczenia fizjoterapeutycznego..... | 68 |
| 6.2.4.1. Metoda PNF..... | 68 |
| 6.2.4.2. Metoda NDT-Bobath..... | 71 |
| 6.2.4.3. System SPIDER..... | 72 |
| 6.3. Metody wykorzystane w badaniu drugim..... | 74 |
| 6.4. Metody statystyczne..... | 75 |

| | |
|---|-----|
| 6.5. Metoda przeprowadzenia przeglądu systematycznego według wytycznych PRISMA..... | 76 |
| 7. Podsumowanie najważniejszych wyników opublikowanych prac zawartych w cyklu..... | 78 |
| 7.1. Publikacja nr 1..... | 78 |
| 7.2. Publikacja nr 2..... | 81 |
| 7.3. Publikacja nr 3..... | 93 |
| 7.4. Publikacja nr 4..... | 99 |
| 7.4.1. Dystans..... | 101 |
| 7.4.2. Odchylenie przyśrodkowo-boczne..... | 101 |
| 7.4.3. Odchylenie przednio-tylne..... | 102 |
| 7.4.4. Powierzchnia..... | 103 |
| 7.4.5. Średnia prędkość..... | 103 |
| 7.4.6. Rozkład masy ciała..... | 104 |
| 7.4.7. Odchylenie przyśrodkowo-boczne w odniesieniu do strony niedowładu.... | 105 |
| 8. Dyskusja..... | 107 |
| 9. Wnioski końcowe..... | 112 |
| 10. Bibliografia..... | 113 |
| 11. Spis tabel..... | 124 |
| 12. Spis rycin..... | 125 |
| 13. Załączniki..... | 126 |
| 13.1. Załącznik 1..... | 126 |
| 13.2. Załącznik 2..... | 127 |
| 13.3. Załącznik 3..... | 128 |
| 13.4. Załącznik 4..... | 130 |

1. Lista skrótów

AHA – ang. *American Heart Association*, Amerykańskie Towarzystwo Kardiologiczne
ANOVA – ang. *Analysis of Variance*, analiza wariancji
ASA – ang. *American Stroke Association*, Amerykańskie Towarzystwo ds. Udarów
BBS – ang. *Berg Balance Scale*, test równowagi Berga
CB&M – ang. *Community Balance and Mobility Scale*
CBF – ang. *cerebral blood flow*, przepływ krwi mózgowej
CG – ang. *Control Group*, grupa poddana terapii bez systemu SPIDER
CIMT – ang. *Constrain Induced Movement Therapy*, terapia ruchowa stosująca ograniczenie strony pośrednio zajętej
CONSORT – ang. *Consolidated Standards Of Reporting Trials*, wytyczne dla raportów opisujących randomizowane badania kliniczne z grupą kontrolną
COP – ang. *Center of pressure*, środek nacisku
COPT – ang. *Centre of pressure track*, linia wyznaczana przez środek nacisku
CT – ang. *computed tomography*, tomografia komputerowa
Df – ang. *Degrees of freedom*, stopnie swobody
EBM – ang. *Evidence-Based Medicine*, medycyna oparta na dowodach naukowych
EBP – ang. *Evidence-Based Physiotherapy*, fizjoterapia oparta na dowodach naukowych
F – ang. *female*, kobieta
FAC – ang. *Functional Ambulation Classification*
FIM – ang. *Functional Independence Measure*
FMA (LE) – ang. *Fugl-Meyer Assessment Lower Extremity*, Skala Fugl-Meyer dla kończyny dolnej
FMA (UE) – ang. *Fugl-Meyer Assessment Upper Extremity*, Skala Fugl-Meyer dla kończyny górnej
FTSST – ang. *5 Times Sit-to-Stand*, test pięciu powtórzeń z siadu do stania
ICF – ang. *International Classification of Functioning, Disability and Health*, Międzynarodowa Klasyfikacja Funkcjonowania, Niepełnosprawności i Zdrowia
IMU – ang. *inertial movement sensor*, czujnik inercyjny ruchu
ITT – ang. *intention-to-treat*, podejście zgodne z zamiarem leczenia
L – ang. *Left-sided hemiparesis*, niedowład lewostronny
LACI – ang. *Lacunar Infarcts*, udar zatokowy
M – ang. *male*, mężczyzna
M1 – bez podkładki TYMO®
M3 – z podkładką TYMO®
MDC – ang. *minimum detectable change*, minimalna wykrywalna zmiana wartości
mEFAP - ang. *Modified Emory Functional Ambulation Profile*
MMSE – ang. *Mini-Mental State Examination*
MR – ang. *magnetic resonance*, rezonans magnetyczny
N – niedoczulica

NDT-Bobath – ang. *Neuro-Developmental Treatment according to the Bobath concept*,
terapia neurorozwojowa wg Bobath
NFZ – Narodowy Fundusz Zdrowia
NIHSS – ang. *National Institutes of Health Stroke Scale*
ONZ – Organizacja Narodów Zjednoczonych
OUN – ośrodkowy układ nerwowy
P – przeczulica
PACI – ang. *Partial Anterior Circulation Infarcts*, udar obejmujący część przedniego
obszaru unaczynienia mózgu
PNF – ang. *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation*, proprioceptywne torowanie
nerwowo-mięśniowe
POCI – ang. *Posterior Circulation Infarcts*, udar obejmujący tylny (kręgowo-
podstawny) obszar unaczynienia mózgu
PRISMA – ang. *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*,
protokół wykorzystywany do tworzenia przeglądów systematycznych oraz
metaanaliz
R – ang. *Right-sided hemiparesis*, niedowład prawostronny
RCT – ang. *Randomized Controlled Trial*, randomizowane kontrolowane badanie
ROM – ang. *Range of motion*, zakres ruchu
RPE – ang. *Borg Rating of Perceived Exertion*, skala odczuwanego wysiłku Borga
RR – ang. *relative risk*, ryzyko względne
SD – ang. *Standard Deviation*, odchylenie standardowe
SG – ang. *Spider Group*, grupa poddana terapii z systemem SPIDER
SIS – ang. *Stroke Impact Scale*
SPIDER – ang. *Strengthening Programme for Intensive Developmental Exercises and
activities for Reaching health capability*
STREAM – ang. *Stroke Rehabilitation Assessment of Movement*
SUS – ang. *System Usability Score*, Skala Użyteczności Systemu
TACI – ang. *Total Anterior Circulation Infarcts*, udar obejmujący cały przedni obszar
unaczynienia mózgu
TIA – ang. *Transient Ischaemic Attack*, napad przemijającego niedokrwienia mózgu
TR – ang. *Telerehabilitation*, telerehabilitacja
TUG – ang. *Timed Up-and-Go*, test 'wstań i idź'
UTAUT – ang. *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*
VEM – ang. *very early mobilization*, wczesne uruchamianie
VHEP – ang. *video-based home exercise programme*, domowy program treningowy
oparty na wideo
VR – ang. *Virtual Reality*, wirtualna rzeczywistość
WHO – ang. *World Health Organization*, Światowa Organizacja Zdrowia

2. Streszczenie

2.1. Streszczenie w języku polskim

Spośród 16 mln osób na świecie, które każdego roku doznają udaru mózgu, 5 mln jest trwale niepełnosprawnych i wymaga stałej opieki. W społeczeństwie uprzemysłowionym nawet 5% wszystkich wydatków, ponoszonych na ochronę zdrowia, stanowią koszty leczenia udarów mózgu. Z kolei nakłady finansowe, związane z przewlekłą opieką poudarową, są nieporównywalnie większe od kosztów leczenia pacjentów w fazie ostrej. Diagnostyka funkcjonalna oraz usprawnianie osób po udarze mózgu, zwłaszcza w okresie przewlekłym, to bardzo złożony i trudy proces. Spowodowane jest to dużą różnorodnością następstw uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego (OUN) oraz dużą heterogenicznością omawianej populacji chorych. Dlatego stale poszukuje się odpowiednich, najbardziej skutecznych metod oceny funkcjonalnej oraz terapii, uwzględniających zarówno przyczyny udaru, jak i jego konsekwencje. Literatura przedmiotu przedstawia coraz bardziej nowoczesne techniki, wykorzystujące nie tylko ręce terapeuty, ale również specjalistyczny sprzęt. Jednym z występujących deficytów motorycznych, w grupie osób po udarze mózgu, jest zmniejszenie maksymalnej siły mięśniowej, szczególnie po stronie kontralateralnej do uszkodzenia. Nieprawidłowa aktywacja nerwowo-mięśniowa u tych pacjentów upośledza ich zdolność do pobudzania odpowiednich mięśni, zarówno w kończynach strony bezpośrednio, jak i pośrednio zajętej, chociaż upośledzenie to jest zwykle większe w kończynach objętych zespołem neurologicznym. Powyższe zjawisko ma odzwierciedlenie w ograniczeniach wysokiej sprawności funkcjonalnej (np. równowaga, chodzenie czy unikanie upadków). Ze względu na połączenie zaburzeń ruchowych, czuciowych i poznawczych, duży odsetek chorych doświadcza ograniczeń aktywności życia codziennego. Zaburzenia równowagi podczas stania, są jednym z najczęstszych czynników, wpływających na niezależność i jakość życia omawianej populacji pacjentów. Aż 83% chorych zgłasza problemy z równowagą, które zwykle obserwuje się jako asymetrię w przenoszeniu ciężaru ciała w kierunku strony pośrednio zajętej (koncepcja przesunięcia środka ciężkości ciała w kierunku strony ipsilateralnej do uszkodzenia). Ponadto przyjmuje się, iż zaburzenia równowagi oraz zmniejszona zdolność do symetrycznego przenoszenia ciężaru ciała, jest czynnikiem przyczyniającym się do upadków w tej grupie pacjentów. Ponad połowa (55,5%) populacji osób po udarze mózgu w fazie przewlekłej wykazuje również asymetrię chodu. Asymetryczny wzorzec chodu nie tylko zwiększa wydatek energetyczny podczas lokomocji czy ryzyko upadków, ale również może powodować utratę gęstości kości w kończynie dolnej strony bezpośrednio zajętej (jako następstwo niewystarczającego obciążania tej kończyny). Natomiast, u części pacjentów, w związku z długotrwałym obciążaniem kończyny dolnej strony pośrednio zajętej, pojawiają się dolegliwości bólowe oraz zwiększone ryzyko wystąpienia zmian zwyrodnieniowych w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego tej kończyny. Zaburzenia czucia głębokiego i powierzchownego, osłabienie mięśni strony bezpośrednio zajętej oraz pojawiająca się spastyczność tych mięśni, będące

wynikiem uszkodzenia mózgu, są głównym powodem częstszego przenoszenia ciężaru ciała na stronę pośrednio zajętej. W związku z powyższym, stale poszukuje się różnych form usprawniania pacjentów po udarze mózgu, kładących nacisk na przywrócenie chorym zdolności motorycznych identycznych, bądź jak najbardziej zbliżonych do fizjologicznych wzorców ruchowych, zwłaszcza po stronie bezpośrednio zajętej. Wymuszone użycie kończyny dolnej strony bezpośrednio zajętej, jako środek terapeutyczny podczas leczenia fizjoterapeutycznego, może wpływać na większą zdolność korekcji postawy ciała chorego oraz prowadzić do poprawy równowagi i symetrii chodu, a w związku z tym jego ekonomii i ergonomii.

Założonymi celami niniejszej rozprawy była ocena:

1. Przedstawianych w literaturze przedmiotu metod leczenia fizjoterapeutycznego pacjentów po udarze mózgu.
2. Przydatności telerehabilitacji oraz systemu SPIDER w terapii pacjentów po udarze mózgu.
3. Wybranych parametrów stanu funkcjonalnego badanych pacjentów, przed i po terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER oraz metod neurofizjologicznych PNF i NDT-Bobath.
4. Wpływu terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER na zdolność symetrycznego przenoszenia ciężaru ciała na obie kończyny dolne, u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.
5. Zastosowania platformy posturograficznej (TYMO®), jako narzędzia do oceny ilościowej zaburzeń równowagi u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.

W pierwszej publikacji w cyklu, stanowiącej artykuł przeglądowy, zestawiono i opisano metody wykorzystywane obecnie w fizjoterapii chorych po udarze mózgu. Metoda PNF kładzie nacisk na stymulację dotykową (charakterystyczny chwyt lumbrykalny terapeuty), słuchową (jasne, proste komendy) oraz wzrokową (chory obserwuje wykonywany ruch), poprzez które fizjoterapeuta bodźcuje eksteroreceptory pacjenta. Stosowany w tej koncepcji kierunkowy opór manualny i aproksymacja służą poprawie propriocepcji. Ruch odbywa się w płaszczyznach diagonalnych i ma charakter spiralny. Terapia opiera się na odpowiednich technikach i złożonych wzorcach ruchowych. Metoda Bobath, w obszarze neuroplastyczności, opiera się na założeniu, iż doświadczenia dorosłego pacjenta nieustannie modyfikują jego układ nerwowy, co skutecznie sprzyja osiągnięciu przez niego celów funkcjonalnych w różnorodnym środowisku. Bodźce sensoryczne, doświadczenie i uczenie się, będące formą oddziaływania terapeutycznego dwóch powyższych metod, wpływają na zmiany reprezentacji odpowiednich rejonów kory mózgowej, a jeżeli dotyczy to rejonów częściowo dotkniętych uszkodzeniem, istnieje możliwość przejęcia ich funkcji przez obszary sąsiednie bądź odległe, ale połączone z nimi aksonami. Metoda CIMT to rodzaj terapii behawioralnej, której celem jest zwalczanie zjawiska zwanego wyuczonym nieużywaniem, obserwowanym w przypadku odnerwionej kończyny. Metoda ta początkowo była stosowana w przypadku niedowładu kończyny

górnej osób po udarze, jednak z czasem wprowadzono modyfikacje również dla kończyny dolnej. Metodologia opiera się na unieruchomieniu kończyny pośrednio zajętej na 4-6 godzin dziennie przez 2-3 tygodnie, co wymusza użycie kończyny bezpośrednio zajętej w określonych zadaniach ruchowych. Metoda wykorzystująca wirtualną rzeczywistość (VR – *virtual reality*) opiera się na generowaniu sztucznych informacji sensorycznych, umożliwiając pacjentowi doświadczanie oraz interakcję z trójwymiarowym środowiskiem (3D). Natomiast robotyka rehabilitacyjna, coraz bardziej popularna w procesie usprawniania w ostatnich latach (w związku z rozwojem technologicznym), zapewnia przede wszystkim intensyfikację terapii oraz wysoką powtarzalność zadań ruchowych. Roboty rehabilitacyjne można podzielić na terapeutyczne (egzoszkielety) i pomocnicze (urządzenia oddziałujące na dystalne odcinki kończyn). Dwie pierwsze metody przedstawione w artykule, tj. NDT Bobath oraz PNF należą do metod neurofizjologicznych, powszechnie stosowanych w ośrodkach rehabilitacji neurologicznej w Polsce i na świecie. Kolejne: metoda CIT, metoda wykorzystująca wirtualną rzeczywistość oraz usprawnianie chorych przy zastosowaniu robotyki, stanowią uzupełnienie programu fizjoterapii neurologicznej (nie są metodami konkurencyjnymi, ani alternatywą w stosunku do metody PNF czy NDT-Bobath). Przegląd wyżej wymienionych metod był konieczny, by odzwierciedlić aktualne możliwości leczenia fizjoterapeutycznego pacjentów po udarze mózgu. Jednak pomimo postępu fizjoterapii, dążenie do uzyskania najbardziej pożądaných efektów, w odniesieniu do zaburzeń charakteryzujących stan funkcjonalny omawianej populacji chorych, wciąż stanowi wyzwanie dla terapeutów, pacjentów i ich rodzin. Powodem tego jest złożoność skutków i powikłań, jakie niesie za sobą uszkodzenie OUN. Nadal poszukuje się bardziej efektywnych rozwiązań, wykorzystujących najnowszą wiedzę, nie tylko z dziedziny medycyny, ale również dziedzin technicznych i technologicznych.

Drugą pracą w cyklu stanowił przegląd systematyczny, opierający się na wytycznych PRISMA. Jego celem była analiza wyników badań na temat systemu telerehabilitacyjnego, dedykowanego osobom po przebytych udarze mózgu, w warunkach ograniczonych zasobów (w tym przypadku spowodowanych pandemią wirusa SARS-CoV-2). Teleterapia polega na świadczeniu usług rehabilitacyjnych w warunkach domowych, bez bezpośredniego kontaktu terapeuty z pacjentem – za pośrednictwem technologii komunikacyjnych. Głównymi zaletami tego systemu są: zapewnienie ciągłości rehabilitacji po wypisie pacjenta ze szpitala, dostępność dla chorych o ograniczonych możliwościach lokomocji, intensyfikacja terapii poprzez zwiększoną liczbę powtórzeń, różnorodność oraz niskie koszty terapii w zależności od stosowanej technologii. Na podstawie przeanalizowanych w przeglądzie wyników badań stwierdzono porównywalną skuteczność telerehabilitacji, w odniesieniu do terapii w warunkach szpitalnych bądź ambulatoryjnych. Należy jednak podkreślić, iż teleterapia ma również wiele ograniczeń. Adresowana jest bowiem do pacjentów na wyższym poziomie funkcjonalnym (wynik testu Box and Block kończyny górnej bezpośrednio zajętej ≥ 3 bloki w 60s, wynik FMA = 22-56/ 66 punktów, zdolność wykonania samodzielnie transferu z pozycji siedzącej do stania). Pośredni kontakt

z fizjoterapeutą może skutkować nieprawidłowym wykonywaniem ćwiczeń, co w rezultacie prowadzi do pogłębiania kompensacji i progresji patologicznych wzorców ruchowych. Efektywność fizjoterapii po udarze mózgu jest ściśle związana z intensywnością terapii oraz motywacją pacjenta, jednak utrzymanie tych aspektów na odpowiednim poziomie, przy braku bezpośredniego nadzoru nad poprawnym i rzetelnym wykonaniem programu usprawniania, stanowi duże wyzwanie. Również sama realizacja w warunkach domowych, omawianej powyżej formy leczenia fizjoterapeutycznego, wiąże się z zapewnieniem odpowiednich narzędzi technicznych, co stanowi duże ograniczenie w jej dostępności i powszechności.

Jak już wcześniej wspomniano, w procesie usprawniania pacjenta po udarze mózgu, bardzo ważne jest torowanie przenoszenia ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajęta. W przeglądzie literatury podkreśla się istotność terapii opartej na wymuszonym obciążaniu strony objętej zespołem neurologicznym, jednak nie podaje się konkretnych narzędzi, dzięki którym możliwe byłoby przeprowadzenie, w sposób efektywny i bezpieczny (bez generowania reakcji stowarzyszonych czy kompensacji) opisywanej wyżej formy terapii. Powyższy fakt zainicjował konieczność przeprowadzenia własnych badań, skupiających się na zaprezentowaniu oraz ocenie skuteczności i przydatności nierozpowszechnionych (w odniesieniu do przedstawionych w pierwszej i drugiej publikacji w cyklu) form terapii pacjentów po udarze mózgu, które skupiałyby się na przywracaniu symetrii dystrybucji ciężaru ciała.

W związku z powyższym, w trzeciej publikacji w cyklu, stanowiącej pracę oryginalną, zaprezentowano wyniki badania, którego celem była ocena wpływu terapii, opierającej się na metodach neurofizjologicznych (PNF, NDT-Bobath) oraz systemie SPIDER, na symetrię przenoszenia ciężaru ciała, u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, w odniesieniu do terapii, opierającej się na metodach neurofizjologicznych (PNF, NDT-Bobath), ale bez wykorzystania systemu SPIDER. Kryteria włączenia i wyłączenia określano na podstawie formularza wykorzystującego następujące skale i testy: kwestionariusz z testami funkcjonalnymi oparty na ICF, Skalę Barthel, Skalę Rankin, Skalę NIHSS, Zmodyfikowaną Skalę Ashworth, test FMA-LE, test lustrzany, Test Równowagi Berga (BBS), by zapewnić jak największą jednorodność grup. Badania trwały od sierpnia 2021 roku do sierpnia 2022 roku w ośrodku rehabilitacji neurologicznej w Koszalinie. Z grupy wszystkich pacjentów po udarze ($n=300$), przebywających w tym czasie w ośrodku, wybrano pacjentów spełniających kryteria włączenia ($n=131$: $n=120$ – pacjenci zostali losowo przydzieleni do jednej z dwóch grup: SG i CG; $n=11$ – pacjenci odmówili przydziału do określonej grupy). Grupę SG stanowiło 60 osób poddanych terapii z wykorzystaniem neurofizjologicznych metod specjalnych (PNF, NDT-Bobath; 2 tygodnie terapii, 4 x 45 min. dziennie) oraz systemu SPIDER (2 tygodnie terapii, 1 x 45min. dziennie). Grupę CG stanowiło 60 osób poddanych terapii z wykorzystaniem metod specjalnych fizjoterapii (PNF, NDT-Bobath; 2 tygodnie terapii, 5 x 45 min. dziennie) – bez wykorzystania systemu SPIDER. Przed i po dwóch tygodniach programu fizjoterapii wykonano analizę aktywnej dystrybucji

ciężaru ciała na platformie TYMO®. Wyniki analizy statystycznej wykazały większą redukcję wychyleń środka ciężkości ciała u pacjentów w grupie SG, w odniesieniu do pacjentów grupy CG: średnia różnica w wychyleniach po terapii i przed terapią, w której wykorzystano system SPIDER, wyniosła (-2,15cm), natomiast średnia różnica wychyleń po terapii i przed terapią bez systemu SPIDER, wynosiła tylko (-0,08cm). Większa ujemna różnica mówi o tym, że przy zastosowaniu urządzenia SPIDER w trakcie usprawniania rejestrowane wychylenia w większym stopniu malały w stosunku do wychyleń rejestrowanych przed terapią, niż w przypadku niestosowania w procesie usprawniania urządzenia SPIDER. Powyższe wyniki wskazują na skuteczność leczenia fizjoterapeutycznego wykorzystującego system SPIDER, w odniesieniu do symetrii dystrybucji ciężaru ciała u pacjentów po udarze mózgu, w porównaniu z terapią, w której system ten nie był użyty. W grupie badanej nastąpiło wyraźne zmniejszenie wychyleń środka ciężkości ciała na stronę pośrednio zajętą (centralizacja środka ciężkości ciała).

W projektowaniu programu usprawniania duże znaczenie ma szczegółowa ocena stanu funkcjonalnego pacjenta. Jak już wcześniej podkreślono, większość osób po udarze mózgu ma problemy z równowagą, czego następstwem są zaburzenia chodu, wpływające na jakość życia chorego. Ocena kliniczna zaburzeń równowagi jest trudnym zadaniem (dotyczy to nawet oceny spokojnego stania). Szczegółowa analiza skuteczności kontroli posturalnej oraz związanych z nią strategii, wymaga zastosowania testów przyrządowych. Platformy posturograficzne, wykorzystywane do ilościowego pomiaru wychyleń środka ciężkości ciała w pozycji stojącej, interpretują stabilność w staniu oraz strategię kontroli postawy ciała. W badaniu, którego wyniki przedstawiono w publikacji *„Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial”*, do pomiarów dystrybucji ciężaru ciała pacjentów użyto platformy posturograficznej TYMO®. W związku z powyższym zdecydowano o rozszerzeniu badań o ewaluację tego urządzenia, jako narzędzia do oceny ilościowej.

Czwarta publikacja w cyklu prezentowała wyniki badania, oceniającego właśnie zastosowanie platformy posturograficznej, jako narzędzia do oceny ilościowej zaburzeń równowagi – poprzez pomiar wychyleń środka ciężkości ciała, oraz narzędzia do monitorowania i raportowania wyników leczenia fizjoterapeutycznego u osób po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej. W badaniu tym, przed i po dwóch tygodniach fizjoterapii, dokonano ilościowych pomiarów na platformie TYMO®, w grupie badanych ($n=60$: osoby spełniające kryteria włączenia) poddanych terapii z wykorzystaniem metod neurofizjologicznych (PNF i NDT-Bobath) oraz systemu SPIDER. Badanie składało się z dwóch części: w pierwszej pacjent stał bezpośrednio na platformie (M1 - stabilne podłoże), natomiast w drugiej pacjent stał na miękkiej podkładce umieszczonej na platformie (M3 - niestabilne podłoże). Dwuczęściowy charakter testu miał na celu sprawdzenie strategii kontroli postawy ciała pacjentów w warunkach stabilności i niestabilności podłoża. Pomiaru dotyczyły:

- dystansu zaznaczonego przez środek ciężkości ciała pacjenta podczas wykonywania testu
- odchyień przyśrodkowo-bocznych oraz przednio-tylnych ciała badanego
- obszaru ruchu wyznaczonego przez środek ciężkości ciała
- średniej prędkości, z jaką pacjent wykonywał ruch w celu utrzymania żądanej pozycji
- rozkładu masy ciała badanego

Wyniki analizy statystycznej wykazały redukcję wymienionych parametrów po terapii, co świadczy o poprawie stabilności posturalnej chorych: średni dystans: M1 - redukcja o 13%, M3 - redukcja o 28%, średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne: M1, M3 - w obu przypadkach redukcja o 40%, średnie odchylenie przednio-tylne: M1, M3 - w obu przypadkach redukcja o 23%, średni rozkład masy ciała: M1 - redukcja o 50%, M3 - redukcja o 30%. Z kolei średnia prędkość ruchu po terapii wzrosła o: M1 - 19%, M3 - 9%. Powyższe wyniki wskazują na zasadność wykorzystania platformy posturograficznej (w tym wypadku TYMO®) do ilościowej oceny zaburzeń równowagi oraz jako narzędzia do monitorowania oraz raportowania efektów leczenia fizjoterapeutycznego u osób po udarze mózgu w fazie przewlekłej. Rejestrowane na platformie parametry są kluczowe w ocenie stanu funkcjonalnego pacjentów po udarze mózgu, zwłaszcza w odniesieniu do kontroli posturalnej. Analiza wyników uzyskanych za pomocą platformy posturograficznej stanowi wskaźnik trafności doboru terapii oraz jest przydatna do wyznaczania kierunku przyszłego programu usprawniania. W rezultacie taka ocena może przełożyć się na znaczną efektywność fizjoterapii, a w konsekwencji poprawę jakości życia pacjenta.

Na podstawie analizy wyników prac wchodzących w cykl publikacji postawiono następujące wnioski końcowe:

1. Pomimo dostępności wielu form usprawniania pacjentów po udarze mózgu, wciąż poszukuje się nowych rozwiązań terapeutycznych, umożliwiających uzyskanie najbardziej pożądaných efektów, w odniesieniu do zaburzeń charakteryzujących stan funkcjonalny omawianej w rozprawie populacji chorych.
2. Telerehabilitacja, jako forma usprawniania pacjentów po udarze mózgu w warunkach ograniczonych zasobów, jest alternatywą dla leczenia fizjoterapeutycznego w warunkach szpitalnych bądź ambulatoryjnych.
3. Ograniczeniem systemu telerehabilitacyjnego jest jego przydatność głównie dla pacjentów o lekkim i umiarkowanym stopniu niepełnosprawności ruchowej.
4. W badanych grupach pacjentów stwierdzono zaburzenia równowagi w postaci wychyleń środka ciężkości ciała w kierunku strony pośrednio zajętej.
5. Przywrócenie zdolności lokomocji jest uważane za główny cel leczenia fizjoterapeutycznego po udarze mózgu, natomiast umiejętność przenoszenia ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajęta jest nieodzownym elementem sukcesu terapii.
6. Terapia z zastosowaniem systemu SPIDER ma pozytywny wpływ na poprawę symetrii dystrybucji ciężaru ciała u badanych pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, w odniesieniu do terapii, w której system ten nie był użyty.

7. Platformy posturograficzne, wykorzystywane do ilościowego pomiaru wychyleń środka ciężkości ciała w pozycji stojącej, są ważnym narzędziem, umożliwiającym interpretację wyników, dotyczących zaburzeń równowagi, oraz indywidualizację procesu usprawniania.
8. Występowanie zaburzeń równowagi wskazuje na konieczność wprowadzenia oceny ilościowej w zakres standardów kompleksowej diagnostyki i programowania fizjoterapii, u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.

Słowa kluczowe: udar mózgu, zaburzenia równowagi, system SPIDER, ocena ilościowa, platforma posturograficzna

2.2. Streszczenie w języku angielskim

Of the 16 million people worldwide who have a stroke each year, 5 million are permanently disabled and require ongoing care. In an industrialised society, up to 5% of all health care expenditures are for stroke care. In contrast, the financial expenses associated with chronic post-stroke care is incomparably greater than the cost of treating patients in the acute phase. Functional diagnosis and rehabilitation of stroke patients, especially in the chronic period, is a very complex and difficult process. This is due to the wide variety of consequences of central nervous system (CNS) damage and the high heterogeneity of this population of patients. Therefore, appropriate and most effective methods of functional assessment and therapy, taking into account both the causes and consequences of stroke, are constantly being searched for. The literature presents increasingly modern techniques, using not only the therapist's hands, but also specialised equipment. One prevalent motor deficit, in the post-stroke group, is a reduction in maximal muscle strength, particularly on the side contralateral to the injury. Abnormal neuromuscular activation in these patients, impairs their ability to stimulate the relevant muscles, both in the limbs of the directly and indirectly affected side, although the impairment is usually greater in the limbs affected by the neurological syndrome. The above phenomenon is reflected in limitations of high functional capacity (e.g. balance, walking or avoiding falls). Due to the combination of motor, sensory and cognitive impairments, a large proportion of patients experience limitations in activities of daily living. Balance disorders while standing, are one of the most common factors affecting the independence and quality of life of this population of patients. As many as 83% of patients report balance problems, which are usually observed as an asymmetry in the transfer of body weight towards the indirectly affected side (the concept of a shift of the body's centre of mass towards the side ipsilateral to the lesion). In addition, balance disorders and reduced ability to shift weight symmetrically are assumed to be contributing factors to falls in this patient group. More than half (55.5%) of the post-stroke population in the chronic phase also demonstrate gait asymmetry. An asymmetrical gait pattern not only increases energy expenditure during locomotion or the risk of falls, but may also result in loss of bone density in the lower limb of the directly affected side (as a consequence of insufficient loading of this limb). On the other hand, some patients experience pain and an increased risk of degenerative changes in the musculoskeletal system of the lower limb of the indirectly affected side due to long-term loading of the lower limb. Disorders of deep and superficial sensation, muscle weakness of the directly affected side and emerging spasticity of these muscles as a result of brain damage are the main reasons for the increased transfer of body weight to the indirectly affected side. In connection with the above, various forms of rehabilitation of post-stroke patients are constantly being searched for, with an emphasis on restoring the patients' motor abilities identical to, or as close as possible to, their physiological movement patterns, especially on the directly affected side. The forced use of the lower limb of the directly affected side, as a therapeutic intervention during

physiotherapy treatment, can influence a greater ability to correct the patient's posture and lead to improvements in balance and gait symmetry and, as a result, gait economy.

The aims of this dissertation were to assess:

1. The physiotherapeutic treatment methods presented in the literature for post-stroke patients.
2. The usefulness of the telerehabilitation and the SPIDER system in the therapy of post-stroke patients.
3. Selected parameters of the functional status of the patients studied, before and after therapy with the SPIDER system and specific neurophysiological methods.
4. The effect of SPIDER therapy on the ability to symmetrically transfer body weight to both lower limbs, in patients after ischaemic stroke, in the chronic phase.
5. Use of the posturography platform (TYMO®) as a tool for quantitative assessment of imbalance in patients after ischaemic stroke, in the chronic phase.

The first publication in the series, a review article, collates and describes the methods currently used in the physiotherapy of post-stroke patients. The PNF method emphasises tactile stimulation (the therapist's characteristic lumbrical grip), auditory stimulation (clear, simple commands) and visual stimulation (the patient observes the movement being performed), through which the physiotherapist stimulates the patient's exteroceptors. The directional manual resistance and approximation used in this concept are for improving proprioception. Movement is performed in diagonal planes and is spiral in nature. Therapy is based on appropriate techniques and complex movement patterns. The Bobath method in the area of neuroplasticity is based on the premise that the adult patient's experiences continually modify their nervous system, which effectively promotes their achievement of functional goals in a variety of environments. Sensory stimuli, experience and learning, which are the form of therapeutic interaction of the two methods above, influence changes in the representation of the relevant regions of the cerebral cortex and, if partially affected regions are involved, it is possible for neighbouring or distant areas, but connected to them by axons, to take over their functions. The CIMT method is a type of behavioural therapy aimed at combating the phenomenon known as learned disuse, observed in the case of a denervated limb. The method was initially applied to the paresis of the upper limb of post-stroke patients, but over time modifications have been made for the lower limb as well. The methodology is based on immobilisation of the indirectly affected limb for 4-6 hours a day for 2-3 weeks, which forces the use of the directly affected limb in specific motor tasks. The virtual reality (VR) method is based on the generation of artificial sensory information, allowing the patient to experience and interact with a three-dimensional (3D) environment. Whereas robotic rehabilitation, which has become increasingly popular in the rehabilitation process in recent years (due to technological developments), primarily provides intensification of therapy and high repetition of movement tasks. Rehabilitation robots can be classified into therapeutic (exoskeletons) and assistive (devices interacting with distal limb segments). The first two methods presented in article, i.e. NDT Bobath and PNF, are

neurophysiological methods commonly used in neurological rehabilitation centres in Poland and worldwide. Other methods, such as the CIT method, the virtual reality method and the use of robotics to support patients, are a supplement to the neurological physiotherapy programme (they are not competitive or alternative to the PNF or NDT-Bobath methods). A review of the above-mentioned methods was necessary to reflect the current physiotherapeutic treatment options for post-stroke patients. However, despite the advances in physiotherapy, the pursuit of the most desirable effects, in relation to the impairments that characterise the functional status of the population of patients in discussion, is still a challenge for therapists, patients and their families. The reason for this is the complexity of the effects and complications that CNS damage brings. More effective solutions, using the latest knowledge, not only from the medical field, but also from technical and technological fields, continue to be searched for.

The second article in the series was a systematic review, based on the PRISMA guidelines. Its aim was to analyse the results of a study on a telerehabilitation system dedicated to stroke patients in resource-limited circumstances (in this case caused by the SARS-CoV-2 virus pandemic). Teletherapy involves the provision of rehabilitation services in a home environment, without direct contact between the therapist and the patient - via communication technologies. The main advantages of this system are that it ensures continuity of rehabilitation after the patient is discharged from hospital, accessibility for patients with limited mobility, intensification of therapy through increased repetition, variety and low therapy costs depending on the technology used. On the basis of the study results analysed in the review, telerehabilitation was found to be of comparable effectiveness to inpatient therapy. However, it should be emphasised that teletherapy also has many limitations. This is because it is aimed at patients at a higher functional level (Box and Block test score of the directly affected upper limb ≥ 3 blocks in 60s, FMA score = 22-56/ 66 points, ability to independently perform a transfer from sitting to standing). Indirect contact with a physiotherapist may result in incorrect exercise performance, resulting in increased compensation and progression of pathological movement patterns. The effectiveness of post-stroke physiotherapy is closely linked to the intensity of the therapy and the patient's motivation, but it is challenging to maintain these aspects at an appropriate level in the lack of direct supervision of the correct and reliable execution of the improvement programme. Also, the very implementation at home, the form of physiotherapeutic treatment discussed above, involves the provision of appropriate technical tools, which is a major limitation in its availability and universality.

As previously mentioned, in the process of improving the post-stroke patient, it is very important to facilitate the transfer of body weight to the side directly affected. The literature review emphasises the importance of a therapy based on forced loading of the side affected by neurological syndrome, but does not provide specific tools with which the above-described form of therapy could be carried out, effectively and safely (without generating associated reactions or compensation). This fact initiated the need to conduct own research,

focusing on presenting and evaluating the effectiveness and usefulness of forms of therapy for post-stroke patients that are not widespread (in relation to those presented in the first and second publication in the series), which would focus on restoring symmetry of body weight distribution.

Therefore, the third publication in the series, which is an original paper, presents the results of a study to evaluate the effect of therapy based on neurophysiological methods (PNF, NDT-Bobath) and the SPIDER system on weight-bearing symmetry in patients after ischaemic stroke in the chronic phase, in relation to therapy based on neurophysiological methods (PNF, NDT-Bobath), but without the use of the SPIDER system. Inclusion and exclusion criteria were determined on the basis of a form using the following scales and tests: a questionnaire with functional tests based on the ICF, the Barthel Scale, the Rankin Scale, the NIHSS Scale, the Modified Ashworth Scale, the FMA-LE test, the mirror test, the Berg Balance Test (BBS), to ensure that the groups were as homogeneous as possible. The study lasted from August 2021 to August 2022 at a neurological rehabilitation centre in Koszalin. Patients meeting the inclusion criteria (n=131: n=120 – patients were randomly allocated to one of two groups: SG and CG; n=11 – patients refused to be assigned to a specific group) were selected from the group of all post-stroke patients (n=300) residing at the centre at that time. The SG group consisted of 60 patients receiving therapy using neurophysiological special methods (PNF, NDT-Bobath; 2 weeks of therapy, 4 x 45 min. per day) and the SPIDER system (2 weeks of therapy, 1 x 45min. per day). The CG group consisted of 60 patients treated with special physiotherapy methods (PNF, NDT-Bobath; 2 weeks of therapy, 5 x 45 min. per day) - without the use of the SPIDER system. Before and after two weeks of the physiotherapy programme, an analysis of active body weight distribution on the TYMO® platform was conducted. The results of the statistical analysis showed a greater reduction in body centre of mass tilts in patients in the SG group, relative to patients in the CG group: the mean difference in post-therapy and pre-therapy tilts using the SPIDER system was (-2.15cm), while the mean difference in post-therapy and pre-therapy tilts without the SPIDER system was only (-0.08cm). The larger negative difference states that, with the use of the SPIDER system, the recorded tilts decreased to a greater extent after rehabilitation compared to the tilts recorded before therapy, in comparison to not using the SPIDER system in the rehabilitation process. These results indicate the effectiveness of physiotherapeutic treatment using the SPIDER system, with regard to the symmetry of body weight distribution in post-stroke patients, compared with therapy in which the system was not used. In the study group, there was a marked reduction in the tilting of the body's centre of mass to the indirectly affected side (centralisation of the body's centre of mass).

A detailed assessment of the patient's functional status is important in designing an rehabilitation programme. As highlighted earlier, the majority of post-stroke patients have balance problems, resulting in gait disturbances that affect the patient's quality of life. The clinical assessment of balance disorders is a difficult task (this applies even to the assessment of quiet standing). A detailed analysis of the effectiveness of postural control and related

strategies, requires the use of instrumental tests. Posturographic platforms, used to quantitatively measure centre of mass tilting in standing, interpret standing stability and postural control strategies. In a study reported in *“Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients - a randomised controlled trial”*, the TYMO® posturography platform was used to measure the weight distribution of patients. Consequently, it was decided to extend the study to evaluate this device as a quantitative assessment tool.

The fourth publication in the series presented the results of a study specifically evaluating the use of the posturography platform as a tool for quantitative assessment of imbalance - by measuring centre of mass tilts, and a tool for monitoring and reporting the results of physiotherapy treatment in people after ischemic stroke in the chronic phase. In this study, before and after two weeks of physiotherapy, quantitative measurements were taken on the TYMO® platform in a group of patients (n=60: those meeting the inclusion criteria) undergoing therapy using neurophysiological methods (PNF and NDT-Bobath) and the SPIDER system. The test consisted of two parts: in the first, the patient stood directly on the platform (M1 - stable ground), while in the second, the patient stood on a soft pad placed on the platform (M3 - unstable ground). The two-part nature of the test was designed to test patients' postural control strategies under conditions of stable and unstable ground. Measurements included:

- the distance marked by the patient's centre of mass during the test
- the medial-lateral and anterior-posterior tilts of the patient's body
- the area of movement marked by the body's centre of mass
- average speed with which the patient performed the movement to maintain the required position
- distribution of the subject's weight

The results of the statistical analysis showed a reduction in the listed parameters after therapy, demonstrating an improvement in the postural stability of the patients: mean distance: M1 - reduction by 13%, M3 - reduction by 28%, mean medial-lateral tilt: M1, M3 - reduction by 40% in both cases, mean anterior-posterior tilt: M1, M3 - reduction by 23% in both cases, mean weight distribution: M1 - 50% reduction, M3 - 30% reduction. On the other hand, the average speed of movement after therapy increased by: M1 - 19%, M3 - 9%. The above results indicate the validity of using a posturography platform (in this case TYMO®) for quantitative assessment of balance disorders and as a tool for monitoring and reporting the effects of physiotherapeutic treatment in post-stroke patients in the chronic phase. The parameters recorded on the platform are crucial in the assessment of the functional status of post-stroke patients, especially in relation to postural control. Analysis of the results obtained with the posturography platform provides an indicator of the appropriateness of the choice of therapy and is useful for guiding the future rehabilitation programme. As a result, such an assessment can transform into a significant effectiveness of physiotherapy and, consequently, an improvement in the patient's quality of life.

On the basis of the analysis of the results of the articles included in the series of publications, the following final conclusions were drawn:

1. Despite the availability of many forms of rehabilitation of post-stroke patients, new therapeutic solutions are still being searched for, allowing the most desirable effects to be obtained, with regard to the disorders characterising the functional status of the population of patients discussed in the dissertation.
2. Telerehabilitation, as a form of rehabilitation of post-stroke patients in resource-limited conditions, is an alternative to inpatient physiotherapy treatment.
3. A limitation of the telerehabilitation system is its suitability mainly for patients with mild to moderate motor disabilities.
4. Balance disorders in the form of tilting of the body's centre of mass towards the indirectly affected side were found in the studied groups of patients.
5. The restoration of locomotor ability is considered a major goal of post-stroke physiotherapy treatment, while the ability to transfer body weight to the directly affected side is an indispensable element of successful therapy.
6. Therapy with the SPIDER system has a positive effect on improving the symmetry of the body weight distribution in study patients after ischaemic stroke in the chronic phase, compared to therapy in which the system was not used.
7. Posturography platforms, used for the quantitative measurement of body centre of mass tilts in standing, are an important tool for the interpretation of results concerning balance disorders and individualisation of the rehabilitation process.
8. The presence of balance disorders indicates the necessity of including quantitative assessment in the standards of complex diagnostics and physiotherapy programming in the group of patients after ischaemic stroke in the chronic phase.

Keywords: stroke, balance disorders, SPIDER system, quantitative assessment, posturographic platform

3. Wykaz prac wchodzących w skład rozprawy

Publikacje naukowe stanowiące cykl publikacji zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach w formie czterech powiązanych tematycznie artykułów.

- **Publikacja nr 1**

Typ publikacji: artykuł przeglądowy

Ostrowska Paulina Magdalena, Śliwiński Maciej, Hansdorfer-Korzon Rita; *Przegląd wybranych metod fizjoterapeutycznych wykorzystywanych w usprawnianiu chorych po udarze mózgu*. Rehabilitacja w praktyce; 1/2021; s. 32-39

IF=0; MEiN=5;

- **Publikacja nr 2**

Typ publikacji: przegląd systematyczny

Ostrowska Paulina Magdalena, Śliwiński Maciej, Studnicki Rafał, Hansdorfer-Korzon Rita; *Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic*. Healthcare; 2021 May 31; 9(6):654; s. 1-16

Q=2; IF=3,16; MEiN=40;

- **Publikacja nr 3**

Typ publikacji: artykuł oryginalny

Ostrowska Paulina Magdalena, Studnicki Rafał, Rykaczewski Marcin, Spychała Dawid, Hansdorfer-Korzon Rita; *Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial*. International Journal of Environmental Research and Public Health; 2022 Dec 4; 19(23):16214; s. 1-18

Q=1; IF=4,614; MEiN=140;

- **Publikacja nr 4**

Typ publikacji: artykuł oryginalny

Ostrowska Paulina Magdalena, Hansdorfer-Korzon Rita, Studnicki Rafał, Spychała Dawid; *Use of the posturography platform as a tool for the quantitative assessment of imbalance and postural control in post-stroke patients in chronic phase*. Fizjoterapia Polska; 2023; 23(1); s. 142-163

IF=0; MEiN=20;

Łączna wartość IF = 7,774; MEiN = 205;

4. Wprowadzenie

W oparciu o dane statystyczne Światowej Organizacji Zdrowia (WHO – *World Health Organization*) przyjmuje się, iż udar mózgu jest trzecią, co do częstości, przyczyną zgonów (zaraz po chorobach mięśnia sercowego i nowotworach złośliwych) oraz najczęstszą przyczyną trwałej niepełnosprawności w populacji osób dorosłych. Według danych z 2018r. 2/3 osób po udarze mózgu opuszcza szpital z niepełnosprawnością. W skali ogólnoświatowej, co dwie sekundy jedna osoba doznaje udaru mózgu (16 milionów osób rocznie). Jeden na ośmiu pacjentów po udarze umiera w ciągu 30 dni. Aż 75-80% przypadków udarów mózgu stanowią udary niedokrwienne.[1,2]

Utrata pełnosprawności, związana z udarem mózgu, ma duże znaczenie socjoekonomiczne. W społeczeństwie uprzemysłowionym nawet 5% wszystkich kosztów ponoszonych na ochronę zdrowia stanowią te, będące konsekwencją udarów mózgu. Nakłady finansowe związane z przewlekłą opieką poudarową są nieporównywalnie większe od kosztów leczenia pacjentów w fazie ostrej. Ponieważ udar w 25% przypadków występuje u osób czynnych zawodowo, wiąże się z nim dodatkowo zjawisko utraty produktywności społecznej oraz ograniczenie aktywności zawodowej członków rodziny, wynikające z konieczności opieki nad chorym.[3]

W Polsce także z roku na rok wzrasta liczba osób doznających udaru mózgu. Według danych NFZ w 2018r. ponad 70 tysięcy Polaków przeszło incydent udarowy. Współczynniki śmiertelności i niepełnosprawności chorych po udarze w naszym kraju sięgają prawie 40%. Tempo wzrostu wydatków na rehabilitację jest większe niż wydatków na leczenie. W okresie 2013 – 2018 r. wzrosły one o 30%, z poziomu 159,6 mln zł do 207,6 mln zł. Jedynie odpowiednia profilaktyka i leczenie oraz możliwie jak najwcześniejsza rehabilitacja po udarze mózgu może przyczynić się do spadku tych danych liczbowych. [4,5]

Niemniej jednak w ciągu ostatnich dziesięcioleci, wraz z postępem medycyny, udar mózgu zmienił się z choroby niemalże niemożliwej do leczenia i niepodlegającej prewencji, w chorobę w dużym stopniu uleczalną oraz możliwą do zapobiegania. W związku z tym liczba osób, które przeżyły udar mózgu wciąż wzrasta. Tendencja wzrostowa jest również następstwem procesu zwiększania się udziału liczby osób starszych w ogólnej liczbie populacji na świecie. Generuje to konieczność poszerzania wiedzy w zakresie profilaktyki udarów, a także rozwiązań wpływających na poprawę jakości życia pacjentów po udarze mózgu.[6]

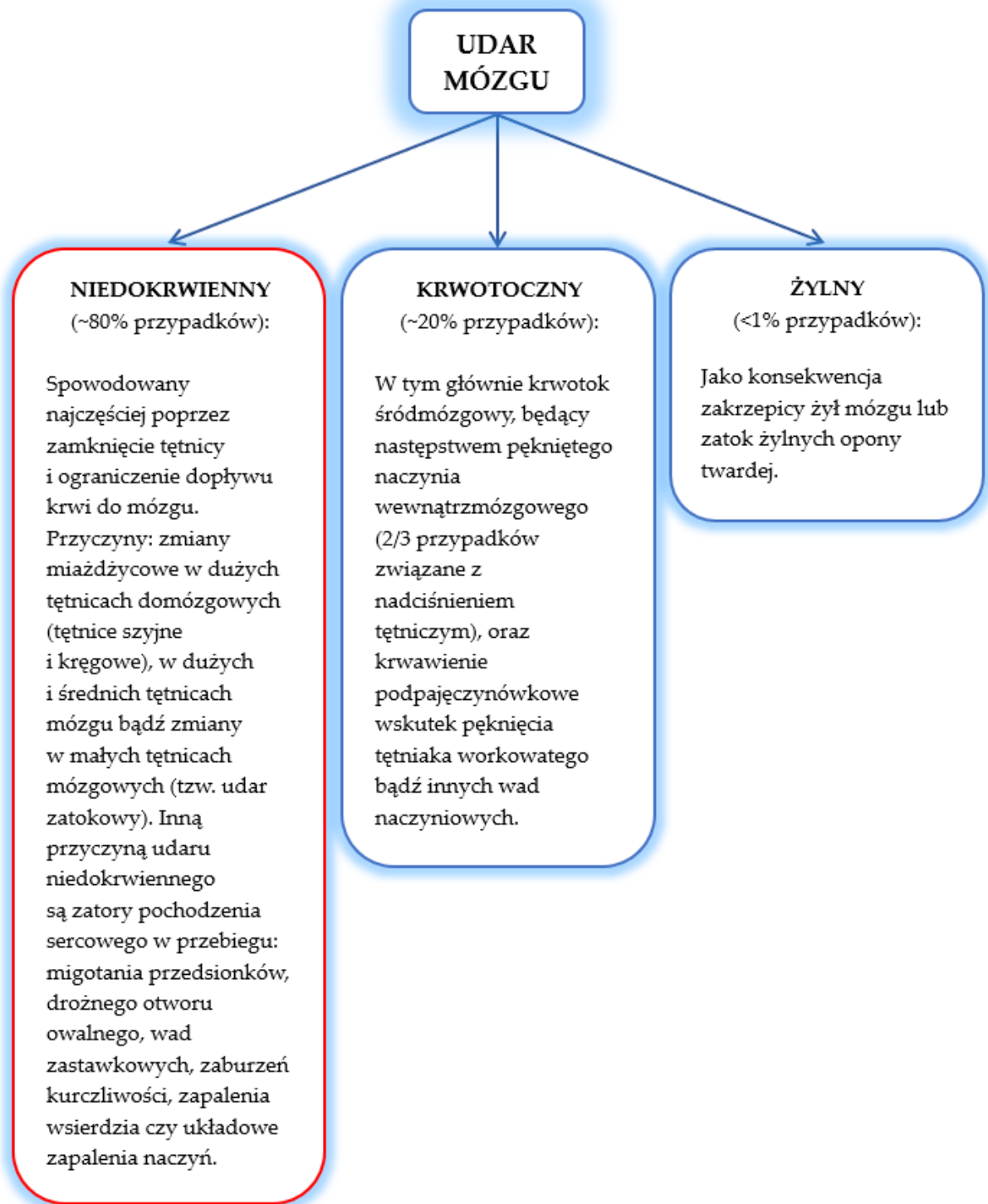
W niniejszej rozprawie przedstawiono przede wszystkim zagadnienia dotyczące udaru niedokrwiennego mózgu oraz pacjentów po przebytych udarach niedokrwiennym w fazie przewlekłej. Powodem wyboru takiej tematyki oraz tej populacji chorych był wspomniany wcześniej fakt, iż bardzo dużą liczbę udarów mózgu (ok. 80%) stanowią udary niedokrwienne. Dodatkowo wysokość wydatków, ponoszonych na leczenie oraz rehabilitację osób po udarze mózgu w fazie przewlekłej, w porównaniu do fazy ostrej, jest znacznie wyższa. Ponadto pacjenci w fazie przewlekłej charakteryzują się dużymi deficytami

motorycznymi, prowadzeniem ruchu w utrwalonych, patologicznych wzorcach ruchowych, z towarzyszącymi kompensacjami i reakcjami stowarzyszonymi, zaburzeniami czucia powierzchownego i głębokiego oraz asymetrią dystrybucji ciężaru ciała w kierunku strony pośrednio zajętej, której następstwem są zaburzenia równowagi, mające ogromny wpływ na ograniczenie aktywności życia codziennego.[7] Przedstawione aspekty, odnoszące się do stanu funkcjonalnego, tłumaczą złożoność i trudność procesu usprawniania w okresie przewlekłym. Generują również potrzebę poszukiwania coraz bardziej efektywnych rozwiązań z zakresu diagnostyki funkcjonalnej oraz leczenia fizjoterapeutycznego, wykorzystujących najnowszą wiedzę, nie tylko z dziedziny medycyny, ale także dziedzin technicznych i technologicznych. W związku z powyższym, w omawianej rozprawie podjęto próbę przedstawienia i oceny przydatności mniej powszechnych systemów fizjoterapeutycznych, stosowanych w rehabilitacji pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, zarówno w terapii jak i ewaluacji stanu funkcjonalnego.

4.1. Udar mózgu – definicja i klasyfikacja

Udar mózgu to nagłe wystąpienie ogniskowych lub uogólnionych zaburzeń czynności mózgu, spowodowanych wyłącznie przyczynami naczyniowymi, związanymi z mózgowym przepływem krwi, trwających dłużej niż 24 godziny. Wyjątek stanowią zaburzenia czynności mózgu, trwające krócej niż 24 godziny (udokumentowane jednoznacznie ognisko niedokrwienne za pomocą badań neuroobrazowych), których objawy ustąpiły po leczeniu trombolitycznym lub pacjent zmarł w pierwszej dobie od początku objawów. Jeżeli natomiast ogniskowe objawy neurologiczne ustępują samoistnie do 24 godzin i w badaniach neuroobrazowych nie uwidocznione są ogniska niedokrwienne, rozpoznaje się napad przemijającego niedokrwienia mózgu (TIA – *Transient Ischaemic Attack*).[8]

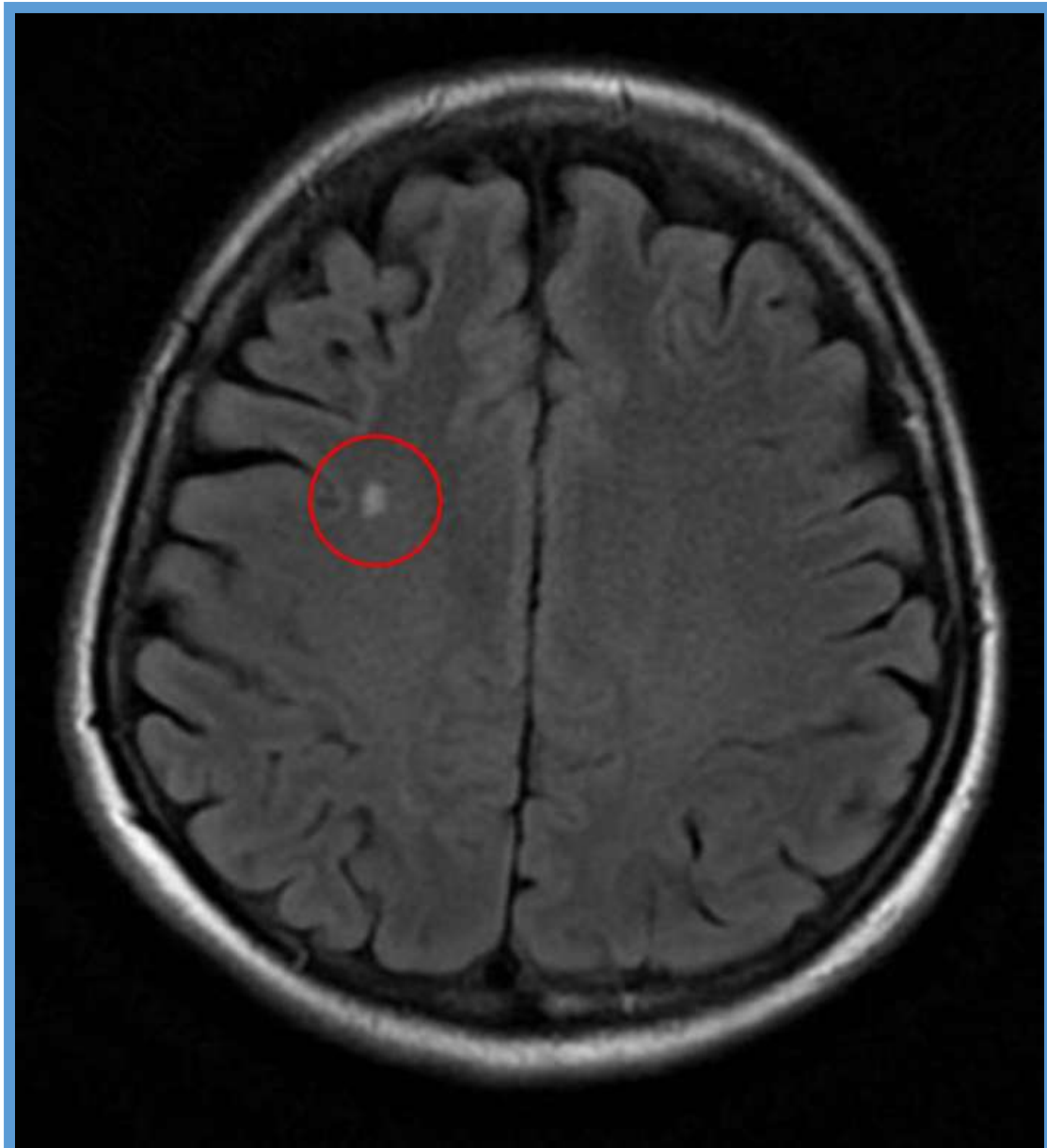
Już w 2009r. AHA (*American Heart Association*) i ASA (*American Stroke Association*), biorąc pod uwagę patomechanizm i przyczyny, podały podział udarów mózgu na: niedokrwienne, krwotoczne (krwotok śródmózgowy i podpajęczynówkowy) oraz żyłne.[9] Udar niedokrwienny występuje, gdy skrzep lub blaszka miażdżycowa zatyka naczynie krwionośne, odcinając dopływ krwi do komórek mózgu. Podstawą tego typu niedrożności jest proces chorobowy w obrębie serca (zawał, ciężka kardiomiopatia rozstrzeniowa, migotanie przedsionków), który doprowadza do powstania materiału zatorowego, bądź rozwój złogów tłuszczowych wyścielających ściany naczyń krwionośnych w przebiegu miażdżycy. Udar krwotoczny jest następstwem pękniętego naczynia wewnątrzmoźgowego bądź tętniaka workowatego (2/3 przypadków wiąże się z nieleczonym nadciśnieniem tętniczym). Udar żylny jest konsekwencją zakrzepicy żył mózgowych lub zatok żylnych opony twardej.[8,10] Powyższy podział przedstawia graficznie Rycina 1.



Rycina 1. Podział udarów mózgu ze względu na patomechanizm [opracowanie własne na podstawie oświadczenia AHA i ASA, opublikowanego w „Stroke” w 2009r.]

AHA i ASA posługują się również klasyfikacją udarów niedokrwiennych mózgu, opartą na projekcie Oxfordshire Community Stroke Project[11], wykorzystującą podział w zależności od lokalizacji ogniska niedokrwiennego i nasilenia niedokrwienia:

- Udar zatokowy (LACI – *Lacunar Infarcts*) – powstaje w obszarze unaczynienia małych tętnic przeszywających, najczęściej w jądrach podkorowych, torebce wewnętrznej, we wzgórzu oraz pniu mózgu (Rycina 2.). Zazwyczaj powoduje odosobniony niedowład bądź zaburzenia czucia w dwóch z trzech obszarów (twarz, kończyna górna lub kończyna dolna).[8]



Rycina 2. Obraz CT przedstawiający udar niedokrwienny mózgu (zakreślony kolorem czerwonym) typu LACI [źródło: Wojder, Wikimedia Commons, licencja:CC BY 3.0, dostępne od 31.01.2009r.]

- Udar obejmujący cały przedni obszar unaczynienia mózgu (TACI – *Total Anterior Circulation Infarcts*) – tworzy się w obszarze unaczynienia tętnicy przedniej i środkowej mózgu (Rycina 3.). Powoduje porażenie lub znaczny niedowład połowiczny bądź połowiczne zaburzenia czucia w dwóch lub trzech obszarach (twarz,

kończyna górna lub kończyna dolna), afazję oraz niedowidzenie połowiczne jednoimienne.[8]



Rycina 3. Obraz CT przedstawiający udar niedokrwienny mózgu (zakreślony kolorem czerwonym) typu TACI [źródło: Lucien Monfils, Wikimedia Commons, licencja:CC BY 3.0, dostępne od 21.07.2008r.]

- Udar obejmujący część przedniego obszaru unaczynienia mózgu (PACI – *Partial Anterior Circulation Infarcts*) – powoduje objawy ruchowe bądź czuciowe w jednym lub dwóch z trzech ww. obszarów lub tylko afazję (Rycina 4).[8]



Rycina 4. Obraz CT przedstawiający udar niedokrwienny mózgu (zakreślony kolorem czerwonym) typu PACI
[źródło: Wojder, Wikimedia Commons, licencja:CC BY 3.0, dostępne od 31.01.2009r.]

- Udar obejmujący tylny (kręgowo-podstawny) obszar unaczynienia mózgu (POCI – *Posterior Circulation Infarcts*) – wywołuje zespoły objawów uszkodzenia mózdzku, pnia mózgu bądź płatów potylicznych (Rycina 5).[8]



Rycina 5. Obraz CT przedstawiający udar niedokrwienny mózgu (zakreślony kolorem czerwonym) typu POCI
[źródło: Wojder, Wikimedia Commons, licencja:CC BY 3.0, dostępne od 31.01.2009r.]

Poza typowymi objawami ubytkowymi, związanymi z lokalizacją uszkodzenia mózgu, można spotkać się z sytuacją, w której występujące u pacjenta objawy nie będą zgodne z paradygmatem kliniczno-anatomicznym. Przyczyną takiego stanu rzeczy może być zjawisko diaschizy, czyli nagłego upośledzenia funkcji obszaru mózgu, odległego od miejsca pierwotnego uszkodzenia, ale powiązanego z tym miejscem czynnościowo.[12,13]

4.2. Czynniki ryzyka wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu

Ustalenie etiologii ostrego udaru niedokrwiennego mózgu jest szczególnie istotne z punktu widzenia leczenia pacjenta. Umożliwia bowiem większą możliwość określenia

rokowania po zachorowaniu, oceny ryzyka powtórzenia się incydentu udarowego oraz ustalenia właściwej strategii prewencji wtórnej oraz ewentualnej konieczności dodatkowej specjalistycznej diagnostyki i terapii. Główne czynniki ryzyka wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu można podzielić na dwie grupy: modyfikowalne i niemodyfikowalne (Tabela 1.).[14]

Tabela 1. Czynniki ryzyka wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu [15]

| Czynniki ryzyka wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu | |
|---|---|
| Niepodlegające modyfikacji | Podlegające modyfikacji |
| <ul style="list-style-type: none"> Wiek: częstość występowania udaru niedokrwiennego mózgu wzrasta wraz z wiekiem. Wartość ryzyka względnego (RR – <i>relative risk</i>) zachorowania na udar mózgu w odniesieniu do wieku wynosi około 5 (> 75 r. ż. w porównaniu z grupą wiekową 55-65 lat). Od 55 r. ż. ryzyko udaru mózgu wzrasta dwukrotnie co 10 lat. | <ul style="list-style-type: none"> Nadciśnienie tętnicze: im wyższe ciśnienie krwi, tym wyższe ryzyko wystąpienia pierwszego incydentu udarowego (zależność liniowa między ciśnieniem rozkurczowym [75-100 mmHg] i RR [0,25-4] – prawdopodobieństwo udaru mózgu podwaja się w przypadku każdego kolejnego 7,5 mmHG ciśnienia rozkurczowego). |
| <ul style="list-style-type: none"> Płeć: ryzyko zachorowania na udar mózgu jest nieco wyższe u mężczyzn (RR = 1,3 w przypadku udaru niedokrwiennego). U kobiet natomiast cięższy jest przebieg udaru, z bardziej nasilonymi deficytami neurologicznymi, niepełnosprawnością oraz depresją poudarową. | <ul style="list-style-type: none"> Brak ruchu: (RR = 2,5), regularny ruch (30-minutowy spacer 3 razy w tygodniu) znacznie redukuje ryzyko udaru niedokrwiennego mózgu, natomiast dłuższe pozostawanie w pozycji siedzącej przynosi odwrotny skutek i jest określane mianem „nowej formy palenia tytoniu”. |
| <ul style="list-style-type: none"> Czynniki etniczne: RR w przypadku udarów mózgu u czarnoskórych Amerykanów wynosi 4%, natomiast u białych Amerykanów – 2,5%. Podobne wyniki uzyskano w Wielkiej Brytanii. W krajach azjatyckich częstość udarów mózgu jest wyższa w porównaniu do krajów zachodnich. | <ul style="list-style-type: none"> Nadwaga: toczą się spory dotyczące niezależnego charakteru nadwagi, jako czynnika powodującego udary mózgu (tzw. paradoks otyłości). Niemniej jednak redukcja masy ciała prowadzi równocześnie do poprawy kontroli cukrzycy, wartości lipidogramu oraz tętniczego ciśnienia krwi. |
| <ul style="list-style-type: none"> Czynniki genetyczne: mutacja genu ZCCHC14 (na podłożu mikroangiopatii) czy mutacja genu PITX2 (sercopochodny materiał zatorowy). | <ul style="list-style-type: none"> Cukrzyca: sprzyja powstawaniu zmian miażdżycowych (o charakterze makro- i mikroangiopatii), czego rezultatem jest dwukrotny wzrost ryzyka wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu. |
| | <ul style="list-style-type: none"> Hipercholesterolemia: (w odniesieniu do cholesterolu całkowitego i LDL) jest znaczącym czynnikiem występowania udarów niedokrwiennych mózgu. |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Migotanie przedsionków: główna przyczyna udarów mózgu o etiologii sercowo-zatorowej (RR = 5), 25-33% wszystkich udarów niedokrwiennych. • Palenie tytoniu: podwaja ryzyko wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu. Uważa się, że > 10% przypadków udarów mózgu można byłoby uniknąć abstynencją od nikotyny. Po 2 latach od zaprzestania palenia tytoniu ryzyko udarów spada o połowę, po 5 latach osiąga poziom zbliżony do wartości wyjściowej. |
|--|---|

Do czynników nie podlegających modyfikacji należą: wiek, płeć, rasa oraz czynniki genetyczne.[16] W badaniach R. Grysiwicz wykazano, że po 55. roku życia ryzyko wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu wzrasta prawie dwukrotnie w każdej kolejnej dekadzie.[17] Odnosząc się do płci, częstość występowania udarów mózgu jest większa o 33% u mężczyzn, niż u kobiet, jednak objawy są bardziej nasilone w żeńskiej populacji.[18] Natomiast w odniesieniu do pochodzenia etnicznego, w badaniu V. Howard podano, iż w USA osoby rasy czarnej (zarówno mężczyźni, jak i kobiety), w wieku od 45 do 84 lat, są trzykrotnie bardziej narażone na wystąpienie udaru mózgu niż osoby rasy białej (różnica ta zmniejsza się po przekroczeniu 85. roku życia).[19] Udary niedokrwienne mogą być również spowodowane wysoce penetrującymi mutacjami mendelowskimi, co oznacza, że występowanie udaru w wywiadzie zwiększa jego prawdopodobieństwo w kolejnych pokoleniach.[20,21]

Do czynników ryzyka podlegających modyfikacji należą: nadciśnienie tętnicze, siedzący tryb życia, otyłość, cukrzyca i hipercholesterolemia, stosowanie używek, wysoki poziom stresu lub lęku, a także schorzenia kardiologiczne.[16] Niezwykle istotnym czynnikiem ryzyka wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu jest nadciśnienie tętnicze. WHO podaje, iż na każde 10 zgonów spowodowanych udarem mózgu, czterem można byłoby zapobiec, gdyby ciśnienie tętnicze krwi było odpowiednio uregulowane.[22] Niewłaściwa dieta jest drugim wiodącym czynnikiem związanym ze śmiertelnością z powodu udaru mózgu, natomiast cukrzyca i otyłość stanowią odpowiednio trzeci i czwarty najważniejszy czynnik ryzyka. Palenie tytoniu jest piątym, co do wielkości czynnikiem ryzyka - palacze wykazują 4,5-krotnie większą śmiertelność z powodu udaru mózgu. [16] Czynniki, które również mają wpływ na ryzyko wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu, są choroby sercowo-naczyniowe (w tym migotanie przedsionków, należące do najczęstszych zaburzeń rytmu serca). Ustalono, że u pacjentów z migotaniem przedsionków ryzyko tego typu udaru wzrasta 5-krotnie, z kolei u pacjentów z udarem zatorowym,

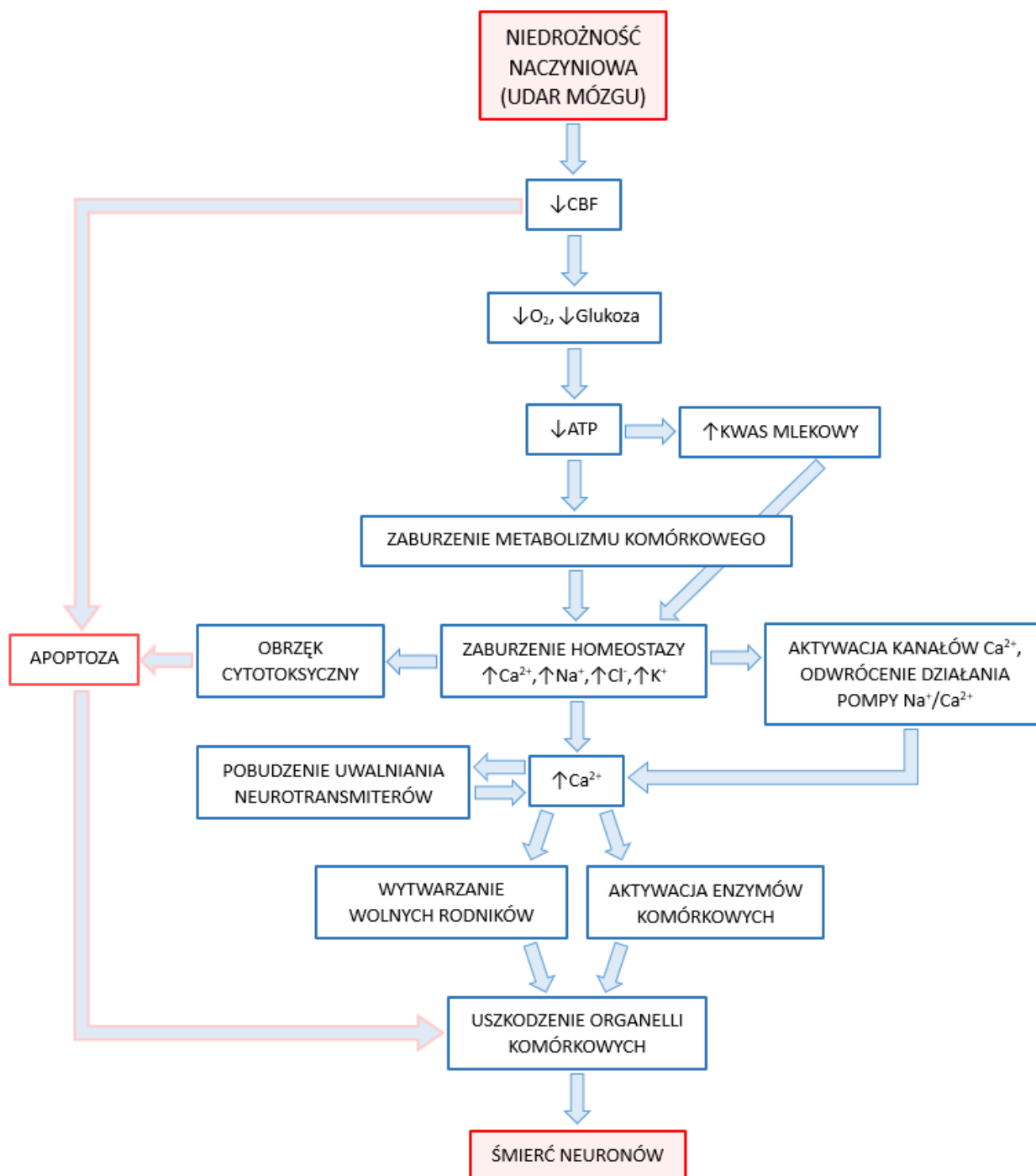
związanym z migotaniem przedsionków, stan kliniczny jest poważniejszy, niż u osób z udarem niezwiązanym z migotaniem przedsionków.[23]

W swojej pracy T. Muratova podaje, iż 90% wszystkich przypadków udarów mózgu na świecie jest związanych z modyfikowalnymi czynnikami ryzyka, co wskazuje na duże możliwości wdrażania profilaktyki.[24]

4.3. Patofizjologia udaru niedokrwiennego mózgu – kaskada niedokrwienne

Ludzki mózg, do prawidłowego funkcjonowania, potrzebuje nieprzerwanych dostaw glukozy i tlenu, których dystrybucja odbywa się dzięki napływowi do mózgu około 1000 ml krwi na minutę. Średnia wartość przepływu krwi mózgowej, określana w nomenklaturze medycznej jako CBF (*cerebral blood flow* – CBF), wynosi od 50 do 60 ml/100g/min, jednak różnice CBF mogą różnić się w zależności od obszaru mózgu i jego intensywności metabolicznej. Najbardziej wrażliwe na niedotlenienie są komórki piramidowe pól CA1 i CA3 hipokampa. Ulegają one nieodwracalnym zmianom już po 3 min. zmniejszonego dostępu do tlenu. Z kolei niektóre neurony prądkowia są w stanie przeżyć w warunkach niedotlenienia nawet 15–30 min.[25]

W przypadku, gdy prawidłowa wartość CBF ulega zmniejszeniu (poniżej 30ml/100g/min), dochodzi do niedomogi w zakresie miejscowej wymiany substancji odżywczych i tlenu, w obrębie jednostki nerwowo-naczyniowej, czego następstwem jest patologiczna depolaryzacja neuronów i komórek gleju oraz zahamowanie prawidłowej czynności elektrycznej. Utrzymująca się hipoperfuzja (wartość CBF \leq 20 ml/100g/min) wyzwała kaskadę uszkodzenia niedokrwiennego (Rycina 6).[16,25]



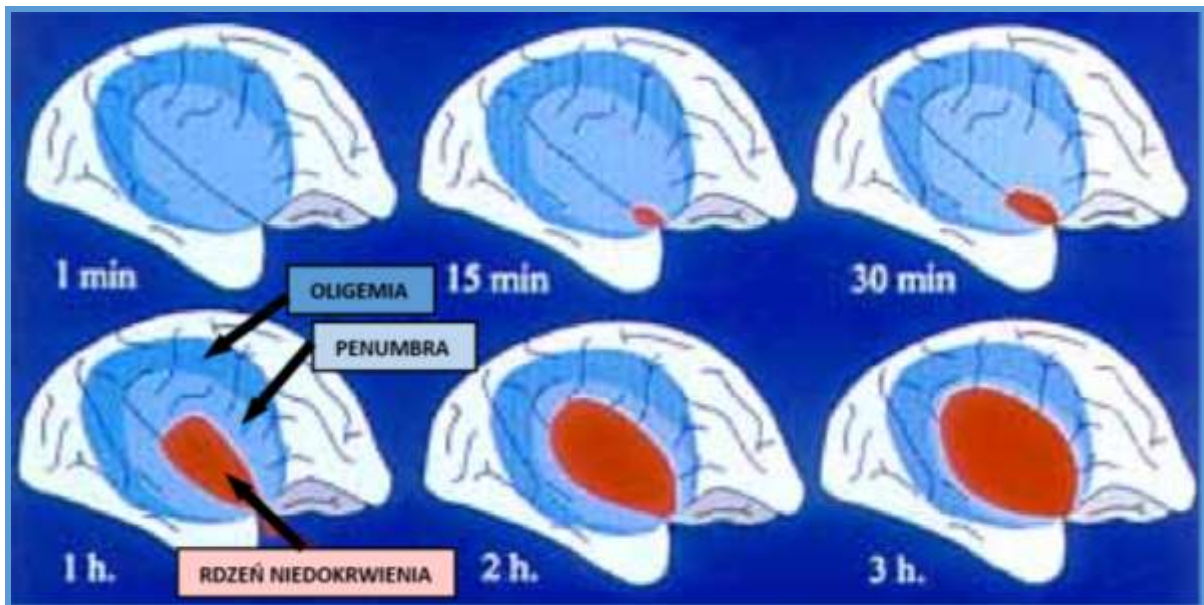
Rycina 6. Schemat przedstawiający kaskadę uszkodzenia niedokrwiennego [opracowanie własne na podstawie wyników badania W. Pulsinelli, opublikowanych w „Lancet” już w 1992r.]

Ograniczony dostęp do tlenu powoduje, iż neurony tracą swą zdolność do wytwarzania energii w formie adenozyntrifosforanu (ATP), w reakcjach metabolizmu tlenowego. W efekcie neurony zmieniają swój metabolizm na beztlenowy. Metabolizm ten wiąże się jednak z określonymi konsekwencjami: po pierwsze – nie produkuje on wystarczającej ilości energii (ok. 15 razy mniej energii niż metabolizm tlenowy), po drugie – wytwarzany jest produkt uboczny, nazywany kwasem mlekowym, który, w odpowiedzi

dużych ilościach, zaburza równowagę kwasowo-zasadową w mózgu, co w rezultacie prowadzi do niszczenia neuronów. W związku ze zmniejszeniem ilości wytwarzanej energii (zmniejszeniem liczby ATP w komórce nerwowej), zostaje zaburzone działanie pompy sodowo-potasowej, czego konsekwencją jest gromadzenie się jonów sodu wewnątrz neuronu. Zwiększone stężenie jonów Na^+ w płynie wewnątrzkomórkowym doprowadza do napływu wody do wnętrza neuronu (by obniżyć stężenie sodu). Neuron zaczyna puchnąć (tzw. obrzęk cytotoksyczny). Ponadto zaburzone zostaje również działanie pompy sodowo-wapniowej, czego następstwem jest rosnąca liczba jonów wapnia wewnątrz komórki. Efektem tego zjawiska jest ekscytotoksyczność – wysoki poziom jonów Ca^{2+} w komórce nerwowej powoduje wydzielanie neuroprzekaźników (np. glutaminianów) z zakończenia neuronu, które następnie ulegają dyfuzji i zaczynają pobudzać inne neurony. Pobudzenie neuronów skutkuje zwiększeniem liczby jonów Ca^{2+} w tych neuronach, co prowokuje wydzielanie dodatkowych ilości glutaminianów oraz pobudzanie kolejnych neuronów. Jest to intensywny cykl wzbudzania neuronów oraz wydzielania neurotransmiterów, toksyczny dla komórki nerwowej. Zwiększona liczba jonów wapnia doprowadza także do aktywacji enzymów degradujących: proteaz, które powodują rozpad białek wewnątrz neuronów, oraz lipazy, która niszczy błonę komórkową neuronów. Ponadto zwiększone stężenie jonów wapnia prowadzi do wytwarzania wolnych rodników i reaktywnych form tlenu, które prowadzą do dalszych uszkodzeń komórki nerwowej (zwłaszcza jej błony). W konsekwencji powoduje to napływ wszystkich rodzajów jonów oraz szkodliwych związków chemicznych do wnętrza komórki. Mitochondria, pod wpływem toksycznego środowiska, również ulegają zniszczeniu, wydzielając przy tym do cytoplazmy białka, nazywane czynnikami indukującymi apoptozę, co w następstwie prowadzi do degradacji DNA i RNA komórki nerwowej. Następuje śmierć neuronu.[16,26]

Obrzęk, który pojawia się w ciągu minuty od początku niedokrwienia, może być wykryty w obrazowaniu rezonansem magnetycznym, jako strefa hiperintensywna w sekwencji obrazowania dyfuzji MR. W sytuacji, gdy nie dochodzi do szybkiej rewaskularyzacji, doprowadza on do zapadnięcia naczynia, co ostatecznie wywołuje nieodwracalne uszkodzenie tkanki nerwowej. Rdzeń niedokrwienia otoczony jest obszarem względnie zmniejszonej perfuzji, czyli strefą półcienia (tzw. penumbra). W obszarze tym CBF jest z jednej strony na tyle duży, by tymczasowo podtrzymać życie komórki nerwowej, z drugiej strony jednak nie wystarcza do utrzymania prawidłowej czynności komórki w dłuższym czasie (Rycina 7.). Jeżeli wystarczająco szybko przywróci się odpowiednią perfuzję strefy penumbry, tkanki objęte tą strefą można potencjalnie uratować, co stanowi podstawę leczenia reperfuzyjnego ostrego udaru niedokrwiennego. Tkanka penumbry jest jednak bardzo niestabilna i przechodzi z czasem w strefę dokonanego zawału.[25,27] Dlatego też czas przywrócenia prawidłowego przepływu krwi jest najważniejszym czynnikiem terapeutycznym, który wpływa na neurologiczny wynik leczenia. Na podstawie badań prowadzonych na ludziach i zwierzętach, w zależności od jakości krążenia obocznego,

można szacować, iż czas od zamknięcia naczynia do dokonania się zawału w większości przypadków waha się od 2 do 6 godzin.[28-31]



Rycina 7. Schemat mózgu ilustrujący dynamikę zmian wielkości i proporcji obszarów rdzenia niedokrwienia, penumbry i oligemii: przebieg od momentu bezpośrednio po okluzji tętnicy środkowej mózgu (ilustracja górna lewa), do 3 godzin później (ilustracja dolna prawa). Oligemia jest obszarem niezagrożonym zawałem.[25]

4.4. Obraz kliniczny pacjenta po udarze niedokrwiennym mózgu

Obraz kliniczny udaru mózgu jest dynamiczny, zależny od etiologii, lokalizacji czy rozległości ogniska udarowego, oraz zmienny czasowo.[2] U około 25% chorych występują zaburzenia przytomności o zróżnicowanej postaci (od senności do głębokiej śpiączki), u 10-15% - jakościowe zaburzenia świadomości (omamy, urojenia, splątania, stany majaczenia, a także delirium u pacjentów z chorobą alkoholową). Ogniskowe objawy neurologiczne są następstwem zaburzeń czynności swoistych dróg i ośrodków mózgowych. Do typowych objawów i następstw udaru niedokrwiennego mózgu należą:

- porażenie lub niedowład połowiczny (hemipareza/ hemiplegia): występuje zazwyczaj po stronie przeciwległej do miejsca uszkodzenia mózgu. Powoduje spastyczne napięcie mięśni oraz patologiczne synergizmy – zgięciowy w obrębie kończyn górnych, wyprostny w obrębie kończyn dolnych
- niedowład mięśni twarzy i języka: spowodowany ośrodkowym uszkodzeniem nerwu twarzowego i podjęzykowego
- zaburzenia równowagi i niezborność ruchowa
- zaburzenia czucia głębokiego i powierzchownego (anestezja)
- spastyczność
- niedowidzenie połowiczne
- zaburzenia połykania (dysfagia)

- zaburzenia mowy (afazja): występują przy uszkodzeniu półkuli dominującej (zazwyczaj lewej). Wyróżnia się afazję ruchową – niemożność mówienia, oraz afazję czuciową – chory nie rozumie wypowiedzianych słów. Najczęściej dochodzi jednak do afazji mieszanej
- zaburzenia poznawcze i emocjonalne: objawiające się głównie obniżeniem sprawności intelektualnej, zaburzeniami rozumienia oraz pamięci
- zaburzenia kontroli oddawania moczu czy stolca.[8,16,32]

W uszkodzeniu dróg korowo-jądrowych i piramidowych, będącym wynikiem niedokrwienia, najczęściej występuje porażenie lub niedowład oraz zmiana napięcia mięśniowego, przybierająca w późniejszym okresie postać spastyczności. W uszkodzeniach neuronów kory mózgowej natomiast może występować obniżenie napięcia mięśni – hipotonia mięśniowa. Jednak zawsze bez względu na stan napięcia mięśni w uszkodzeniu dróg piramidowych obserwuje się wzmożenie odruchów ścięgnistych oraz pojawienie się odruchów patologicznych, np. objaw Babińskiego.[10]

O występowaniu niedowładów świadczy przede wszystkim mniejsza aktywność ruchowa zajętych niedowładem kończyn, osłabienie siły mięśniowej, słabsza reakcja na bodźce bólowe oraz charakterystyczne ustawienie kończyn strony bezpośrednio zajętej uszkodzeniem. W kończynie górnej ramię ustawia się w zgięciu, przywiedzeniu, rotacji wewnętrznej, przedramię jest zgięte w stawie łokciowym, ustawione w pronacji, ręka zgięta w stawie promieniowo-nadgarstkowym i zaciśnięta w pięść. Kończyna dolna ustawia się w rotacji wewnętrznej i wyproście w stawie kolanowym, zaś stopa w ustawieniu końskoszpotawym. W niedowładach (porażeniach) połowicznych nie wszystkie grupy mięśniowe są osłabione w jednakowym stopniu. Jest to widoczne głównie w mięśniach antygravitacyjnych – zginaczach ramion i przedramion, prostownikach uda oraz zginaczach podudzia, które charakteryzują się hipertonussem. Kończyna górna charakteryzuje się zazwyczaj większym niedowładem niż kończyna dolna, zwłaszcza w zespole tętnicy środkowej mózgu, której jedna z gałęzi, biegnąca przez torebkę wewnętrzną do jądra ogoniastego, jest przyczyną krwotoków mózgowych, wywołujących tzw. porażenie połowiczne torebkowe (porażenie typu Wernickiego-Manna).[10,33]

Często, wraz z zaburzeniami ruchowymi, występują zaburzenia czucia, ruchy atetotyczne oraz dolegliwości bólowe (zwłaszcza przy niedokrwieniu w zakresie tętnicy tylnej mózgu, unaczyniającej wzgórze i śródmózgowie). Jest to tzw. zespół wzgórzowy, objawiający się niedoczulicą, bólem strony bezpośrednio zajętej oraz ataksją połowiczną (ruchami atetotycznymi i płasawicą po jednej stronie ciała). Do innych objawów występujących u 35-50% pacjentów po udarze mózgu należą tzw. zaburzenia wyższych czynności nerwowych, które są najbardziej wyraźne w udarach mózgu obejmujących półkulę dominującą. Są to m.in. afatyczne zaburzenia mowy o różnej symptomatologii klinicznej – afazja ruchowa, czuciowa, mieszana, amnestyczna i globalna z towarzyszącą aleksją, akalkulią, agrafią oraz tzw. głuchotą korową. Zaburzenia mowy mogą wystąpić także w przypadku ognisk niedokrwieniowych półkuli niedominującej czy wzgórza. Wśród

innych zaburzeń poznawczych, będących wynikiem udaru mózgu, wskazać można agnozę wzrokową i twarzy oraz zespół zaniedbywania lub pomijania jednostronnego (udar prawej półkuli mózgu, zwłaszcza struktur ciemieniowych i czołowych). Z objawów wegetatywnych wymienić należy zaburzenia rytmu serca, ciśnienia krwi, termoregulacji, rytmu snu oraz moczówkę prostą.[2,10,16]

Poza wyżej wymienionymi typowymi objawami udaru niedokrwiennego mózgu występują również inne powikłania neurologiczne:

- Depresja poudarowa: występuje u 30-50% chorych (częściej u kobiet), osiągając szczyt między 3. a 6. miesiącem od przebytego udaru mózgu. Podwaja ona ryzyko wystąpienia ponownego udaru. W uszkodzeniach struktur głębokich płata skroniowego (okolice zakrętu obręczy i stopy hipokampa) pierwszoplanowo pojawiają się zaburzenia motywacji, opisywane jako zespół apatii. Pacjent pozostaje obojętny wobec otoczenia, charakteryzuje się bezczynnością bądź wykonywaniem prostych stereotypowych czynności. Z kolei brak zainteresowań i bierność w wymiarze poznawczym mają negatywny wpływ na aktywność motoryczną i czynny udział w procesie rehabilitacji.
- Otępienie: pojawia się zwłaszcza u chorych z wcześniejszymi zaburzeniami poznawczymi, z dużą liczbą obszarów niedokrwienych w istocie białej oraz zmniejszoną objętością hipokampa.
- Padaczka poudarowa: występuje u 3-10% chorych i towarzyszy najczęściej udarom z zajęciem kory mózgu.
- Parkinsonizm poudarowy: pojawia się po udarze obejmującym jądra podkorowe oraz po udarze zatokowym. W zespole tym, w odróżnieniu od choroby Parkinsona, drżenie zamiarowe zwykle jest mniej nasilone, zaś reakcja na leki ograniczona.
- Ośrodkowy ból poudarowy: występuje u ok. 8% chorych z ogniskiem udarowym w pobliżu wzgórza, pnia mózgu i torebki wewnętrznej. Ból obejmuje połowiczno okolice objęte niedowładem (z towarzyszącą połowiczną niedoczulicą).[8,10,16]

Ze względu na charakterystyczne objawy wyróżnia się kilka zespołów klinicznych, zależnych od lokalizacji niedokrwienia: tętnicy szyjnej wewnętrznej, tętnicy środkowej mózgu, tętnicy przedniej mózgu, tętnicy podstawnej, tętnic kręgowych oraz tylnych mózgu. Zespoły te szczegółowo przedstawia Tabela 2.

Tabela 2. Zespoły kliniczne w zależności od lokalizacji niedokrwienia [10]

| Zespoły kliniczne w zależności od lokalizacji niedokrwienia | |
|---|---|
| Lokalizacja uszkodzenia | Objawy |
| Tętnica szyjna wewnętrzna | <ul style="list-style-type: none"> • przeciwstronny niedowład połowiczny (lub porażenie) • afazja przy uszkodzeniu półkuli dominującej • niedoczulica połowiczna • niedowidzenie połowiczne, zaburzenia skojarzonego spojrzenia w bok |
| Tętnica środkowa mózgu | <ul style="list-style-type: none"> • przeciwstronny niedowład kończyny górnej, porażenie kończyny dolnej |

| | |
|------------------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • zaburzenia czucia o analogicznym rozkładzie jak niedowład • afatyczne zaburzenia mowy przy uszkodzeniu półkuli dominującej |
| Tętnica przednia mózgu | <ul style="list-style-type: none"> • niedowład kończyny górnej i/ lub porażenie kończyny dolnej • rzadziej niedowład twarzowo-ramienny |
| Tętnice kręgowie | <ul style="list-style-type: none"> • zaburzenia równowagi, zawroty głowy • <i>drop attacks</i> – nagłe zwiotczenie mięśni kończyn dolnych i upadek • zespół podopuszkowy: zaburzenia czucia okolicy twarzy, zespół Hornera, niedowład połowiczy, a po przeciwnej stronie połowicze rozszczepienne zaburzenie czucia • zespoły naprzemienne z zajęciem nerwów IX, X, XI, XII |
| Tętnica podstawna | <ul style="list-style-type: none"> • zaburzenia przytomności • porażenie czterokończynowe (tetraplegia) • uszkodzenie nerwów czaszkowych III, IV, VI, VII |
| Tętnice tylne mózgu | <ul style="list-style-type: none"> • gałęzie korowe: niedowidzenie połowicze przeciwstronne, ślepotą korową przy zamknięciu obu tętnic • gałęzie do wzgórza i śródmózgowia: zespół wzgórzowy (przeciwstronne niedowidzenie połowicze, niedoczulica, hiperpatia) • niedowład naprzemienny z zajęciem nerwu III • drżenie pozapiramidowe |

4.5. Postępowanie fizjoterapeutyczne stosowane u chorych po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej

Już w roku 1997 specjalna Grupa Zadaniowa Europejskiej Federacji Stowarzyszeń Neurologicznych (EFNS - *European Federation of the Neurological Societies Task Force*), pracująca pod kierunkiem M. Barnesa, w swoim raporcie „*Standards in neurological rehabilitation*”, podkreśliła znaczące korzyści płynące z rehabilitacji neurologicznej, m. in. poprawę stanu funkcjonalnego chorego, zmniejszenie liczby powikłań po udarze mózgu, redukcję krytycznych przyjęć do szpitala, zmniejszenie zależności pacjenta od otoczenia, obniżenie kosztów leczenia, poprawę jakości życia chorego.[8,34] Z kolei P. Duncan, w imieniu grupy roboczej wspieranej przez AHA i ASA, opublikowała w 2005 roku („*Stroke*”, Volume 36, Issue 9) praktyczne wytyczne odnoszące się do kluczowych punktów w rehabilitacji osób po udarze mózgu (Rycina 8.). Z wytycznych tych wynika, iż kluczowe znaczenie dla optymalizacji rehabilitacji ma wczesna ocena pacjenta oraz interwencja. Do ustalenia kompleksowego planu terapii, poza oceną funkcjonalną chorego, niezbędne są również sprawdzone narzędzia badawcze. Postępowanie fizjoterapeutyczne, oparte na dowodach

naukowych (EBM – *Evidence-Based Medicine*), powinno bazować na celach funkcjonalnych. Ponadto każdy pacjent powinien mieć dostęp do doświadczonego, wielodyscyplinarnego zespołu rehabilitacyjnego, w celu zapewnienia optymalnego wyniku terapii. Ważną składową tego zespołu powinna stanowić także rodzina (opiekun) chorego. Natomiast niezbędnym elementem programu fizjoterapeutycznego powinna być edukacja pacjenta i jego rodziny, gdyż ma ona pozytywny wpływ na społeczne dostosowanie, partycypację czy utrzymanie efektów rehabilitacji.[35]



Rycina 8. Punkty kluczowe w rehabilitacji osób po udarze mózgu [opracowanie własne na podstawie artykułu P. Duncan „Management of Adult Stroke Rehabilitation Care. A Clinical Practice Guideline”; *Stroke*; 2005;36: p.100-143]

W procesie nowoczesnej, kompleksowej fizjoterapii pacjentów po udarze mózgu obowiązuje model usprawniania ukierunkowany na cel (zazwyczaj jest to osiągnięcie określonego poziomu funkcjonalnego). Podstawą tego modelu jest rozpatrywanie pacjenta na poziomie aktywności i uczestnictwa.[36] Duże znaczenie odgrywa tu ocena zaburzeń motorycznych, ograniczeń funkcjonalnych oraz potrzeb chorego. Kinezyterapia oparta jest na zadaniach (terapia funkcjonalna) i wielopłaszczyznowej stymulacji, wykorzystując reedukację nerwowo-mięśniową oraz zjawisko plastyczności mózgu.[37,38]

W ciągu ostatnich dwudziestu lat najbardziej znaczącym narzędziem, opracowanym w celu opisanie kompleksowej perspektywy stanu zdrowia i funkcjonowania, zarówno na poziomie jednostki, jak i populacji, stała się Międzynarodowa Klasyfikacja Funkcjonowania, Niepełnosprawności i Zdrowia – ICF (Rycina 9.). ICF zawiera 1424 kategorie, zgrupowane w czterech komponentach: "b" – funkcje ciała, "s" – struktury ciała, "d" – aktywność i uczestnictwo oraz "e" – czynniki środowiskowe. Klasyfikacja ta pozwala na identyfikację ograniczeń oraz potrzeb jednostki, poza jej diagnozą, i może pomóc klinicytom w określeniu celów funkcjonalnych oraz doborze leczenia.



Rycina 9. Schemat przedstawiający model ICF oraz zależności pomiędzy jego składowymi [opracowanie własne na podstawie podręcznika S. Adler i wsp., PNF w praktyce. DB Publishing, Warszawa 2014, s 3]

Dla celów praktycznych w 2012 roku opracowano również Podstawowe Zestawy ICF (tzw. ICF Core Sets), które łączą określone warunki zdrowotne z odpowiednimi kategoriami ICF, by umożliwić ukierunkowanie wielodyscyplinarnych ewaluacji. Zestawy Podstawowe ICF zostały wprowadzone, aby skuteczniej przeprowadzać ocenę potrzeb, dopasowywać interwencje do określonych warunków zdrowotnych oraz oceniać przebieg rehabilitacji i jej efekty w odniesieniu do poszczególnego pacjenta. Podstawowy Zestaw ICF dla udaru mózgu[39] został wykorzystany w wielu badaniach jako ramy dla wyboru odpowiedniej kombinacji miar wyników w szerokim[40] lub specyficznym problemie[41] oraz jako użyteczne narzędzie przy opracowywaniu kompleksowych miar wyników[42-44] lub opisywaniu wzorców niepełnosprawności[45]. Dodatkowo kwalifikatory ICF określają informacje o wielkości, lokalizacji i naturze każdego problemu funkcjonalnego. W ten sposób kwalifikatory ICF podkreślają mocne i słabe strony, w odniesieniu do stanu funkcjonalnego

pacjenta, oraz opisują zmiany w profilach funkcjonalnych chorego w określonym przedziale czasu.[38,46] W pracy C. Perin udowodniono, iż zastosowanie podstawowego zestawu ICF dla udaru mózgu oraz kwalifikatorów pozwala na ocenę wszystkich problemów, z jakimi mogą się zmagać osoby po udarze, co nie jest możliwe przy użyciu pojedynczego narzędzia oceny. Podkreślono jednak konieczność przeprowadzenia kolejnych badań, dotyczących tego, jak dane, zgromadzone za pomocą ICF Core Set, powinny być uwzględniane przy opracowywaniu nowych metod terapeutycznych i w jaki sposób kwalifikatory ICF mogą wyznaczać kierunki przyszłego programu usprawniania w warunkach klinicznych.[38]

W postępowaniu fizjoterapeutycznym bardzo ważna jest wczesna mobilizacja pacjenta. Jak już wcześniej wspomniano, w niniejszej rozprawie skoncentrowano się na populacji pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, jednak opisując zagadnienie następstw dotyczących okresu przewlekłego należy podkreślić ogromną ważność usprawniania już od początku fazy ostrej. W roku 2015, na łamach czasopisma „*The Lancet*”, ukazały się wyniki badania AVERT (*A Very Early Rehabilitation Trial after stroke*), poświęcone rehabilitacji pacjentów w ostrej fazie zachorowania na udar niedokrwienny lub krwotoczny mózgu. W artykule pojawiło się pojęcie wczesnego uruchamiania (VEM – *very early mobilization*), rozumiane jako aktywność pacjenta poza łóżkiem (siedzenie, stanie lub chodzenie) w ciągu 24 godzin od wystąpienia udaru. Wczesna mobilizacja, jak również rozpoczęcie samego usprawniania, mogą skutecznie obniżyć ryzyko wystąpienia powikłań po udarze mózgu, takich jak: zachyłkowe zapalenie płuc, zakrzepica żył głębokich czy zakażenie układu moczowego.[47] Obecnie, wśród ekspertów oraz licznych zaleceń (popartych aktualnym piśmiennictwem), panuje pogląd, zgodnie z którym VEM może skrócić pobyt w szpitalu i usprawnić codzienne czynności życia pacjentów.[48-52]

Zgodnie z zaleceniami Polskiego Towarzystwa Neurologicznego, opieka rehabilitacyjna powinna być zapewniona w takim zakresie i o takiej intensywności, jakie są potrzebne pacjentowi do odzyskania sprawności i powrotu do stanu funkcjonalnego sprzed zachorowania lub do zaadaptowania się i uzyskania optymalnego poziomu niezależności.[53] Fizjoterapia pacjentów po udarze mózgu w fazie ostrej i podostrej obejmuje postępowanie fizjoterapeutyczne przez pierwsze 3 do 6 miesięcy od wystąpienia udaru mózgu.[54] Okres ten odznacza się wzmożonymi procesami samonaprawy.[55] Dochodzi wówczas do intensywnych zjawisk neuroplastycznych w uszkodzonym obszarze OUN.[56] Prowadzenie fizjoterapii w fazie ostrej skutecznie obniża wczesną i późną śmiertelność po udarze mózgu. Wpływa również na zmniejszenie ryzyka wtórnych powikłań oraz na przebieg leczenia fizjoterapeutycznego w okresie przewlekłym. Na przykład rozpoczęcie torowania ruchu w prawidłowych wzorcach, natychmiast po uzyskaniu stabilizacji stanu ogólnego pacjenta, pozwala w dużym stopniu zapobiec utrwalaniu kompensacji i patologicznych wzorców ruchowych w przyszłości.[53,57] Na dalszym etapie zdrowienia (faza przewlekła – powyżej 6 miesięcy od wystąpienia udaru mózgu) zmiany funkcjonalne są odzwierciedleniem głównie procesów kompensacyjnych

mózgu, polegających na reorganizacji strukturalnej i funkcjonalnej obwodów neuronalnych.[56]

Z każdym rokiem zdolności poznawcze i funkcjonalne chorych z rozpatrywanej populacji ulegają pogorszeniu, co powoduje, że zmniejsza się ich samodzielność na rzecz większej zależności od otoczenia.[58] Tłumaczy to większą złożoność i trudność, jaką charakteryzuje się diagnostyka funkcjonalna oraz usprawnianie pacjentów po udarze mózgu w fazie przewlekłej. Proces leczenia fizjoterapeutycznego w tej fazie jest utrudniony również z powodu dużej progresji i różnorodności następstw uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego (OUN) oraz dużej heterogeniczności omawianej populacji chorych. Pacjenci w okresie przewlekłym cechują się w większości znacznymi deficytami motorycznymi, prowadzeniem ruchu w utrwalonych, patologicznych wzorcach ruchowych, z towarzyszącymi kompensacjami i reakcjami stowarzyszonymi, zaburzeniami czucia powierzchownego i głębokiego oraz asymetrią dystrybucji ciężaru ciała w kierunku strony pośrednio zajętej (zwłaszcza podczas lokomocji).[7] Asymetryczny wzorec chodu nie tylko zwiększa jego wydatek energetyczny czy ryzyko upadków, ale również może powodować utratę gęstości kości w kończynie dolnej strony bezpośrednio zajętej, zwiększenie ryzyka wystąpienia zmian zwyrodnieniowych w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego i pojawienie się bólu w kończynie dolnej strony pośrednio zajętej (w związku z długotrwałym jej obciążaniem).[59,60] Dochodzi do progresji osłabienia siły mięśniowej, będącej wynikiem zmniejszającej się masy mięśni, głównie strony objętej zespołem neurologicznym. Utrata masy mięśniowej (obserwowana już w fazie ostrej) związana jest z zaburzoną kontrolą neurovegetatywną, spadkiem liczby neuronów ruchowych, degeneracją połączeń nerwowo-mięśniowych, ogólnoustrojową nierównowagą kataboliczno-anaboliczną oraz lokalnymi zmianami metabolicznymi mięśni.[61] Wspomniana powyżej asymetria dystrybucji ciężaru ciała w kierunku strony pośrednio zajętej wynika z dysbalansu mięśniowego – tonus mięśniowy strony bezpośrednio zajętej obniża się, czego efektem jest wzrost aktywności strony pośrednio zajętej. Po ok. 3 miesiącach od udaru mózgu zaczyna pojawiać się wzmożone patologiczne napięcie mięśni strony objętej zespołem neurologicznym (spastyczność).[62] Osłabienie mięśni strony objętej zespołem neurologicznym oraz spastyczność tych mięśni jest głównym powodem wzrostu częstości przenoszenia ciężaru ciała na stronę pośrednio zajętą. Brak obciążania strony bezpośrednio zajętej generuje z kolei zwiększenie osłabienia mięśni, pogłębienie zaburzeń czucia, zarówno powierzchownego, jak i głębokiego oraz dodatkowy wzrost spastyczności tejże strony.[63,64] W następstwie opisanych wyżej procesów dochodzi do stopniowego pojawiania się mechanizmu wyuczonego nieużywania strony objętej zespołem neurologicznym. Postępowanie fizjoterapeutyczne powinno być ukierunkowane na hamowanie tego mechanizmu, poprzez torowanie przenoszenia ciężaru ciała na kończynę dolną strony bezpośrednio zajętej.[64]

Obecnie dostępnych jest wiele metod fizjoterapeutycznych, o udowodnionej naukowo skuteczności, wykorzystywanych w terapii pacjentów po przebytych udarach mózgu.[5,65-78] Jednak postęp medycyny oraz wzrost współczynnika przeżywalności

chorych po udarze mózgu inicjuje konieczność nieustannego poszukiwania skuteczniejszych form usprawniania oraz wprowadzania zmian w dotychczasowych strategiach leczenia fizjoterapeutycznego. Dokonując przeglądu literatury przedmiotu podjęto próbę analizy publikacji naukowych, przedstawiających metody fizjoterapeutyczne, wykorzystywane obecnie w leczeniu fizjoterapeutycznym po udarze mózgu. Zostały one szczegółowo omówione w pierwszej pracy w cyklu pt.: „Przegląd wybranych metod fizjoterapeutycznych wykorzystywanych w usprawnianiu chorych po udarze mózgu”.

W pracy tej jedną z szeroko opisanych metod jest, stosowana od wielu lat, proprioceptywna facylitacja nerwowo-mięśniowa (PNF – *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation*). Jest to podejście terapeutyczne, które wykorzystuje dotykowe, słuchowe i proprioceptywne bodźce, w celu wytworzenia funkcjonalnej poprawy, będącej efektem adekwatnej odpowiedzi motorycznej.[5,79] Wśród badań, w których stosowano zróżnicowane wzorce PNF (w tym wzorce: sprintera i łyżwiarza, szyi, łopatki i miednicy w pozycji leżąc na boku oraz obu kończyn dolnych), uzyskano pozytywne wyniki, sugerujące korzystny wpływ metody PNF na równowagę statyczną i dynamiczną pacjentów po udarze mózgu w fazie przewlekłej.[80-85] Wyniki prac badawczych M. Dettmann i A. Nardone wykazały, że równowaga może być predyktorem jakości chodu w omawianej populacji chorych, warunkując silną korelację między zaburzeniami równowagi a parametrami chodu.[86,87] Ponadto badania R. Wang oraz K. Haruyama udowodniły dodatnie oddziaływanie wzorców miednicy na poprawę jej kontroli, w celu zwiększenia stabilizacji tułowia, co miało odzwierciedlenie w poprawie funkcji lokomocji wśród omawianej populacji chorych.[88,89] Jednakże, pomimo wzrostu liczby opublikowanej literatury na temat efektów metody PNF, w odniesieniu do równowagi i chodu u pacjentów po udarze mózgu w fazie przewlekłej, P. Nguyen i wsp. w swoim przeglądzie systematycznym z roku 2022, zauważyli, iż w rozpatrywanym powyżej zagadnieniu terapeutycznym, nadal istnieją ograniczone dowody z metaanaliz randomizowanych badań kontrolowanych.[90]

Kolejną metodą przedstawioną w publikacji „Przegląd wybranych metod fizjoterapeutycznych wykorzystywanych w usprawnianiu chorych po udarze mózgu” jest metoda NDT-Bobath. Celem tej koncepcji jest optymalizacja funkcji osoby po udarze mózgu poprzez poprawę kontroli posturalnej oraz ułatwianie selektywnych ruchów, ukierunkowując je na czynności życia codziennego. Ponadto terapia oparta na metodzie Bobath ma na celu przywrócenie pacjentowi umiejętności przyjmowania symetrycznej postawy w siadzie i w stanie, poprzez zapewnienie większej świadomości pozycji ciała w stosunku do powierzchni podparcia.[91,92] Odpowiednie oparcie, uzyskane poprzez przemieszczanie punktów kluczowych (głowy, szyi, tułowia, obręczy barkowej i kończyn górnych, obręczy biodrowej i kończyn dolnych), inicjuje czynności przywracania odruchowej postawy, równowagi i samoobsługi przez pacjenta oraz umożliwia akumulację prawidłowych wrażeń sensomotorycznych.[93] W randomizowanym kontrolowanym badaniu pilotażowym M. Mudie i wsp. sugerują, iż przywrócenie symetrii postawy w pozycji siedzącej, we wczesnych etapach rehabilitacji, za pomocą terapii koncentrującej się na tworzeniu świadomości pozycji

ciała, jest możliwe.[92] Z kolei C. Dean i R. Shepherd dowodzą, że trening symetrii w siadzie, w ostrej fazie po udarze mózgu, może poprawić dystrybucję ciężaru ciała na kończyny dolne w pozycji stojącej w okresie późniejszym.[94] Kontrola tułowia u pacjentów po udarze mózgu została uznana za ściśle skorelowaną z prognozowaniem długotrwałego funkcjonowania również w badaniach przeprowadzonych przez G. Verheydena i wsp.[95] Niestety dostępnych jest niewiele doniesień naukowych, odnoszących się do wpływu terapii stosującej metodę Bobath na zaburzenia równowagi pacjentów, które koncentrowałyby się wyłącznie na populacji chorych po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.

Terapia ruchowa stosująca ograniczenie strony pośrednio zajętej – tzw. terapia wymuszona koniecznością (CIMT – *Constrain Induced Movement Therapy*) jest podejściem, które stymuluje użycie kończyny strony bezpośrednio zajętej, w celu zmniejszenia mechanizmu wyuczonego nieużywania oraz przywrócenia symetrii funkcjonalnej między kończynami.[74] W pracy przeglądowej J. Tedla i wsp. oceniano wpływ kończyny górnej i dolnej poddanej CIMT na równowagę i mobilność funkcjonalną u pacjentów po udarze mózgu. Wyniki badań wykazały większą skuteczność tej metody w odniesieniu do terapii wykorzystującej metody neurorozwojowe.[96] W badaniu Y. Zhu i wsp., przeprowadzonym wśród 11 pacjentów po przebytych udarze mózgu (do 6 miesięcy od zaistniałego udaru mózgu), zastosowano wymuszenie użycia kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym, poprzez torowanie ruchu i przenoszenie ciężaru ciała na tę kończynę. Uzyskane wyniki potwierdziły istotny wpływ CIMT na centralizację środka masy ciała. [97] Z kolei w pracy A. Fuzaro i wsp. udowodniono, iż metoda CIMT wpływa na poprawę lokomocji poprzez oddziaływanie na ruch kontrlateralnej kończyny górnej oraz zwiększenie zakresu ruchu i koordynacji pomiędzy kończynami górnymi i dolnymi podczas cyklu chodu. W badaniu tym zastosowano unieruchomienie kończyny górnej strony pośrednio zajętej na 23 godziny, 5 dni w tygodniu, przez miesiąc, czego efektem były pozytywne zmiany w zakresie równowagi oraz podczas lokomocji wśród badanej populacji pacjentów po udarze mózgu w fazie przewlekłej.[98] Jednakże E. Oliveira i wsp., na podstawie przeglądu dokonanego w ramach protokołu badawczego z 2021 roku, stwierdzili, iż nadal dostępnych jest niewiele prac naukowych na temat terapii CIMT w odniesieniu do kończyn dolnych u osób po udarze mózgu.[99]

Kolejną alternatywną formą usprawniania pacjentów po przebytych udarze mózgu jest terapia wykorzystująca wirtualną rzeczywistość (VR – *virtual reality*), która opiera się na generowaniu sztucznych bodźców sensorycznych, umożliwiając pacjentowi doświadczanie oraz interakcję z trójwymiarowym środowiskiem (3D).[65] Została ona również szczegółowo przedstawiona w pracy „Przegląd wybranych metod fizjoterapeutycznych wykorzystywanych w usprawnianiu chorych po udarze mózgu”. Trening równowagi w rzeczywistości wirtualnej może być poddawany modulacji i manipulacji, w celu poprawy łączności neuronowej i prowadzenia specyficznego dla pacjenta programu motorycznego, poprzez powtarzanie ćwiczeń oraz sensoryczne i wizualne informacje zwrotne.[100] W wielu pracach badawczych przedstawiono obiecujące wyniki, dowodzące skuteczności treningu chodu z

wykorzystaniem VR, w odniesieniu do poprawy równowagi oraz zdolności lokomocji u chorych po udarze mózgu.[101-104] Najnowszym doniesieniem naukowym w tym temacie, jest publikacja J. Shen z 2023 roku, w której przedstawione wyniki przeglądu systematycznego wskazują na pozytywny wpływ terapii z wykorzystaniem VR na równowagę, chód oraz zdolności funkcjonalne związane z wykonywaniem czynności życia codziennego, w opisywanej populacji chorych. Ponadto analiza wyników wskazuje na lepszy wpływ treningu VR na poprawę równowagi w okresie przewlekłym niż w fazie ostrej czy podostrej, poprzez indukcję reorganizacji korowej z nieprawidłowej ipsilateralnej do kontrlateralnej aktywacji kory czuciowo-ruchowej.[100] Wciąż jednak brakuje długoterminowych badań rozpatrujących możliwości pacjenta na poziomie aktywności i uczestnictwa oraz ilościowych metaanaliz, dotyczących wpływu terapii VR na równowagę czy funkcje chodu w poszczególnych okresach od zaistniałego udaru niedokrwiennego mózgu (faza ostra, podostra, przewlekła).[105] Sprzęt wymagany do przeprowadzania terapii z użyciem VR jest skomplikowany technicznie i drogi, a jego dostępność ogranicza się tylko do specjalistycznych ośrodków rehabilitacyjnych, co może wpływać na niewielką powszechność tej terapii, a to z kolei przekłada się na niską liczbę publikacji na temat leczenia fizjoterapeutycznego z zastosowaniem wirtualnej rzeczywistości u pacjentów po udarze mózgu w fazie przewlekłej.[102]

Pomimo dostępności wyżej wymienionych form terapii, nadal poszukuje się bardziej efektywnych rozwiązań, wykorzystujących najnowszą wiedzę, nie tylko z dziedziny medycyny, ale również dziedzin technicznych i technologicznych. Dążenie do uzyskania najbardziej pożądaných efektów w odniesieniu do stanu funkcjonalnego pacjenta po udarze mózgu wciąż stanowi wyzwanie dla terapeutów, chorych i ich rodzin. Powodem tego jest zapewne złożoność następstw i powikłań, jakie niesie za sobą uszkodzenie OUN.

4.5.1. Telerehabilitacja jako forma leczenia fizjoterapeutycznego pacjentów po udarze mózgu w warunkach ograniczonych zasobów

Ze względu na rosnące zapotrzebowanie na usługi rehabilitacyjne w warunkach ograniczonych zasobów, coraz bardziej powszechna staje się forma leczenia fizjoterapeutycznego w warunkach domowych, za pośrednictwem technologii komunikacyjnych (głównie słuchowych, wizualnych, dotykowych), bez bezpośredniego kontaktu terapeuty z pacjentem – tzw. telerehabilitacja.[106,107] Pośredni kontakt z fizjoterapeutą może mieć charakter synchroniczny (komunikacja z terapeutą odbywa się podczas wideorozmów w rzeczywistym czasie trwania terapii) lub asynchroniczny (komunikacja z terapeutą odbywa się sporadycznie, poza czasem przeznaczonym na terapię). Lekarze bądź fizjoterapeuci (w zależności od potrzeb, czy stanu pacjenta w danym okresie) weryfikują postępy terapii, sprawdzają poprawność wykonywanych zadań ruchowych, a także aktualizują plany terapii w oparciu o informacje zwrotne, uzyskiwane podczas wideokonferencji, dane dotyczące użytkowania systemu czy wyniki gier.[108] W ramach systemu telerehabilitacyjnego stosowana jest również terapia oparta na wirtualnej

rzeczywistości, która wykorzystuje oprogramowanie komputerowe do śledzenia ruchów użytkownika i pozwala mu na interakcję z grą lub scenariuszem prezentowanym na ekranie telewizora.[109]

Wzmożenie zapotrzebowania na tę formę rehabilitacji zauważalne było w ostatnim czasie podczas pandemii wirusa SARS-CoV-2, kiedy to drastycznie zmniejszyła się dostępność fizjoterapii (również po udarze mózgu) w warunkach szpitalnych i ambulatoryjnych. Ograniczona dostępność była efektem działań związanych z fizycznym zdystansowaniem społeczeństwa, w celu próby spowolnienia rozprzestrzeniania się patogenu. Placówki służby zdrowia ograniczono przede wszystkim dla pilnych przypadków, natomiast większość zabiegów fizjoterapeutycznych, przeznaczonych głównie dla chorych w stanie przewlekłym, została zawieszona. W niektórych krajach odnotowano spadek liczby przyjęć do szpitala z ostrym udarem mózgu od 50 do 80%.[110]

Wybuch pandemii wirusa SARS-CoV-2 zbiegł się w czasie z prowadzonymi wówczas procedurami badawczymi do pierwszego artykułu oryginalnego niniejszego cyklu publikacji. Uniemożliwiło to kontynuację badań, gdyż były one realizowane w ośrodkach rehabilitacyjnych, które zostały zamknięte dla osób z zewnątrz. Nie było wówczas wiadomo jak długo będzie trwała przedstawiona sytuacja epidemiczna. W związku z powyższym zainicjowało to potrzebę przeprowadzenia przeglądu systematycznego, dotyczącego telerehabilitacji w warunkach ograniczonych zasobów (w tym wypadku pandemii). Celem takiego opracowania była analiza korzyści i ograniczeń, płynących z prowadzenia systemu teleterapii, w odniesieniu do różnych aspektów stanu funkcjonalnego pacjentów po udarze mózgu: równowagi, motoryki kończyny górnej bezpośrednio zajętej, wydolności krążeniowo-oddechowej, funkcji poznawczych, a także poziomu akceptacji oraz wykonalności telerehabilitacji przez jej użytkowników w warunkach domowych. Wyniki tej analizy przedstawiono w kolejnej publikacji w cyklu *„Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic”*.

U wielu ludzi na świecie, a także i przede wszystkim chorych, wybuch pandemii wywołał ogromne zagrożenie, związane z niemożnością kontynuacji leczenia. W przypadku opisywanej jednostki chorobowej, jaką jest udar mózgu, ciągłość procesu leczenia fizjoterapeutycznego jest niezwykle istotna. Przerwa w terapii może powodować niejednokrotnie nieodwracalne następstwa. Stosowana już od 1959r. telerehabilitacja (pierwsze udokumentowane interaktywne wideo zostało zastosowane w Instytucie Psychiatrii w Nebrasce, w celu świadczenia usług w zakresie zdrowia psychicznego[111]) może być w tym przypadku alternatywą dla utrzymania ciągłości oraz odpowiedniego poziomu intensywności usprawniania, poprzez stosowanie zwiększonej liczby powtórzeń zadań ruchowych.[112,113] Badania kliniczne wskazują, iż do osiągnięcia optymalnego zakresu neuroplastyczności kory ruchowej po udarze mózgu, potrzebne są setki powtórzeń w konkretnym wzorcu ruchowym.[114-116] W badaniu S. Cramera obliczono wykonanie 1031 powtórzeń ruchów kończyny górnej dziennie w populacji chorych po udarze mózgu, poddanych teleterapii, co dowodzi wpływu tej formy fizjoterapii na maksymalizację

zjawiska plastyczności, poprzez intensyfikację zastosowanej terapii (liczba powtórzeń ruchów kończyny górnej, podczas terapii w warunkach szpitalnych, wynosi średnio zaledwie 32 na sesję).[116] W pracy badawczej M. Torrisi stwierdzono, iż telerehabilitacja przyczynia się do znacznego wzrostu funkcji, niezależnie od tego, czy terapię rozpoczęto w fazie ostrej czy przewlekłej po udarze mózgu.[117] Oczywiście wykorzystywanie systemu telerehabilitacyjnego, zwłaszcza w sytuacji ograniczonego dostępu, wskazuje na wiele korzyści, jednak trudno porównać taką formę terapii z bezpośrednim kontaktem z terapeutą, w przypadku rehabilitacji w ośrodku. Kontakt taki odgrywa niezwykle ważną rolę w procesie usprawniania, zwiększając poczucie bezpieczeństwa i wsparcia oraz poprawność wykonywanych zadań ruchowych przez pacjenta.[118] Efektywność terapii po udarze mózgu jest, na co wskazuje wiele badań [115,116,118-121], ściśle związana z motywacją pacjenta, jednak utrzymanie zaangażowania pacjenta na odpowiednim poziomie stanowi duże wyzwanie. Wskaźniki określające skalę nieprzestrzegania zaleceń terapeutycznych sięgają bowiem 70%, zwłaszcza w przypadku zajęć ruchowych w warunkach domowych, bez bezpośredniego nadzoru ze strony fizjoterapeuty.[116]

Telerehabilitacja, wykorzystująca wirtualną rzeczywistość (VR), odznacza się dużą różnorodnością zadań ruchowych, ukierunkowanych na cel, dzięki dostępności szerokiego wachlarza gier interaktywnych o progresywnym poziomie trudności. Doświadczenia ruchowe, oferowane przez VR, sprawiają, iż tradycyjne ćwiczenia stają się dla pacjentów mało atrakcyjne.[122] Technologie elektroniczne rozwijają się w obecnych czasach niezwykle dynamicznie, a sytuacja epidemiczna wymusiła to ze zdwojoną siłą. W badaniu L. Sheehy i wsp. udowodniono, iż technologie stosowane w systemie teleterapii są łatwe w użyciu i przystępne również dla populacji osób po udarze mózgu w fazie przewlekłej. Grupa badana stanowiła 20 pacjentów, bez zaburzeń poznawczych, którzy byli w stanie utrzymać pozycję stojącą przez co najmniej 2 minuty. Uczestnicy charakteryzowali się różnym poziomem znajomości technologii, co nie stanowiło bariery w pomyślnym udziale w sesjach telerehabilitacyjnych.[123]

Niestety siła samych dowodów, potwierdzających efektywność teleterapii, plasuje się jeszcze na niskim poziomie. Powodem jest ograniczona liczba randomizowanych badań kontrolowanych, mała liczba uczestników badań czy niejednorodne próby.[124] Uczestnicy programu usprawniania w systemie telerehabilitacji, to głównie pacjenci o lekkim i umiarkowanym stopniu niepełnosprawności ruchowej, którzy kwalifikują się do terapii wyłącznie na podstawie szczegółowo określonych kryteriów (Tabela 3.). Fakt ten w pewnym stopniu tłumaczy trudności w wykorzystaniu teleterapii w populacji pacjentów po udarze mózgu. Oczywiście nie dyskwalifikuje to całkowicie tej grupy chorych, jednak sama telerehabilitacja obligatoryjnie musi być poprzedzona zrozumiałym instruktażem oraz na bieżąco kontrolowana i modyfikowana przez fizjoterapeutę. By zapewnić bezpieczny przebieg ćwiczeń cały program usprawniania odbywa się w obecności opiekuna. Ponadto niektóre systemy teleterapii wymagają dodatkowego nakładu sprzętowego czy technologicznego (komputer, tablet, dostęp do Internetu) oraz wiedzy z zakresu obsługi tych

urządzeń, co może stanowić znaczne utrudnienie dla pacjentów po udarze mózgu, zwłaszcza w wieku podeszłym i starszym.

Tabela 3. Kryteria włączenia i wyłączenia kwalifikujące do terapii w systemie telerehabilitacyjnym [110]

| Kryteria włączenia: | Kryteria wyłączenia: |
|--|--|
| 1. Wiek ≥ 18 lat | 1. Diagnoza (poza udarem mózgu) znacząco wpływająca na funkcje kończyny górnej lub dolnej bezpośrednio zajętej |
| 2. Przebyty udar mózgu (przeważnie 4-36 tydzień po incydencie udarowym) | 2. Poważna, aktywna, współistniejąca choroba neurologiczna lub psychiatryczna (w tym demencja) |
| 3. Wynik testu Box and Block kończyny górnej bezpośrednio zajętej ≥ 3 bloki w 60s | 3. Zaburzenia, które zmniejszą prawdopodobieństwo przestrzegania przez pacjenta wszystkich procedur terapii |
| 4. Wynik FM-A = 22-56/ 66 punktów | 4. Afazja globalna |
| 5. Zdolność wykonania samodzielnie transferu z pozycji siedzącej do stania | 5. Ciężka depresja – wynik w Geriatrycznej Skali Depresji $> 10/ 15$ |
| 6. Obecność opiekuna podczas wykonywania zadań ruchowych | 6. Znaczące zaburzenia funkcji poznawczych – wynik Montrealskiej Oceny Funkcji Poznawczych $< 22/ 30$ |
| | 7. Deficyty w komunikacji ograniczające udział w terapii |
| | 8. Znaczące zaburzenia widzenia utrudniające prawidłowe wykonanie zadań na ekranie komputera |
| | 9. Ostrzyknięcie toksyną botulinową spastycznych mięśni w ciągu 6 miesięcy do rozpoczęcia programu terapeutycznego bądź w trakcie jego trwania |
| | 10. Niezdolność lub niechęć realizacji procedur terapii |

Mimo wszystko, podkreślając raz jeszcze znaczenie ciągłej, systematycznej terapii, a także na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury „*Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic*”, można stwierdzić, iż telerehabilitacja stanowi (w ograniczonym zakresie) alternatywną metodę dla terapii w warunkach szpitalnych czy ambulatoryjnych, umożliwiającą pacjentom po udarze mózgu osiągnięcie poprawy stanu funkcjonalnego oraz poprawę jakości życia w warunkach ograniczonych zasobów, w tym wypadku pandemii wirusa SARS-CoV-2.[110]

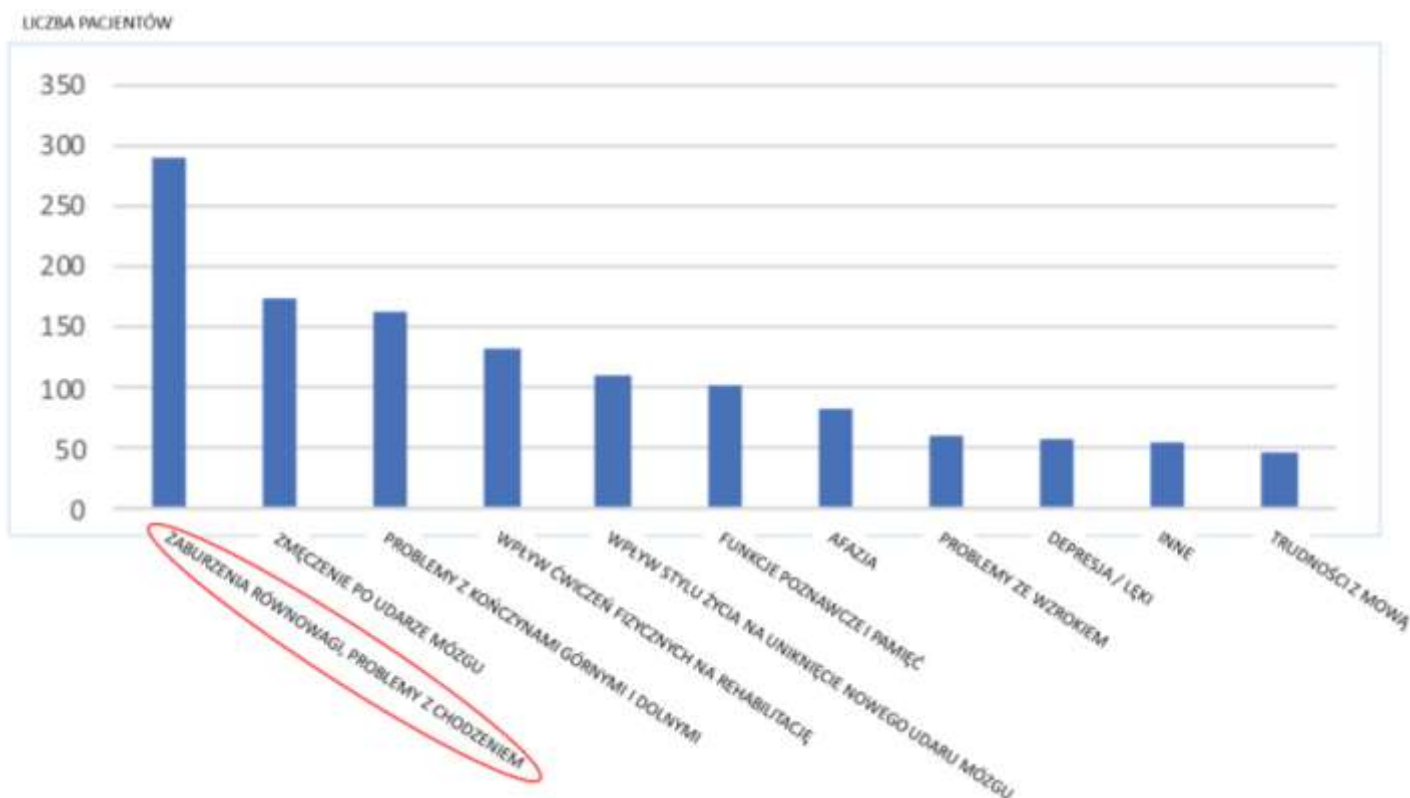
4.5.2. System SPIDER jako narzędzie fizjoterapeutyczne służące poprawie symetrii dystrybucji ciężaru ciała u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej

Równowaga, w ujęciu biomechanicznym, definiowana jest jako zdolność do utrzymywania środka ciężkości ciała człowieka nad płaszczyzną podparcia. System kontroli równowagi sterowany jest trzema układami:

- wzroku – odpowiadającym za planowanie lokomocji człowieka
- przedsionkowym – odpowiadającym za orientację przestrzenną ciała człowieka
- sensorycznym – (złożonym z proprioceptorów i mechanoreceptorów) odpowiadającym za czucie własnego ciała i jego ułożenia w przestrzeni oraz odbiór bodźców mechanicznych.[54]

Utrzymanie równowagi umożliwia układ nerwowy poprzez odruchowe napięcie odpowiednich grup mięśni, zwanych mięśniami antygravitacyjnymi.[125]

Jednym z ważnych czynników ograniczających niezależność, a tym samym obniżających jakość życia osób po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, są zaburzenia równowagi, które zwykle obserwuje się jako asymetrię w przenoszeniu ciężaru ciała, w kierunku strony pośrednio zajętej.[126] Ciekawą pracę przedstawił w 2021r. A. Rudberg, dotyczącą priorytetów chorych po udarze mózgu, w zakresie badań związanych z życiem po przebytych udarze. Każdy pacjent został poproszony o uszeregowanie dwóch obszarów: 31 jeden pacjentów wybrało więcej niż dwa obszary, 5 pacjentów wybrało tylko jeden obszar (Rycina 10.). Na podstawie odpowiedzi autor badania stwierdził, iż z punktu widzenia pacjenta, trudności z utrzymaniem równowagi i chodzeniem powinny być najbardziej pożądanym obszarem przyszłych badań. Niestety, mimo iż obszar ten jest omówiony w „Planie działania w zakresie udaru mózgu w Europie 2018-2030”, jako ważny obszar w życiu po udarze, nie znajduje się on w Agendzie badań ONZ na rzecz zrównoważonego rozwoju dla europejskiego planu działania.[6]



Rycina 10. Liczba odpowiedzi dotyczących poszczególnych obszarów badawczych (kolorem czerwonym zakreślono obszar o największym priorytecie badawczym) [6]

Ponadto przyjmuje się, iż zaburzenia równowagi oraz zmniejszona zdolność do symetrycznego przenoszenia ciężaru ciała są czynnikami przyczyniającymi się do upadków u pacjentów po udarze mózgu w okresie przewlekłym. Ryzyko upadków zwiększa się aż o 73% w ciągu 6 miesięcy od przebytego udaru mózgu.[127] Problemy z równowagą wpływają tym samym na jakość chodu, powodując jego asymetrię, co z kolei doprowadza do zwiększenia wydatku energetycznego podczas lokomocji oraz zmniejszenia ergonomii chodu.[128] W roku 2009 M. Roerdink i wsp. stwierdzili, że zakres ruchu środka ciężkości ciała jest większy po stronie pośrednio zajętej w odniesieniu do strony objętej zespołem neurologicznym podczas trzech warunków spokojnego stania: oczy otwarte, oczy otwarte podczas wykonywania podwójnego zadania i oczy zamknięte (Rycina 11.).[129] Podobne wnioski przedstawili J. Eng i K. Chu, badający osoby po udarze mózgu w fazie przewlekłej. Stwierdzili oni, że zdolność do przenoszenia ciężaru ciała jest większa po stronie pośrednio zajętej oraz że wychylenia środka ciężkości ciała są mniejsze po stronie bezpośrednio zajętej, zwłaszcza podczas przesuwania ciężaru ciała do przodu.[130]



Rycina 11. Pacjent po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej (30 lat po przebytych udarze, niedowład lewostronny) z wyraźnym przesunięciem środka ciężkości ciała w kierunku strony pośrednio zajętej. Widoczne następstwa przesunięcia m.in. w układzie mięśniowym i kostno-stawowym w postaci skoliozy z zaznaczonym garbem żebrowym po stronie bezpośrednio zajętej. [źródło własne]

M. De Haart i wsp., w swoich badaniach, oceniali u pacjentów po udarze mózgu możliwość przywrócenia zdolności do przenoszenia ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajętej. Stwierdzili, że nawet osoby po przebytych kilku udarach niedokrwiennych mózgu są w stanie poprawić szybkość i precyzję przenoszenia ciężaru ciała.[131] Wyniki S. Nam i wsp. wskazują natomiast, że przymusowe przesunięcie ciężaru ciała na kończynę dolną objętą zespołem neurologicznym, może być skuteczną metodą poprawy zdolności chodu u pacjentów po udarze mózgu.[132] Również S. Park i wsp. zauważyli, iż boczne przesunięcie ciężaru ciała na stronę objętą zespołem neurologicznym jest kluczowym elementem w leczeniu fizjoterapeutycznym po udarze mózgu. Podczas treningu chodu częstą praktyką powinno być wspomaganie pacjentów po udarze mózgu w bocznym przesunięciu ciężaru ciała na kończynę dolną strony bezpośrednio zajętej, w celu utrzymania ciężaru ciała na tejże kończynie i wykonania ruchu kończyną dolną pośrednio zajętej.[133] Należy zauważyć, że

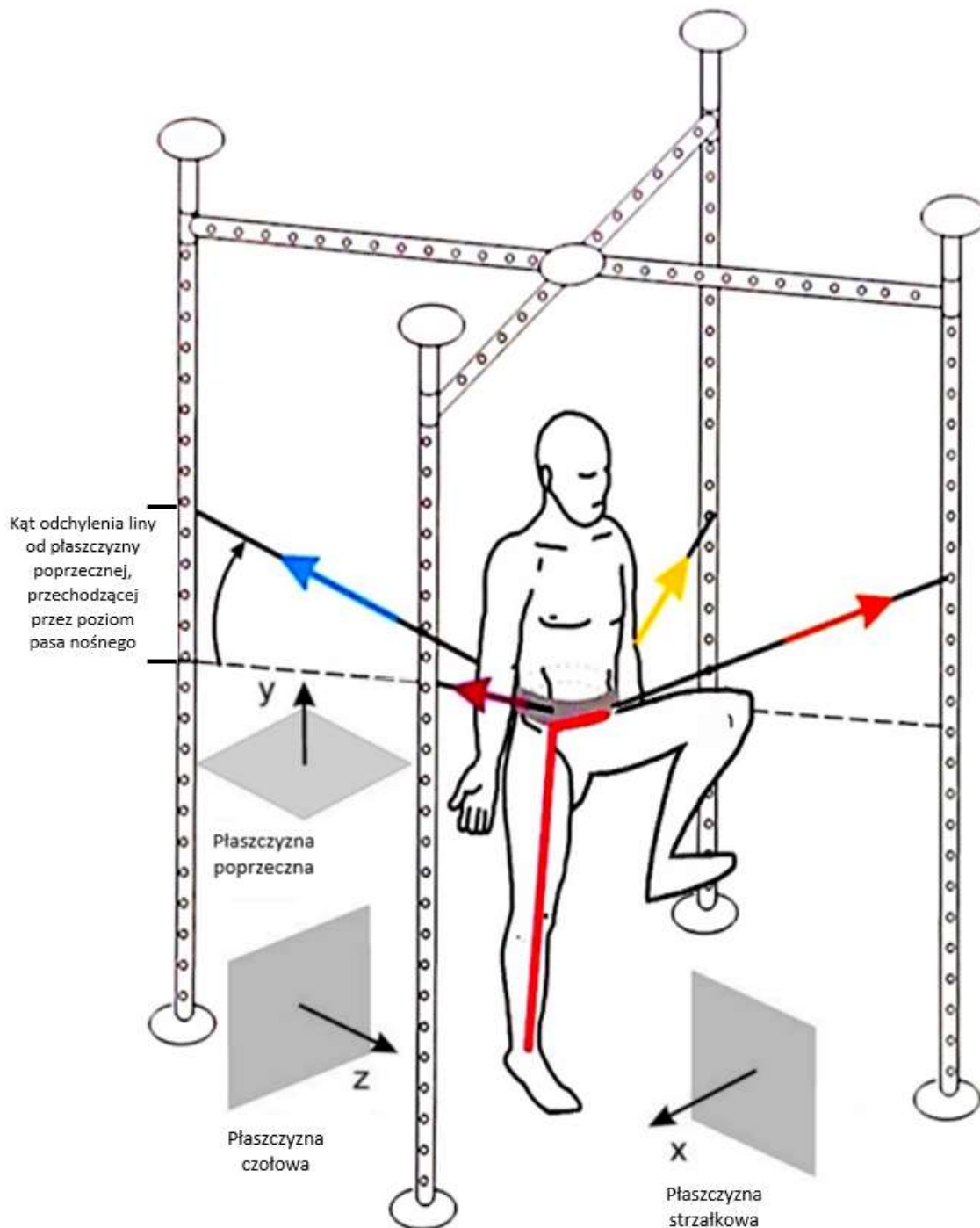
dane z piśmiennictwa sugerują, iż osoby po udarze mózgu są w stanie przyjąć więcej niż 50% masy ciała na bezpośrednio zajętej kończynę dolną.[134] W związku z tym trudności w przywróceniu symetrii dystrybucji ciężaru ciała, których doświadcza wiele osób po udarze mózgu (83% całej populacji chorych po udarze mózgu), wynikają raczej z nabytej „niechęci” do przyjmowania ciężaru ciała na kończynę dolną objętą zespołem neurologicznym.[134,135] Terapia wykorzystująca przymusowe obciążanie kończyny dolnej bezpośrednio zajętej ogranicza proces wyuczonego nieużywania tej kończyny i intensyfikuje neuroplastyczność, w celu przywrócenia zdolności i normalizacji przyjmowania ciężaru ciała na kończynę dolną objętą zespołem neurologicznym.[134,136] Sama prędkość chodu jest uznawana za predyktor ciężkości niepełnosprawności.[137] Stąd przywrócenie zdolności lokomocji jest uważane za główny cel leczenia fizjoterapeutycznego po udarze mózgu, natomiast umiejętność przenoszenia ciężaru ciała na stronę objętą zespołem neurologicznym jest nieodzownym elementem sukcesu terapii. Wpływa bowiem na poprawę równowagi oraz zachowanie ergonomii i ekonomii chodu.[133,138,139]

Literatura przedmiotu prezentuje różne formy usprawniania, jak np. trening równowagi z wykorzystaniem platformy biofeedback, funkcjonalna stymulacja elektryczna, ćwiczenia w wodzie, terapia wykorzystująca wirtualną rzeczywistość, zastosowanie ortezy kostka-stopa czy wibracje całego ciała, które mają na celu zmniejszenie zaburzeń kontroli posturalnej w populacji pacjentów po udarze mózgu.[140-145] Niestety niewiele jest doniesień na temat leczenia fizjoterapeutycznego zaburzeń równowagi u tak zróżnicowanej klinicznie grupy chorych, jakimi są pacjenci po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.[127] Opisywane luki w literaturze przedmiotu zainicjowały przeprowadzenie badań własnych, skupiających się na ocenie wpływu terapii z zastosowaniem systemu SPIDER na symetrię dystrybucji ciężaru ciała w omawianej populacji pacjentów. Wyniki tych badań zostały przedstawione w kolejnej pracy w cyklu publikacji pt.: „*Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial*”.

Jak już wcześniej wspomniano, w procesie usprawniania pacjenta po udarze mózgu, bardzo ważne jest torowanie przenoszenia ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajętej. W przeglądzie literatury podkreśla się istotność terapii opartej na wymuszonym obciążaniu strony objętej zespołem neurologicznym, jednak nie podaje się konkretnych narzędzi, dzięki którym możliwe byłoby przeprowadzenie, w sposób efektywny i bezpieczny (bez generowania reakcji stowarzyszonych czy kompensacji) opisywanej wyżej formy terapii.

Zaprezentowany w trzeciej publikacji w cyklu system SPIDER (*Strengthening Programme for Intensive Developmental Exercises and activities for Reaching health capability*) umożliwia właśnie przenoszenie ciężaru ciała na kończynę dolną strony bezpośrednio zajętej, zapewniając przy tym prowadzenie terapii w kontrolowanych i bezpiecznych warunkach. Wynalazcą oraz konstruktorem tego urządzenia jest Norman Łoziński, który dodatkowo w roku 1996 opatentował je pod nazwą „urządzenie sportowo-rehabilitacyjne, zwłaszcza dla chorych z zaburzeniami postawy i aktywności ruchowej” (numer patentu:

B1(11)173468).[146] System SPIDER zbudowany jest z metalowej klatki oraz elastycznych sznurów, które stanowią również elementy stabilizujące. Sznurki mocowane są do pasa nośnego, który z kolei umieszcza się w okolicach talii pacjenta (Rycina 12.). Generowana siła zależy od rodzaju ekspanderów (stosowane są dwa rodzaje sznurków) oraz wysokości zamocowania ich na klatce urządzenia SPIDER (wysokość zamocowania ekspandera – kąt środka ciężkości).[147,148]



Rycina 12. Schematyczna ilustracja systemu SPIDER z oznaczeniem wektorów sił, kątów i płaszczyzn ruchu [opracowanie własne na podstawie publikacji S. Głowińskiego SPIDER as A Rehabilitation Tool for Patients with Neurological Disabilities: The Preliminary Research. J. Pers. Med. 2020, 10, 33]

Zaletą systemu SPIDER jest możliwość pracy z pacjentem w pozycji stojącej. Pacjent jest odciążony, gdy punkt zaczepienia linek do klatki znajduje się powyżej poziomu pasa nośnego (powyżej płaszczyzny poprzecznej i tym samym powyżej punktu środka ciężkości). Natomiast pacjent jest dociążony, jeśli sznury zamocowane są poniżej poziomu tego pasa (poniżej płaszczyzny poprzecznej). Ten szybki sposób zmiany obciążenia i odciążenia jest przydatną możliwością w procesie usprawniania.[148] U pacjentów mających problem z wyuczonym nieużywaniem kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym, przenoszenie ciężaru ciała na tę kończynę jest dużym wyzwaniem. Terapia przy użyciu systemu SPIDER w warunkach odciążenia umożliwi stopniowe przyjmowanie przez pacjenta ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajęta, przez co minimalizuje generowanie kompensacji. Z kolei pacjenci, u których zjawisko wyuczonego nieużywania nie występuje, usprawniani są w warunkach obciążenia. Dzięki temu aktywizowane grupy mięśniowe poddawane są dodatkowej pracy, natomiast zwiększony docisk (aproksymacja) powierzchni stawowych wpływa na poprawę czucia głębokiego oraz generuje wzrost napięcia osłabionych mięśni.[147-149]

4.6. Ocena ilościowa zaburzeń równowagi u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej

W programowaniu usprawniania duże znaczenie ma szczegółowa ocena stanu funkcjonalnego pacjenta.[150] Jak już wcześniej podkreślono, większość osób po udarze mózgu ma problemy z równowagą, czego następstwem są zaburzenia chodu, wpływające na jakość życia chorego. Klinicyści najczęściej stosują analizę jakościową i skale równowagi oparte na obserwacji (np. Berg Balance Scale, Trunk Control test, TUG test), gdyż testy te nie wymagają nakładu sprzętowego i są łatwe do wykonania. Indywidualne uwarunkowania, charakterystyka zadania oraz warunki otoczenia, w których zadanie jest wykonywane, są ważnymi czynnikami, które należy wziąć pod uwagę podczas oceny kontroli posturalnej. Jednak ze względu na złożony charakter tejże kontroli ocena kliniczna jest trudnym zadaniem (dotyczy to również oceny spokojnego stania). Szczegółowa analiza skuteczności kontroli posturalnej oraz związanych z nią strategii, wymaga jednak zastosowania testów przyrządowych.[151,152] Posturografia ilościowa wykorzystuje płytki siłowe do monitorowania trajektorii środka nacisku (COP – *center of pressure*). Odzwierciedla ona kołysanie się ciała podczas stania i zdolność układu nerwowego i mięśniowo-szkieletowego do integracji informacji z wielu systemów sensorycznych (w tym wzrokowego, somatosensorycznego i przedsionkowego) w celu utrzymania równowagi. Zmiany w systemie kontroli postawy odzwierciedlają się w zmianach cech i parametrów COP, dlatego są to kluczowe zmienne do monitorowania systemu kontroli postawy.[152]

Analiza ilościowa z wykorzystaniem zmiennych odnoszących się do czasu i przestrzeni (np. prędkość, COP, przemieszczenie) jest bardziej dokładna i dostarcza więcej informacji na temat stanu funkcjonalnego pacjenta. Skale równowagi oparte na obserwacji

najczęściej oceniają zdolność do wykonania zadania, podczas gdy narzędzia ilościowe oceniają fizjologiczną kontrolę za pomocą mechanizmów predykcyjnych, proaktywnych lub reaktywnych. Ponadto narzędzia ilościowe mają tę zaletę, iż opierają się na zmiennych ciągłych, które obejmują większy zakres poziomów motorycznych oraz mają mniej efektów sufitu i podłogi, niż skale równowagi oparte na obserwacji. Pacjent, który nie potrafi pozostać w pozycji siedzącej bez asekuracji, nie będzie w stanie wykonać testu sięgania do przodu w tej pozycji – wykazując efekt podłogi, ale test ten wykaże również efekt sufitu dla pacjenta, którego dynamiczna równowaga w pozycji siedzącej jest w granicach normy.[152,153]

Platformy wykorzystywane do ilościowego pomiaru wychyleń środka ciężkości ciała w pozycji stojącej interpretują stabilność w staniu oraz strategie kontroli postawy ciała.[154] Ponadto, niektóre z nich (m.in. platforma TYMO®, zastosowana w badaniach własnych i opisana w dwóch publikacjach w cyklu: „*Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial*” oraz „*Use of the posturography platform as a tool for the quantitative assessment of imbalance and postural control in post-stroke patients in chronic phase*”), umożliwiają ocenę równowagi w warunkach niestabilnego podłoża. Urządzenie TYMO® wyposażone jest w miękką podkładkę, która zwiększa kołysanie pacjenta podczas wykonywania testu, co stanowi wyzwanie dla systemu kontroli postawy w odniesieniu do warunków stabilnego podłoża.[150] Zastosowanie platform posturograficznych w praktyce klinicznej zależy oczywiście od zdolności pacjenta do wykonania zadania (badany musi utrzymać wymaganą pozycję stojącą przez cały czas trwania badania na urządzeniu pomiarowym) oraz od odpowiedniej jakości testów do oceny zaburzeń równowagi. Zbyt łatwy test nie wykryje ograniczenia ruchowego pacjenta, natomiast zbyt trudny nie będzie mógł być przez niego wykonany. Testy najłatwiejsze do wykonania (takie jak na platformie TYMO®) mają tę wadę, że obejmują niski zakres poziomu motorycznego, ale w przypadku pacjentów po udarze mózgu utrzymanie pozycji stojącej przez pewien czas może być bardzo trudne do wykonania.[155] A. Bruyneel i wsp. w swoim przeglądzie obejmującym 22 publikacje (przedstawiające wyniki badań łącznie wśród 773 pacjentów), stwierdzają, że ocena ilościowa oparta na testach równowagi na platformach posturograficznych, pozwala na pełną analizę psychometryczną, obejmującą zarówno rzetelność, jak i ważność wyników, w stosunku do skal równowagi opartych na obserwacji – minimalna wykrywalna zmiana wartości (MDC - *minimum detectable change*) dla narzędzi ilościowych jest wyższa niż dla skal równowagi opartych na obserwacji, takich jak Berg Balance Scale czy Brunel Balance Assessment.[152]

Osoby, które doznały uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego w postaci udaru mózgu, mogą wykazywać trudności w przetwarzaniu sensorycznym i/lub planowaniu motorycznym. U tych pacjentów niezdolność obwodowych receptorów zmysłowych do uzyskania informacji z otoczenia może skutkować upośledzeniem kontroli postawy ciała.[156] Przyjmuje się, że symetria dystrybucji ciężaru ciała, jako składowa kontroli posturalnej, jest ważnym parametrem w ocenie deficytów motorycznych oraz zaburzeń

stanu funkcjonalnego u pacjentów po udarze mózgu. W badaniach, w których stosowano platformy posturograficzne, udowodniono, iż pacjenci podczas spokojnego stania wykazują zwiększoną aktywność kołysania i bocznego przemieszczenia środka ciężkości ciała w kierunku kończyny dolnej pośrednio zajętej. Prezentują oni większe zróżnicowanie ruchowe przy wolniejszych odpowiedziach motorycznych, podczas zewnętrznych ingerencji, oraz opóźnienia i kompensacje w zakresie reakcji kontrolnych postawy ciała. Ponadto, podczas spokojnego stania, ich środek ciężkości ciała wykazuje ruchy w większym zakresie (większe wychylenia ciała na boki oraz do przodu i do tyłu), co sprawia, że są bardziej narażeni na upadek.[152,153,156-158]

W literaturze niewiele jest jednak doniesień dotyczących ilościowej ewaluacji (za pomocą platform posturograficznych) efektów zastosowanej terapii, jak i samego stanu funkcjonalnego pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, charakteryzujących się zaburzeniami równowagi, przed i po leczeniu fizjoterapeutycznym. Fakt ten zainicjował konieczność przeprowadzenia badań odnoszących się właśnie do oceny ilościowej zaburzeń równowagi i znaczenia tejże oceny dla diagnostyki funkcjonalnej opisywanej populacji chorych. W badaniu, którego wyniki przedstawiono w publikacji własnej pt. *„Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial”*, do pomiarów dystrybucji ciężaru ciała pacjentów, użyto platformy posturograficznej TYMO®. Na podstawie wyników uzyskanych przy pomocy tej platformy możliwa była ocena skuteczności terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER, w odniesieniu do terapii, w której system ten nie był użyty. Natomiast ocena użyteczności samej platformy posturograficznej (w tym wypadku TYMO®), jako narzędzia do ewaluacji ilościowej zaburzeń równowagi, u osób po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, stanowiła cel badania, którego szczegółowy opis i wyniki przedstawiono w kolejnej, a zarazem ostatniej publikacji w cyklu pt.: *„Use of the posturography platform as a tool for the quantitative assessment of imbalance and postural control in post-stroke patients in chronic phase”*.

5. Cele rozprawy doktorskiej

Celem rozprawy była ocena:

1. Przedstawianych w literaturze przedmiotu metod leczenia fizjoterapeutycznego pacjentów po udarze mózgu.
2. Przydatności telerehabilitacji oraz systemu SPIDER w terapii pacjentów po udarze mózgu.
3. Wybranych parametrów stanu funkcjonalnego badanych pacjentów, przed i po terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER oraz metod neurofizjologicznych PNF i NDT-Bobath.
4. Wpływu terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER na zdolność symetrycznego przenoszenia ciężaru ciała na obie kończyny dolne, u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.
5. Zastosowania platformy posturograficznej (TYMO®), jako narzędzia do oceny ilościowej zaburzeń równowagi, u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.

Cele główne realizowano poprzez następujące pytania badawcze:

1. Czy telerehabilitacja, jako forma usprawniania w warunkach ograniczonych zasobów, ma zasadność stosowania u pacjentów po udarze mózgu?
2. Czy w badanych grupach pacjentów występują zaburzenia równowagi w postaci wychyleń środka ciężkości ciała w kierunku strony pośrednio zajętej?
3. Czy terapia pacjentów po udarze mózgu, u których występuje asymetria przenoszenia środka ciężkości ciała, powinna być obligatoryjnie poprzedzona ilościową ewaluacją kontroli posturalnej?
4. Czy ilościowa ocena kontroli posturalnej chorych po udarze mózgu, z wykorzystaniem platform posturograficznych, powinna być istotnym elementem programowania fizjoterapii?

Niniejsze cele realizowano w ramach opublikowanego cyklu prac. Artykuły przeglądowe stanowią przedstawianie aktualnej wiedzy w zakresie leczenia fizjoterapeutycznego pacjentów po udarze mózgu. Prace oryginalne są potwierdzeniem występowania zaburzeń kontroli posturalnej w tej grupie chorych, ich negatywnego wpływu na stan funkcjonalny oraz aktywności życia codziennego pacjentów po udarze mózgu, jak również są próbą znalezienia skutecznych metod diagnostyki i terapii zaburzeń równowagi, obserwowanych jako asymetria w przenoszeniu ciężaru ciała w kierunku strony pośrednio zajętej, będąca skutkiem uszkodzenia OUN.

6. Materiał i metody

Badania, których wyniki przedstawiono w dwóch artykułach oryginalnych w cyklu, tj. „*Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial*” oraz „*Use of the posturography platform as a tool for the quantitative assessment of imbalance and postural control in post-stroke patients in chronic phase*”, prowadzono w ośrodku rehabilitacji neurologicznej w Koszalinie od sierpnia 2021 roku do sierpnia 2022 roku. Zostały one zaplanowane w ramach projektu badawczego, który miał na celu ocenę skuteczności systemu SPIDER w terapii pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej oraz ocenę przydatności platformy posturograficznej (TYMO®), jako narzędzia do ilościowej ewaluacji zaburzeń równowagi w tej populacji chorych. Powyższe cele wynikały z faktu, jak już wcześniej podkreślono, iż duża liczba osób po przebytym udarze mózgu (83% całej populacji pacjentów po udarze mózgu), charakteryzuje się zaburzeniami równowagi, manifestującymi się asymetrią przenoszenia ciężaru ciała w kierunku strony pośrednio zajętej, co generuje konieczność stosowania terapii, wymuszającej obciążanie kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym. Mając możliwość pracy z systemem SPIDER, który umożliwia przeprowadzenie właśnie takiej formy usprawniania, postanowiono sprawdzić jego skuteczność w omawianej grupie chorych. Oceny dokonano na podstawie wyników pomiarów dystrybucji ciężaru ciała, uzyskanych za pomocą platformy posturograficznej (w tym wypadku TYMO®). Jednocześnie, przy użyciu platformy TYMO®, wykonano szczegółową ilościową ewaluację zaburzeń równowagi w grupie pacjentów poddanych terapii z użyciem systemu SPIDER, by ocenić również przydatność samej platformy w procesie diagnostyki funkcjonalnej oraz indywidualizacji programu leczenia fizjoterapeutycznego tak złożonej populacji, jaką stanowią chorzy po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.

6.1. Materiał

Dla przejrzystości niniejszego opisu, grupy poddane procedurom badawczym, metody i wyniki badań, zaprezentowane w publikacji pt.: „*Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial*”, nazwano badaniem pierwszym, natomiast grupy, metody i wyniki badań, opisane w publikacji pt.: „*Use of the posturography platform as a tool for the quantitative assessment of imbalance and postural control in post-stroke patients in chronic phase*”, nazwano badaniem drugim.

W przebiegu kwalifikacji do pierwszego badania, którego celem była ocena wpływu systemu SPIDER na symetrię przenoszenia ciężaru ciała u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, z grupy wszystkich pacjentów, przebywających w tym czasie w ośrodku, wybrano 300 chorych. Kwalifikacja odbywała się na podstawie wyrażenia świadomej, dobrowolnej zgody na udział w badaniu oraz spełnienia wyznaczonych kryteriów włączenia (Tabela 4.). Z wybranej grupy pacjentów

wykluczono 169 osób: 162 osoby nie spełniały kryteriów włączenia, 5 osób nie zostało dopuszczonych do badania z powodu choroby, natomiast 2 osoby same zrezygnowały z udziału. Randomizacji poddano pozostałych 131 pacjentów. Do grupy SG (poddanej terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER) przydzielono 65 chorych, z których 5 odmówiło alokacji w przydzielonej grupie. Z kolei do grupy CG (poddanej terapii bez wykorzystania systemu SPIDER) przydzielono 66 chorych, z których 6 zrezygnowało z uczestnictwa w przydzielonej grupie.

Tabela 4. Kryteria włączenia i wyłączenia do/z grupy SG i CG

| Kryteria włączenia | Kryteria wyłączenia |
|--|---|
| 1. Wiek powyżej 18 r.ż. | 1. Wiek poniżej 18 r.ż. |
| 2. Przebyty udar niedokrwienny mózgu (pierwszy epizod) stwierdzony na podstawie diagnozy lekarskiej | 2. Udar krwotoczny mózgu |
| 3. Pierwsze 5 lat od udaru mózgu (faza przewlekła) | 3. Potwierdzony drugi bądź kolejny udar mózgu |
| 4. Niedowład połowiczny | 4. Faza ostra po udarze mózgu bądź czas od udaru powyżej 5 lat |
| 5. Zdolność przemieszczania się z pozycji siedzącej do stania (oceniana testem funkcjonalnym) | 5. Stan po amputacji kończyny dolnej |
| 6. Zdolność utrzymania pozycji stojącej na czas badania (oceniana testem funkcjonalnym) | 6. Choroby współistniejące, zdiagnozowane przez lekarza, mogące mieć bezpośredni wpływ na procedury terapeutyczne jak np. stan apaliczny, nowotwór |
| 7. Wynik FMA-LE ≥ 16 pkt. | 7. Rozpoznanie u chorego TIA |
| 8. Spastyczność kończyny dolnej (mięsień prosty uda, grupa mięśni kulszowo-goleniowych, mięsień brzuchaty łydki) ≤ 2 pkt. wg Zmodyfikowanej Skali Ashworth | 8. Diagnoza lekarska oceniająca stan depresji |
| 9. Wynik NIHSS ≤ 15 pkt. | 9. Diagnoza lekarska oceniająca zaburzenia funkcji poznawczych |
| 10. Wynik MMSE ≥ 24 pkt. | 10. Brak zdolności przyjmowania pozycji stojącej |
| 11. BBS ≥ 21 pkt. | 11. Wynik FMA-LE < 16 pkt. |
| 12. Zmodyfikowana Skala Rankin ≤ 3 | 12. Spastyczność kończyny dolnej (mięsień prosty uda, grupa mięśni kulszowo-goleniowych, mięsień brzuchaty łydki) > 2 pkt. wg Zmodyfikowanej Skali Ashworth |
| 13. Skala Barthel ≥ 55 | 13. Wynik NIHSS > 15 pkt. |
| 14. Świadoma zgoda pacjenta na udział w badaniu po wcześniejszym zapoznaniu się z dokumentem badania. W przypadku pacjenta z afazją – zgoda rodziny bądź opiekuna prawnego | 14. MMSE < 24 pkt. |
| | 15. BBS < 21 pkt. |
| | 16. Zmodyfikowana Skala Rankin > 3 |
| | 17. Skala Barthel < 55 |
| | 18. Afazja globalna zdiagnozowana przez lekarza |
| | 19. Zastosowanie toksyny botulinowej w ciągu 3 miesięcy od rozpoczęcia programu terapeutycznego bądź w trakcie jego trwania |
| | 20. Przyjmowanie w trakcie programu rehabilitacyjnego leków spazmolitycznych (np. Baclofen) |
| | 21. Brak świadomej zgody pacjenta na realizację procedur terapii |

Wszyscy pacjenci biorący udział w badaniu zostali szczegółowo poinformowani o jego charakterze i przebiegu. Ostatecznie populacja zakwalifikowanych pacjentów (n=120), po losowym przydzieleniu do jednej z dwóch grup, została poddana analizie z zastosowaniem podejścia zgodnego z zamiarem leczenia (ITT – *intention-to-treat*):

- SG (n=60) – grupa poddana terapii z wykorzystaniem metod specjalnych PNF i NDT-Bobath oraz z zastosowaniem systemu SPIDER
- CG (n=60) – grupa poddana terapii z wykorzystaniem metod specjalnych PNF i NDT-Bobath, bez systemu SPIDER

W drugim badaniu, w którym oceniano zastosowanie platformy posturograficznej (platformy TYMO®), jako narzędzia do ilościowej ewaluacji zaburzeń równowagi u osób po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, procedurom badawczym poddano wszystkich pacjentów, którzy jednocześnie należeli do grupy SG pierwszego badania (60 pacjentów poddanych terapii z zastosowaniem metody PNF i NDT-Bobath oraz systemu SPIDER).

Z kolei materiał wykorzystany do przeglądu systematycznego wg wytycznych PRISMA, pt. *Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic*, stanowiło 10 publikacji z lat 2019-2021, wyszukanych za pomocą Multiwyszukiwarki Biblioteki Głównej Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, na podstawie haseł „telerehabilitation” + „stroke”. Poszczególne artykuły zostały wymienione w Tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie publikacji przedstawionych w przeglądzie systematycznym pt. *Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic*

| Lp. | Autorzy | Tytuł | Czasopismo | Rok | Rodzaj artykułu |
|-----|---|---|-----------------------------|------|-------------------------------|
| 1 | Cramer S.C., Dodakian L., Le V., See J., Augsburger R., McKenzie A., Zhou R.J., Chiu N.L., Heckhausen J., Cassidy J.M. | Efficacy of home-based telerehabilitation vs in-clinic therapy for adults after stroke. A randomized clinical trial | JAMA Neurol. | 2019 | RCT z opublikowanymi wynikami |
| 2 | Zhishui W., Xu J., Yue C., Li Y., Liang Y. | Collaborative care model based telerehabilitation exercise training program for acute stroke patients in China: A randomized controlled trial | J. Stroke Cerebrovasc. Dis. | 2020 | RCT z opublikowanymi wynikami |
| 3 | Burgos P.I., Lara O., Lavado A., Rojas-Sepúlveda I., Delgado C., Bravo E., | Exergames and telerehabilitation on smartphones to improve balance in stroke patients | Brain Sci. | 2020 | RCT z opublikowanymi wynikami |

| | | | | | |
|---|---|--|----------------------------|------|---|
| | Kamisato C., Torres J., Castañeda V., Cerde M. | | | | |
| 4 | Sheehy L., Taillon-Hobson A., Sveistrup H., Bilodeau M., Fergusson D., Levac D., Finestone H. | Home-based virtual reality training after discharge from hospital-based stroke rehabilitation: A parallel randomized feasibility trial | Trials | 2019 | RCT bez publikacji wyników |
| 5 | Chen Y., Zheng K., Dodakian L., See J., Zhou R., Chiu N., Augsburger R., McKenzie A., Cramer S.C. | A qualitative study on user acceptance of a home-based stroke telerehabilitation system | Top. Stroke Rehabil. | 2020 | Studium przypadku |
| 6 | Odetunde O.M., Binuyo O.T., Maruf F.A., Ayenowowon S.O., Okonji A.M., Odetund N.A., Mbada C.E. | Development and feasibility testing of video home based telerehabilitation for stroke survivors in resource limited settings | Int. J. Telerehabilitation | 2020 | Studium przypadku |
| 7 | Podury A., Raefsky S.M., Dodakian L., McCafferty L., Le V., McKenzie A., See J., Zhou R.J., Nguyen T., Vanderschelden B. | Social network structure is related to functional improvement from home-based telerehabilitation after stroke | Front. Neurol. | 2021 | Inne badania (nie randomizowane i/lub nie kontrolowane) |
| 8 | Galloway M., Marsden D.L., Callister R., Nilsson M., Erickson K.I., English C. | The feasibility of a telehealth exercise program aimed at increasing cardiorespiratory fitness for people after stroke | Int. J. Telerehabilitation | 2019 | Inne badania (nie randomizowane i/lub nie kontrolowane) |
| 9 | Torrise M., Maresca G., Cannavò D.A., Sciarrone F., Gemelli P., Silvestri G., Bramanti A., De Luca R., Calabrò R.S. | Using telerehabilitation to improve cognitive function in post-stroke survivors: Is this the time for continuity of care? | Int. J. Rehabil. Res | 2019 | Inne badania (nie randomizowane i/lub nie kontrolowane) |

| | | | | | |
|----|---|--|----------------------|------|---|
| 10 | Simpson B.D., Bird M.L., English C., Gall S.L., Breslin M., Smith S., Schmidt M., Callisaya M.L. | Connecting patients and therapists remotely using technology is feasible and facilitates exercise adherence after stroke | Top. stroke Rehabil. | 2020 | Inne badania (nie randomizowane i/lub nie kontrolowane) |
|----|---|--|----------------------|------|---|

6.1.1. Szczegółowa charakterystyka badanych – badanie pierwsze

Pierwsze badanie przeprowadzono w grupie 120 pacjentów po udarze niedokrwinnym mózgu w fazie przewlekłej, spełniających wymienione w Tabeli 4. kryteria włączenia. Cała populacja uczestników badania obejmowała chorych w przedziale wiekowym od 24 do 84 lat, ze średnią wieku 56 lat (SD = 14,4). Większą część badanej grupy stanowili mężczyźni: 82 mężczyzn (68,33%) oraz 38 kobiet (31,67%). Biorąc pod uwagę stronę objętą niedowładem wyniki były zbliżone: niedowład lewostronny występował u 62 pacjentów (51,67%), natomiast prawostronny u 58 chorych (48,33%). Wszyscy uczestnicy reprezentowali poziom niepełnosprawności równy 3 pkt. w Skali Rankina (tj. średni stopień niepełnosprawności, objawy znacznie zmieniają dotychczasowy tryb życia i uniemożliwiają całkowicie niezależne funkcjonowanie). Średni wynik uzyskany w Skali Barthel wynosił 70 pkt. (najniższy wynik równał się 55 punktom, najwyższy 95 punktom, SD = 7). Aż u 115 chorych (96%), w kończynie dolnej objętej zespołem neurologicznym, występowały zaburzenia czucia powierzchownego pod postacią niedoczulicy, z kolei jedynie 5 pacjentów (4%) skarżyło się na przeczulicę badanej kończyny. Zaburzenia propriocepcji w kończynie dolnej bezpośrednio zajętej stwierdzono u 95% badanych. Średni wynik w Skali Równowagi Berga wynosił 25 pkt., w skali NIHSS: 7 pkt., FM-LE: 17pkt. U 112 chorych oceniono wzmożone napięcie mięśni (spastyczność) kończyny dolnej na poziomie 2 wg zmodyfikowanej Skali Ashworth (większy wzrost napięcia wyczuwalny przy wykonywaniu ruchów biernych podczas całego zakresu ruchu, jednak nie utrudniający jego wykonania), u reszty badanych (8 pacjentów) występowało nieznaczne zwiększenie napięcia mięśni, wyczuwalne jako opór i zwolnienie, przy wykonywaniu ruchów biernych, w drugiej połowie zakresu ruchu (1+ wg Zmodyfikowanej Skali Ashworth). Charakterystykę demograficzną i funkcjonalną całej populacji uczestników badania prezentuje Tabela 6.

Tabela 6. Charakterystyka demograficzna i funkcjonalna wszystkich uczestników badania

| | | Średnia/ Wartość | Odchylenie standardowe | Minimum | Maximum |
|---|------------------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Płeć: | F (kobieta) | 38 (31,67%) | | | |
| | M (mężczyzna) | 82 (68,33%) | | | |
| Wiek | | 56,13 | 14,4 | 24 | 84 |
| Niedowład (strona): | R (prawostronny) | 58 (48,33%) | | | |
| | L (lewostronny) | 62 (51,67%) | | | |
| Zmodyfikowana Skala Ashworth: | 2 | 112 (93,33%) | | | |
| | 1+ | 8 (6,67%) | | | |
| Skala Rankin | | 3 | 0 | 3 | 3 |
| Skala Barthel | | 70 | 7 | 55 | 95 |
| Czucie powierzchowne KD: N (niedoczulica) | | 115 (96%) | | | |
| | P (przezczulica) | 5 (4%) | | | |
| Czucie głębokie KD: | (+/-) | 50 (42%) | | | |
| | (+) | 64 (53%) | | | |
| | (-) | 6 (5%) | | | |
| BBS | | 25 | 2 | 21 | 32 |
| NIHSS | | 7 | 2 | 3 | 11 |
| FM LE | | 17 | 1 | 16 | 23 |

Grupa SG obejmowała 60 chorych, poddanych terapii wykorzystującej metody PNF i NDT-Bobath oraz system SPIDER. Aż 70% tej grupy stanowili mężczyźni (42 pacjentów), natomiast tylko 30% stanowiły kobiety (18 pacjentek). Średni wiek uczestników wynosił 59 lat (SD = 14,7). Biorąc pod uwagę stronę objętą niedowładem wyniki były bardzo zbliżone: niedowład lewostronny występował u 31 pacjentów (51,67%), natomiast prawostronny u 29 chorych (48,33%).

Grupa CG obejmowała 60 chorych, poddanych terapii wykorzystującej metody specjalne: PNF i NDT-Bobath (bez systemu SPIDER). Mężczyźni stanowili 66,7% tej grupy (40 pacjentów), natomiast kobiety 33,3% (20 pacjentek). Średni wiek uczestników wynosił 57 lat (SD = 14,3). Biorąc pod uwagę stronę objętą niedowładem wyniki były identyczne, jak w grupie SG: niedowład lewostronny występował u 31 pacjentów (51,67%), natomiast prawostronny u 29 chorych (48,33%).

Nie było istotnych różnic w demograficznych i funkcjonalnych wartościach pomiędzy grupami SG i CG (wartość $p > 0,05$), co świadczy o dużej homogeniczności tych grup. Obie grupy prezentowały bardzo zbliżony średni wiek uczestników oraz procentowy udział liczby kobiet i mężczyzn. Ponadto liczba osób z niedowładem prawo- oraz lewostronnym w obu grupach była identyczna. Również średnie wyniki Zmodyfikowanej Skali Ashworth (56 uczestników – 2, 4 uczestników – 1+), Skali Rankin (3 pkt.), BBS (25 pkt.) oraz NIHSS (7 pkt.) były jednakowe, zarówno w grupie SG, jak i CG. Omówioną powyżej charakterystykę populacji SG i CG przedstawia Tabela 7.

Tabela 7. Charakterystyka demograficzna i funkcjonalna grupy SG i CG

| | | Grupa SG | | | | Grupa CG | | | |
|-------------------------------|-------|---------------------|---------------------------|---------|---------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| | | Średnia/ Wartość | Odchylenie standardowe | Minimum | Maximum | Średnia/ Wartość | Odchylenie standardowe | Minimum | Maximum |
| Płeć: | F | 18 (30%) | | | | 20 (33,33%) | | | |
| | M | 42 (70%) | | | | 40 (66,67%) | | | |
| Wiek | | 59 | 14,7 | 24 | 80 | 57,5 | 14,3 | 25 | 84 |
| Niedowład (strona): | R | 29 (48,33%) | | | | 29 (48,33%) | | | |
| | L | 31 (51,67%) | | | | 31 (51,67%) | | | |
| Zmodyfikowana Skala Ashworth: | 2 | 56 (93,33%) | | | | 56 (93,33%) | | | |
| | 1+ | 4 (6,67%) | | | | 4 (6,67%) | | | |
| Skala Rankin | | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 |
| Skala Barthel | | 65 | 6,5 | 55 | 85 | 70 | 8,1 | 55 | 95 |
| Czucie powierzchowne KD: | N | 57 (95%) | | | | 58 (97%) | | | |
| | P | 3 (5%) | | | | 2 (3%) | | | |
| Czucie głębokie KD: | (+/-) | 24 (40%) | | | | 26 (43,33%) | | | |
| | (+) | 32 (53%) | | | | 32 (53,33%) | | | |
| | (-) | 4 (7%) | | | | 2 (3,33%) | | | |
| BBS | | 25 | 1,9 | 21 | 30 | 25 | 2,2 | 21 | 32 |
| NIHSS | | 7 | 1,4 | 4 | 11 | 7 | 2 | 3 | 11 |
| FM LE | | 16 | 0,9 | 16 | 20 | 18 | 1,5 | 16 | 23 |

6.1.2. Szczegółowa charakterystyka badanych – badanie drugie

Przedmiotem procedur badawczych drugiego badania byli pacjenci stanowiący jednocześnie grupę SG pierwszego badania (60 osób po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, spełniających kryteria włączenia – Tabela 4., poddanych terapii z wykorzystaniem metody PNF i NDT-Bobath oraz systemu SPIDER). Szczegółowa charakterystyka tej grupy została opisana powyżej w Tabeli 16. (kolumny odnoszące się do grupy SG).

Decyzja dotycząca wyboru tylko jednej grupy w drugim badaniu, podyktowana była określonym celem badawczym – autorce pracy zależało na ocenie przydatności samej platformy posturograficznej, zwłaszcza jako narzędzia wykorzystywanego do ilościowej ewaluacji zaburzeń równowagi w procesie diagnostyki funkcjonalnej opisywanej populacji chorych. Stąd brak obecności drugiej grupy (kontrolnej), ponieważ badanie nie dotyczyło porównywania skuteczności terapii (co było celem pierwszego badania), ale znaczenia dla planowania dalszej terapii uzyskanych wyników pomiarów właśnie przy pomocy platformy posturograficznej. Losowo została wybrana grupa SG.

6.2. Metody wykorzystane w badaniu pierwszym

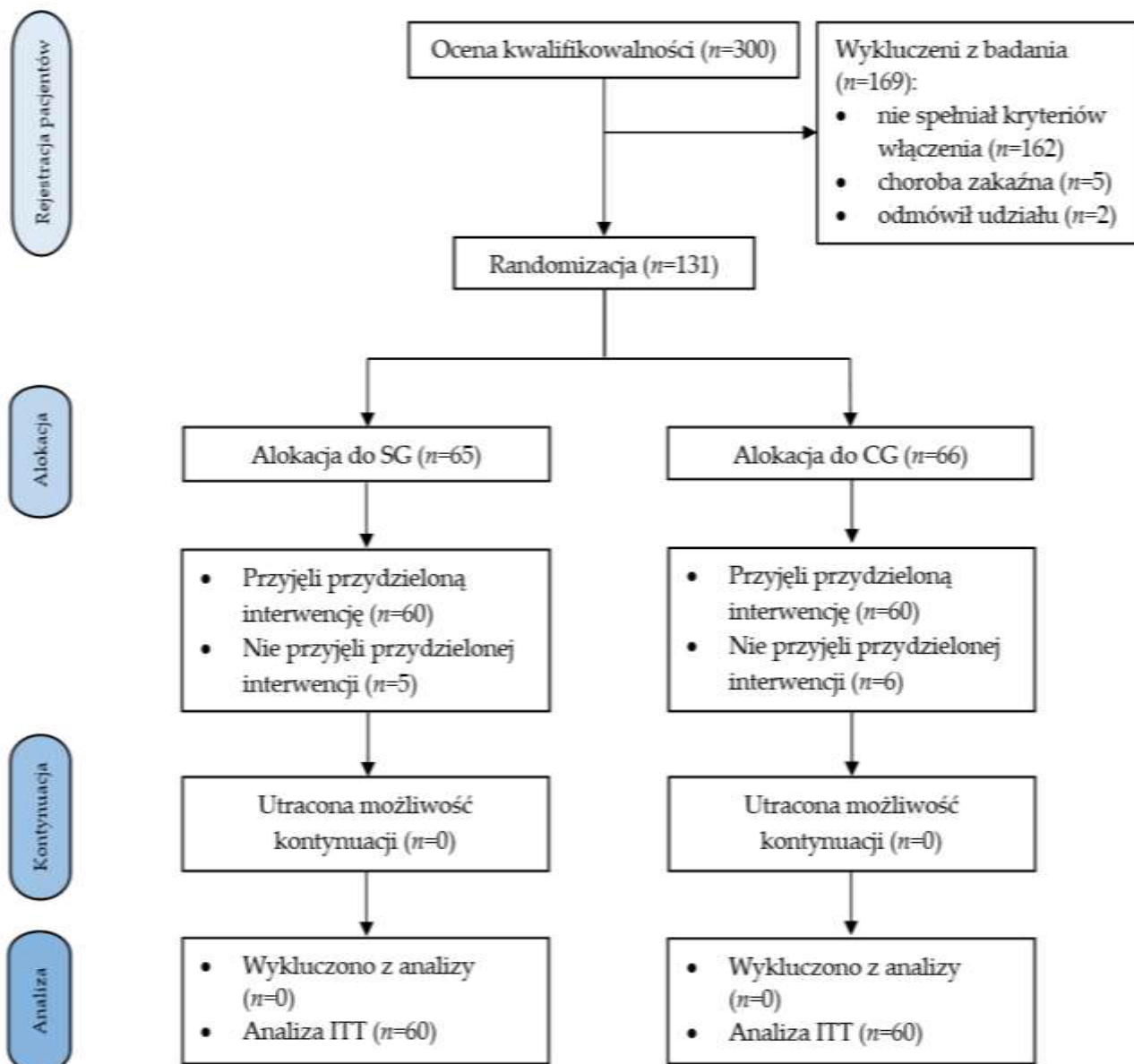
W badaniu pierwszym do opisu projektu wykorzystano deklarację CONSORT. Kwalifikacji pacjentów dokonano na podstawie protokołu oceny, zawierającego skale i testy, oceniające stan funkcjonalny uczestników. Następnie, w dniu rozpoczynającym badanie, przeprowadzono ilościową ewaluację aktywnej dystrybucji ciężaru ciała na platformie TYMO®, po czym obie grupy (SG oraz CG) poddano leczeniu fizjoterapeutycznemu, opartemu na metodach specjalnych PNF i NDT-Bobath oraz, wyłącznie w terapii grupy SG, dodatkowo użyto systemu SPIDER. W ostatnim dniu przeprowadzanego badania ponownie

dokonano ilościowej ewaluacji wybranego parametru na platformie posturograficznej. Otrzymane wyniki obu grup (SG i CG) przed i po terapii zostały poddane analizie statystycznej.

6.2.1. Metoda opisu randomizowanego badania kontrolowanego według deklaracji CONSORT

Do opisu pierwszego badania, którego wyniki zaprezentowano w pracy „*Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial*”, wykorzystano zasady zaproponowane w deklaracji CONSORT.

CONSORT (ang. *Consolidated Standards Of Reporting Trials*) to zbiór szeroko stosowanych wytycznych dla raportów opisujących randomizowane badania kliniczne z grupą kontrolną (RCT), opracowany przez redakcyjną Grupę CONSORT. Celem wytycznych jest ograniczenie niepełnego i niepoprawnego przedstawiania wyników badań i zastosowanej w nich metodyki. Deklaracja CONSORT z 2010 roku składa się z zawierającej 25 pozycji listy kontrolnej, diagramu postępowania oraz krótkiego dokumentu objaśniającego. Lista kontrolna skupia się na konstrukcji, analizie i interpretacji badania, podczas gdy diagram ukazuje przepływ wszystkich uczestników przez różne fazy badania. Informacje na temat zasad przedstawiania i opisu randomizowanego badania kontrolowanego według wytycznych oraz rekomendowane publikacje zawierające tożsame informacje w tym zakresie pobrane były ze strony <https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/consort/> [dostęp 05.01.2022]. Schemat odzwierciedlający proces kwalifikacji badanych, opisany w rozdziale 6.1. Materiał, ilustruje Rycina 13.



Rycina 13. Schemat projektu badania wg wytycznych CONSORT [opracowanie własne]

6.2.2. Protokół oceny

Pierwszym etapem kwalifikacji była diagnostyka przeprowadzona przez lekarza, mającą na celu wykluczenie stanów chorobowych, będących przeciwwskazaniem do udziału w procedurach badawczych (np. lekooporna epilepsja poudarowa, depresja, zaburzenia funkcji poznawczych, afazja globalna). Następnie fizjoterapeuta, stosując odpowiednie skale i testy z formularza kwalifikującego, oceniał stan funkcjonalny chorych, by zweryfikować ich możliwość uczestnictwa w badaniu.

Protokół oceny zawierał: kwestionariusz z testami funkcjonalnymi opartymi na klasyfikacji ICF, Skalę Barthel, Skalę Rankin, Skalę NIHSS, Zmodyfikowaną Skalę Ashworth, test FMA-LE, test lustrzany, Test Równowagi Berga (BBS). Wymienione testy i skale zostały wykorzystane do oceny funkcjonalnej uczestników, której wyniki były niezbędne przy

weryfikacji spełniania kryteriów włączenia do badań (Tabela 4.), by zapewnić jak największą homogeniczność grup (Tabela 8.).

Tabela 8. Skale i testy zastosowane do określenia stanu funkcjonalnego pacjenta

| Lp. | Skale i testy | Opis |
|-----|--|--|
| 1 | <p>Testy funkcjonalne oparte na ICF:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zmiana pozycji siedzącej na stojącą (d4103) • utrzymywanie pozycji stojącej (d4154) • test oceny ryzyka upadków w chodzie (TUG – d4500) | <p>Pacjent wykonuje przejście z pozycji siedzenia ze stopami ustawionymi na podłodze do pozycji stania (bez jakiegokolwiek asekuracji).[159]</p> <p>Pacjent pozostaje w wymaganej pozycji stojącej przez określony czas (bez jakiegokolwiek asekuracji).[159]</p> <p>Pacjent z pozycji siedzącej (np. na krześle) wstaje i pokonuje dystans 3 metrów, następnie wykonuje obrót i powraca do punktu wyjścia ponownie siadając. Pomiar czasu liczony jest od wstawania do ponownego przyjęcia pozycji siedzącej. Normy: osoby zdrowe – poniżej 10s, osoby starsze – 14s, pacjenci zagrożeni upadkiem – więcej niż 30s.[159]</p> |
| 2 | Zmodyfikowana Skala Ashworth | Sześciostopniowa skala numeryczna służąca do oceny wzmożonego napięcia mięśniowego (spastyczności). Napięcie mięśni kończyn dolnych bada się w pozycji leżącej, symetrycznie po obu stronach. Istotna okazuje się szybkość ruchu biernego, który w pełnym zakresie zgięcia lub wyprostowania powinien trwać około 1 sekundy.[62,160] |
| 3 | Skala Barthel | Międzynarodowa skala oceny sprawności pacjenta i jego zapotrzebowania na opiekę. Index ocenia poziom sprawności i samodzielności pacjenta w dziesięciu podstawowych obszarach: spożywanie posiłków, przemieszczanie się i siadanie, utrzymanie higieny osobistej, korzystanie z toalety, mycie i kąpiel całego ciała, poruszanie się po powierzchniach płaskich, wchodzenie i schodzenie po schodach, ubieranie się i rozbieranie, kontrolowanie stolca i zwieracza odbytu, kontrolowanie moczu i zwieracza pęcherza moczowego. Interpretacja wyników: 0-20 pkt. – całkowita niesamodzielność, 21-80 pkt. – potrzebna pomoc innych, 81-100 pkt. – pacjent może funkcjonować samodzielnie przy wsparciu innych osób.[161] |
| 4 | Skala Rankin | Sześciostopniowa skala oceniająca poziom niepełnosprawności pacjenta neurologicznego (gdzie: „0” – pacjent nie zgłasza skarg, „5” – bardzo ciężki stopień inwalidztwa, pacjent całkowicie zależny od otoczenia, konieczna stała pomoc osoby drugiej).[161,162] |

| | | |
|---|----------------------|---|
| 5 | Skala NIHSS | Międzynarodowa skala pozwalająca ocenić stan przytomności, orientację, reakcję na polecenia, skojarzone spojrzenie, zakres pola widzenia, niedowład mięśni twarzy i kończyn, czucie oraz funkcje językowe pacjenta po udarze mózgu. Wynik waha się od 0 (norma) do 42 punktów (gdzie: 1-4 – niewielki udar, 5-15 – umiarkowany udar, 16-20 – umiarkowany do ciężkiego udaru, 21-42 – ciężki udar).[163] |
| 6 | Skala MMSE | Skala oceny stanu psychicznego, pozwalająca na dokonanie ilościowej oceny wielu aspektów funkcji poznawczych: orientacji w czasie i miejscu, zapamiętywania, uwagi i liczenia, przypominania, funkcji językowych, powtarzania, wykonywania złożonych poleceń podanych ustnie lub na piśmie, zdolności wzrokowo -przestrzennych. Maksymalny wynik, jaki można uzyskać w teście, to 30 punktów (wynik poniżej 24pkt. świadczy o różnego stopnia ośpieniu).[164] |
| 7 | Test FMA-LE | Wskaźnik służący do oceny zaburzenia funkcji sensomotorycznych w kończynie dolnej u osób po przebytych udarze mózgu. Skala obejmuje ocenę: aktywności odruchowej, ruchów dobrowolnych w ramach i poza synergiami, zdolności do wykonywania izolowanych ruchów, szybkości oraz koordynacji. Łączny wynik 34 pkt. wskazuje na prawidłowe funkcje kończyny dolnej.[165,166] |
| 8 | Test lustrzany | Test wykorzystywany do badania czucia głębokiego. Sprawdza odczuwanie przez pacjenta pozycji jego ciała w przestrzeni.[167] |
| 9 | Test Równowagi Berga | Ilościowy test służący do oceny równowagi i ryzyka upadku. Koncentruje się na równowadze statycznej i dynamicznej. Obejmuje 14 zadań, za które maksymalnie można uzyskać 56 punktów. Wynik 0-20 pkt. wskazuje na całkowite uzależnienie od wózka inwalidzkiego, 21-40 pkt. przyznaje się pacjentowi, który porusza się z pomocą, 41-56 pkt. – pacjent niezależny.[165,168] |

6.2.3. Ilościowa ocena aktywnej dystrybucji ciężaru ciała za pomocą platformy posturograficznej TYMO®

Platforma posturograficzna TYMO® jest urządzeniem służącym do rejestrowania oraz analizy wyników pomiarów, dotyczących przenoszenia środka ciężkości ciała – ocenia ilościowo równowagę pacjenta w pozycji stojącej (Rycina 14.).[150]

W pierwszym badaniu platformę TYMO® zastosowano do ilościowego określenia aktywnej dystrybucji ciężaru ciała.



Rycina 14. Platforma posturograficzna TYMO z podkładką [źródło własne]

Testy na wspomnianej wyżej platformie stanowiły kolejny etap niniejszego badania, następujący zaraz po dokonaniu kwalifikacji oraz alokacji do poszczególnych grup. Przeprowadzane były dwukrotnie: w dniu rozpoczynającym badanie i na zakończenie badania, po przeprowadzonej terapii.

Każdy pacjent populacji SG oraz CG, przed terapią i po dwóch tygodniach usprawniania, otrzymał zadanie polegające na utrzymaniu pozycji stojącej na platformie TYMO® – stojąc boso, z oczami otwartymi (Rycina 15.) Informacja wzrokowa jest ważnym elementem równowagi, nawet podczas spokojnego stania, o czym świadczy fakt, iż zarówno amplituda, jak i zmienność kołysania ciała wzrasta w warunkach zamkniętych oczu. Stąd decyzja o przeprowadzeniu testów w warunkach aktywnej kontroli wzrokowej. Przed testem każdy badany został poinstruowany, aby podczas badania ciężar jego ciała został rozłożony symetrycznie na obie kończyny dolne. Test trwał 30 sekund. Uzyskane wyniki posłużyły do porównania skuteczności terapii stosującej system SPIDER w odniesieniu do terapii, w której system ten nie był użyty.



Rycina 15. Metoda oceny ilościowej zaburzeń równowagi za pomocą platformy posturograficznej TYMO®
[źródło własne]

6.2.4. Program leczenia fizjoterapeutycznego

W następnym etapie pierwszego badania, pacjenci obu grup (SG oraz CG) zostali poddani leczeniu fizjoterapeutycznemu, które opierało się na terapii manualnej, technikach sensorycznych i funkcjonalnych wykorzystujących metody neurofizjologiczne (PNF, NDT-Bobath) oraz ćwiczeniach na urządzeniach (rower stacjonarny, bieżnia). Dodatkowo grupa SG poddana została terapii z użyciem systemu SPIDER.

Program usprawniania grupy SG trwał 2 tygodnie:

- 4 x 45 min. dziennie terapii opartej na metodach neurofizjologicznych
- 1 x 45min. dziennie terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER

Program usprawniania grupy CG trwał również 2 tygodnie:

- 5 x 45 min. dziennie terapii opartej na metodach neurofizjologicznych
- bez wykorzystania systemu SPIDER

6.2.4.1. Metoda proprioceptywnego torowania nerwowo-mięśniowego (PNF)

W terapii pacjentów obu grup (SG i CG) pierwszego badania jedną ze stosowanych metod była metoda proprioceptywnego torowania nerwowo-mięśniowego. Została ona opracowana w 1946 r. przez czeskiego neurofizjologa Hermana Kabata i fizjoterapeutkę

Dorothy Voss w kalifornijskim Centrum Rehabilitacji Fundacji Kaisera. Filozofia tej koncepcji opiera się na założeniu, iż każda istota ludzka (w tym osoby niepełnosprawne) posiada nienaruszony potencjał życiowy (Kabat, 1950r.). Bazując na tej filozofii można wyróżnić zasady, stanowiące podstawę PNF: holistyczne podejście do każdego chorego, mobilizacja rezerw pacjenta, pozytywne podejście terapeutyczne, wzmacniające i wykorzystujące możliwości psychofizyczne chorego, pomoc w osiągnięciu najwyższego poziomu funkcjonalnego oraz integracja zasad kontroli motorycznej i nauczania ruchowego.[79] Poprzez stymulację dotykową (charakterystyczny chwyt lumbrykalny terapeuty), słuchową (jasne, proste komendy) oraz wzrokową (chory obserwuje wykonywany ruch) fizjoterapeuta bodźcuje eksteroreceptory pacjenta. Stosowany w tej koncepcji kierunkowy opór manualny i aproksymacja służą poprawie stabilizacji i propriocepcji.[5] Stymulacja ośrodków proprioceptywnych w mięśniach i ścięgnach wpływa na poprawę funkcji motorycznych, promuje eksplorację odruchów posturalnych i nadaje priorytet skurczom mięśniowym dla zwiększenia siły, poprawy równowagi i koordynacji.[90] Ruch odbywa się w płaszczyznach diagonalnych i ma charakter spiralny. Terapia opiera się na odpowiednich technikach i złożonych wzorcach ruchowych (łopatki, miednicy, kończyny górnej i dolej oraz tułowia i głowy). W zależności od tego, jakie grupy mięśniowe biorą udział w ruchu rozróżnia się techniki agonistyczne (rytmiczne pobudzanie ruchu, kombinacja skurczów izotonicznych, odtwarzanie, techniki wykorzystujące stretch), antagonistyczne (dynamiczna zwrotność ciągła, stabilizacja zwrotna, rytmiczna stabilizacja) oraz rozluźniające („trzymaj–rozluźnij”, „napnij–rozluźnij”).[79]

Trening grupy SG oraz CG, z zastosowaniem metody PNF, odbywał się w pozycji leżącej, klęku podpartym i jednonóż, na macie, oraz w pozycji siedzącej i stojącej, przy kozetce. W terapii, zgodnie z głównymi zasadami metody, stosowano optymalny opór kierunkowy, irradację (promieniowanie pobudzenia), aproksymację oraz odpowiednie wzorce ruchowe (miednicy, tułowia, kończyn górnych i dolnych). Poprzez opór torowano zdolność mięśni (głównie tułowia i kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym) do skurczu, zwiększano kontrolę motoryczną, pomagano pacjentowi w uzyskaniu świadomości ruchu i jego kierunku (poprawa percepcji ruchu) oraz zwiększano siłę mięśniową. Irradację (czyli rozprzestrzenianie się lub zwiększanie siły odpowiedzi, które występuje, gdy narasta intensywność bądź częstotliwość bodźca) stosowano przede wszystkim do ułatwiania skurczu mięśniowego. Ponadto promieniowanie pobudzenia wpływało na stronę kontrlateralną – oporowanie skurczu mięśni kończyny dolnej pośrednio zajętej wywoływało napięcie w mięśniach kończyny dolnej strony bezpośrednio zajętej. Aproksymacja (kompresja danego segmentu lub kończyny wzdłuż osi długiej) stosowana była w celu torowania stabilizacji i reakcji nastawczych. Ułatwiała również przenoszenie ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajętą, pobudzała do pracy mięśnie antygravitacyjne tej strony, poprawiała czucie głębokie, a także oporowała określone składowe ruchu (np. zastosowanie aproksymacji w końcowym fizjologicznym zakresie ruchu zgięcia stawu ramiennego

kończyny górnej strony pośrednio zajętej stanowiło opór dla ruchu elewacji łopatki tej strony, co wywoływało irradację do kończyny dolnej strony bezpośrednio zajętej).

W terapii wykorzystano następujące wzorce ruchowe:

- obniżania (depresji) miednicy po stronie bezpośrednio zajętej – w celu ułatwienia przenoszenia ciężaru ciała na kończynę dolną tej strony
- unoszenia (elewacji) miednicy po stronie pośrednio zajętej – w celu ułatwienia ruchów związanych z unoszeniem kończyny dolnej tej strony (wykonywaniem kroków) oraz ułatwienia przenoszenia ciężaru ciała na kończynę dolną strony bezpośrednio zajętej
- kończyny górnej (strony pośrednio zajętej): zgięcie, odwiedzenie, rotacja zewnętrzna – w celu wzmocnienia mięśni tułowia oraz, poprzez irradację, wzmocnienia mięśni kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym
- bilateralne symetryczne kończyn górnych: zgięcie, odwiedzenie, rotacja zewnętrzna – w celu wzmocnienia mięśni tułowia
- „chopping” – wzorzec zgięciowy dla tułowia
- „lifting” – wzorzec wyprostny dla tułowia
- kończyny dolnej (strony bezpośrednio zajętej): wyprost, przywiedzenie, rotacja zewnętrzna – w celu wzmocnienia mięśni tej kończyny
- kończyny dolnej (strony pośrednio zajętej): zgięcie, odwiedzenie, rotacja wewnętrzna – w celu wzmocnienia mięśni kończyny dolnej strony bezpośrednio zajętej (poprzez irradację)
- bilateralne zgięciowe kończyn dolnych ze zgięciem stawów kolanowych – w celu wzmocnienia mięśni tułowia (wzorzec zgięciowy dla tułowia) oraz mięśni kończyn dolnych
- bilateralne wyprostne kończyn dolnych z wyprostem stawów kolanowych – w celu wzmocnienia mięśni tułowia (wzorzec wyprostny dla tułowia) oraz mięśni kończyn dolnych

Głównymi technikami wykorzystanymi w terapii były: kombinacja skurczów izotonicznych, dynamiczna zwrotność, stabilizacja zwrotna oraz rytmiczna stabilizacja. Techniki te stosowano w celu zwiększenia siły mięśniowej (przede wszystkim tułowia i kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym), poprawy stabilizacji i równowagi, poprawy koordynacji mięśniowej agonistów i antagonistów, poprawy ekscentrycznej kontroli ruchu, a także zmniejszenia dolegliwości bólowych oraz wzmożonego napięcia mięśniowego.

Podczas treningu skupiono się przede wszystkim na nauce przyjmowania ciężaru ciała na kończynę dolną strony bezpośrednio zajętej oraz na symetrycznym przenoszeniu ciężaru ciała na obie kończyny dolne w pozycji stojącej. Łączono aproksymację ze stabilizacją zwrotną w obrębie miednicy, by wzmocnić mięśnie dolnej części tułowia i kończyn dolnych, a także aproksymację ze stabilizacją zwrotną w obrębie obręczy barkowej, by wzmocnić mięśnie górnej i dolnej części tułowia. Wykorzystując kombinację skurczów izotonicznych

prowadzono ćwiczenia równoważne we wszystkich kierunkach (z naciskiem na torowanie ruchu w kierunku strony bezpośrednio zajętej). W terapii stosowano również pozycję stania jednonóż na kończynie dolnej objętej zespołem neurologicznym, by ułatwić przenoszenie ciężaru ciała w fazie podporu podczas chodu. Stosowano wówczas aproksymację przez miednicę oraz kombinację skurczów izotonicznych w niewielkim zakresie i stabilizację zwrotną. Torowano także przenoszenie ciężaru ciała do boku oraz w przód i w tył.

6.2.4.2. Metoda neurorozwojowa Bobath

Drugą metodą zastosowaną w terapii pacjentów obu grup (SG i CG) pierwszego badania, była neurorozwojowa metoda wg Bobath. Koncepcja NDT-Bobath, której twórcami są fizjoterapeutka Berta Bobath oraz lekarz Karel Bobath, kładzie nacisk na neurofizjologiczne podstawy motoryki człowieka oraz wykorzystuje plastyczne możliwości układu nerwowego poprzez stymulowanie reorganizacji uszkodzonego ośrodkowego układu nerwowego (OUN). Metoda Bobath w obszarze neuroplastyczności opiera się na założeniu, iż doświadczenia dorosłego pacjenta nieustannie modyfikują jego układ nerwowy, co skutecznie sprzyja osiągnięciu przez niego celów funkcjonalnych w różnorodnym środowisku. Bodźce sensoryczne, doświadczenie i uczenie się, będące formą oddziaływania terapeutycznego, wpływają na zmiany reprezentacji odpowiednich rejonów kory mózgowej, a jeżeli dotyczy to rejonów częściowo dotkniętych uszkodzeniem, istnieje możliwość przejęcia ich funkcji przez obszary sąsiednie bądź odległe, ale połączone z nimi aksonami.[5,91] Zasadniczym celem terapii wg koncepcji Bobath jest poprawa funkcji (rozumianej jako aktywność ukierunkowana na cel), poprzez pracę nad postawą i ruchami selektywnymi chorego. Technikami stosowanymi w opisywanej wyżej metodzie są m. in. ułatwianie (facylitacja) i hamowanie (inhibicja). Facylitacja jest sposobem oddziaływania na pacjenta w celu wspomaganie wykonania fizjologicznego ruchu. Ułatwianie włącza się do terapii, gdy ruch bez tego nie może być wykonany bądź jest wykonywany w patologicznym wzorcu. Inhibicja, to oddziaływanie na chorego w celu hamowania patologii (np. patologicznych wzorców ruchowych). Ponadto bardzo ważna jest właściwa kolejność użycia: wyrównanie segmentów ciała, aktywacja mięśni, wspomaganie przenoszenia ciężaru ciała.[91]

Terapia grupy SG oraz CG, z zastosowaniem metody NDT-Bobath, opierała się głównie na torowaniu ruchu w fizjologicznych wzorcach. Ćwiczenia na materacu, w pozycji leżenia tyłem, miały na celu wzmocnienie mięśni tułowia oraz kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym. Fizjoterapeuta torował ruch zgięcia i rotacji tułowia pacjenta w kierunku strony bezpośrednio zajętej. Stosowano także ćwiczenia przodo- i tyłopochylenia miednicy oraz jej unoszenia, przy jednoczesnym wspomaganie przenoszenia ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajęta, by umożliwić pacjentowi wykonanie ruchu czynnego kończyną dolną strony pośrednio zajętej. Podczas ćwiczeń w pozycji siedzącej na kozetce, ze stopami opartymi o podłoże, torowano ruch zgięcia tułowia do przodu z jednoczesnym wspomaganie przenoszenia ciężaru ciała na kończynę dolną objętą zespołem

neurologicznym. Przed terapią w pozycji stojącej fizjoterapeuta przygotowywał stopę chorego po stronie bezpośrednio zajętej poprzez: mobilizację mięśni łydki, ścięgna Achillesa i łuku poprzecznego stopy, facylitację zgięcia grzbietowego i podeszwowego oraz ruchu przetaczania stopy, a także stymulację receptorów czuciowych w okolicy guza piętowego. Następnie, będąc po stronie bezpośrednio zajętej i chwytając za miednicę pacjenta oraz jego staw kolanowy kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym, fizjoterapeuta torował przejście z siadu do stania, ułatwiając przenoszenie ciężaru ciała chorego do przodu i w bok. Trening w staniu polegał na wspomaganiu przez fizjoterapeutę, przenoszenia ciężaru ciała na kończynę dolną strony bezpośrednio zajętej oraz wykonywaniu ruchów czynnych kończyną dolną pośrednio zajętą.

6.2.4.3. System SPIDER

W trakcie terapii pacjentów wyłącznie grupy SG pierwszego badania zastosowano dodatkowo system SPIDER. Terapia wykorzystująca ten system polega na wymuszeniu przesunięcia ciężaru ciała na kończynę dolną strony bezpośrednio zajętej. Trening, z zastosowaniem tego systemu, odbywa się w metalowej klatce, do której przymocowane są elastyczne sznury, stanowiące element stymulujący i stabilizujący. Sznurki mocowane są do pasa nośnego, który z kolei umieszcza się w okolicach talii pacjenta, co zapewnia stabilizację w ustalonej pozycji.[147]

Zaletą systemu SPIDER jest możliwość pracy z pacjentem w pozycji stojącej, w kontrolowanych i bezpiecznych warunkach, co minimalizuje występowanie reakcji stowarzyszonych. Pacjent jest odciążony, gdy punkt zaczepienia linek do klatki znajduje się powyżej poziomu pasa nośnego (powyżej punktu środka ciężkości). Natomiast pacjent jest dociążony, jeśli sznury zamocowane są poniżej poziomu tego pasa (poniżej punktu środka ciężkości).

Terapia przy użyciu systemu SPIDER, w warunkach odciążenia, umożliwiała stopniowe przyjmowanie przez chorego ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajętą, przez co minimalizowała generowanie kompensacji. W warunkach dociążenia aktywizowane grupy mięśniowe poddawane były dodatkowej pracy, natomiast zwiększony docisk (aprosymacja) powierzchni stawowych wpływał na poprawę czucia głębokiego i stabilizacji oraz generował wzrost napięcia osłabionych mięśni.

Terapeuta torował aktywne ustawienie kończyny dolnej strony bezpośrednio zajętej, tj. lekkie zgięcie stawu kolanowego tej kończyny, by zapobiec jego ryglowaniu na strukturach biernych (w przeproście). Jednocześnie pacjent, kończyną dolną strony pośrednio zajętej, wykonywał ruch czynny (mobilność na stabilności). Stanowiło to formę przygotowania do fazy podporu w chodzie (Rycina 16. i 17.).



Rycina 16. Przykład terapii z zastosowaniem systemu SPIDER u pacjentów z grupy SG. Na zdjęciu chory z niedowładem prawostronnym, z przeniesionym ciężarem ciała na stronę bezpośrednio zajęłą. System SPIDER, dzięki zamocowanym do pasa sznurom, zapewnił mu stabilizację w wymuszonej pozycji. Terapeuta torował aktywne ustawienie kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym, jednocześnie pacjent, kończyną dolną strony pośrednio zajętej, ustawioną w odwiedzeniu w stawie biodrowym, wykonywał ruch zgięcia i wyprostu. [źródło własne]



Rycina 17. Przykład terapii z zastosowaniem systemu SPIDER u pacjentów z grupy SG. Na zdjęciu chory z niedowładem prawostronnym, ustawiony w wymuszonej pozycji obciążania kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym. Lewa kończyna dolna wykonywała w tym czasie ruch zgięcia, odwiedzenia, rotacji zewnętrznej (wzorzec PNF). Terapeuta przystawiał opór kierunkowy na staw biodrowy prawy, by dodatkowo stymulować pacjenta do przenoszenia ciężaru ciała na prawą stronę (stronę bezpośrednio zajęta), pilnując przy tym, by pacjent nie ustawiał prawego stawu kolanowego w przeproście. Pacjent, krzyżując kończyny górne na klatce piersiowej, zapewniał sobie dodatkową stabilizację tułowia. [źródło własne]

6.3. Metody wykorzystane w badaniu drugim

W badaniu drugim, jak już wcześniej wyjaśniono, procedurom badawczym poddana była ta sama grupa pacjentów, która stanowiła jednocześnie grupę SG badania pierwszego (60 osób po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, spełniających kryteria włączenia – Tabela 4., poddanych terapii z wykorzystaniem metody PNF i NDT-Bobath oraz systemu SPIDER). W badaniu tym oceniano tylko przydatność samej platformy posturograficznej do ilościowej ewaluacji zaburzeń równowagi, w procesie diagnostyki funkcjonalnej opisywanej populacji chorych.

Rozszerzona ewaluacja zaburzeń równowagi, przeprowadzona była wyłącznie dla grupy SG, przed i po terapii z zastosowaniem metod specjalnych PNF i NDT-Bobath oraz systemu SPIDER, ponieważ, jak już wcześniej podkreślono, badanie nie dotyczyło porównywania skuteczności terapii (co było celem pierwszego badania), ale znaczenia uzyskanych wyników pomiarów właśnie przy pomocy platformy posturograficznej, dla planowania dalszej terapii.

Testy przeprowadzane były dwukrotnie: w dniu rozpoczynającym badanie i na zakończenie badania, po przeprowadzonej terapii. Ocena ilościowa składała się z dwóch części: w pierwszej pacjent stał bezpośrednio na platformie (stabilne podłoże), natomiast w drugiej pacjent stał na miękkiej podkładce umieszczonej na platformie (niestabilne podłoże). Miękką podkładką zwiększa kołysanie pacjenta podczas wykonywania testu, co stanowi wyzwanie dla systemu kontroli postawy ciała w odniesieniu do warunków stabilnego podłoża. Stąd dwuczęściowy charakter testu, który miał na celu sprawdzenie strategii kontroli posturalnej pacjentów w warunkach stabilności i niestabilności podłoża. Statyczne stanie na niestabilnej powierzchni modyfikuje również biomechaniczne zmienne w stopie oraz w układzie torebkowo-więzadłowym stawu skokowego, co skutkuje zmianą rozkładu nacisków na stopę. Każdy pacjent populacji SG, przed terapią i po dwóch tygodniach usprawniania, otrzymał zadanie polegające na utrzymaniu pozycji stojącej na platformie TYMO® – stojąc boso, z oczami otwartymi Test utrzymania wyżej opisanej pozycji, zarówno bez podkładki (M1), jak i z podkładką (M3), trwał 30 sekund. Urządzenie rejestrowało wychylenia środka ciężkości ciała w określonym kierunku.

Pomiary dotyczyły:

- dystansu przebytego przez środek ciężkości ciała pacjenta podczas wykonywania testu
- odchyień przysrodkowo-bocznych oraz przednio-tylnych ciała badanego
- obszaru ruchu wyznaczonego przez środek ciężkości ciała
- średniej prędkości, z jaką pacjent wykonywał ruch w celu utrzymania żądanej pozycji
- rozkładu masy ciała badanego

Na podstawie zarejestrowanych przez platformę wyników przed i po terapii możliwa była ocena przydatności samej platformy posturograficznej w procesie diagnostyki funkcjonalnej oraz weryfikacja celowości zastosowanej fizjoterapii wśród omawianej populacji chorych.

6.4. Metody statystyczne

W obu badaniach testy normalności zostały wykonane przy użyciu Testu Shapiro-Wilka. Testy te nie wykazały normalności rozkładu. Jednak, ze względu na liczebność obu grup (SG: $n=60$ i CG: $n=60$), spełniającą warunek $n>30$, możliwe było zastosowanie Testu t-Studenta (odporność testu na niespełnienie warunku normalności). Rozkład t można bowiem określić rozkładem normalnym w przypadku, gdy liczebność „ n ” próby jest większa od 30.[169] Dla zmiennych ilościowych obliczono podstawowe statystyki, tj. średnią, medianę, odchylenie standardowe oraz wartości minimalne i maksymalne. Poziom

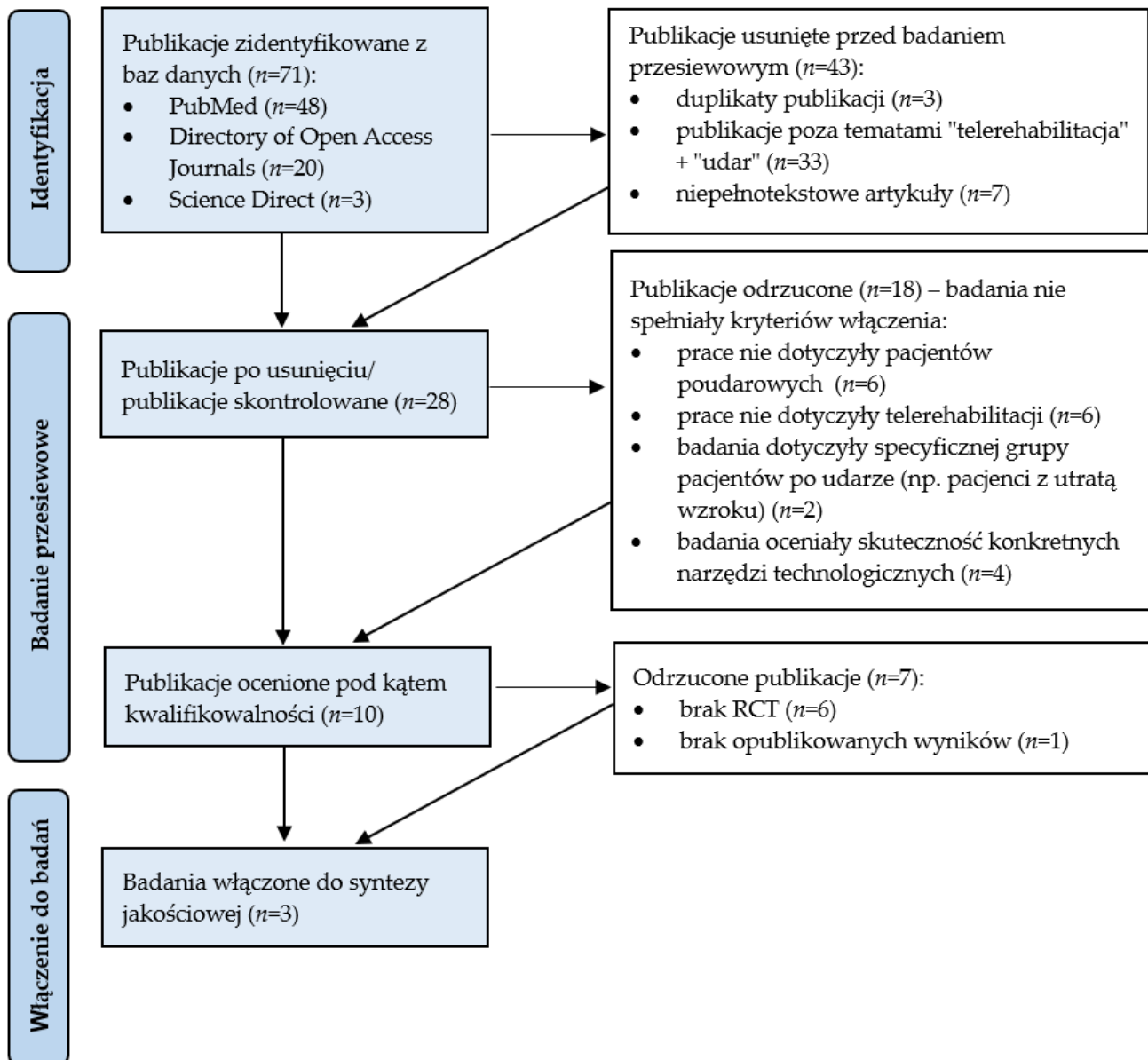
istotności ustalono na $p=0,05$ (jednorzędowo). Dodatkowo w drugim badaniu wielkość efektów terapii określono za pomocą d-Cohena. Zarządzanie danymi i ich analizę przeprowadzono w trzech programach: Microsoft Excel 2007 + Dodatki, StatSoft Statistica V12 – Pakiet Zaawansowany oraz PQStat 1.8.0.476.

6.5. Metoda przeprowadzenia przeglądu systematycznego według wytycznych PRISMA

W pracy *“Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic”* wykorzystany został protokół PRISMA. PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) jest protokołem szeroko wykorzystywanym do tworzenia przeglądów systematycznych oraz metaanaliz. Protokół ten w sposób ustrukturyzowany umożliwia dokonanie analizy badań z określonego piśmiennictwa. Jest on również akceptowany jako sposób konstruowania procesu selekcji prac w tego typu artykułach oraz wymagany w dużej części recenzowanych czasopism zagranicznych. Informacje na temat zasad przeprowadzenia przeglądu według wytycznych oraz rekomendowane publikacje zawierające tożsame informacje w tym zakresie pobrane były ze strony <http://www.prisma-statement.org> [dostęp 09.03.2021].

Przeгляд powstał w oparciu o materiał badawczy uzyskany z baz PubMed, Directory of Open Access Journals oraz Science Direct. Do wyszukiwania publikacji użyto Multiwyszukiwarki Biblioteki Głównej Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego (wyszukiwane hasło: „telerehabilitation after stroke”). Daty prac obejmowały lata 2019-2021. Zidentyfikowano 71 rekordów (PubMed – 48, Directory of Open Access Journals – 20, Science Direct – 3), które zawężono do tematów „telerehabilitation” + „stroke”. Wyniki ograniczono tylko do pełnego tekstu. Po usunięciu duplikatów autorzy dokonali niezależnej analizy tytułów oraz streszczeń 28 prac. Wybrano 10 publikacji oceniających efektywność usprawniania w systemie telerehabilitacyjnym w odniesieniu do różnych aspektów stanu funkcjonalnego: motoryki kończyny górnej bezpośrednio zajętej, równowagi, wydolności krążeniowo-oddechowej, funkcji poznawczych, a także poziomu akceptacji oraz wykonalności teleterapii przez jej użytkowników w warunkach domowych. Wybór został dokonany na podstawie kryteriów włączenia: (1) badanie z udziałem osób po udarze mózgu, (2) opisujące interwencje terapeutyczne z wykorzystaniem telerehabilitacji, (3) określające wpływ teleterapii na stan funkcjonalny pacjentów poudarowych, (4) oceniające skuteczność systemu telerehabilitacyjnego w odniesieniu do fizjoterapii w warunkach szpitalnych bądź ambulatoryjnych, (5) napisane w języku angielskim. Pytanie wygenerowane z wykorzystaniem komponentów PICOS (Population – populacja, Intervention – interwencja, Comparison – porównanie, Outcomes – wyniki, Study Design – projekt badania) brzmiało: „czy u pacjentów po udarze mózgu (P) telerehabilitacja (I) stanowi skuteczne narzędzie terapii, wpływające na poprawę stanu funkcjonalnego (O) w odniesieniu do fizjoterapii w warunkach szpitalnych lub ambulatoryjnych (C)?”. Do syntezy jakościowej włączono jedynie randomizowane badania kontrolowane (RCT), gdyż są one uznawane za najlepszy projekt

badawczy do oceny efektywności interwencji klinicznych (S). Cały proces identyfikacji i selekcji artykułów pod kątem ich włączenia i wyłączenia przedstawia poniższy diagram (Rycina 18.).



Rycina 18. Diagram zaadaptowany z metody PRISMA, ilustrujący proces identyfikacji i selekcji artykułów pod kątem ich włączenia i wyłączenia [opracowanie własne]

7. Podsumowanie najważniejszych wyników opublikowanych prac zawartych w cyklu

7.1. Publikacja nr 1

„Przegląd wybranych metod fizjoterapeutycznych wykorzystywanych w usprawnianiu chorych po udarze mózgu”

Ostrowska Paulina Magdalena, Śliwiński Maciej, Hansdorfer-Korzon Rita

Na całym świecie udar mózgu jest główną przyczyną długotrwałej niepełnosprawności, obniżającej w znacznym stopniu jakość życia pacjentów po przebytych udarze.[170] Następstwami udaru mózgu są deficyty motoryczne, sensoryczne, percepcyjne oraz poznawcze. Jednak najczęściej występujące zaburzenia, obserwowane u ponad 80% chorych, dotyczą układu ruchu.[171] W związku z powyższym rehabilitacja po udarze mózgu wymaga długofalowego i multidyscyplinarnego podejścia.[172] Niestety diagnostyka funkcjonalna oraz usprawnianie pacjentów po udarze mózgu to bardzo złożony i trudny proces. Powodem takiego stanu rzeczy jest duże zróżnicowanie następstw uszkodzenia OUN oraz duża heterogeniczności omawianej populacji chorych. Stale poszukuje się nowych metod usprawniania, zastosowania ich elementów w połączeniu z nowoczesnymi technologiami, prowadząc badania w celu wymiany doświadczeń międzyośrodkowych.

Jak już wspomniano, funkcjonowanie pacjentów po udarze mózgu jest źródłem zainteresowania dla wielu badaczy, ale także ogromnym wyzwaniem dla współczesnej medycyny. Ocena skuteczności zastosowanej rehabilitacji neurologicznej, a także ocena wpływu czynników dodatkowych na skuteczność rehabilitacji neurologicznej, to główne cele wielu dostępnych w literaturze przedmiotu badań.[42,54,74,76,78,85,91,102,115,121]

Celem niniejszej pracy własnej było więc odniesienie się do dostępnej literatury w obszarze wielokierunkowego postępowania fizjoterapeutycznego u pacjentów po udarze mózgu, wykorzystującego między innymi metody neurofizjologiczne, wirtualną rzeczywistość czy robotykę.

Jedną z obszernie opisanych metod [79-85,88,90] jest, znana i stosowana od wielu lat, metoda PNF. Stosowany w tej koncepcji kierunkowy opór manualny i aproksymacja służą poprawie stabilizacji i propriocepcji.[5] Ruch odbywa się w płaszczyznach diagonalnych i ma charakter spiralny. Stymulacja ośrodków proprioceptywnych w mięśniach i ścięgnach wpływa na poprawę funkcji motorycznych, promuje eksplorację odruchów posturalnych i nadaje priorytet skurczom mięśniowym dla zwiększenia siły, poprawy równowagi i koordynacji.[90] W roku 2014 T. Ribeiro i wsp. przebadali 11 osób z przewlekłym niedowładem po udarze mózgu (1,5 - 2 lata po zaistniałym udarze mózgu). Pacjenci zostali poddani terapii opartej na metodzie PNF (12 sesji), ocenianej pod kątem: funkcji motorycznej – przy użyciu skali STREAM (*Stroke Rehabilitation Assessment of Movement*), funkcjonalności – za pomocą skali FIM (*Functional Independence Measure*) oraz kinematyki chodu – przy wykorzystaniu systemu wychwytywania ruchu Qualisys. Ocenę przeprowadzano przy

przyjęciu i po terapii. Zaobserwowano istotne zmiany w punktacji FIM (z mediany 67 do mediany 68, $P = 0,043$) oraz w punktacji STREAM (z mediany 47 do mediany 55, $P = 0,003$). Dane wykazały istotne zmiany w funkcji ruchowej po terapii, sugerując, że program ten może być przydatny w rehabilitacji osób po udarze mózgu w fazie przewlekłej.[66] W badaniu z roku 2017 autorstwa V. Sharmy, przeprowadzonym na grupie 23 osób po udarze mózgu w fazie przewlekłej, wyniki wskazują, iż terapia prowadzona w połączeniu z metodą PNF była bardziej efektywna w zakresie poprawy stabilizacji tułowia, równowagi i chodu (czas trwania terapii: 60 min., 5x w tygodniu przez okres 4 tygodni).[67] Z kolei badanie S. Park (2016r.) wykazało pozytywny wpływ terapii wykorzystującej metodę PNF u pacjentów po udarze mózgu z zespołem zaniedbywania, oceniając również u tych pacjentów udział ruchu gałek ocznych oraz propriocepcji w programie usprawniania. Terapia była prowadzona 5x w tygodniu przez 6 tygodni. Przed i po terapii mierzono wyważenie (statyczne i dynamiczne) oraz ustawienie głowy (kąt obrotu czaszki). W pomiarach równowagi statycznej grupa pacjentów usprawniana bez metody PNF (grupa EM) wykazała znaczną poprawę mierzonych parametrów w stanie otwartych oczu, ale nie w stanie oczu zamkniętych, natomiast grupa usprawniana metodą PNF (grupa PEM) wykazała znaczną poprawę w obu warunkach. W ocenie bilansu dynamicznego obie grupy wykazały znaczną poprawę. W odniesieniu do osiowania głowy i kąta obrotu czaszki nie stwierdzono istotnych różnic przed i po terapii w grupie EM, natomiast grupa PEM wykazała istotne różnice w obu pomiarach. Wyniki te sugerują, iż u pacjentów z zespołem zaniedbania, terapia łączona z metodą PNF ma większy pozytywny wpływ na równowagę i wyrównanie pozycji głowy względem tułowia.[68]

Kolejną metodą, opisywaną przez wielu autorów, jest metoda oparta na koncepcji NDT-Bobath, która zakłada, iż doświadczenia dorosłego pacjenta nieustannie modyfikują jego układ nerwowy, co skutecznie sprzyja osiąganiu przez niego celów funkcjonalnych w różnorodnym środowisku.[91] W badaniu E. Mikołajewskiej z 2017r. terapią objęto 30 dorosłych pacjentów po udarze niedokrwiennym, w przedziale wiekowym 32-82 lat. Pacjenci zostali losowo przypisani do jednej z grup terapeutycznych: grupy badanej (usprawnianej metodą NDT-Bobath, 10 sesji) oraz grupy kontrolnej (usprawnianej bez wykorzystania opisywanej metody, 10 sesji). W grupie badanej zaobserwowano statystycznie istotne i korzystne zmiany prędkości chodu, kadencji i długości kroku w odniesieniu do ich znormalizowanych wartości.[70] W kolejnym badaniu również E. Mikołajewska opisuje pacjentów w przedziale wiekowym 42-55 lat, przyjętych do oddziału rehabilitacji neurologicznej po udarze niedokrwiennym mózgu. Dziesięć sesji terapii NDT-Bobath odbyło się w ciągu 2 tygodni (terapia była wykonywana codziennie przez 5 dni w tygodniu). Pomiarzy skali Ashworth, indeksu Barthel, prędkości chodu, kadencji i długości kroku przeprowadzono dwukrotnie: przy przyjęciu i po ostatniej sesji fizjoterapeutycznej. Obserwowano statystycznie istotne i korzystne zmiany w napięciu mięśni, funkcji ręki, wybranych czynnościach życia codziennego, parametrach chodu, co świadczy o skuteczności metody NDT-Bobath w usprawnianiu pacjentów po udarze mózgu.[71] M.

Garcia i wsp. w 2015r. przeprowadzili badania na grupie 24 osób, będących w fazie przewlekłej po udarze mózgu. Pacjenci zostali poddani 3 tygodniowym sesjom fizjoterapeutycznym (45 min. każda), wykorzystującym metodę NDT-Bobath. W celach pomiaru skuteczności metody zastosowano następujące skale: mEFAP (*Modified Emory Functional Ambulation Profile*), 10-metrowy test chodu, 6-minutowy test marszu, test siły mięśniowej. Wyniki badania wykazały znaczną poprawę w zakresie działań związanych z chodzeniem na różnych powierzchniach i wokół przeszkód.[72]

Ciekawym i nowoczesnym podejściem są doniesienia naukowe wykorzystujące wirtualną rzeczywistość (VR) w terapii tej grupy chorych. Już w 2001r. L. Piron i wsp. używali oprogramowania VR do usprawniania motorycznego pacjentów z udarem i urazami mózgu. W ich badaniu pacjenci poddawani byli 1-godzinnej terapii 5 dni w tygodniu przez 4 tygodnie. W trakcie wykonywania zadania dostarczano zwiększone sprzężenie zwrotne tak, aby pacjenci mogli zobaczyć swoje odchylenia od optymalnej trajektorii ustawionej przez terapeutę. Poprawa wyników VR przełożyła się na poprawę sprawności ruchowej w świecie rzeczywistym.[76] W swoim przeglądzie literatury A. Aminov i wsp. w roku 2018 wykazali, iż rehabilitacja oparta na rzeczywistości wirtualnej wykazuje potencjał jako angażujący i skuteczny sposób poprawy funkcji i zdolności poznawczych po udarze mózgu. Zidentyfikowano 33 badania, w tym aż 492 uczestników terapii stosującej VR. Dowiedziono, że wirtualna rzeczywistość może mieć znaczący wpływ na wyniki w zakresie struktury ciała/funkcji i poziomu aktywności. Dowody świadczą o tym, że VR stosuje się jako uzupełnienie programu rehabilitacji w przypadku udaru mózgu, a jej skuteczność jest widoczna w przypadku różnych platform, parametrów treningowych i etapów rekonwalescencji.[173]

Innym ciekawym i efektywnym rozwiązaniem okazuje się również terapia wykorzystująca roboty rehabilitacyjne. W badaniu Ch. Yokotaa z 2019r. dowiedziono, iż trening chodu wspomagany przez roboty u pacjentów po udarze mózgu może pozwolić na otrzymanie wysokiej dawki i intensywności terapii chodu w porównaniu z konwencjonalną terapią. W badaniu uczestniczyło 47 chorych. Do pomiaru wykorzystano skalę niezależności funkcjonalnej FIM. Wykazano, iż u pacjentów poddanych terapii z wykorzystaniem robotów nastąpiła szybsza poprawa w zakresie lokomocji w porównaniu z grupą kontrolną.[174] W przeglądzie systematycznym Q. Zheng i wsp. uwzględniono 31 randomizowanych badań kontrolowanych z udziałem 1249 uczestników. Wyniki metaanalizy wykazały, że terapia wspomagana przez robota miała pozytywny wpływ na równowagę, o czym świadczy wzrost wyniku skali równowagi Berga (model efektów losowych, średnia różnica = 4,64, 95%CI = 3,22-6,06, $P < 0.0$), a także wyniki skali równowagi Fugl-Meyera (model efektów stałych, średnia różnica = 3,57, 95%CI = 2,81-4,34, $P < 0.0$). Dowody wskazują, że terapia wspomagana przez robota może przynieść znaczącą poprawę funkcji równoważnych u pacjentów po udarze mózgu w porównaniu z pacjentami nie stosującymi tej metody.[78]

Przedstawione w pracy poglądowej „Przegląd wybranych metod fizjoterapeutycznych wykorzystywanych w usprawnianiu chorych po udarze mózgu” wyniki badań w sposób

jednoznaczny podkreślają skuteczność terapii, wykorzystującej metody neurofizjologiczne, wirtualną rzeczywistość czy robotykę, jako kluczowego narzędzia w leczeniu fizjoterapeutycznym chorych po udarze mózgu. Jednak, pomimo postępu medycyny, fizjoterapii i technologii, dążenie do uzyskania najbardziej pożądaných efektów, w odniesieniu do stanu funkcjonalnego pacjentów, wciąż stanowi wyzwanie dla terapeutów, chorych i ich rodzin. Powodem tego jest, z jednej strony, złożoność następstw i powikłań, jakie niesie ze sobą uszkodzenie OUN, z drugiej strony, wzrost przeżywalności udarów mózgu, a tym samym wzrost liczby osób z szerokim spektrum niepełnosprawności. Sami autorzy, przedstawionych w niniejszej pracy badań, zwracają uwagę na dużą heterogeniczność badanych grup, niską liczebność populacji chorych poddawanych procedurom badawczym oraz niedostateczną liczbę randomizowanych badań kontrolowanych.[66,70,72,90,99,173] Z kolei autorka niniejszej rozprawy zwraca również uwagę na braki wśród doniesień naukowych, dotyczące badań wyłącznie w populacji chorych po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej. Fakt ten stał się istotnym wskazaniem do rozpoczęcia badań własnych na temat oceny skuteczności mniej powszechnych form usprawniania pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej oraz bardziej szczegółowych metod diagnostyki funkcjonalnej omawianej populacji chorych.

7.2. Publikacja nr 2

“Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic”

Ostrowska Paulina Magdalena, Śliwiński Maciej, Studnicki Rafał, Hansdorfer-Korzon Rita

Jak już wcześniej wspomniano, w marcu 2020r., również w Polsce, doszło do wybuchu pandemii wirusa SARS-CoV-2, który zbiegł się w czasie z prowadzonymi wówczas procedurami badawczymi do zaplanowanego pierwotnie, pierwszego artykułu oryginalnego cyklu publikacji. Uniemożliwiło to kontynuację badań, gdyż były one realizowane w ośrodkach rehabilitacyjnych, które zostały zamknięte dla osób z zewnątrz. W związku z powyższym zdecydowano o przeprowadzeniu przeglądu systematycznego, dotyczącego telerehabilitacji w warunkach ograniczonych zasobów (w tym wypadku pandemii). Jego celem była analiza korzyści i ograniczeń, płynących z prowadzenia systemu teleterapii, w odniesieniu do różnych aspektów stanu funkcjonalnego pacjentów po udarze mózgu: równowagi, motoryki kończyny górnej bezpośrednio zajętej, wydolności krążeniowo-oddechowej, funkcji poznawczych, a także poziomu akceptacji oraz wykonalności telerehabilitacji przez jej użytkowników w warunkach domowych. Do przeglądu włączono 10 prac, które obejmowały lata 2019-2021.

Praca *Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic* opiera się na wytycznych PRISMA, stanowiących protokół tworzenia

przeглядów systematycznych. W celu przejrzystego przedstawienia omawianych w niniejszym przeglądzie publikacji, a w nich opisywanych grup badanych oraz wyników procedur badawczych, przydzielono do każdej pracy odpowiedni symbol literowy A, B, C, D, E, F, G, H, I, J (Tabela 9.).

Tabela 9. Przedstawienie artykułów włączonych do badania według metodologii PRISMA

| Rodzaj artykułu | Symbol | Temat | Źródło |
|---|--------|--|----------------------------|
| RCT z opublikowanymi wynikami | (A) | TR w warunkach domowych dla dorosłych pacjentów po udarze mózgu | Cramer S. i wsp., 2019r. |
| | (B) | TR oparta na kolaboracyjnym modelu opieki dla pacjentów z ostrym udarem mózgu | Wu Z. i wsp., 2020r. |
| | (C) | TR w celu poprawy równowagi u pacjentów po udarze mózgu | Burgos P. i wsp., 2020r. |
| RCT bez publikacji wyników | (D) | Domowa rehabilitacja VR dla pacjentów po udarze mózgu | Sheehy L. i wsp., 2019r. |
| Studium przypadku | (E) | Poziom akceptacji użytkowników po udarze mózgu TR w warunkach domowych | Chen Y. i wsp., 2020r. |
| | (F) | TR wideo w warunkach domowych dla chorych po udarze mózgu | Odetunde M. i wsp., 2020r. |
| Inne badania (nie randomizowane i/lub nie kontrolowane) | (G) | Korelacja struktury sieci społecznej i domowej TR po udarze mózgu | Podury A. i wsp., 2021r. |
| | (H) | TR mająca na celu zwiększenie sprawności krążeniowo-oddechowej po udarze mózgu | Galloway M. i wsp., 2019r. |
| | (I) | TR stosowana w celu poprawy funkcji poznawczych u osób po udarze mózgu | Torrisi M. i wsp., 2019r. |
| | (J) | Łączenie chorych po udarze mózgu z terapeutami za pomocą technologii | Simpson D. i wsp., 2020r. |

Opis poszczególnych publikacji, zawierający informacje dotyczące charakterystyki badanych grup, podjętych interwencji terapeutycznych, wykorzystanych skal i testów oraz uzyskanych wyników badań, przedstawiono poniżej.

Publikacja (A): S. Cramer i wsp. (2019r.) w swojej pracy oceniali wpływ telerehabilitacji w warunkach domowych (połączonej z modułem edukacyjnym) na motorykę kończyny górnej strony bezpośrednio zajętej oraz wiedzę na temat udarów mózgu u dorosłych pacjentów po przebytych udarze mózgu.[175]

Badania przeprowadzono w 11 ośrodkach w USA, przebadano 124 dorosłych pacjentów (34 kobiety i 90 mężczyzn), po przebytych udarze mózgu (zarówno niedokrwiennym, jak i krwotoku śródmózgowym), z deficytami motorycznymi kończyny górnej (wynik Fugl-Meyer dla kończyny górnej: 22-56), będących w 4-36 tygodniu po udarze mózgu (średnio 18,7 tygodni po udarze mózgu), bez zaburzeń funkcji poznawczych. Każda sesja terapeutyczna trwała 70 min., terapia prowadzona była przez 6 tygodni (łącznie 36 sesji terapeutycznych: 18 nadzorowanych i 18 bez nadzoru). Grupa eksperymentalna (TR) poddana była terapii w systemie telerehabilitacyjnym w warunkach domowych, natomiast grupa kontrolna (IC) poddana była terapii w systemie ambulatoryjnym. System

telerehabilitacyjny składał się z podłączonego do Internetu komputera ze stołem, krzesłem i 12 urządzeniami wejściowymi do gier – bez klawiatury, ponieważ umiejętność obsługi komputera nie była wymagana wśród pacjentów. Osoby z grupy IC otrzymywały informacje zwrotne od fizjoterapeuty, w dni nadzorowane, na podstawie obserwacji. Natomiast sesje nadzorowane w grupie TR rozpoczynały się od 30-minutowej wideokonferencji pacjent-terapeuta, podczas której fizjoterapeuci nadzorowali terapię, odpowiadali na pytania, przeglądali plany leczenia i dokonywali oceny badania. Sesje bez nadzoru dla obu grup (TR i IC) zawierały te same treści terapeutyczne co sesje nadzorowane, ale bez kontaktu z fizjoterapeutą. Trening funkcjonalny w grupie TR (25 gier funkcjonalnych) został zaprojektowany tak, aby odpowiadał treningowi funkcjonalnemu w grupie IC (zadania funkcjonalne). Plan usprawniania opierał się na podręczniku treningu zadaniowego dla kończyny górnej[176] oraz Programie Przyspieszonego Zdobywania Umiejętności (*Accelerated Skill Acquisition Program*[177]). Wszystkie sesje obejmowały również 5 minut dziennie edukacji na temat udaru mózgu. Treści edukacyjne były takie same dla obu grup, dotyczyły profilaktyki udaru i czynników ryzyka jego wystąpienia.[175]

Podsumowanie wyników z publikacji (A): Pacjenci grupy TR odbyli 35,4 z 36 (98,3%) przydzielonych sesji terapeutycznych, natomiast chorzy z grupy IC 33,6 z 36 (93,3%) sesji. Średnia zmiana wyniku FM w grupie TR wzrosła o 7,86 punktów od momentu rozpoczęcia terapii do 30 dni po jej zakończeniu ($P < .001$), w grupie IC o 8,36 punktów ($P < .001$). Skorygowana o kowariancję średnia zmiana wyniku FM była o 0,06 punktu (95% CI, -2,14 do 2,26) wyższa w grupie TR ($P = .96$). Margines równoważności wyniósł 2,47 i znalazł się poza 95% CI, co udowadnia porównywalną skuteczność fizjoterapii w obu systemach. W czasie badania przesiewowego pacjenci grupy TR odpowiedzieli prawidłowo średnio na 22,4 z 30 pytań (74,7%) z egzaminu wiedzy o udarze mózgu, natomiast w grupie IC liczba prawidłowych odpowiedzi wynosiła średnio 22,8 z 30 pytań (76%). Po ukończeniu programu terapeutycznego wynik poprawił się o 3,3 = 11% prawidłowych odpowiedzi (grupa TR) i 2,5 = 8,3% (grupa IC).

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, iż terapia prowadzona w systemie telerehabilitacyjnym charakteryzuje się porównywalną skutecznością, w odniesieniu do terapii w warunkach ambulatoryjnych. Analiza wyników niniejszego badania sugeruje również, iż teleterapia posiada potencjał do znacznego zwiększenia dostępności do rehabilitacji w warunkach ograniczonych zasobów.

Publikacja (B): Z. Wu i wsp. (2020r.) zbadali skuteczność telerehabilitacyjnego programu usprawniania pacjentów po udarze mózgu w fazie ostrej, opartego na modelu współpracy (*Collaborative Care*).[178]

Przebadano 61 osób (30 przypadków – grupa interwencyjna, 31 przypadków – grupa kontrolna), w tym 25 kobiet oraz 36 mężczyzn. Średnia wieku w grupie interwencyjnej wynosiła 56,7 lat, z kolei w grupie kontrolnej 59,1 lat. Kryteria włączenia obejmowały: wiek pacjenta w przedziale 18-80 lat, rozpoznanie udaru niedokrwienego bądź krwotocznego mózgu, wynik skali NIHSS 5-15 punktów, dysfunkcja kończyny górnej bezpośrednio zajętej

w II-III stadium funkcji Brunnstroma, możliwości opiekunów osób biorących udział w badaniu, ocenianie na poziomie 40 punktów wg skali wydolności opiekuna. Do kryteriów wyłączenia należały: zaburzenia poznawcze i psychiczne, choroby współistniejące wpływające na funkcje motoryczne (np. osteoartroza), afazja globalna, zaburzenia widzenia. Podczas hospitalizacji pacjenci w grupie kontrolnej otrzymali rutynowe wskazówki dotyczące wczesnej fizjoterapii. Treści odnosiły się do fizjologicznych wzorców ruchowych kończyny górnej i dolnej, transferu z pozycji leżącej do siadu czy utrzymania prawidłowego zakresu ruchu w stawach. Po wypisie ze szpitala chorzy otrzymali w formie telefonicznej (raz w tygodniu) poradnictwo dotyczące usprawniania oraz przyjmowania leków. Pacjenci z grupy interwencyjnej podczas hospitalizacji otrzymali identyczne wskazówki, odnoszące się do wczesnej fizjoterapii, jednak po wypisie ze szpitala zostali objęci zdalną rehabilitacją domową, opartą na modelu współpracy. Do tego celu powołano zespół opiekuńczy, składający się z neurologów, fizjoterapeutów, pielęgniarek, doradców i opiekunów. Zdalne prowadzenie rehabilitacji w warunkach domowych opierało się na internetowym systemie wideokonferencyjnym TCMeeting v6.0, składającym się z komputera, projektora, kamery oraz programu do archiwizacji danych. Stan funkcjonalny pacjentów opisywano na podstawie testu Fugl-Meyer, Skali Równowagi Berga, Testu Up and Go oraz testu marszu 6-minutowego. Dodatkowo do oszacowania zdolności badanych do wykonywania codziennych życiowych czynności posłużono się Skalą Jakości Życia Specyficzną dla Udaru Mózgu (SSQoL). Zmiany sprawności funkcjonalnej i zdolności kontroli motorycznej oceniano po 4, 8 i 12 tygodniach od włączenia do badania (Tabela 10.).[178]

Tabela 10. Zmiany wyników sprawności funkcjonalnej i zdolności kontroli motorycznej po 4, 8 i 12 tygodniach telerehabilitacji [178]

| | Grupa interwencyjna | | | | Grupa kontrolna | | | |
|----------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | przed terapią | 4 tydzień terapii | 8 tydzień terapii | 12 tydzień terapii | przed terapią | 4 tydzień terapii | 8 tydzień terapii | 12 tydzień terapii |
| FM (UE) | 11.93±2.50 | 35.90±2.78 | 49.10±3.00 | 55.33±2.81 | 2.61±1.78 | 29.35±2.36 | 39.35±4.13 | 47.42±3.90 |
| FM (LE) | 13.37±1.38 | 23.87±1.28 | 25.50±1.74 | 28.37±2.51 | 14.13±1.43 | 20.84±1.39 | 24.23±1.86 | 27.87±1.73 |
| BBS | 21.07±3.29 | 30.50±2.84 | 38.13±2.84 | 43.13±2.32 | 20.87±2.33 | 28.06±2.28 | 34.19±2.15 | 38.29±2.70 |
| TUG | 41.93±3.57 | 30.37±3.62 | 22.73±2.49 | 19.50±2.73 | 40.58±4.40 | 34.23±2.86 | 27.13±2.50 | 23.97±3.35 |
| 6MWT | 91.73±7.46 | 111.50±8.12 | 128.90±7.42 | 141.63±8.68 | 92.35±6.15 | 107.94±5.14 | 123.13±5.71 | 129.45±7.06 |

Podsumowanie wyników z publikacji (B): W obu grupach nastąpiła znacząca poprawa w zakresie funkcji motorycznych i jakości życia, jednak grupa interwencyjna wykazała większą poprawę funkcji motorycznych ocenianych testem Fugl-Meyer (grupa interwencyjna: 83,70 pkt., grupa kontrolna: 75,29 pkt.), Berg Balance Scale (grupa interwencyjna: 43,13 pkt., grupa kontrolna = 38,29 pkt.) oraz Stroke-Specific Quality of Life Scale (grupa interwencyjna: 190,57 pkt., grupa kontrolna: 175,90 pkt.). Otrzymane wyniki sugerują, iż program ćwiczeń telerehabilitacyjnych, oparty na modelu Collaborative Care, może bezpiecznie i skutecznie przyczynić się do odzyskania utraconych funkcji motorycznych oraz poprawić jakość życia u pacjentów po udarze mózgu.

Publikacja (C): P. Burgos i wsp. (2020r.) przeprowadzili badania oceniające wpływ telerehabilitacji na poprawę równowagi u pacjentów po udarze mózgu.[170]

Do grupy badanej (TelePT) należało 6 chorych (3 kobiety i 3 mężczyźni), natomiast grupa kontrolna liczyła 4 osoby (1 kobieta i 3 mężczyźni). Pacjenci obu grup mieścili się w przedziale wiekowym 46-79 lat. Kryteria włączenia obejmowały: przebyty udar mózgu (zarówno niedokrwienny, jak i krwotoczny) – 6-8 tygodni od zaistniałego udaru mózgu, osiągnięty czas jazdy na rotorze > 30s, wynik BBS < 50, dostępność opiekuna podczas wykonywania programu usprawniania przez pacjenta. Obie grupy otrzymały leczenie fizjoterapeutyczne w szpitalu: 3 sesje po 40 min. tygodniowo, przez 4 tygodnie. Ponadto grupa TelePT została poddana teleterapii w warunkach domowych: 9 sesji po 30 min. tygodniowo, przez 4 tygodnie, obejmujących zadania, związane z utrzymaniem równowagi, oparte na grach zainstalowanych na smartfonie. Uczestnicy grupy badanej zaopatrzeni byli również w czujniki inercyjne ruchu (IMUs - *inertial movement sensors*) i bazy danych w chmurze. Telerehabilitacja poprzedzona została instruktażem pacjentów i ich opiekunów, dotyczącym bezpieczeństwa i sposobu korzystania ze sprzętu. Stosowane w tej terapii gry były zaprojektowane, by promować następujące parametry: przednio-tylne i środkowo-boczne zwiększanie granic stabilności, predykcyjne korygowanie transferu z pozycji siedzącej do stojącej, redukcja oscylacji podczas stania, równowaga reaktywna oraz trening dynamicznej predykcyjnej kontroli posturalnej poprzez taniec. Równowagę oceniano Skalą Równowagi Berga (BBS) oraz Mini-BESTest (MBT) na początku i na końcu programu leczenia fizjoterapeutycznego. Dodatkowo wykorzystano Skalę Użyteczności Systemu (SUS) służącą ocenie doświadczenia użytkowników. Skala składa się z 10 pytań odnoszących się do częstotliwości i trudności użytkowania, złożoności systemu, bezpieczeństwa czy wcześniejszej wiedzy uczestników badania na temat systemu technologicznego.[170]

Podsumowanie wyników z publikacji (C): W porównaniu z grupą kontrolną wyniki wariacji BBS przed i po terapii dla grupy badanej były wyższe: 20,20% – grupa TelePT oraz 12,50% – grupa kontrolna, z istotną statystycznie różnicą wariacji między grupami ($p = 0,019$, Cohen- $d = 2,98$). W przypadku wyników wariacji MBT przed i po terapii wyniki wynosiły: 29,7% w grupie badanej i 16,96% w grupie kontrolnej, bez istotnych różnic między grupami ($p = 0,245$, Cohen- $d = 2,94$). Średnia ocena SUS była wyższa niż 80 pkt., co obrazuje doskonałą poziom użyteczności systemu dla użytkownika.

Publikacja (D): L. Sheehy i wsp. (2019r.), w randomizowanym badaniu, ocenili wykonalność terapii opartej na wirtualnej rzeczywistości (VR) w warunkach domowych w ramach systemu telerehabilitacyjnego pacjentów po udarze mózgu. Ponadto ocenie poddane zostały jakościowe i ilościowe wskaźniki zmiany stanu funkcjonalnego, zdolność zaangażowania w program terapeutyczny oraz liczbę i charakter występowania zdarzeń niepożądanych.[123]

Badaniu poddano 20 dorosłych chorych po udarze mózgu, zdolnych do utrzymania pozycji stojącej co najmniej przez 2 minuty, bez zaburzeń poznawczych, losowo przypisanych do grupy eksperymentalnej i kontrolnej. Wśród populacji pacjentów grupy

eksperymentalnej stosowano oprogramowanie komputerowe (Jintronix Rehabilitation software, zaprojektowany, by uwzględnić zasady kontroli motorycznej), śledzące ruchy użytkownika i umożliwiające mu interakcję z grą prezentowaną na ekranie telewizora. Pacjenci w tej grupie wykorzystywali VR w treningu równowagi, prawidłowego stereotypu chodu oraz sięgania kończyną górną bezpośrednio zajęta. Intensywność i trudność zadań opartych na wirtualnej rzeczywistości była monitorowana i regulowana zdalnie. Grupa kontrolna w terapii wykorzystywała iPada z aplikacjami treningowymi, wpływającymi na zdolności poznawcze, motorykę małą ręki oraz śledzenie wzrokowe. Obu grupom, przed rozpoczęciem terapii, został udzielony instruktaż dotyczący programu terapeutycznego. Terapia trwała 30 min., 5 dni w tygodniu, przez 6 tygodni. Chorzy przed i po ukończeniu programu leczenia fizjoterapeutycznego zostali poddani następującym testom: BBS (*Berg Balance Scale*), TUG (*Timed Up-and-Go*), FTSST (*5 Times Sit-to-Stand*), CB&M (*Community Balance and Mobility Scale*), SIS (*Stroke Impact Scale*).[123]

Podsumowanie wyników z publikacji (D): Uczestnicy grupy eksperymentalnej odbyli średnio 26,2 sesji, 27 min./sesja (77,8% wypełnionych zaleceń programu terapii), uczestnicy grupy kontrolnej odbyli średnio 33 sesje, 37 min./sesja (137,9% wypełnionych zaleceń programu terapii) ($p = 0,11$ dla sesji, $p = 0,002$ dla całkowitego czasu trwania programu usprawniania). Mieszana ANOVA nie wykazała interakcji między grupą a czasem dla żadnego z wyników. Jedyna różnica między grupami dotyczyła testu FTSST (*Five Times Sit-to-Stand Test*) ($p = 0,017$). Nie odnotowano upadków ani poważnych zdarzeń niepożądanych. Przestrzeganie zaleceń dotyczących wykonywania poszczególnych zadań ruchowych było doskonałe. Wyniki średniej oceny przed-po telerehabilitacji, dla obu grup (eksperymentalnej i kontrolnej), zostały przedstawione w Tabeli 11.

Tabela 11. Wyniki skal i testów funkcjonalnych przed-po telerehabilitacji [179]

| Testy i skale | Średnia ocena PRZED-PO terapii (95% przedziału ufności) dla testu | | Wartości p dla zmiany w czasie (grupa eksperymentalna i kontrolna łącznie) |
|------------------------------------|---|-------------------|--|
| | Grupa eksperymentalna | Grupa kontrolna | |
| TUG (sekundy) | -0.1 (-1.8, 1.6) | -1.4 (-3.7, 1) | 0.326 |
| TUG + kognitywne zadanie (sekundy) | -1.7 (-4.2, 0.7) | -3.4 (-5.7, -1.1) | 0.004 |
| FTSST (sekundy) | -3 (-5.8, -0.2) | -2 (-4.1, 0.2) | 0.006 |
| BBS (/56 pkt.) | -0.5 (-4.2, 3.3) | 0.6 (-0.5, 1.6) | 0.959 |
| CB&M (/96 pkt.) | 5.6 (-5, 16.2) | 6.1 (1.6, 10.7) | 0.049 |
| SIS (/295 pkt.) | 7.7 (-2.1, 17.6) | 13.8 (2.2, 25.3) | 0.006 |

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, iż telerehabilitacja stosująca wirtualną rzeczywistość w warunkach domowych, z cotygodniowym nadzorem fizjoterapeuty, jest skuteczną i bezpieczną formą terapii. Jednak, pomimo odnotowanej poprawy, konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań wśród większej populacji pacjentów, w celu oceny potencjalnych korzyści.

Publikacja (E): Y. Chen i wsp. (2020r.) dokonali jakościowego badania, dotyczącego oceny dostrzeganych przez pacjentów korzyści i barier, związanych z użytkowaniem systemu teleterapii w warunkach domowych.[172]

Badanie polegało na przeprowadzeniu wywiadów z 13 pacjentami (2 kobiety i 11 mężczyzn), po udarze mózgu w fazie podostrej, w przedziale wiekowym 52-86 lat, którzy ukończyli 6-tygodniową terapię w systemie telerehabilitacyjnym (70min. terapii dziennie, 6x w tygodniu). Do kryteriów włączenia należał: wiek ≥ 18 lat, wynik FM-UE w granicach 22-56, wynik testu Box and Block kończyny górnej bezpośrednio zajętej > 3 bloki w czasie 60s, brak zaburzeń poznawczych. System teleterapii składał się z czterech głównych komponentów: gier, ćwiczeń, edukacji na temat udaru mózgu oraz telekomunikacji. Program terapii obejmował sesje 70 minutowe, 6 dni w tygodniu, przez 6 tygodni. Akceptacja systemu telerehabilitacji przez użytkowników analizowana była w oparciu o UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) – model akceptacji i użytkowania technologii opisujący pięć czynników: oczekiwane wyniki, oczekiwany wysiłek, warunki ułatwiające, wpływ społeczny oraz chęć korzystania z systemu telerehabilitacyjnego w przyszłości.[172]

Podsumowanie wyników z publikacji (E): Jakościowe wyniki badania ukazały wysoki poziom zadowolenia uczestników z terapii w systemie telerehabilitacyjnym. Pacjenci zgłaszali poprawę, nie tylko odnośnie stanu funkcjonalnego, ale również samopoczucia, zdolności poznawczych czy interakcji społecznych. Teleterapia z jednej strony zapewniała powtarzalność zadań, z drugiej strony charakteryzowała się różnorodnością ćwiczeń. System oferował zewnętrzną (kontrola wyników przez fizjoterapeutę) i wewnętrzną (chory miał wpływ na postępy w terapii) motywację do zaangażowania się w program terapeutyczny. Ponadto elastyczność czasu i miejsca sesji systemu telerehabilitacyjnego była dodatkowym atutem, gdyż niwelowała problemy związane z transportem. Jedynym ograniczeniem według uczestników badania, były bariery w umiejętnościach technicznych/technologicznych, jednak problemy tej natury zostały rozwiązane poprzez kontakt z zespołem badawczym.

Publikacja (F): M. Odetunde i wsp. (2020r.) opracowali program ćwiczeń domowych w systemie telerehabilitacyjnym dla osób po udarze mózgu, posługujących się rdzennymi językami afrykańskimi. Program oparty na nagraniach video (VHEP – *video-based home exercise programme*) prowadzony był w języku Yoruba (Yoruba jest rdzennym językiem ludności południowo-zachodniej Nigerii, którym posługuje się około 17 milionów osób w samej Nigerii i 13 milionów osób w krajach sąsiadujących, takich jak Republika Beninu i Togo). Przy jego tworzeniu stosowano się do zaleceń Amerykańskiego Stowarzyszenia Udarowego, by uwzględnić instruktaż specyficznych dla danego zadania ćwiczeń ruchowych i posturalnych, ćwiczeń tułowia oraz ćwiczeń prawidłowego stereotypu chodu.[171]

W badaniu wzięło udział 10 osób (5 kobiet i 5 mężczyzn), w przedziale wiekowym 47-70 lat (średnia wieku wynosiła 59 lat). Kryteria włączenia obejmowały: przebyty udar

niedokrwienny mózgu (średni czas od udaru mózgu ok. 23 miesiące), wynik zmodyfikowanej Skali Ashworth ≥ 1 , wynik Brunnstroma ≥ 3 , bez chorób psychicznych, chorób nowotworowych, epilepsji oraz schorzeń kardiologicznych. Kwestionariusz wykonalności został zaadoptowany z formularza Satisfaction Survey for the Individual with Stroke, pochodzącego z badania Sureshkumar i wsp. (2015r.), dotyczącego interwencji edukacyjnej z wykorzystaniem smartfonów.[180] Każde zadanie ruchowe było demonstrowane na wideo przez 5 minut. Filmy rozpoczynały się wprowadzeniem, po którym następowało 5 krótkich ćwiczeń w różnych pozycjach (leżącej, klęczącej, siedzącej, stojącej, w chodzie). W terapii główny nacisk kładziono na powtarzanie, stopniowe zwiększanie złożoności zadań oraz trening funkcjonalny w wybranym przez pacjenta tempie. Całkowity czas pojedynczej sesji fizjoterapeutycznej wynosił 30 min, program usprawniania w systemie telerehabilitacyjnym trwał 2 tygodnie. Wielkość wysiłku uczestników monitorowana była przez cały okres programu usprawniania na podstawie informacji zwrotnej, uzyskanej przy pomocy skali RPE (*Borg Rating of Perceived Exertion* – Skala Odczuwanego Wysiłku Borga).[171]

Podsumowanie wyników z publikacji (F): Badania udowodniły, iż system VHEP był zorientowany na cel oraz charakteryzował się wysokim poziomem akceptowalności zadań ruchowych. Dzięki demonstracji każdego ćwiczenia terapia okazała się łatwa i bezpieczna. Dodatkowym atutem był język Yoruba, dzięki któremu narzędzie stało się dostępne również dla pacjentów posługujących się rdzennymi afrykańskimi językami. Telerehabilitacja domowa oparta na wideo ma zatem potencjał, aby zaspokoić rosnące zapotrzebowanie na fizjoterapię w warunkach ograniczonych zasobów.

Publikacja (G): A. Podury i wsp. (2021r.) sprawdzili natomiast wpływ sieci społecznych na przebieg telerehabilitacji w warunkach domowych oraz związek określonych czynników społecznych z poprawą stanu funkcjonalnego i zmniejszeniem objawów depresji.[181]

Do badania przystąpiło 13 pacjentów po udarze mózgu (4 kobiety i 9 mężczyzn), ze średnią wieku 61 lat, z deficytami motorycznymi kończyny górnej, poddanych nadzorowanej terapii w systemie telerehabilitacyjnym. Kryteria włączenia obejmowały: wiek ≥ 18 lat, stan funkcjonalny kończyny górnej bezpośrednio zajętej oceniany testem FM-UE: 28-59 pkt. oraz testem Box and Block: wynik ≥ 3 bloki w 60s. Do kryteriów wyłączenia należały: aktywna współistniejąca choroba neurologiczna bądź psychiatryczna, ciężka depresja (wynik Geriatrycznej Skali Depresji > 11), znaczne zaburzenia funkcji poznawczych (wynik Montrealskiej Oceny Funkcji Poznawczych < 22), deficyty w zakresie komunikacji. Program terapeutyczny trwał 12 tygodni (1h dziennie, 6 dni w tygodniu). Obejmował rutynową ocenę funkcji motorycznych kończyny górnej i dolnej bezpośrednio zajętej oraz nastroju. W połowie czasu trwania programu telerehabilitacji (6. tydzień) badacze sporządzili mapy osobistej sieci społecznej każdego z uczestników badania, by ocenić zależność między metrykami sieci społecznych a poprawą stanu funkcjonalnego. W tym celu wykorzystano narzędzie do analizy sieci osobistych oraz ilościowej oceny struktury i składu sieci społecznej

– PERSNET. Wyniki zostały porównane z kohortą 176 pacjentów z przebyłym udarem mózgu w wywiadzie (którzy nie zostali poddani telerehabilitacji), aby określić różnice w sieciach społecznych.[181]

Podsumowanie wyników z publikacji (G): Potwierdzono korelację między wielkością oraz gęstością sieci a poprawą czasu chodu ($p = 0,025$; $p = 0,003$). Gęstość sieci społecznej była związana z poprawą motoryki kończyny górnej ($p = 0,003$), natomiast wielkość sieci była związana z redukcją objawów depresyjnych ($p = 0,015$). Sieci pacjentów poddanych telerehabilitacji były większe ($p = 0,012$) i mniej gęste ($p = 0,046$) w odniesieniu do sieci pacjentów, którzy nie zostali poddani teleterapii. Mediana FM-UE uległa istotnej poprawie z wartości początkowej 46 do 59 ($p = 0,0005$), mediana prędkości chodu poprawiła się z wyniku 0,94 do 1,01 ($p = 0,0007$), Geriatryczna Skala Depresji zmniejszyła się z 3 do 1 punktu ($p = 0,05$).

Publikacja (H): Badaczka M. Galloway i wsp. (2019r.) oceniła poziom wykonalności i zadowolenia z domowego treningu aerobowego pacjentów po udarze mózgu.[182]

Do badania zakwalifikowało się 21 osób dorosłych (9 kobiet i 12 mężczyzn), ze średnią wieku 62 lata, po udarze mózgu, mieszkających z opiekunami, zdolnych do samodzielnego chodzenia (wynik ≥ 3 w klasyfikacji FAC – *Functional Ambulation Classification*), bez zaburzeń poznawczych. Uczestnicy musieli posiadać komputer oraz dostęp do Internetu. Chorych przydzielono do jednej z czterech grup, które różniły się długością sesji terapeutycznej (1 grupa: 10min./sesja, 2 grupa: 15 min./sesja, 3 i 4 grupa: 20 min./sesja). Przed rozpoczęciem telerehabilitacji każdy pacjent miał przeprowadzony instruktaż demonstrujący poprawność wykonania poszczególnych zadań programu terapeutycznego. Uczestnicy przeszli 8-tygodniowy program o intensywności od umiarkowanej do intensywnej (55-85% maksymalnej częstości akcji serca określonej na podstawie wskaźnika RPE pomiędzy 13 a 16 pkt.). Ćwiczenia odbywały się 3 dni w tygodniu i były nadzorowane telefonicznie. Trening miał charakter progresywny, był indywidualnie dostosowywany do początkowego poziomu stanu funkcjonalnego, stopnia niepełnosprawności oraz preferencji ruchowych pacjenta. Ocenę kliniczną wykorzystano w celu modyfikacji zadań ruchowych, jeśli docelowe tętno nie zostało osiągnięte lub pacjent doświadczył trudności bądź dyskomfortu. Wydolność sercowo-oddechową mierzono za pomocą spirometrii pośredniej w pierwszym i ostatnim tygodniu telerehabilitacji, podczas testu marszu 6-minutowego oraz testu wysiłkowego na ergometrze rowerowym. Satisfakcja chorych z rehabilitacji w systemie teleterapii oceniana była za pomocą kwestionariusza (23 pytania wielokrotnego wyboru + 2 pytania otwarte) po zakończeniu badań.[182]

Podsumowanie wyników z publikacji (H): Wykazano, iż 95% uczestników ponownie poddałaby się fizjoterapii w systemie telerehabilitacyjnym. Ćwiczenia z jednej strony okazały się wystarczająco wymagające, by poprawić wydolność oraz stan funkcjonalny pacjentów, z drugiej strony natomiast były bezpieczne i wygodne – chorzy docenili terapię w warunkach domowych, która nie generowała chociażby problemów związanych z transportem. Wyniki badania sugerują, iż teleterapii może być rozważana jako

alternatywny sposób usprawniania pacjentów po udarze mózgu w warunkach ograniczonych zasobów.

Publikacja (I): M. Torrisi i wsp. (2019r.) sprawdzili wpływ telerehabilitacji, z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości, na poprawę funkcji poznawczych u pacjentów po udarze mózgu.[117]

Przebadano w tym celu 40 chorych (14 kobiet i 26 mężczyzn), ze średnią wieku 55 lat, dzieląc ich na dwie grupy: 20 osób przypisano do grupy kontrolnej – CG, 20 do grupy eksperymentalnej – EG. Do kryteriów włączenia należał: przebyty udar mózgu w fazie podostrej (3-6 miesięcy od zaistniałego udaru mózgu), brak wzmożonego napięcia mięśniowego oraz zaburzeń czucia. Kryteria wyłączenia obejmowały: ciężki niedowład kończyny górnej (wynik Muscle Research Council < 3), zdiagnozowaną chorobę psychiczną, epilepsję lekooporną. W pierwszej fazie programu obie grupy były poddane usprawnianiu w warunkach szpitalnych: pacjenci EG odbyli trening poznawczy za pomocą urządzenia VRRS-Evo (scenariusze 3D), pacjenci CG przeszli identyczne ćwiczenia z wykorzystaniem ołówka i kartki. W drugiej fazie programu (po wypisie ze szpitala) grupa EG kontynuowała terapię funkcji poznawczych przy użyciu domowego tabletu VRR (scenariusze 2D), natomiast grupa CG została poddana terapii w formie tradycyjnej. Ćwiczenia wykonywane przez pacjentów obejmowały zadania z zakresu uwagi, pamięci, funkcji wzrokowo-przestrzennych i logicznego rozumowania. Obie fazy trwały po 12 tygodni: 3 sesje tygodniowo, każda sesja ok. 50 min. Pacjenci obu grup zostali poddani ocenie neuropsychologicznej przed i po zakończeniu leczenia fizjoterapeutycznego.[117]

Podsumowanie wyników z publikacji (I): Udowodniono skuteczność telerehabilitacji w przypadku leczenia zaburzeń poznawczych, manifestującą się w poprawie globalnego poziomu funkcji poznawczych, jak również w zakresie uważności, pamięci i umiejętności językowych w populacji pacjentów grupy eksperymentalnej (EG) w odniesieniu do chorych z grupy kontrolnej (CG).

Publikacja (J): D. Simpson i wsp. (2020r.) oceniali stopień realizacji zadań, możliwości weryfikacji poprawności wykonywanych ćwiczeń oraz postępów funkcjonalnych w systemie telerehabilitacyjnym.[118]

Grupa badana liczyła 10 osób (6 kobiet i 4 mężczyzn) po udarze mózgu, ze średnią wieku 73 lata. Terapia trwała 4 tygodnie i obejmowała ćwiczenia w pozycji siedzącej i stojącej. Terapeuta zdalnie monitorował stosowanie się do poleceń ruchowych, postępy w realizacji celów i przekazywał informacje zwrotne pacjentom za pośrednictwem aplikacji. Kryteria włączenia: wiek ≥ 18 lat, przebyty udar mózgu w ciągu ostatnich dwóch lat, umiejętność samodzielnego wstawania z pozycji siedzącej z krzesła. Każdy uczestnik został poinstruowany odnośnie prawidłowego wykonywania zadań, bezpieczeństwa i właściwego korzystania z technologii. Na początku i po zakończeniu programu terapeutycznego każdy chory wykonał 2-minutowy test STS (*sit-to-stand*) oraz wypełnił Skalę Użyteczności Systemu (*System Usability Score*). Stan funkcjonalny opisano przy pomocy Krótkiego Zestawu Testów

Sprawności Fizycznej (SPPB – *Short Physical Performance Battery*), który mierzy trzy aspekty stanu fizycznego: szybkość chodu, równowagę i siłę mięśniową. SPPB jest wynikiem sumarycznym od 0 do 12 pkt. (im wyższy wynik tym lepszy stan funkcjonalny pacjenta). Zmiana w punktacji od 0,99 do 1,34 pkt. została uznana za klinicznie istotną dla osób starszych.[118]

Podsumowanie wyników z publikacji (J): Podczas badania uczestnicy wykonali łącznie 224 sesje ćwiczeń z zalecanych 184 sesji. Indywidualnie uczestnicy wykonali średnio 125% (zakres od 85% do 175%) zalecanych sesji. W ciągu 4 tygodni średnie przestrzeganie sesji spadło z 133% w pierwszym tygodniu, do 104% zalecanych sesji w czwartym tygodniu. Pacjenci wykonali średnio 750 powtórzeń z siadu do stania (zakres 385-1410) w ciągu 4 tygodni, w porównaniu do średnio 724 powtórzeń zalecanych (zakres 398-1395). Podczas każdej sesji uczestnicy wykonywali średnio 104% (zakres od 97% do 111%) swojego celu powtórzeń. Terapeuta poprawił średni cel od tygodnia 1. do tygodnia 4. o 92% (zakres 50%-150%) i aktualizował cele średnio trzykrotnie. Uczestnicy ocenili Wskaźniki Użyteczności Systemu (*System Usability Score*) na 79%, Skalę Przyjemności z Aktywności Fizycznej (*Physical Activity Enjoyment Scale*) na poziomie 71%, natomiast Skala Postrzeganych Korzyści z Aktywności Fizycznej (*Perceived Benefit of Activity*) została oceniona na 80%.

W niniejszym przeglądzie systematycznym pt. *Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic*, przeanalizowano wyniki efektywności teleterapii w odniesieniu do różnych aspektów stanu funkcjonalnego pacjentów po udarze mózgu: równowagi, motoryki kończyny górnej bezpośrednio zajętej, wydolności krążeniowo-oddechowej, funkcji poznawczych, a także poziomu akceptacji oraz wykonalności telerehabilitacji przez jej użytkowników w warunkach domowych. Badania wykazały, iż system telerehabilitacyjny stanowi potencjalne rozwiązanie problemu związanego z rosnącym zapotrzebowaniem na usługi rehabilitacyjne w warunkach ograniczonych zasobów (w tym przypadku pandemii wirusa SARS-CoV-2). Główną zaletą tej formy usprawniania jest zapewnienie ciągłości leczenia fizjoterapeutycznego oraz odpowiedniego poziomu intensywności terapii (Rycina 19.). Stosowanie zwiększonej liczby powtórzeń zadań ruchowych przekłada się na znaczny wzrost funkcji, co z kolei ma pozytywny wpływ na wzrost aktywności życia codziennego. Ponadto badania dowodzą, iż teleterapia, z punktu widzenia pacjenta, okazuje się atrakcyjniejszą formą usprawniania, w porównaniu z terapią, prowadzoną w warunkach szpitalnych. Powodem tego wydaje się być różnorodność zadań ruchowych, jakie oferuje system telerehabilitacyjny, w połączeniu z wykorzystywanymi technologiami (gry, scenariusze oparte na wirtualnej rzeczywistości). Jednocześnie system ten niweluje problem związany z transportem chorego, który jest wymieniany jako główne ograniczenie w dostępie do terapii w warunkach szpitalnych czy ambulatoryjnych, oraz obniża wydatki ponoszone na rehabilitację po udarze mózgu w sektorze prywatnym.



Rycina 19. Zalety systemu telerehabilitacyjnego [110]

Niestety siła samych dowodów, potwierdzających efektywność teleterapii, plasuje się wciąż na niskim poziomie, czego powodem jest ograniczona liczba randomizowanych badań kontrolowanych, a także niska liczba pacjentów w poszczególnych badaniach. Należy również zwrócić uwagę, iż system ten dedykowany jest przede wszystkim pacjentom o lekkim i umiarkowanym stopniu niepełnosprawności ruchowej, którzy kwalifikują się do terapii wyłącznie na podstawie szczegółowo określonych kryteriów. Fakt ten poniekąd dyskwalifikuje z uczestnictwa w omawianej formie usprawniania wielu chorych po udarze mózgu w fazie przewlekłej, ponieważ, jak już wcześniej podkreślano, charakteryzują się oni dużymi deficytami motorycznymi, prowadzeniem ruchu w utrwalonych, patologicznych wzorcach ruchowych, z towarzyszącymi kompensacjami i reakcjami stowarzyszonymi, zaburzeniami czucia powierzchownego i głębokiego oraz zaburzenia równowagi. To z kolei

przekłada się na bezwzględną potrzebę prowadzenia leczenia fizjoterapeutycznego pod bezpośrednim nadzorem fizjoterapeuty.

Pod koniec pandemii, w związku z zaistnieniem możliwości przeprowadzenia zaprojektowanych wcześniej badań, rozpoczęto procedury badawcze, których celem była ocena skuteczności kolejnego systemu wykorzystywanego w terapii pacjentów po udarze mózgu – systemu SPIDER. Wyniki tego badania zostały zaprezentowane w pracy oryginalnej pt. *“Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial”*

7.3. Publikacja nr 3

“Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial”

Ostrowska Paulina Magdalena, Studnicki Rafał, Rykaczewski Marcin, Spychała Dawid, Hansdorfer-Korzon Rita

Celem badania, którego wyniki przedstawiono w niniejszej publikacji, była ocena wpływu terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER na symetrię przenoszenia ciężaru ciała u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, w odniesieniu do terapii bez użycia tego systemu. Do ilościowego pomiaru i analizy dystrybucji ciężaru ciała wykorzystano platformę posturograficzną TYMO®. Dobór populacji chorych, poddanych procedurom badawczym, podyktowany był wspomnianym wcześniej faktem, iż pacjenci po udarze niedokrwiennym mózgu stanowią ok. 80% całej populacji osób po przebytych udarze mózgu. Ponadto koszty związane z leczeniem oraz rehabilitacją po udarze mózgu w fazie przewlekłej są znacznie większe od wydatków ponoszonych w fazie ostrej. Sam proces usprawniania w okresie przewlekłym charakteryzuje się dużą złożonością i trudnością, co generuje potrzebę poszukiwania coraz bardziej efektywnych rozwiązań z zakresu diagnostyki funkcjonalnej oraz leczenia fizjoterapeutycznego. W terapii stosowanej w prezentowanym badaniu skupiono się na obecnej, wśród omawianej populacji pacjentów, asymetrii przenoszenia ciężaru ciała w kierunku strony pośrednio zajętej, ponieważ, wg dostępnych doniesień naukowych, jak również wiedzy autorki niniejszej rozprawy, opartej na kilkunastoletnim doświadczeniu zawodowym, jest to główna przyczyna wzrostu ryzyka upadków, a tym samym spadku niezależności oraz jakości życia chorych po przebytych udarze mózgu.

Założeniem niniejszego projektu badania było przeprowadzenie ewaluacji terapii wymuszającej przeniesienie ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajętą, przy użyciu systemu SPIDER. Ocena terapii odbywała się na podstawie uzyskanych wyników pomiarów jednego z parametrów zaburzeń równowagi, w tym wypadku aktywnej dystrybucji ciężaru ciała, za pomocą platformy posturograficznej TYMO®.

Badanie miało charakter randomizowanego badania kontrolowanego. Zostało przeprowadzone we współpracy z Ośrodkiem Rehabilitacji Neurologicznej w Koszalinie, na podstawie uzyskanej zgody Niezależnej Komisji Bioetycznej ds. Badań Naukowych przy Gdańskim Uniwersytecie Medycznym (zgoda z dnia 07.07.21r., Uchwała nr NKBBN/507/2021).

Do badania ostatecznie zakwalifikowano 120 pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej. Następnie grupa ta została losowo podzielona na:

- grupę SG, liczącą 60 osób, poddanych terapii wykorzystującej metody neurofizjologiczne (PNF i NDT-Bobath) oraz system SPIDER
- grupę CG, liczącą także 60 osób, poddanych terapii wykorzystującej metody neurofizjologiczne (PNF i NDT-Bobath), ale bez użycia systemu SPIDER

Badanie pacjentów obu grup (SG i CG) rozpoczęto od sprawdzenia symetrii przenoszenia ciężaru ciała, by zweryfikować czy wśród badanych populacji chorych faktycznie występuje problem z zaburzeniami równowagi, przejawiający się w asymetrycznym rozkładzie masy ciała w kierunku strony pośrednio zajętej. W tym celu zastosowano ilościową ewaluację aktywnej dystrybucji ciężaru ciała, w pozycji stojącej, wykonaną za pomocą platformy posturograficznej TYMO®. Ocena ta polegała na wykonaniu przez każdego uczestnika badania 30 sekundowego testu na platformie, polegającego na symetrycznym rozłożeniu ciężaru ciała na obie kończyny dolne. Testy wykonywane były przed zastosowaną terapią oraz po 2 tygodniach usprawniania (w ostatnim dniu terapii).

Wyniki pomiarów, uzyskane przy pomocy platformy TYMO®, potwierdziły przesunięcie ciężaru ciała w kierunku kończyny dolnej pośrednio zajętej u wszystkich pacjentów grupy SG oraz CG: średnie wychylenie środka ciężkości ciała chorych grupy SG przed terapią wynosiło 4,29cm, natomiast pacjentów z grupy CG było równe 3,55cm (Tabela 12., wiersz a).

Mając już określone wartości wychylenia środka ciężkości ciała rozpoczęto dwutygodniowy program usprawniania obu grup:

- grupa SG: 4 x 45 min. dziennie terapii opartej na metodach neurofizjologicznych oraz 1 x 45min. dziennie terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER
- grupa CG: 5 x 45 min. dziennie terapii opartej na metodach neurofizjologicznych, bez wykorzystania systemu SPIDER

Biorąc pod uwagę fakt, iż zarówno u pacjentów grupy SG, jak i chorych z grupy CG, wystąpiło przesunięcie ciężaru ciała w kierunku kończyny dolnej pośrednio zajętej, w terapii obu grup skupiono się przede wszystkim na próbie przywrócenia symetrii dystrybucji ciężaru ciała, poprzez torowanie obciążania kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym. W realizacji powyższego celu posłużyły, zastosowane podczas leczenia fizjoterapeutycznego grupy SG oraz CG, metody neurofizjologiczne PNF i NDT-Bobath. Wiele doniesień naukowych [80-85,92-95], w tym szeroko opisywane w pierwszej publikacji z cyklu niniejszej rozprawy [5], potwierdza pozytywny wpływ tychże metod na redukcję

zaburzeń równowagi wśród pacjentów po udarze mózgu. Dodatkowo grupa SG została poddana terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER, który umożliwił wymuszenie przeniesienia ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajętą w kontrolowanych i bezpiecznych warunkach. Nadrzędną zaletą tego systemu była możliwość pracy z pacjentem w pozycji stojącej. Jednak pacjenci po udarze mózgu, podczas zmniejszania płaszczyzny podporu (np. w czasie przyjmowania pozycji stojącej), często generują reakcje stowarzyszone, będące wynikiem niewystarczającej stabilności w obrębie tułowia.[91] Omawiany system, za pomocą sznurków mocowanych do pasa nośnego, umieszczonego w okolicy talii pacjenta, zwiększał stabilizację tułowia. To z kolei wpływało na zmniejszenie intensywności występowania reakcji stowarzyszonych. Ponadto bardzo przydatną cechą systemu SPIDER była szybka możliwość zmiany warunków obciążenia i odciążenia podczas usprawniania. U pacjentów z wyuczonym nieużywaniem kończyny dolnej objętej zespołem neurologicznym, przenoszenie ciężaru ciała na tę kończynę stanowi duże wyzwanie. W tym wypadku punkt zaczepienia linek do klatki umieszczano powyżej poziomu pasa nośnego (powyżej punktu środka ciężkości ciała chorego), co powodowało odciążenie chorego. Terapia przy użyciu systemu SPIDER w warunkach odciążenia umożliwiała stopniowe przyjmowanie przez pacjenta ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajętą, przez co minimalizowała generowanie reakcji stowarzyszonych czy kompensacji. Z kolei pacjenci, u których zjawisko wyuczonego nieużywania nie występowało, usprawniani byli w warunkach obciążenia. W tym wypadku sznury zamocowane były poniżej poziomu pasa nośnego (poniżej punktu środka ciężkości ciała chorego), co skutkowało dociążaniem chorego. Dzięki temu aktywizowane grupy mięśniowe poddawane były dodatkowej pracy, natomiast zwiększony docisk (aproxymacja) powierzchni stawowych wpływał na poprawę czucia głębokiego oraz generował wzrost napięcia osłabionych mięśni.[147-149]

Po zakończeniu dwutygodniowego programu usprawniania populacje obu grup zostały poddane ponownej ilościowej ocenie aktywnej dystrybucji ciężaru ciała na platformie TYMO®. Wyniki po terapii były następujące: średnie wychylenie środka ciężkości ciała wśród chorych grupy SG wynosiło 2,14cm, natomiast wśród pacjentów z grupy CG wynosiło 3,47cm (Tabela 12., wiersz b). Nastąpiło zatem znaczne zmniejszenie wychyleń środka ciężkości ciała w kierunku strony pośrednio zajętej, w populacji pacjentów poddanych terapii właśnie z użyciem systemu SPIDER (Tabela 12., wiersz c).

Tabela 12. Zestawienie średnich wychyleń grupy SG i CG przed-po terapii

| | | Grupa SG | Grupa CG |
|----|--|-----------------|-----------------|
| a. | Średnie wychylenie środka ciężkości ciała przed terapią [cm] | 4,29 | 3,55 |
| b. | Średnie wychylenie środka ciężkości ciała po terapii [cm] | 2,14 | 3,47 |
| c. | Różnica średnich wychyleń przed-po terapii [cm] | 2,15 | 0,08 |

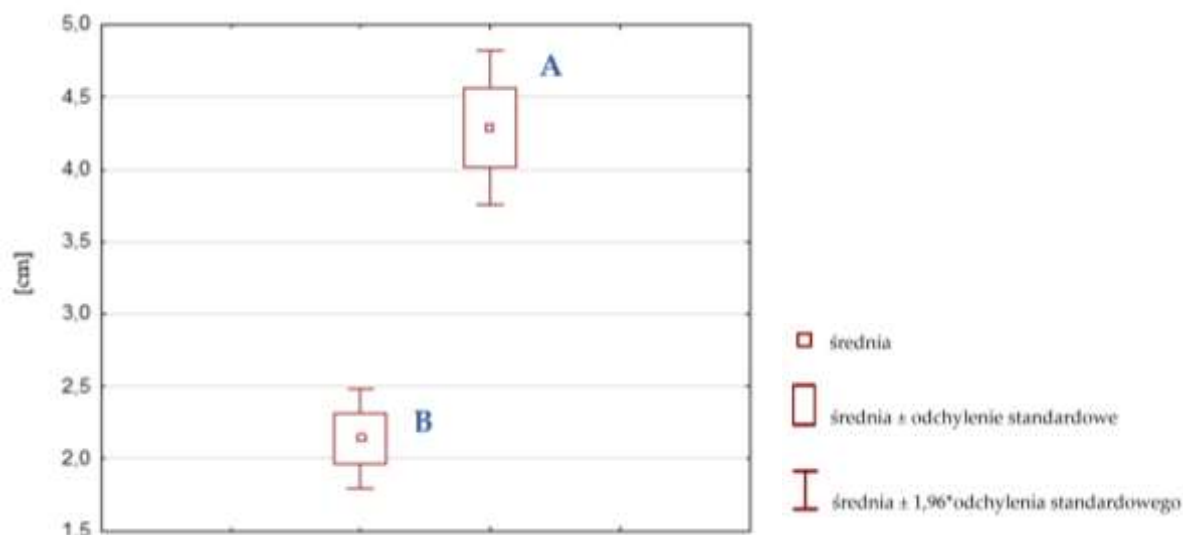
W dalszej kolejności dokonano analizy statystycznej uzyskanych wyników pomiarów, którą przedstawiono poniżej.

Otrzymany wynik średniego wychylenia środka ciężkości ciała, zmierzonego za pomocą platformy TYMO®, po terapii z zastosowaniem systemu SPIDER (2,14cm), był mniejszy od mierzonego w ten sam sposób średniego wychylenia przed terapią (4,29cm) ($p=3,22093E-20$, czyli uzyskane wyniki były istotne statystycznie, gdyż $p<0,05$) (Tabela 13.). Świadczy to o pozytywnym wpływie terapii wykorzystującej system SPIDER na poprawę symetrii przenoszenia ciężaru ciała, ponieważ wychylenia w kierunku strony pośrednio zajętej wyraźnie się zmniejszyły (o 50%). Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, iż w populacji pacjentów grupy SG rozpoczął się proces centralizacji środka masy ciała.

Tabela 13. Wyniki analizy statystycznej średnich wychyleń przed i po terapii z zastosowaniem systemu SPIDER (grupa SG)

| | Grupa SG | |
|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| | przed terapią z systemem SPIDER | po terapii z systemem SPIDER |
| Średnia [cm] | 4,29 | 2,14 |
| Wariancja | 4,426 | 1,866169492 |
| Obserwacje | 60 | 60 |
| Korelacja Pearsona | 0,835873939 | |
| df | 59 | |
| t Stat | -13,65422458 | |
| p(T<=t) jednostronny | 3,22093E-20 | |
| Test T jednostronny | 1,671093033 | |

Rycina 20. przedstawia porównanie, w formie wykresu pudełkowego, rozkładu cech statystycznych – wychyleń środka ciężkości ciała pacjentów przed terapią (B) oraz po terapii (A) wykorzystującej system SPIDER. Wykres ten ilustruje różnicę wartości średnich, minimalnych oraz maksymalnych. Różnica na poziomie 50% (2,15cm), pomiędzy średnią wartością wychyleń przed terapią (pudełko B: mediana = 4,29cm) i po terapii (pudełko A: mediana = 2,14cm) wskazuje na znaczną redukcję wychyleń środka ciężkości ciała w kierunku strony pośrednio zajętej, a tym samym na pozytywny wpływ terapii z wykorzystaniem dodatkowo właśnie systemu SPIDER na poprawę symetrii dystrybucji ciężaru ciała w grupie SG. Wartości minimalne i maksymalne dla pudełka A i B są w różnych przedziałach – nie pokrywają się, co także świadczy o dużej redukcji wychyleń środka ciężkości ciała pacjentów po terapii. Rozstęp pudełka A (0,7cm) jest mniejszy od rozstępu pudełka B (1,2cm), co dowodzi zmniejszeniu dysproporcji wyników średniego wychylenia środka ciężkości wśród chorych grupy SG po zastosowanej terapii z systemem SPIDER.



Rycina 20. Porównanie rozkładu wartości wychyleń środka ciężkości ciała pacjentów przed terapią (A) oraz po terapii (B) wykorzystującej system SPIDER

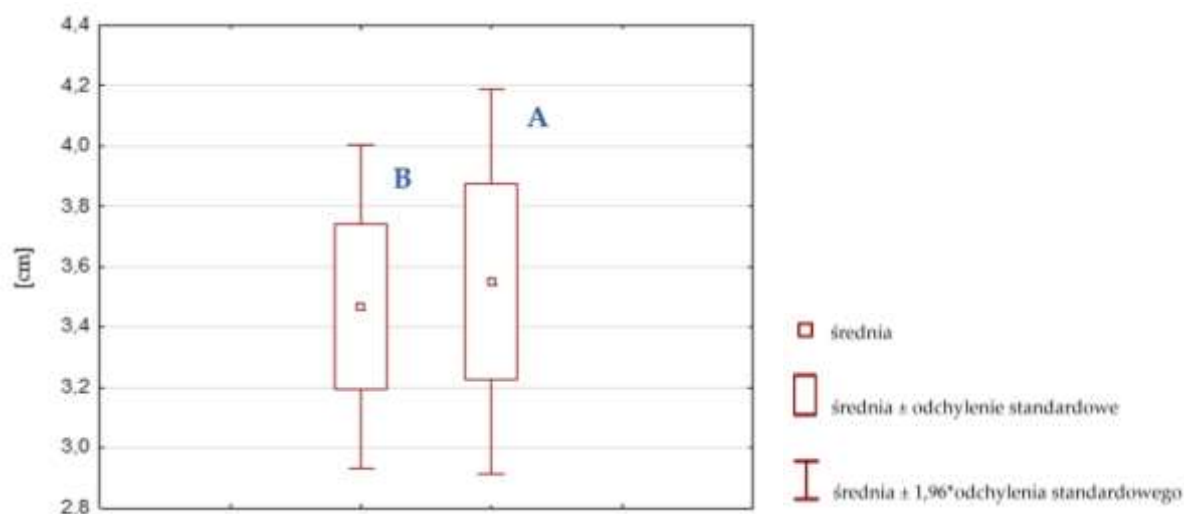
Natomiast otrzymane wartości średnich wychyleń środka ciężkości ciała z pomiarów na platformie TYMO®, przed (3,55cm) i po terapii (3,47cm) bez użycia systemu SPIDER, były do siebie bardzo zbliżone – wynik nie był istotny statystycznie ($p=0,2792$, czyli jest większe od założonego $p=0,05$) (Tabela 14.). Świadczy to o niewielkim wpływie tej terapii na poprawę symetrii dystrybucji ciężaru ciała. Pacjenci grupy CG niestety nadal charakteryzowali się tendencją do przenoszenia ciężaru ciała w kierunku strony pośrodkowo zajętej.

Tabela 14. Wyniki analizy statystycznej średnich wychyleń przed i po terapii bez systemu SPIDER (grupa CG)

| | Grupa CG | |
|----------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| | przed terapią bez systemu SPIDER | po terapii bez systemu SPIDER |
| Średnia [cm] | 3,55 | 3,468333333 |
| Wariancja | 6,331016949 | 4,45169209 |
| Populacja | 60 | 60 |
| Korelacja Pearsona | 0,906659242 | |
| df | 59 | |
| t Stat | -0,58833267 | |
| p(T<=t) jednostronny | 0,27927728 | |
| Test T jednostronny | 1,671093033 | |

Rycina 21. przedstawia porównanie, w formie wykresu pudełkowego, rozkładu cech statystycznych – wychyleń środka ciężkości ciała pacjentów przed terapią (B) oraz po terapii (A) bez systemu SPIDER. Różnica na poziomie 2% (0,08cm), pomiędzy średnią wartością wychyleń przed terapią (pudełko B: mediana = 3,55cm) i po terapii (pudełko A: mediana = 3,47cm) wskazuje na nieznaczną redukcję wychyleń środka ciężkości ciała. Ponadto rozstęp pudełka A zawiera się w rozstępie pudełka B – przedziały pokrywają się, co również świadczy o niewielkiej redukcji wychyleń środka ciężkości ciała pacjentów po terapii bez

systemu SPIDER. Sugeruje to znacznie mniej skuteczny wpływ terapii na poprawę symetrii przenoszenia ciężaru ciała wśród badanej populacji chorych, w porównaniu do grupy, w której wykorzystano system SPIDER.



Rycina 21. Porównanie rozkładu wartości wychyleń środka ciężkości ciała pacjentów przed terapią (A) oraz po terapii (B) bez systemu SPIDER

Obliczona różnica średnich wychyleń środka ciężkości ciała, mierzonych za pomocą platformy TYMO®, przed i po terapii, była większa, jeżeli w czasie programu usprawniania stosowano system SPIDER ($p=2,23299E-17$, uzyskany wynik był istotny statystycznie, gdyż $p<0,05$) (Tabela 15.).

Tabela 15. Wyniki analizy statystycznej średniego wychylenia po terapii z zastosowaniem systemu SPIDER i bez jego użycia

| | po terapii z systemem SPIDER (grupa SG) | po terapii bez systemu SPIDER (grupa CG) |
|----------------------|--|---|
| Średnia [cm] | -2,15 | -0,081666667 |
| Wariancja | 1,487627119 | 1,15609887 |
| Populacja | 60 | 60 |
| Wariancja sumaryczna | 1,321862994 | |
| df | 118 | |
| t Stat | -9,853441355 | |
| p(T<=t) jednostronny | 2,23299E-17 | |
| Test T jednostronny | 1,657869523 | |

Różnica średnich wychyleń środka ciężkości ciała pacjentów grupy SG, mierzona na platformie TYMO®, przed i po terapii z zastosowaniem systemu SPIDER, wynosiła 2,15cm. Natomiast różnica średnich wychyleń środka ciężkości ciała pacjentów grupy CG, mierzona na platformie TYMO®, przed i po terapii bez systemu SPIDER, wynosiła zaledwie 0,08cm. Powyższe wyniki jednoznacznie wskazują na skuteczność i mierzalną efektywność terapii stosującej system SPIDER, w porównaniu z terapią, w której system ten nie był użyty.

Większa wartość różnicy średnich wychyleń grupy SG dowodzi większej redukcji wychyleń w kierunku strony pośrednio zajętej w tej grupie chorych. To z kolei świadczy o centralizacji środka ciężkości ciała w populacji SG, manifestującej się poprawą symetrii dystrybucji ciężaru ciała.

W niniejszym badaniu do ilościowej oceny aktywnej dystrybucji ciężaru ciała celowo wykorzystano urządzenie TYMO®. Autorka chciała w ten sposób podkreślić istotność maksymalizacji obiektywnej ewaluacji pacjentów, którą zapewniała właśnie diagnostyka funkcjonalna z użyciem platformy posturograficznej, a tym samym możliwość obiektywnego przedstawienia efektów terapii w obu grupach. W związku z powyższym cały projekt badania oparty był na ocenie ilościowej, przeprowadzonej przed rozpoczęciem procedur badawczych oraz po ich zakończeniu, za pomocą platformy posturograficznej. Według dostępnej literatury przedmiotu ilościowa ewaluacja oparta na testach równowagi na platformach posturograficznych, pozwala na pełną analizę psychometryczną, obejmującą zarówno rzetelność, jak i ważność wyników, w stosunku do skal równowagi opartych na obserwacji.[152] Dlatego też w niniejszym badaniu wyniki pomiarów, uzyskane z platformy TYMO®, stanowiły również podstawę oceny skuteczności stosowanej terapii. Natomiast sama platforma posturograficzna, jako narzędzie do ilościowej ewaluacji zaburzeń równowagi u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, została poddana tylko ocenie jej przydatności w kolejnym badaniu (dlatego też wybrano tylko jedną grupę), którego wyniki przedstawiono w publikacji *“Use of the posturography platform as a tool for the quantitative assessment of imbalance and postural control in post-stroke patients in chronic phase”*.

7.4. Publikacja nr 4

“Use of the posturography platform as a tool for the quantitative assessment of imbalance and postural control in post-stroke patients in chronic phase”

Ostrowska Paulina Magdalena, Hansdorfer-Korzon Rita, Studnicki Rafał, Spychała Dawid

Celem badania, którego wyniki zaprezentowano w niniejszej publikacji, było przeprowadzenie szczegółowej oceny ilościowej zaburzeń równowagi u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej. Szczególny nacisk położony został tylko na zastosowanie platformy posturograficznej, jako narzędzia pomiarowego, a także ważnej składowej procesu diagnostyki funkcjonalnej oraz projektowania programu usprawniania. W wielu doniesieniach naukowych podkreśla się rolę posturografii w diagnostyce oraz terapii[151-153,158], jednak wciąż brakuje badań, które skupiałyby się na ocenie przydatności stosowania platform posturograficznych w odniesieniu do omawianej populacji chorych. Autorka niniejszej rozprawy chciała zwrócić uwagę na potrzebę wprowadzenia oceny ilościowej w zakres standardów kompleksowej diagnostyki fizjoterapeutycznej, u tak różnorodnej i złożonej grupy pacjentów, jakimi są chorzy po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.

Badanie zostało przeprowadzone we współpracy z Ośrodkiem Rehabilitacji Neurologicznej w Koszalinie, na podstawie uzyskanej zgody Niezależnej Komisji Bioetycznej ds. Badań Naukowych przy Gdańskim Uniwersytecie Medycznym (zgoda z dnia 07.07.21r., Uchwała nr NKBBN/507/2021).

Procedurom badawczym zostało poddanych 60 pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, należących jednocześnie do grupy SG badania oceniającego wpływ terapii wykorzystującej metody PNF, NDT-Bobath oraz system SPIDER, którego wyniki przedstawiono w omówionej uprzednio pracy *“Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial”*.

Koncepcja w zakresie projektu obu powyższych prac badawczych była podobna. W każdej z nich, do ilościowej ewaluacji poszczególnych parametrów zaburzeń równowagi, użyto platformy posturograficznej TYMO®. Jednak w niniejszym badaniu ocena ilościowa została rozszerzona o dodatkowe składowe:

- dystans przebyty przez środek ciężkości ciała pacjenta podczas wykonywania testu
- odchylenie przyśrodkowo-boczne oraz przednio-tylne ciała badanego
- powierzchnię (obszar ruchu) wyznaczoną przez środek ciężkości ciała (COPT)
- średnią prędkość, z jaką pacjent wykonywał ruch w celu utrzymania żądanej pozycji
- rozkład masy ciała badanego

Rozszerzona ewaluacja wynikała z potrzeby szerszej eksploracji zaburzeń równowagi u omawianej populacji pacjentów, na podstawie której dokonano oceny przydatności samej platformy posturograficznej, jako narzędzia pomiarowego oraz istotnej składowej procesu diagnostyki funkcjonalnej chorych po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.

Pacjenci niniejszego badania zostali poddani ocenie ilościowej, w formie 30 sekundowych testów na platformie posturograficznej TYMO®, dwukrotnie – przed i po zastosowanej terapii. Ponadto testy składały się z dwóch części: w pierwszej pacjent stał bezpośrednio na platformie (stabilne podłoże, bez podkładki – M1), natomiast w drugiej pacjent stał na miękkiej podkładce umieszczonej na platformie (niestabilne podłoże – M3).

Najważniejsze wyniki niniejszego badania przedstawiają się następująco:

W Tabeli 16. przedstawiono zestawienie średnich wyników uzyskanych podczas testów na platformie TYMO®, przed zastosowaniem terapii (zarówno w warunkach stabilnego – M1, jak i niestabilnego podłoża – M3). Poniższe wielkości demonstrowają problemy z równowagą w opisywanej populacji badanych: duży dystans przebyty przez środek ciężkości ciała pacjenta, podczas wykonywania testu, świadczący o dużej liczbie ruchów, jakie pacjent musiał wykonać, by utrzymać wymaganą pozycję; duże wychylenia środka ciężkości ciała (na stronę pośrednio zajętą) oraz asymetryczny rozkład masy ciała (również w kierunku strony pośrednio zajętej), świadczące o niemożności bądź niechęci przenoszenia ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajętą; wolna odpowiedź motoryczna,

odzwierciedlona w niskiej prędkości ruchu, z jaką pacjent starał się pozostać w testowanej pozycji, świadcząca o wolnej reakcji mechanizmów kontroli posturalnej.

Tabela 16. Średnie wyniki uzyskane podczas testów na platformie TYMO®, przed zastosowaną terapią (M1 – bez podkładki, M3 – z podkładką)

| | M1 | M3 |
|--|-----------|-----------|
| Średni dystans przed rehabilitacją [cm] | 54,416667 | 78,616667 |
| Średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne przed rehabilitacją [cm] | 3,916667 | 4,916667 |
| Średnie odchylenie przednio-tylne przed rehabilitacją [cm] | 3,433333 | 5,15 |
| Średnia powierzchnia COPT przed rehabilitacją [cm ²] | 0,753333 | 1,993333 |
| Średnia prędkość ruchu przed rehabilitacją [cm/s] | 4,483333 | 4,366667 |
| Średni rozkład masy ciała przed rehabilitacją [cm] | 4,29 | 5,308333 |

7.4.1. Dystans

Mierzony w centymetrach za pomocą platformy TYMO® bez podkładki (M1) średni dystans po terapii (47,6cm) był istotnie mniejszy od mierzonego w ten sam sposób średniego dystansu przed terapią (54,42cm) ($p=0,014283$, a więc jest mniejsze od założonego $p=0,05$). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 6,82cm, czyli średni dystans M1 po terapii zmniejszył się o 12,5%. Również, mierzony w centymetrach za pomocą platformy TYMO® z podkładką (M3), średni dystans po terapii (56,67cm) był istotnie mniejszy od mierzonego w ten sam sposób średniego dystansu przed terapią (78,62cm) ($p=0,000005$, a więc jest mniejsze od założonego $p=0,05$). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 21,95cm, czyli średni dystans M3 po terapii zmniejszył się o 28% (Tabela 17.). Zarówno w przypadku M1, jak i w przypadku M3, nastąpiło zmniejszenie średniego dystansu po leczeniu fizjoterapeutycznym. Świadczy to o, potwierdzonej konkretnymi danymi liczbowymi, poprawie stabilności posturalnej badanych, gdyż po terapii ich środek ciężkości ciała przebył krótszy dystans w odniesieniu do stanu przed terapią (podczas testu pacjenci wykonali mniej ruchów, by utrzymać wymaganą pozycję).

Tabela 17. Wyniki analizy statystycznej średniego dystansu przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)

| | M1 | M3 |
|--|------------------|-------------|
| Średni dystans przed terapią [cm] | 54,416667 | 78,616667 |
| Średni dystans po terapii [cm] | 47,6 | 56,666667 |
| Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii [cm] | 6,816667 (12,5%) | 21,95 (28%) |
| Statystyka t | -2,244462 | -4,852264 |
| Wartość p jednostronne | 0,014283 | 0,000005 |

7.4.2. Odchylenie przyśrodkowo-boczne

Mierzone w centymetrach za pomocą platformy TYMO® bez podkładki (M1) średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne po terapii (2,32cm) było istotnie mniejsze od mierzonego w ten sam sposób średniego odchylenia przyśrodkowo-bocznego przed terapią (3,92cm) ($p<0,000001$, a więc jest mniejsze od założonego $p=0,05$). Bezwzględna różnica średnich

przed i po terapii wynosiła 1,6cm, czyli średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne M1 po terapii zmniejszyło się o 41%. Mierzone w centymetrach za pomocą platformy TYMO® z podkładką (M3) średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne po terapii (2,93cm) również było istotnie mniejsze od mierzonego w ten sam sposób średniego odchylenia przyśrodkowo-bocznego przed terapią (4,92cm) ($p=0,000001$, a więc jest mniejsze od założonego $p=0,05$). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 1,98cm, czyli średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne M3 po terapii zmniejszyło się aż o 40% (Tabela 18.). Zarówno w przypadku M1, jak i w przypadku M3, nastąpiło zmniejszenie średniego odchylenia przyśrodkowo-bocznego po leczeniu fizjoterapeutycznym. Świadczy to o poprawie równowagi (centralizacja środka ciężkości ciała) badanych, którą potwierdzają otrzymane dane liczbowe.

Tabela 18. Wyniki analizy statystycznej średniego odchylenia przyśrodkowo-bocznego przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)

| | M1 | M3 |
|---|-----------|-------------|
| Średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne przed terapią [cm] | 3,916667 | 4,916667 |
| Średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne po terapii [cm] | 2,316667 | 2,933333 |
| Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii [cm] | 1,6 (41%) | 1,983 (40%) |
| Statystyka t | -6,412329 | -5,425933 |
| Wartość p jednostronne | <0,000001 | 0,000001 |

7.4.3. Odchylenie przednio-tylne

Mierzone w centymetrach za pomocą platformy TYMO® bez podkładki (M1) średnie odchylenie przednio-tylne po terapii (2,63cm) było istotnie mniejsze od mierzonego w ten sam sposób średniego odchylenia przednio-tylnego przed terapią (3,43cm) ($p=0,000067$, a więc jest mniejsze od założonego $p=0,05$). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 0,8cm, czyli średnie odchylenie przednio-tylne M1 po terapii zmniejszyło się o 23%. Z kolei, mierzone w centymetrach za pomocą platformy TYMO® z podkładką (M3), średnie odchylenie przednio-tylne po terapii (3,98cm), również było istotnie mniejsze od mierzonego w ten sam sposób średniego odchylenia przednio-tylnego przed terapią (5,15cm) ($p=0,000009$, a więc jest mniejsze od założonego $p=0,05$). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 1,17cm, czyli średnie odchylenie przednio-tylne M3 po terapii zmniejszyło się o 22,5% (Tabela 19.). Zarówno w przypadku M1, jak i w przypadku M3, nastąpiło zmniejszenie średniego odchylenia przednio-tylnego (centralizacja środka ciężkości ciała) po leczeniu fizjoterapeutycznym, co dowodzi zmniejszenia zaburzeń równowagi u pacjentów podczas wykonywania testu.

Tabela 19. Wyniki analizy statystycznej średniego odchylenia przednio-tylnego przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)

| | M1 | M3 |
|--|-----------|------------------|
| Średnie odchylenie przednio-tylne przed terapią [cm] | 3,433333 | 5,15 |
| Średnie odchylenie przednio-tylne po terapii [cm] | 2,633333 | 3,983333 |
| Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii [cm] | 0,8 (23%) | 1,166667 (22,5%) |
| Statystyka t | -4,087538 | -4,676364 |
| Wartość p jednostronne | 0,000067 | 0,000009 |

7.4.4. Powierzchnia

Mierzona w centymetrach kwadratowych za pomocą platformy TYMO® bez podkładki (M1) średnia powierzchnia COPT po terapii (0,47cm²) była istotnie mniejsza od mierzonej w ten sam sposób średniej powierzchni COPT przed terapią (0,75cm²) (p=0,008245, a więc jest mniejsze od założonego p=0,05). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 0,29cm², czyli średnia powierzchnia COPT M1 po terapii zmniejszyła się o 39%. Również, mierzona w centymetrach kwadratowych za pomocą platformy TYMO® z podkładką (M3), średnia powierzchnia COPT po terapii (0,8cm²) była istotnie mniejsza od mierzonej w ten sam sposób średniej powierzchni COPT przed terapią (1,99cm²) (p=0,000053, a więc jest mniejsze od założonego p=0,05). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 1,2cm², czyli średnia powierzchnia COPT M3 po terapii zmniejszyła się o 60% (Tabela 20.). Zarówno w przypadku M1, jak i w przypadku M3, nastąpiło zmniejszenie średniej powierzchni COPT po leczeniu fizjoterapeutycznym. Stanowi to potwierdzenie wcześniej omówionych pomiarów, gdyż zmniejszenie powierzchni COPT jest odzwierciedleniem zmniejszenia dystansu oraz odchylen środka ciężkości ciała pacjentów podczas wykonywania testu. Świadczy to o, potwierdzonej liczbowo, poprawie stabilności posturalnej badanych, gdyż po terapii ich środek ciężkości ciała zaznaczył mniejszą powierzchnię odchylen w odniesieniu do stanu przed terapią (podczas testu pacjenci wykonali mniej wychyleń, by utrzymać wymaganą pozycję).

Tabela 20. Wyniki analizy statystycznej średniej powierzchni COPT przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)

| | M1 | M3 |
|--|----------------|----------------|
| Średnia powierzchnia COPT przed terapią [cm ²] | 0,753333 | 1,993333 |
| Średnia powierzchnia COPT po terapii [cm ²] | 0,465 | 0,796667 |
| Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii [cm ²] | 0,288333 (39%) | 1,196667 (60%) |
| Statystyka t | -2,468395 | -4,158085 |
| Wartość p jednostronne | 0,008245 | 0,000053 |

7.4.5. Średnia prędkość

Mierzona w centymetrach na sekundę za pomocą platformy TYMO® bez podkładki (M1) średnia prędkość ruchu po terapii (5,33cm/s) była istotnie większa od mierzonej w ten sam sposób średniej prędkości ruchu przed terapią (4,48cm/s) (p=0,000031, a więc jest

mniejsze od założonego $p=0,05$). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 0,85cm/s, czyli średnia prędkość ruchu M1 po terapii zwiększyła się o 19%. Mierzona w centymetrach na sekundę za pomocą platformy TYMO® z podkładką (M3) średnia prędkość ruchu po terapii (4,77cm/s) była także istotnie większa od mierzonej w ten sam sposób średniej prędkości ruchu przed terapią (4,37cm/s) ($p=0,034215$, a więc jest mniejsze od założonego $p=0,05$). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 0,4cm/s, czyli średnia prędkość ruchu M3 po terapii zwiększyła się o 9% (Tabela 21.). Zarówno w przypadku M1, jak i w przypadku M3, nastąpiło zwiększenie średniej prędkości ruchu po leczeniu fizjoterapeutycznym (wzrost szybkości odpowiedzi motorycznych). Świadczy to o, potwierdzonej danymi ilościowymi, poprawie równowagi u pacjentów podczas wykonywania testu, odzwierciedlonej w poprawie szybkości reakcji kontroli posturalnej.

Tabela 21. Wyniki analizy statystycznej średniej prędkości przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)

| | M1 | M3 |
|--|------------|----------|
| Średnia prędkość ruchu przed terapią [cm/s] | 4,483333 | 4,366667 |
| Średnia prędkość ruchu po terapii [cm/s] | 5,333333 | 4,766667 |
| Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii [cm/s] | 0,85 (19%) | 0,4 (9%) |
| Statystyka t | 4,310548 | 1,85614 |
| Wartość p jednostronne | 0,000031 | 0,034215 |

7.4.6. Rozkład masy ciała

Mierzony w centymetrach za pomocą platformy TYMO® bez podkładki (M1) średni rozkład masy ciała po terapii (2,14cm) był istotnie mniejszy od mierzonego w ten sam sposób średniego rozkładu masy ciała przed terapią (4,3cm) ($p<0,000001$, a więc jest mniejsze od założonego $p=0,05$). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 2,15cm, czyli średni rozkład masy ciała M1 po terapii zmniejszył się o 50%. Natomiast, mierzony w centymetrach za pomocą platformy TYMO® z podkładką (M3), średni rozkład masy ciała po terapii (3,73cm), również był istotnie mniejszy od mierzonego w ten sam sposób średniego rozkładu masy ciała przed terapią (5,31cm) ($p<0,000001$, a więc jest mniejsze od założonego $p=0,05$). Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii wynosiła 1,58cm, czyli średni dystans M3 po terapii zmniejszył się o 30% (Tabela 22.). Zarówno w przypadku M1, jak i w przypadku M3, nastąpiło zmniejszenie średniego rozkładu masy ciała po leczeniu fizjoterapeutycznym. Dowodzi to poprawie symetrii dystrybucji ciężaru ciała podczas wykonywania testu, a tym samym poprawie równowagi u badanych, co potwierdzają otrzymane dane ilościowe.

Tabela 22. Wyniki analizy statystycznej średniego rozkładu masy ciała przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)

| | M1 | M3 |
|--|------------|----------------|
| Średni rozkład masy ciała przed terapią [cm] | 4,29 | 5,308333 |
| Średni rozkład masy ciała po terapii [cm] | 2,14 | 3,73 |
| Bezwzględna różnica średnich przed i po terapii [cm] | 2,15 (50%) | 1,578333 (30%) |
| Statystyka t | -13,654225 | -6,298663 |
| Wartość p jednostronne | <0,000001 | <0,000001 |

7.4.7. Odchylenie przyśrodkowo-boczne w odniesieniu do strony niedowładu

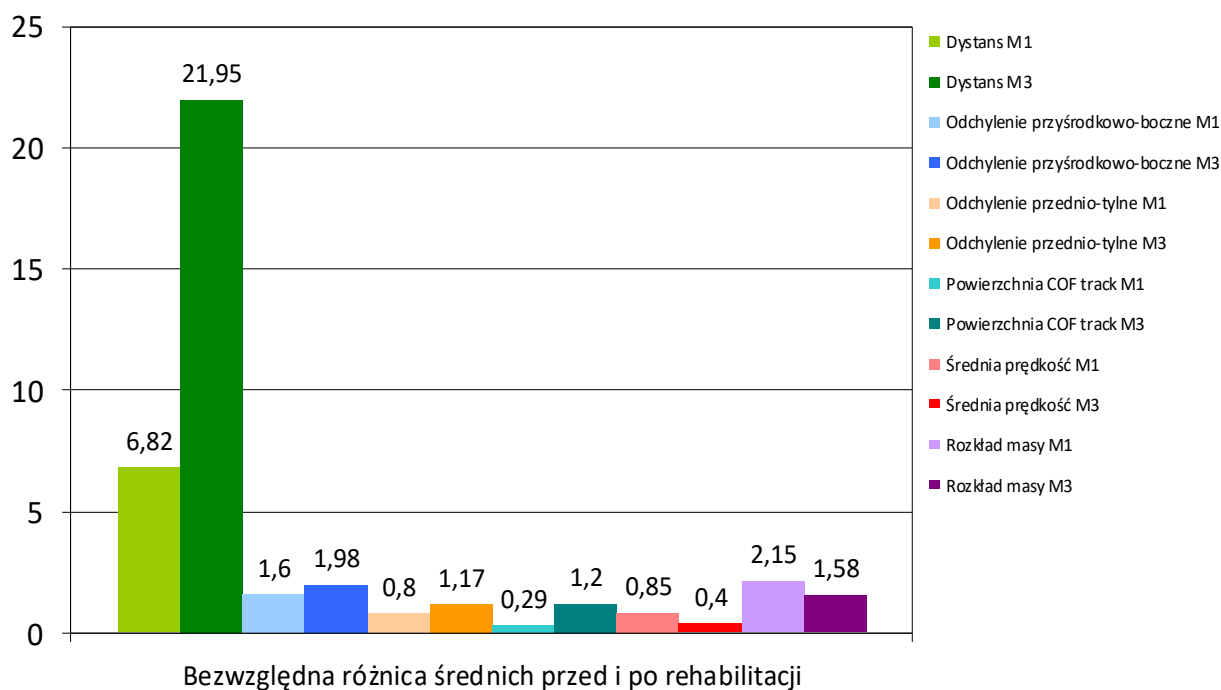
Mierzone w centymetrach za pomocą platformy TYMO® bez podkładki średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne, przed terapią, było istotnie mniejsze dla osób z niedowładem prawostronnym (3,45cm) od mierzonego w ten sam sposób średniego odchylenia przyśrodkowo-bocznego w grupie osób z niedowładem lewostronnym (4,35cm) ($p=0,048264$, a więc jest mniejsze od założonego $p=0,05$) (Tabela 23.). Można to tłumaczyć dominacją ruchową po prawej stronie – potencjał powrotu do zdrowia jest wyższy u pacjentów z prawostronnym niedowładem połowicznym.[183]

Tabela 23. Wyniki analizy statystycznej średniego odchylenia przyśrodkowo-bocznego przed terapią (M1) u pacjentów z niedowładem połowicznym lewostronnym (L) i prawostronnym (R)

| | L | R |
|--|-----------|----------|
| Średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne przed terapią M1 [cm] | 4,354839 | 3,448276 |
| Bezwzględna różnica średnich L i P [cm] | 0,906563 | |
| Statystyka t | -1,689322 | |
| Wartość p jednostronne | 0,048264 | |

Podsumowując: po zastosowanym leczeniu fizjoterapeutycznym, zarejestrowane przez platformę TYMO® wyniki pomiarów wykazały redukcję, co świadczy o poprawie stabilności posturalnej chorych: średni dystans przebyty przez środek ciężkości ciała podczas testów wykonanych po terapii: M1 – 47,6cm (redukcja o 13%), M3 – 56,7cm (redukcja o 28%), średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne: M1 – 2,3cm, M3 – 2,9cm (w obu przypadkach redukcja o 40%), średnie odchylenie przednio-tyłne: M1 – 2,6cm, M3 – 4cm (w obu przypadkach redukcja o 23%), średni rozkład masy ciała: M1 – 2,1cm (redukcja o 50%), M3 – 3,7cm (redukcja o 30%). Z kolei średnia prędkość ruchu po usprawnianiu wzrosła: M1 – 5,3m, M3 – 4,8cm, w porównaniu do wyników pomiarów przed terapią: M1 – 4,5cm, M3 – 4,4cm (wzrost o: M1 – 19%, M3 – 9%). Świadczy to o, potwierdzonej konkretnymi danymi ilościowymi, poprawie równowagi u pacjentów podczas wykonywania testu, odzwierciedlonej w poprawie szybkości odpowiedzi motorycznych i reakcji kontroli posturalnej.

Nastąpiła także znaczna poprawa stabilności oraz kontroli postawy ciała (regulacja strategii posturalnych) w warunkach niestabilnego podłoża. Świadczą o tym konkretne dane liczbowe: wartości różnicy średnich przed i po terapii z podkładką (M3) większe od odpowiadających im wartości bez podkładki (M1) (Rycina 22.).



Rycina 22. Różnica średnich wartości pomiarów, uzyskanych za pomocą platformy TYMO®, przed i po terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)

Szczegółowe określenie zaburzonych cech kinetycznej i kinematycznej regulacji posturalnej w pozycji stojącej przynosi korzyści w tworzeniu odpowiednich strategii terapeutycznych dla chorych po udarze mózgu.[184] Analiza posturograficzna dostarcza ważnych informacji ilościowych, które nie są możliwe do odzwierciedlenia w testach i skalach klinicznych, co jednoznacznie przemawia za wykorzystaniem tego urządzenia do oceny równowagi w omawianej populacji pacjentów. Uzyskane konkretne wyniki wskazują na zasadność stosowania oceny ilościowej, przy użyciu platformy posturograficznej, jako ważnej składowej procesu diagnostyki funkcjonalnej u osób po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej i możliwości ewaluacji efektów terapii pacjenta w kolejnych etapach usprawniania. Sama platforma TYMO® jest przydatnym narzędziem do pomiarów, monitorowania oraz raportowania efektów leczenia fizjoterapeutycznego. Umożliwia przeprowadzenie obiektywnej, bezpośredniej oraz ilościowej oceny kontroli posturalnej oraz interpretację wyników dotyczących zaburzeń równowagi, co jest konieczne w planowaniu dalszej terapii. Taka ocena może przełożyć się przede wszystkim na indywidualizację procesu usprawniania i w konsekwencji znaczną efektywność fizjoterapii, a tym samym poprawę jakości życia pacjenta.

8. Dyskusja

Podstawą postępowania po udarze mózgu jest interdyscyplinarna, kompleksowa rehabilitacja, której wdrożenie jest istotne już w pierwszych dniach od zaistniałego udaru mózgu. Techniki oparte na stymulowaniu układu nerwowego są składowymi wielu metod terapeutycznych. Zostały one również omówione w pracy pt. *„Przegląd wybranych metod fizjoterapeutycznych wykorzystywanych w usprawnianiu chorych po udarze mózgu”*, przedstawianej do oceny cyklu publikacji. Metody te mają na celu m.in. poprawę kontroli motorycznej poprzez torowanie prawidłowych lub hamowanie patologicznych wzorców ruchowych.[185] Jednak, pomimo ogromnych osiągnięć w dziedzinie leczenia fizjoterapeutycznego, znaczna część pacjentów po udarze mózgu ma utrzymujące się zaburzenia ruchowe, nawet po zastosowanych we właściwym czasie i odpowiednio przeprowadzonych działaniach terapeutycznych.[186] Powodem takiego stanu rzeczy jest duże zróżnicowanie następstw uszkodzenia OUN oraz ich zakres, uzależniony od lokalizacji i rozległości udaru mózgu. Odzyskiwanie funkcji motorycznych jest najszybsze w pierwszych 3 miesiącach po przebytych udarze mózgu (faza ostra), spowalnia w kolejnych miesiącach (faza podostra), a następnie, po upływie 6 miesięcy do roku, ulega stopniowemu zahamowaniu (faza przewlekła).[187] Usprawnianie chorych po udarze mózgu w okresie przewlekłym stanowi więc bardzo duże wyzwanie, z punktu widzenia diagnostyki funkcjonalnej oraz leczenia fizjoterapeutycznego. W związku z powyższym, stale poszukuje się nowych rozwiązań terapeutycznych, systemowych i technologicznych, umożliwiających uzyskanie najbardziej pożądaných efektów, w odniesieniu do zaburzeń charakteryzujących stan funkcjonalny omawianej populacji chorych.

U pacjentów po udarze mózgu kluczowym postępowaniem jest również zachowanie ciągłości leczenia fizjoterapeutycznego, gdyż każda przerwa w usprawnianiu może przyczynić się do generowania bądź pogłębiania negatywnych następstw związanych z uszkodzeniem OUN. Zdarza się jednak, iż dostępność fizjoterapii w warunkach szpitalnych czy ambulatoryjnych jest ograniczona ze względu na małą liczbę wolnych miejsc w oddziałach rehabilitacyjnych, natomiast leczenie fizjoterapeutyczne w sektorze prywatnym jest nieosiągalne ze względu na niski budżet domowy. Przedstawiona w publikacji pt. *„Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic”* teleterapia jest formą usprawniania pacjentów (w tym również po udarze mózgu) w warunkach domowych, bez bezpośredniego kontaktu terapeuty z pacjentem – za pośrednictwem technologii komunikacyjnych. Pomimo faktu, iż system telerehabilitacyjny został opracowany już pod koniec lat pięćdziesiątych XIX wieku, wzmożone zainteresowanie tą formą leczenia fizjoterapeutycznego w Polsce nastąpiło w roku 2020, w związku z wybuchem pandemii wirusa SARS-CoV-2. Na podstawie wyników przeglądu systematycznego, dokonanego przez autorkę niniejszej rozprawy, stwierdzono, iż teleterapia w warunkach domowych stanowi alternatywę dla terapii prowadzonej w warunkach szpitalnych czy ambulatoryjnych. Mimo to, w przeglądzie K. Laver i wsp. z roku 2020,

dotyczącym telerehabilitacji po udarze mózgu, podkreślono, że chociaż obecnie wzrasta liczba badań RCT, oceniających skuteczność tej formy usprawniania wśród omawianej populacji chorych, wnioski na temat jej efektów są nadal trudne do jednoznacznego określenia. Powodem jest duża różnica działań terapeutycznych oraz grup porównawczych w zależności od dostępnych prac badawczych. Wiele badań z obszaru telerehabilitacji jest również obciążonych ryzykiem błędu systematycznego.[188] Ponadto istnieją także ograniczenia w stosowaniu systemu telerehabilitacyjnego, odnoszące się do samych pacjentów po udarze mózgu. S. Caughlin w swoim przeglądzie z 2020r. podkreśla, iż teleterapia dedykowana jest głównie chorym po przebytym udarze mózgu o lekkim i umiarkowanym stopniu niepełnosprawności, a do kryteriów wyłączenia należą: afazja globalna, deficyty ruchowe oraz zaburzenia funkcji poznawczych o znacznym stopniu nasilenia, oceniane odpowiednimi testami i skalami.[189] Jak już wcześniej podkreślano pacjenci po udarze mózgu w fazie przewlekłej, którzy często charakteryzują się dużymi ograniczeniami motorycznymi oraz prowadzeniem ruchu w utrwalonych, patologicznych wzorcach, w znacznej większości obligatoryjnie wymagają jednak, usprawniania pod bezpośrednim nadzorem fizjoterapeuty.

Wobec powyższego naukowcy, zarówno w dziedzinie medycyny, jak również inżynierii medycznej, stale poszukują wspomagających metod wykorzystywanych w terapii pacjentów po udarze mózgu, aby w coraz to bardziej zróżnicowany i skuteczny sposób móc prowadzić leczenie fizjoterapeutyczne. Kilkunastoletnia praktyka kliniczna autorki niniejszej rozprawy w oddziale rehabilitacji neurologicznej oraz obserwacja chorych po przebytym udarze mózgu, stały się także dla niej motywacją do rozpoczęcia poszukiwań nowych rozwiązań terapeutycznych. Zapoznanie się z wynikami badania oceniającego wpływ terapii stosującej system SPIDER wśród populacji dzieci z mózgowym porażeniem[190], stało się inspiracją do zaprojektowania badań własnych. Dotyczyły one oceny skuteczności wyżej wymienionego systemu w terapii pacjentów po udarze mózgu w fazie przewlekłej, a w szczególności jego oddziaływania na poprawę symetrii przenoszenia ciężaru ciała u tych pacjentów. Do ilościowego pomiaru i analizy dystrybucji ciężaru ciała wykorzystano platformę posturograficzną TYMO®, by uzyskać jak najbardziej rzetelne i dokładne wyniki. Otrzymany wynik średniego wychylenia środka ciężkości ciała po terapii z zastosowaniem systemu SPIDER (2,14cm), był mniejszy od średniego wychylenia przed terapią (4,29cm). Świadczy to o pozytywnym wpływie terapii wykorzystującej system SPIDER na poprawę symetrii przenoszenia ciężaru ciała, ponieważ wychylenia w kierunku strony pośrednio zajętej wyraźnie się zmniejszyły (o 50%). Z kolei otrzymane wartości średnich wychyleń środka ciężkości ciała, przed (3,55cm) i po terapii (3,47cm) bez użycia systemu SPIDER, były do siebie bardzo zbliżone, co świadczy o niewielkim wpływie tej terapii na poprawę symetrii dystrybucji ciężaru ciała.

Powyższe wyniki dowodzą skuteczności i zasadności stosowania omawianego systemu w leczeniu fizjoterapeutycznym chorych po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej. Niemniej jednak brak jest innych doniesień naukowych, oceniających

wpływ systemu SPIDER na stan funkcjonalny pacjentów po przebytych udarach mózgu. Wiadomo natomiast, iż terapia wymuszająca przesunięcie ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajęta jest efektywną formą usprawniania po udarze mózgu i powinna stanowić istotną składową leczenia fizjoterapeutycznego, co jednoznacznie potwierdzają wyniki wielu badań.[131-139,191] W ciekawym badaniu G. Rodrigueza i wsp. oceniano wpływ stosowania klinów i podkładek pod obuwie na symetrię przenoszenia ciężaru ciała u osób po udarze mózgu. Procedurom badawczym poddano 9 pacjentów z niedowładem połowicznym, którzy byli w stanie utrzymać przez 3 do 5 minut pozycję stojącą. Przymusowe przesunięcie ciężaru ciała odbywało się za pomocą różnych klinów do butów (5°, 7,5°, 12,5°) lub podkładek pod buty (0,6, 0,9, 1,2 cm), umieszczonych pod całą podeszwą buta strony pośrednio zajętej. Wyniki badania dowiodły skuteczności stosowania klinów obuwicznych (zwłaszcza o nachyleniu 5°, które zapewniało najbardziej symetryczny rozkład masy ciała) na przesunięcie ciężaru ciała w kierunku strony objętej zespołem neurologicznym.[192] Również A. Aruin i wsp. podkreślają, iż usprawnianie z wykorzystaniem terapii wymuszonego przesunięcia ciężaru ciała na stronę objętą zespołem neurologicznym może spowodować długotrwałą poprawę symetrii rozkładu ciężaru ciała oraz prędkości chodu u osób po udarze mózgu w fazie przewlekłej, co z kolei przekłada się na poprawę jakości ich życia. W badaniu wyżej wymienionych autorów przesunięcie środka ciężkości na stronę bezpośrednio zajęta zwiększyło się o 9,7%, natomiast prędkość chodu wzrosła o 10,5%.[193] Zatem poprawa symetrii dystrybucji ciężaru ciała prowadzi do poprawy parametrów chodu i rozkładu nacisku na podłoże u pacjentów po udarze mózgu.[137] Jednak około 30% chorych podczas stania ma również problem z nieprawidłową, asymetryczną pozycją samych stóp (z prawie równą liczbą pronacji i supinacji).[194] Zmiany ustawienia stopy oznaczają zmiany w oddziaływaniu na układ proprioceptywny. Z tego powodu tak istotne jest przywrócenie prawidłowej funkcji tego układu (poprzez poprawę pozycji stóp), co zwiększa szanse na efektywniejsze przenoszenie informacji aferentnych.[183] Stabilność przyśrodkowo-boczna jest związana głównie z aktywnością mechanoreceptorów skóry podeszwowej stóp, które dostarczają do centralnego układu nerwowego informacje o ustawieniu stóp na podłożu oraz o pochyleniu ciała nad stopami. Deficyty w zakresie czucia skóry podeszwowej mogą być jednym z czynników wyjaśniających duże przesunięcia przyśrodkowo-boczne środka ciężkości ciała.[157] W badaniu L. Connell udowodniono, iż 89% chorych po udarze mózgu charakteryzuje się deficytami somatosensorycznymi, skutkującymi zaburzeniami kontroli posturalnej.[195] Również w pracy własnej pt.: „*Use of the posturography platform as a tool for the quantitative assessment of imbalance and postural control in post-stroke patients in chronic phase*” pacjenci z zaburzeniami czucia powierzchownego (niedoczulica) stanowili 95% ($n=57/60$) badanej grupy SG (poddanej terapii z zastosowaniem systemu SPIDER), natomiast zaburzenia czucia głębokiego prezentowało aż 93% ($n=56/60$) omawianej populacji. Stąd średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne przed terapią było o 40% większe od pomiarów dokonanych po usprawnianiu (poprawa czucia). Z kolei w pracy G. Moisan i wsp. z 2022r. zaobserwowano, iż pacjenci po udarze mózgu tracą równowagę z

mniejszym przesunięciem środka ciężkości ciała do przodu w odniesieniu do przesunięcia bocznego, co ma odzwierciedlenie w wielkości kroków podczas chodu – kroki są mniejsze od fizjologicznych, ponieważ większe kroki zwiększają ryzyko upadków.[157] Tłumaczyło by to większe średnie odchylenie przyśrodkowo-boczne (3,9cm) przed terapią wśród pacjentów grupy SG w odniesieniu do średniego odchylenia przednio-tylnego (3,4cm) w omawianej populacji chorych.[150]

W diagnostyce funkcjonalnej wykorzystywane są różne techniki oraz narzędzia badawcze, oceniające stan funkcjonalny chorego oraz weryfikujące postępy usprawniania. Jedynie prawidłowo zaplanowane badania, jak również rzetelne i dokładne wyniki pomiarów są fundamentem skutecznego leczenia fizjoterapeutycznego. Kluczową rolę w uwiarygodnieniu prowadzonych obserwacji pełni ich obiektywizacja, która jest podstawą zarówno fizjoterapii opartej na dowodach naukowych (EBP – *evidence-based physiotherapy*), jak i samej medycyny popartej dowodami naukowymi (EBM – *evidence-based medicine*).[196] Podejmowanie decyzji klinicznych zgodnie z paradygmatem EBP stawia duże wymagania zespołowi fizjoterapeutycznemu. W praktyce klinicznej przekłada się to na szereg działań, wpływających na jakość przeprowadzanych procedur badawczych, do których należą: diagnostyka funkcjonalna, analiza i ocena dostępnych możliwości leczenia fizjoterapeutycznego, wybranie specyficznej dla danego pacjenta najskuteczniejszej terapii oraz monitorowanie i zapisywanie rzetelnych wyników wdrożonego usprawniania.[197] Kluczową zasadą podczas wykonywania pomiarów jest stosowanie wiarygodnych, sprawdzonych narzędzi i metod obserwacji oraz zapewnienie zawsze tych samych, maksymalnie zbliżonych warunków obserwacji i pomiaru.[198] Standardem powinna być sytuacja, w której uzyskuje się te same pomiary dla tego samego pacjenta w kilku sesjach badawczych, bez względu np. na liczbę fizjoterapeutów przeprowadzających badanie.[196]

Jak już wcześniej wspomniano, częsty brak powtarzalności i wiarygodności wyników badań oceniających stosowane w fizjoterapii narzędzia i metody terapeutyczne znacznie utrudnia wykorzystywanie wniosków z nich płynących w praktyce klinicznej. Najbardziej niepodważalnym w ocenie jest pomiar, który posiada odpowiednie wartości liczbowe.[197] Autorka niniejszej rozprawy, w swoich badaniach, opisanych w dwóch pracach: *Evaluation of the effect of SPIDER system therapy on weight shifting symmetry in chronic stroke patients – a randomised controlled trial* oraz *Use of the posturography platform as a tool for the quantitative assessment of imbalance and postural control in post-stroke patients in chronic phase*, do oceny ilościowej pacjentów po udarze mózgu w fazie przewlekłej celowo więc wykorzystywała znaną, ale jeszcze niedostatecznie rozpowszechnioną, platformę posturograficzną (w tym wypadku TYMO®). Powodem wyboru takiego narzędzia pomiarowego była z jednej strony ogromna różnorodność badanej populacji chorych, z drugiej strony gwarancja otrzymania wiarygodnych oraz porównywalnych wyników liczbowych. Ocena ilościowa dotyczyła pomiarów:

- dystansu przebytego przez środek ciężkości ciała pacjenta podczas wykonywania testu
- odchylenia przyśrodkowo-bocznego oraz przednio-tylnego ciała badanego

- powierzchni (obszaru ruchu) wyznaczonej przez środek ciężkości ciała (COPT)
- średniej prędkości, z jaką pacjent wykonywał ruch w celu utrzymania żądanej pozycji
- rozkładu masy ciała badanego

Ponadto autorka chciała również zwrócić uwagę na potrzebę wprowadzenia oceny ilościowej w zakres standardów kompleksowej diagnostyki fizjoterapeutycznej, u tak złożonej grupy pacjentów, jakimi są chorzy po przebytych udarze mózgu w okresie przewlekłym, ponieważ szczegółowe zrozumienie zaburzonych cech kinetycznej i kinematycznej regulacji posturalnej w pozycji stojącej przynosi korzyści w tworzeniu odpowiednich strategii terapeutycznych.[184] Istotność mierzalnych efektów terapii, tak ważnych w indywidualizacji całego procesu usprawniania, przemawia za wykorzystaniem posturografii w diagnostyce funkcjonalnej omawianej populacji pacjentów.[199] Potwierdziły to również otrzymane w badaniach własnych wyniki pomiarów przed i po usprawnianiu. Ocena ilościowa za pomocą platformy posturograficznej umożliwia planowanie i projektowanie celów terapii, co może przełożyć się na znaczną efektywność leczenia fizjoterapeutycznego, a w konsekwencji poprawę jakości życia chorych po udarze mózgu. Wielu autorów w swoich badaniach także wskazuje analizę posturograficzną, jako istotny i rzetelny zbiór informacji o stanie funkcjonalnym pacjenta [151-153,158], który nie jest możliwy do odzwierciedlenia w testach i skalach klinicznych. Jednak niewiele jest aktualnych doniesień naukowych, które skupiałyby się na ocenie przydatności stosowania platform posturograficznych w odniesieniu do omawianej w niniejszej rozprawie populacji chorych.

Tematyka usprawniania pacjentów po udarze mózgu długo pozostawać będzie dla badaczy oraz personelu medycznego ogromnym wyzwaniem. Obserwacje poczynione na podstawie tak bogatej literatury przedmiotu dowodzą, jak wiele dokonuje się, aby poprawić skuteczność, unowocześnić czy zróżnicować cały proces leczenia tej złożonej i bardzo niejednorodnej klinicznie grupy chorych. Autorka niniejszej rozprawy, pracując od wielu lat jako fizjoterapeutka właśnie z pacjentami po uszkodzeniach OUN, również zauważa potrzebę wprowadzania nowych, różnorodnych, a przez to także interesujących terapeutycznie (zwłaszcza z punktu widzenia pacjenta) narzędzi oraz metod, wspomagających proces usprawniania. Leczenie fizjoterapeutyczne, tak istotne w całym szeroko pojętym postępowaniu interdyscyplinarnym, trwające niekiedy latami, jest głównym środkiem zaradczym w dążeniu do niezależności oraz poprawy jakości życia chorych po udarze mózgu.

9. Wnioski końcowe

Na podstawie wszystkich prac przedstawionych w cyklu publikacji i założonych celów, postawiono następujące wnioski:

1. Pomimo dostępności wielu form usprawniania pacjentów po udarze mózgu, wciąż poszukuje się nowych rozwiązań terapeutycznych, umożliwiających uzyskanie najbardziej pożądaných efektów, w odniesieniu do zaburzeń charakteryzujących stan funkcjonalny omawianej w rozprawie populacji chorych.
2. Telerehabilitacja, jako forma usprawniania pacjentów po udarze mózgu w warunkach ograniczonych zasobów, jest alternatywą dla leczenia fizjoterapeutycznego w warunkach szpitalnych bądź ambulatoryjnych.
3. Ograniczeniem systemu telerehabilitacyjnego jest jego przydatność głównie dla pacjentów o lekkim i umiarkowanym stopniu niepełnosprawności ruchowej.
4. W badanych grupach pacjentów stwierdzono zaburzenia równowagi w postaci wychyleń środka ciężkości ciała w kierunku strony pośrednio zajętej.
5. Przywrócenie zdolności lokomocji jest uważane za główny cel leczenia fizjoterapeutycznego po udarze mózgu, natomiast umiejętność przenoszenia ciężaru ciała na stronę bezpośrednio zajętą jest nieodzownym elementem sukcesu terapii.
6. Terapia z zastosowaniem systemu SPIDER ma pozytywny wpływ na poprawę symetrii dystrybucji ciężaru ciała u badanych pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej, w odniesieniu do terapii, w której system ten nie był użyty.
7. Platformy posturograficzne, wykorzystywane do ilościowego pomiaru wychyleń środka ciężkości ciała w pozycji stojącej, są ważnym narzędziem, umożliwiającym interpretację wyników, dotyczących zaburzeń równowagi, oraz indywidualizację procesu usprawniania.
8. Występowanie zaburzeń równowagi wskazuje na konieczność wprowadzenia oceny ilościowej w zakres standardów kompleksowej diagnostyki i programowania fizjoterapii, u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej.

10. Bibliografia

1. Raciborski F., Gawińska E., Kłak A., Słowik A., Wnuk M.; *Udary mózgu – rosnący problem w starzejącym się społeczeństwie*. Raport Instytutu Ochrony Zdrowia; Warszawa 2016
2. Lennon S., Ramdharry G., Verheyden G.; *Fizjoterapia w chorobach neurologicznych*. Elsevier Urban&Partner; Wrocław 2020
3. *Profilaktyka chorób naczyń mózgowych, w szczególności udaru mózgu*. Raport nr: OT.423.5.2018; Agencja Oceny Technologii Medycznych i Taryfikacji Wydział Oceny Technologii Medycznych; Warszawa 2020
4. Źródło: <https://zdrowedane.nfz.gov.pl/course/view.php?id=44>, raport: NFZ o zdrowiu. *Udar niedokrwienny mózgu*. z dnia 29.10.2019r.
5. Ostrowska P., Śliwiński M., Hansdorfer-Korzon R.; *Przegląd wybranych metod fizjoterapeutycznych wykorzystywanych w usprawnianiu chorych po udarze mózgu*. *Rehabilitacja w praktyce*; ISSN 1895-4146; 2021(1); p. 32-39
6. Rudberg A.S., Bergec E., Laskae A.C., Jutterströme S., Näsmanf P., Sunnerhageng K.S., Lundström E.; *Stroke survivors' priorities for research related to life after stroke*. *Topics in Stroke Rehabilitation*; 2021, VOL. 28, NO. 2, p. 153–158. <https://doi.org/10.1080/10749357.2020.1789829>
7. Mudge S., Barber P.A., Stott N.S.; *Circuit-based rehabilitation improves gait endurance but not usual walking activity in chronic stroke: A randomized controlled trial*. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*; 2009, 90(12), p. 1989–1996. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.07.015>
8. Opara J.; *Neurorehabilitacja*. Elamed Media Group; Katowice 2017
9. Easton J.D. et al.; *Definition and Evaluation of Transient Ischemic Attack A Scientific Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association Stroke Council; Council on Cardiovascular Surgery and Anesthesia; Council on Cardiovascular Radiology and Intervention; Council on Cardiovascular Nursing; and the Interdisciplinary Council on Peripheral Vascular Disease*. *Stroke*; 2009; 40; p. 2276-2293
10. Kwolek A.; *Fizjoterapia w neurologii i neurochirurgii*. PZWL; Warszawa 2012
11. Bamford J., Sandercock P., Dennis M., Burn J., Warlow Ch.; *Classification and natural history of clinically identifiable subtypes of cerebral infarction*. *The Lancet*; 1991; 337; p. 1521-26
12. Carrera E., Tononi G.; *Diaschisis: past, present, future*. *Brain* 2014; 137(Pt 9); p. 2408-22
13. Ward N.S.; *Mechanisms underlying recovery of motor function after stroke*. *Postgrad Med J*; 2005; 81(958)
14. Rosamond W. et al.; *Heart Disease and Stroke Statistics—2008 Update A Report From the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee*. *Circulation*.; 2008; 117; p. 25-146. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.187998
15. Kraft P.; *Udar mózgu*. Edra Urban&Partner; Wrocław; 2020
16. Amado B., Melo L., Pinto R., Lobo A., Barros P., Gomes J.R.; *Ischemic Stroke, Lessons from the Past towards Effective Preclinical Models*. *Biomedicines* 2022; 10. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10102561>
17. Grysiewicz R.A., Thomas K., Pandey D.K.; *Epidemiology of Ischemic and Hemorrhagic Stroke: Incidence, Prevalence, Mortality, and Risk Factors*. *Neurol. Clin.*; 2008; 26; p. 871–895
18. Avan A., Digaleh H., Di Napoli M., Stranges S., Behrouz R., Shojaeianbabaei G., Amiri A., Tabrizi R., Mokhber N., Spence J.D.; *Socioeconomic Status and Stroke Incidence, Prevalence, Mortality, and Worldwide Burden: An Ecological Analysis from the Global Burden of Disease Study*. *BMC Med.*; 2019; 17
19. Howard V.J., Madsen T.E., Kleindorfer D.O., Judd S.E., Rhodes J.D., Soliman E.Z., Kissela B.M., Safford M.M., Moy C.S., McClure L.A.; *Sex and Race Differences in the Association of Incident Ischemic Stroke with Risk Factors*. *JAMA Neurol.*; 2019; 76; p. 179–186

20. Floßmann E., Schulz U.G.R., Rothwell P.M.; *Systematic Review of Methods and Results of Studies of the Genetic Epidemiology of Ischemic Stroke*. Stroke; 2004; 35; p. 212–227
21. Boehme A.K., Esenwa C., Elkind M.S.V.; *Stroke Risk Factors, Genetics, and Prevention*. Circ. Res.; 2017; 120; p. 472–495
22. WHO; *Stroke, Cerebrovascular Accident*. Health Topics; World Health Organization; Geneva; 2022
23. Jame S, Barnes G.; *Stroke and thromboembolism prevention in atrial fibrillation*. Heart; 2020; 106(1); p. 10-17
24. Muratova T., Khramtsov D., Stoyanov A., Vorokhta Y.; *Clinical epidemiology of ischemic stroke: global trends and regional differences*. Georgian Medical News; 2020
25. Leigh R. et al.; *Imaging the physiological evolution of the ischemic penumbra in acute ischemic stroke*. J Cereb Blood Flow Metab; 2018; 38(9); p. 1500-1516
26. Pulsinelli W.; *Pathophysiology of acute ischaemic stroke*. Lancet; 1992; 339(8792); p. 533-6
27. Baron J.C.; *Mapping the Ischaemic Penumbra with PET: Implications for Acute Stroke Treatment*. Cerebrovascular Diseases; 1999; 9; p. 193 – 201
28. Roźniecki J.; *Leczenie przyczynowe (reperfuzyjne) w ostrej fazie niedokrwiennego udaru mózgu – od pierwszych prób do dziś*. Aktualn Neurol; 2014; 14(4); p. 228–234
29. Lees K.R., Bluhmki E., von Kummer R. et al.: *Time to treatment with intravenous alteplase and outcome in stroke: an updated pooled analysis of ECASS, ATLANTIS, NINDS, and EPITHET trials*. Lancet; 2010; 375; p. 1695–1703
30. Emberson J., Lees K.R., Lyden P. et al.; *Stroke Thrombolysis Trialists' Collaborative Group: Effect of treatment delay, age, and stroke severity on the effects of intravenous thrombolysis with alteplase for acute ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from randomised trials*. Lancet; 2014; 384; p. 1929–1935
31. Kidwell C.S., Jahan R., Gornbein J. et al.; *MR RESCUE Investigators: A trial of imaging selection and endovascular treatment for ischemic stroke*. N. Engl. J. Med.; 2013; 368; p. 914–923
32. Siminska J., Pietkun K., Porzych P., Głowacka I., Grzyb S., Hagner W., Grobelska K., Nowacka K.; *Udar niedokrwieny mózgu - postępowanie przedszpitalne i wczesnoszpitalne*. Journal of Education, Health and Sport; 2016;6(8); p. 439-453. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.60875>
33. Klimaszewska K. et al.; *Charakterystyka usprawniania chorych na udar mózgu w poszczególnych okresach rehabilitacji*. Annales Academiae Medicae Silesiensis; Nr 1 Tom 60; 2006; p. 41-46
34. Barnes M.P.; *Standards in neurological rehabilitation*. European Federation of Neurological Societies Task Force; Behavioural Neurology (1997); 10; p. 1-7
35. Duncan P.W., Zorowitz R., Bates B., Choi J., Glasberg J.J., Graham G., Katz R.C., Lamberty K., Reker D.; *Management of Adult Stroke Rehabilitation Care. A Clinical Practice Guideline*. Stroke; 2005; 36; p. 100-143; DOI: 10.1161/01.STR.0000180861.54180.FF
36. Nyka W., Jankowska B.; *Zasady wczesnej rehabilitacji chorych z udarem niedokrwienym mózgu*; Via Medica, Forum Medycyny Rodzinnej; 2009; tom 3; nr 2; p. 85–91
37. Antecki J., Brelak E., Sobolewski P., Kozera G.; *Profilaktyka pierwotna i wtórna udaru niedokrwiennego mózgu w świetle obecnych zaleceń i rekomendacji*. Wybrane Problemy Kliniczne. Forum Medycyny Rodzinnej; 2018; vol 12; no 3; p. 89–98
38. Perin C., Bolis M., Limonta M., Meroni R., Ostasiewicz K., Cornaggia C.M., Alouche S.R., da Silva Matuti G., Cerri C.G., Piscitelli D.; *Differences in Rehabilitation Needs after Stroke: A Similarity Analysis on the ICF Core Set for Stroke*. Int. J. Environ. Res. Public Health; 2020; 17. doi:10.3390/ijerph17124291
39. Geyh S., Cieza A., Schouten J., Dickson H., Frommelt P., Omar Z., Kostanjsek N., Ring H., Stucki G., Schouten J.S.; *ICF Core Sets for stroke*. J. Rehabil. Med.; 2004; 36; p. 135–141

40. Geyh S., Peter C., Müller R., Bickenbach J., Kostanjsek N., Üstün B.T., Stucki G., Cieza A.; *The Personal Factors of the International Classification of Functioning, Disability and Health in the literature—A systematic review and content analysis*. *Disabil. Rehabil.*; 2011; 33; p. 1089–1102
41. Threats T.; *Access for persons with neurogenic communication disorders: Influences of Personal and Environmental Factors of the ICF*. *Aphasiology*; 2007; 21; p. 67–80
42. Bouffioulx E., Arnould C., Thonnard J.-L.; *Satisfaction with Activity and Participation and Its Relationships with Body Functions, Activities, or Environmental Factors in Stroke Patients*. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*; 2011; 92; p. 1404–1410
43. Snögren M., Sunnerhagen K.S.; *Description of functional disability among younger stroke patients: Exploration of activity and participation and environmental factors*. *Int. J. Rehabil. Res.*; 2009; 32; p. 124–131
44. Paanalahti M., Lundgren-Nilsson A., Arndt A., Sunnerhagen K.S., Arndt T.; *Applying the Comprehensive International Classification of Functioning, Disability and Health Core Sets for stroke framework to stroke survivors living in the community*. *J. Rehabil. Med.*; 2013; 45; p. 331–340
45. Rosa M.C.N., Marques A., Demain S., Metcalf C.D.; *Knee posture during gait and global functioning post-stroke: A theoretical ICF framework using current measures in stroke rehabilitation*. *Disabil. Rehabil.*; 2014; 37; p. 904–913
46. *International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*. World Health Organization; Geneva; 2001
47. The AVERT Trial Collaboration group; *Efficacy and safety of very early mobilisation within 24 h of stroke onset (AVERT): randomised controlled trial*. *The Lancet*; Vol 386; 04.2015; p. 46-55. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60690-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60690-0)
48. de Aquino M. et al.; *Early mobilization in acute stroke phase: a systematic review*. *Top Stroke Rehabil*; 2021; p. 1-12
49. Hernández-Méndez B. et al.; *Very early mobilization in the stroke unit: Functionality, quality of life and disability at 90 days and 1 year post-stroke*. *NeuroRehabilitation* 2021; 49(3); p. 403-414
50. Kinoshita T. et al.; *Mobilization within 24 hours of new-onset stroke enhances the rate of home discharge at 6-months follow-up: a prospective cohort study*. *Int J Neurosci* 2021; 131(11); p. 1097-1106
51. Zhang M. et al.; *Optimization of Early Mobilization Program for Patients With Acute Ischemic Stroke: An Orthogonal Design*. *Front Neurol*; 2021; 12
52. Ding R., Zhang H.; *Efficacy of very early mobilization in patients with acute stroke: a systematic review and meta-analysis*. *Ann Palliat Med*; 2021; 10(11); p. 11776-11784
53. Błażejewska-Hyżorek B. et al.; *Wytyczne postępowania w udarze mózgu*. *Polski Przegląd Neurologiczny* 2019; 15(A)
54. Goliwąż M. et al.; *Równowaga, a stabilność posturalna i jej zaburzenia u pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu – rozważania teoretyczne*. *Fizjoterapia Polska*; nr 1/2017(17); p. 38-44
55. Kinoshita T. et al.; *Mobilization within 24 hours of new-onset stroke enhances the rate of home discharge at 6-months follow-up: a prospective cohort study*. *Int J Neurosci*; 2021; 131(11); p. 1097-1106
56. Hosp J.A., Luft A.R.; *Cortical Plasticity during Motor Learning and Recovery after Ischemic Stroke*. Hindawi Publishing Corporation; *Neural Plasticity*; 2011; p. 9. doi:10.1155/2011/871296
57. Freburger J.K. et al.; *Association Between Use of Rehabilitation in the Acute Care Hospital and Hospital Readmission or Mortality in Patients With Stroke*. *Arch Phys Med Rehabil* 2021; 102(9); p. 1700-1707
58. Mickevičienė D., Masiulytė E., Švedaitė N.; *The impact of various physiotherapy programs on static and dynamic balance for patients after stroke*. *Baltic Journal of Sport & Health Sciences*; No. 4(111); 2018; p. 39–44
59. Park S.H.; *Assessment of Weight Shift Direction in Chronic Stroke Patients*. *Osong Public Heal. Res. Perspect.*; 2018; 9; p. 118–121. <https://doi.org/10.24171/j.phrp.2018.9.3.06>.

60. Nam S.H.; Son S.M.; Kim K.; *Changes of gait parameters following constrained-weight shift training in patients with stroke*. J. Phys. Ther. Sci.; 2017; 29; p. 673–676. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.673>.
61. Beckwée D., Lefeber N., Bautmans I., Cuypers L., De Keersmaecker E., De Raedt S., Kerckhofs E., Nagels G., Njemini R., Perkisas S. et al.; *Muscle changes after stroke and their impact on recovery: Time for a paradigm shift? Review and commentary*. Top. Stroke Rehab.; 2021; p. 104–111. <https://doi.org/10.1080/10749357.2020.1783916>.
62. Tanikawa H., Mukaino M., Itoh S., Kondoh H., Fujimura K., Teranishi T., Ohtsuka K., Hirano S., Kagaya H., Saitoh E. et al. *Development of a simple mechanical measurement method to measure spasticity based on an analysis of a clinical maneuver and its concurrent validity with the modified Ash-worth scale*. Bio eng. Biotechnol.; 2022; 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.911249>.
63. Szopa A., Domagalska-Szopa M., Lasek-Bal A., Żak A. *The link between weight shift asymmetry and gait disturbances in chronic hemiparetic stroke patients*. Clin. Interv. Aging; 2017; 12; p. 2055–2062. <https://doi.org/10.2147/CIA.S144795>.
64. Yasuda K., Saichi K., Kitaji Y., Harashima H., Iwata H.; *Development of an implicit method for directing weight shifting to the affected side in patients with stroke: A proof of concept study*. Robomech. J.; 2017; 4; 26. <https://doi.org/10.1186/s40648-017-0094-2>.
65. Sisto S. A., Forrest G. F., Glendinning D.; *Virtual Reality Applications for Motor Rehabilitation After Stroke*. Topics in Stroke Rehabilitation; 2002; 8:4; p. 11-23
66. Ribeiro T. S. et al.; *Effects of a training program based on the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation method on post-stroke motor recovery: A preliminary study*. Journal of Bodywork & Movement Therapies; 2014 Oct;18(4); p. 526-32. doi: 10.1016/j.jbmt.2013.12.004
67. Sharma V. et al.; *Effect of core strengthening with pelvic proprioceptive neuromuscular facilitation on trunk, balance, gait, and function in chronic stroke*. Original Article Journal of Exercise Rehabilitation; Apr 2017; 13(2); p. 200-205. DOI: 10.12965/jer.1734892.446
68. Park S.E. et al.; *Effect of eye movements and proprioceptive neuromuscular facilitation on balance and head alignment in stroke patients with neglect syndrome*. J. Phys. Ther. Sci.; 2016 Jan; 28(2); p. 596-601. doi: 10.1589/jpts.28.596
69. HwaNgbo P.N. et al.; *Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation neck pattern exercise on the ability to control the trunk and maintain balance in chronic stroke patients*. J. Phys. Ther. Sci.; 28; p. 850–853
70. Mikołajewska E.; *Bobath and traditional approaches in post-stroke gait rehabilitation in adults*. Biomedical Human Kinetics; Warszawa; 2017; 9; p. 27–33
71. Mikołajewska E.; *NDT-Bobath method in post-stroke rehabilitation in adults aged 42–55 years – Preliminary findings*. Polish annals of medicine; 22; 09.2015; p. 98-104. DOI:10.1016/J.POAMED.2015.03.001
72. Garcia M.B. et al.; *The Bobath Concept in Walking Activity in Chronic Stroke Measured Through the International Classification of Functioning, Disability and Health*. Physiother. Res. Int.; 2015 Dec; 20(4); p. 242-50. doi: 10.1002/pri.1614.
73. Yazici G. et al.; *The effects of Bobath (BNDT) concept on motor performance, balance, mobility and disability in early stroke rehabilitation*. Journal of the Neurological Sciences; p. 757–944
74. Tyszkiewicz B. et al.; *Zastosowanie terapii wymuszeniem ruchu u pacjentów po udarze mózgu*. Fizjoterapia Polska; nr 1/2017(17); p. 104-115
75. Wolf S et al.; *The EXCITE stroke trial: comparing early and delayed constraint-induced movement therapy*. Stroke; 2010 Oct; 41(10); p. 2309-15
76. Piron L et al.; *Motor training in virtual environment for post stroke and traumatic brain injured patients*. In: Proceedings of the Ninth Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference; Newport Beach; AMA Inc.; 2001

77. Schwartz I. et al.; *The effectiveness of locomotor therapy using robotic-assisted gait training in subacute stroke patients: a randomized controlled trial*. PMR 2009; 1; p. 516-523
78. Zheng Q.X. et al.; *Robot-assisted therapy for balance function rehabilitation after stroke: A systematic review and meta-analysis*. International Journal of Nursing Studies; 2019; 95; p. 7-18
79. Adler S.S., Beckers D., Buck M.; *PNF w praktyce*. DB Publishing; Warszawa 2014
80. Bang D.H., Song M.S.; *The effect of neck pattern of PNF on balance and walking ability in patients with chronic stroke*. PNF Mov.; 2019; 17; p. 47-56
81. Jeong W.S., Park S.K., Park J.H., Lee H.G., Kim K.Y.; *Effect of PNF combination patterns on muscle activity of the lower extremities and gait ability in stroke patients*. J. Korea Cont. Assoc.; 2012; 12; p. 318-328
82. Kim C.H., Kim Y.N.; *Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and treadmill training on the balance and walking ability of stroke patients*. J. Korea Phys. Ther.; 2018; 30; p. 79-83
83. Kim D.H., Kim K.H., Lee S.M.; *Effects of eye movement with PNF neck movement on trunk stability and standing position balance ability of chronic stroke patients*. Phys. Med.; 2020; 30; p. 206-213
84. Lim C.G.; *The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) pattern exercise using the sprinter and the skater on balance and gait function in the stroke patients*. J. Korean Soc. Phys. Ther.; 2014; 26; p. 249-256
85. Cayco C.S., Gorgon E.J.R., Lazaro R.T.; *Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on balance, strength, and mobility of an older adult with chronic stroke: A case report*. J. Bodyw. Mov. Ther.; 2017; 21; p. 767-774
86. Dettmann M.A., Linder M.T., Sepic S.B.; *Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessments of the hemiplegic patient*. Am. J. Phys. Med.; 1987; 66; p. 77-90
87. Nardone A., Godi M., Grasso M., Guglielmetti S., Schieppati M.; *Stabilometry is a predictor of gait performance in chronic hemiparetic stroke patients*. Gait Posture; 2009; 30; p. 5-10
88. Wang R.Y.; *Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on the gait of patients with hemiplegia of long and short duration*. Phys. Ther.; 1994; 74; p. 1108-1115
89. Haruyama K., Kawakami M., Otsuka T.; *Effect of core stability training on trunk function, standing balance, and mobility in stroke patients*. Neurorehabilit. Neural. Repair.; 2017; 31; p. 240-249
90. Nguyen P., Chou L., Hsieh Y.; *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation-Based Physical Therapy on the Improvement of Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Life 2022; 12. <https://doi.org/10.3390/life12060882>
91. Mikołajewska E.; *Metoda NDT-Bobath w neurorehabilitacji osób dorosłych*. PZWL; Warszawa 2015
92. Mudie M.H., Winzeler-Mercay U., Radwan S., Lee L.; *Training symmetry of weight distribution after stroke: a randomized controlled pilot study comparing task-related reach, Bobath and feedback training approaches*. Clinical Rehabilitation; 2002; 16; p. 582-592. DOI 10.1191/0269215502cr527oa
93. Krukowska J., Bugajski M., Sienkiewicz M., Czernicki J.; *The influence of NDT-Bobath and PNF methods on the field support and total path length measure foot pressure (COP) in patients after stroke*. Neurol Neurochir Pol (2016); p. 6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pjnns.2016.08.004>
94. Dean C.M., Shepherd R.B.; *Task related training improves performance of seated reaching tasks after stroke: a randomised controlled trial*. Stroke; 1997; 28; p. 722-28
95. Verheyden G., Nieuwboer A., Mertin J., Proger R., Kiekens C., De Weerd W.; *The trunk impairment scale: a new tool to measure motor impairment of the trunk after stroke*. Clin Rehabil; 2004; 18; p. 326-334
96. Tedla J. et al.; *Effectiveness of Constraint-Induced Movement Therapy (CIMT) on Balance and Functional Mobility in the Stroke Population: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Healthcare 2022; 10. <https://doi.org/10.3390/healthcare10030495>

97. Zhu Y. et al.; *Effects of modified constraint-induced movement therapy on the lower extremities in patients with stroke: a pilot study*. Disability and Rehabilitation; 2015; 38(19); p. 1893–99. doi:10.3109/09638288.2015.1107775
98. Fuzaro A.C., Guerreiro C.T., Galetti F.C., Jucá R., de Araujo J.E.; *Modified constraint-induced movement therapy and modified forced-use therapy for stroke patients are both effective to promote balance and gait improvements*. Rev Bras Fisioter.; 2012 Apr; 16(2); p. 157-165. doi: 10.1590/s1413-35552012005000010.
99. Menezes-Oliveira E., da Silva Matuti G., de Oliveira C.B., de Freitas S.F., Kawamura C.M., Lopez J.A.F., Arida R.M.; *Effects of lower extremity constraint induced movement therapy on gait and balance of chronic hemiparetic patients after stroke: description of a study protocol for a randomized controlled clinical trial*. Trials (2021); 22:463. <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05424-0>
100. Shen J., Gu X., Yao Y., Li L., Shi M., Li H., Sun Y., Bai H., Li Y., Fu J.; *Effects of Virtual Reality–Based Exercise on Balance in Patients With Stroke*. Am J Phys Med Rehabil; 2023; 102; p. 316–322. DOI: 10.1097/PHM.0000000000002096
101. de Rooij I.J.M., van de Port I.G.L., Meijer J.-W.G.; *Effect of virtual reality training on balance and gait ability in patients with stroke: systematic review and meta-analysis*. Phys Ther.; 2016; 96(12); p. 1905–18
102. Corbetta D., Imeri F., Gatti R.; *Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review*. J Physiother.; 2015; 61(3); p. 117–24
103. Luque-Moreno C., Ferragut-Garcías A., Rodríguez-Blanco C., Heredia-Rizo A.M., Oliva-Pascual-Vaca J., Kiper P., Oliva-Pascual-Vaca Á.; *A decade of progress using virtual reality for poststroke lower extremity rehabilitation: systematic review of the intervention methods*. Biomed Res Int.; 2015
104. Darekar A., McFadyen B.J., Lamontagne A., Fung J.; *Efficacy of virtual reality based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review*. J Neuroeng Rehabil.; 2015; 12:46
105. de Rooij I.J.M., van de Port I.G.L., Visser-Meily J.M.A., Meijer J.W.G.; *Virtual reality gait training versus non virtual reality gait training for improving participation in subacute stroke survivors: study protocol of the ViRTAS randomized controlled trial*. Trials (2019); 20:89. <https://doi.org/10.1186/s13063-018-3165-7>
106. Markus H., Brainin M.; *COVID-19 and stroke—a global world stroke organization perspective*. Int. J. Stroke; 2020; 15; p. 361–364
107. Tenforde S.A., Zafonte R., Hefner J., Iaccarino M.A., Silver J., Paganoni S.; *Efficacy of home-based telerehabilitation versus in-clinic therapy for adults after stroke*. Am. J. Phys. Med. Rehabil.; 2020; 99; p. 764–765
108. Laver K.E., Adey-Wakeling Z., Crotty M., Lannin N.A., George S., Sherrington C.; *Telerehabilitation services for stroke*. Cochrane Database Syst. Rev.; 2020; 1
109. Laver K.E., George S., Thomas S., Deutsch J.E., Crotty M.; *Virtual reality for stroke rehabilitation*. Cochrane DB Syst. Rev.; 2017; 11
110. Ostrowska P., Śliwiński M., Studnicki R., Hansdorfer-Korzon R.; *Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic*. Healthcare; 2021; 9(6). <https://doi.org/10.3390/healthcare9060654>
111. McCue M., Fairman A., Pramuka M.; *Enhancing Quality of Life Through Telerehabilitation*. Phys Med Rehabil Clin N Am; 21 (2010); p. 195–205. doi:10.1016/j.pmr.2009.07.005
112. Markus H., Brainin M.; *COVID-19 and stroke—a global world stroke organization perspective*. Int. J. Stroke; 2020; 15; p. 361–364
113. Zhao J., Rudd A., Liu R.; *Challenges and potential solutions of stroke care during the coronavirus disease 19 (COVID-19) pandemic*. Stroke 2020; 51; p. 1356–135
114. Cramer S.C., Sur M., Dobkin B.H.; *Harnessing neuroplasticity for clinical applications*. Brain; 2011; 134(Pt 6); p. 1591-1609. doi:10.1093/brain/awr039

115. Jeffers M.S., Karthikeyan S., Gomez-Smith M.; *Does stroke rehabilitation really matter? part b: an algorithm for prescribing an effective intensity of rehabilitation*. *Neurorehabil Neural Repair*; 2018; 32(1); p. 73-83; doi:10.1177/1545968317753074
116. Cramer S.C., Dodakian L., Le V., See J., Augsburger R., McKenzie A., Zhou R.J., Chiu N.L., Heckhausen J., Cassidy J.M.; *Efficacy of home-based telerehabilitation vs in-clinic therapy for adults after stroke. A randomized clinical trial*. *JAMA Neurol*; 2019; 76; p. 1079–1087
117. Torrisi M., Maresca G., Cannavò D.A., Sciarrone F., Gemelli P., Silvestri G., Bramanti A., De Luca R., Calabrò R.S.; *Using telerehabilitation to improve cognitive function in post-stroke survivors: Is this the time for continuity of care?* *Int. J. Rehabil. Res*; 2019; 42; p. 344–351
118. Simpson B.D., Bird M.L., English C., Gall S.L., Breslin M., Smith S., Schmidt M., Callisaya M.L.; *Connecting patients and therapists remotely using technology is feasible and facilitates exercise adherence after stroke*. *Top. stroke Rehabil*; 2020; 27; p. 93–102
119. Hurn J., Kneebone I., Cropley M.; *Goal setting as an outcome measure: a systematic review*. *Clin Rehabil*; 2006; 20; p. 756–772
120. Craig P., Dieppe P., Macintyre S., Michie S., Nazareth I., Petticrew M.; *Developing and evaluating complex interventions: the new Medical Research Council guidance (for the Medical Research Council)*; *Guidance BMJ*; 2008
121. Langhorne P., Bernhardt J., Kwakkel G.; *Stroke rehabilitation*. *Lancet*; 2011; 377(9778); p. 1693-1702. doi:10.1016/S0140-6736(11)60325-5
122. Thornton M., Marshall S., McComas J., Finestone H., McCormick A., Sveistrup H.; *Benefits of activity and virtual reality based balance exercise programmes for adults with traumatic brain injury: perceptions of participants and their caregivers*. *Brain Inj*; 2005; 19; p. 989–1000
123. Sheehy L., Taillon-Hobson A., Sveistrup H., Bilodeau M., Fergusson D., Levac D., Finestone H.; *Home-based virtual reality training after discharge from hospital-based stroke rehabilitation: A parallel randomized feasibility trial*. *Trials*; 2019; 20; p. 1–9
124. Amorim P., Santos B.S., Dias P., Silva S., Martins H.; *Serious Games for Stroke Telerehabilitation of Upper Limb-A Review for Future Research*. *Int. J. Telerehabilitation*; 2020; 12; p. 65–76
125. Błaszczyk J.W.; *Biomechanika kliniczna*. PZWL; Warszawa; 2004
126. Verheyden G., Ruesen C., Gorissen M., Brumby V., Moran R., Burnett M., Ashburn A.; *Postural alignment is altered in people with chronic stroke and related to motor and functional performance*. *J. Neurol. Phys. Ther*; 2014; 38; p. 239–245
127. Hugues A., Di Marco J., Janiaud P., Xue Y., Pires J., Khademi H., Cucherat M., Bonan I., Gueyffier F., Rode G.; *Efficiency of physical therapy on postural imbalance after stroke: study protocol for a systematic review and meta-analysis*. *BMJ Open* 2017; 7. doi:10.1136/bmjopen-2016-013348
128. Hendrickson J., Patterson K.K., Inness E.L., McIlroy W.E., Mansfield A.; *Relationship between asymmetry of quiet standing balance control and walking post-stroke*. *Gait Posture*; 2014; 39; p. 177–181
129. Roerdink M., Geurts A.C.H., De Haart M., Beek P.J.; *On the relative contribution of the paretic leg to the control of posture after stroke*. *Neurorehabil. Neural Repair*. 2009, 23, 267–274
130. Eng J.J., Chu K.S.; *Reliability and comparison of weight-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke*. *Arch. Phys. Med. Rehabil*; 2002; 83; p. 1138–1144
131. de Haart M., Geurts A.C., Dault M.C., Nienhuis B., Duysens J.; *Restoration of weight-shifting capacity in patients with postacute stroke: A rehabilitation cohort study*. *Arch. Phys. Med. Rehabil*; 2005; 86; p. 755–762
132. Nam S.H., Son S.M., Kim K.; *Changes of gait parameters following constrained-weight shift training in patients with stroke*. *J. Phys. Ther. Sci*; 2017; 29; p. 673-676. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.673>.

133. Park S.H., Hsu C., Lin J., Dee W., Roth E.J., Rymer W.Z., Wu M.; *Increased motor variability facilitates motor learning in weight shift toward the paretic side during walking in post-stroke individuals*. Eur. J. Neurosci.; 2021; 53; p. 3490–3506
134. Mohapatra S., Eviota A.C., Ringquist K.L., Muthukrishnan S.R., Aruin A.S.; *Compelled Body Weight Shift Technique to Facilitate Rehabilitation of Individuals with Acute Stroke*. ISRN Rehabil.; 2012; p. 1–7
135. Tyson S.F., Hanley M., Chillala J., Selley A.; Tallis, R.C.; *Balance disability after stroke*. Phys Ther.; 2006; 86; p. 30-38
136. Park S.H., Hsu C.-J., Dee W., Roth E.J., Rymer W.Z., Wu M.; *Gradual adaptation to pel-vis perturbation during walking reinforces motor learning of weight shift toward the paretic side in individuals post stroke*. Exp. Brain Res.; 2021; 239; p. 1701–1713
137. Andersson P., Franzén E.; *Effects of weight-shift training on walking ability, ambulation, and weight distribution in individuals with chronic stroke: A pilot study*. Top. Stroke Rehabil.; 2016; 22; p. 437–443
<https://doi.org/10.1179/1074935715Z.0000000052>.
138. Liao W.-C., Lai C.-L., Hsu P.-S., Chen K.-C., Wang C.-H.; *Different weight shift trainings can improve the balance performance of patients with a chronic stroke. A randomized controlled trial*. Medicine; 2018; 97; p. 45
139. Park S.H., Hsu C.-J., Dee W., Roth E.J., Rymer W.Z., Wu M.; *Enhanced error facilitates motor learning in weight shift and increases use of the paretic leg during walking at chronic stage after stroke*. Exp. Brain Res.; 2021; 239; p. 3327–3341
140. Barclay-Goddard R., Stevenson T., Poluha W.; *Force platform feedback for standing balance training after stroke*. Cochrane Database Syst Rev; 2004(4)
141. Glanz M., Klawansky S., Stason W.; *Functional electrostimulation in poststroke rehabilitation: a meta-analysis of the randomized controlled trials*. Arch Phys Med Rehabil; 1996; 77; p. 549–53
142. Mehrholz J., Kugler J., Pohl M.; *Water-based exercises for improving activities of daily living after stroke*. Cochrane Database Syst Rev; 2011(1)
143. Laver K.E., George S., Thomas S.; *Virtual reality for stroke rehabilitation*. Cochrane Database Syst Rev; 2015
144. Tyson S.F., Kent R.M.; *Effects of an ankle-foot orthosis on balance and walking after stroke: a systematic review and pooled meta-analysis*. Arch Phys Med Rehabil; 2013; 94; p. 1377–85
145. Lu J., Xu G., Wang Y.; *Effects of whole body vibration training on people with chronic stroke: a systematic review and meta-analysis*. Top Stroke Rehabil; 2015; 22; p. 161–8
146. *Wiadomości Urzędu Patentowego*. Nr 3 MARZEC 1998; Wydawnictwo Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej Warszawa; INDEKS 38135 ISSN-0043-5201; p. 255
147. Ostrowska P., Studnicki R., Rykaczewski M., Spychała D. Hansdorfer-Korzon R.; *Evaluation of the Effect of SPIDER System Therapy on Weight Shifting Symmetry in Chronic Stroke Patients—A Randomized Controlled Trial*. Int.J.Environment.Res.PublicHealth; 2022; 19(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph192316214>
148. Glowinski S.; Blazejewski A.; *SPIDER as A Rehabilitation Tool for Patients with Neurological Disabilities: The Preliminary Research*. J. Pers. Med.; 2020; 10; 33
149. Jung K., Kim Y., Chung Y., Hwang S.; *Weight-Shift Training Improves Trunk Control, Proprioception, and Balance in Patients with Chronic Hemiparetic Stroke*. Tohoku J. Exp. Med.; 2014; 232; p. 195–199
150. Ostrowska P., Hansdorfer-Korzon R., Studnicki R., Spychała D.; *Use of the posturography platform as a tool for the quantitative assessment of imbalance and postural control in post-stroke patients in chronic phase*. Fizjoterapia Polska; 2023; 23(1); p. 142-163
151. Tyson S.F., Connell L.A.; *How to measure balance in clinical practice. A systematic review of the psychometrics and clinical utility of measures of balance activity for neurological conditions*. Clin Rehabil; 2009; 23; p. 824. DOI: 10.1177/0269215509335018.

152. Bruyneel A., Dubé F.; *Best Quantitative Tools for Assessing Static and Dynamic Standing Balance after Stroke: A Systematic Review*. *Physiotherapy Canada*; 2020; 73(4); p. 329-340. doi:10.3138/ptc-2020-0005
153. Genthon N., Gissot A.-S., Froger J., Rougier P., Pérennou D.; *Posturography in patients with stroke, estimating the percentage of body weight on each foot from a single force platform*. *Stroke* 2008; 39; p. 489–491. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.493478>.
154. Hung J., Chou C., Hsieh Y., Wu W., Yu M., Chen P., Chang S., Ding S.; *A Randomized Comparison Trial of Balance Training by Using Exergaming and Conventional Weight-Shifting Therapy in Patients with Chronic Stroke*. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* (2014). doi: 10.1016/j.apmr.2014.04.029
155. Paillard T., Noé F.; *Techniques and Methods for Testing the Postural Function in Healthy and Pathological Subjects*. Hindawi Publishing Corporation; BioMed Research International; Volume 2015; p. 15. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/891390>
156. Sawacha Z., Carraro E., Contessa P., Guiotto A., Masiero S., Cobelli C.; *Relationship between clinical and instrumental balance assessments in chronic post-stroke hemiparesis subjects*. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2013. <http://www.jneuroengrehab.com/content/10/1/95>
157. Moisan G., Chayasit P., Boonsinsukh R., Nester C.J., Hollands K.; *Postural control during quiet standing and voluntary stepping response tasks in individuals post-stroke: a case-control study*. *Topics in Stroke Rehabilitation*; 2022; VOL. 29; NO. 7; p. 465-472. <https://doi.org/10.1080/10749357.2021.1943803>
158. Frykberg G.E., Lindmark B., Lanshammar H., Borg j.; *Correlation between clinical assessment and force plate measurement of postural control after stroke*. *J Rehabil Med*; 2007; 39; p. 448-453. doi: 10.2340/16501977-0071
159. *Guidelines of the National Council of Physiotherapists for the provision of physiotherapy health services and their description in medical records*. In Proceedings of the Resolution No. 142/I Krf Of The National Council Of Physiotherapeu-Tes of 1 March 2018; Warsaw; 1 March 2018
160. Freire B., Valle M.B.D., Lanferdini F.J., Foschi C.V.S., Abou L., Pietta-Dias C.; *Cut-off score of the modified Ashworth scale corresponding to walking ability and functional mobility in individuals with chronic stroke*. *Disabil. Rehabil.*; 2002; p. 1–5
161. Liu X., Zhou M., Zhao J., Gao Y., Wang Y., Zhou J., Wan L., Nie G., Wang Y.; *Functional Independence and Disability Evaluation in Stroke Patients: Optimal Cutoff Scores for a Pictorial-Based Long-shi Scale, Barthel Index, and Modified Rankin Scale*. *Front. Neurol.*; 2022; 13
162. Chye A., Hackett M.L., Hankey G.J., Lundström E., Almeida O.P., Gommans J., Dennis M., Jan S., Mead G.E., Ford A.H. et al. *Repeated Measures of Modified Rankin Scale Scores to Assess Functional Recovery From Stroke: AFFINITY Study Findings*; *J. Am. Heart Assoc.*; 2022
163. Chen L., Wang W., Zhang S., Liu H., Yuan X., Yang X., Gu P.; *Value of Barthel, PLAN and NIHSS scores for predicting the death of patients with acute ischemic stroke during their 5-year follow-up*. *J. Clin. Neurosci.*; 2021; 90; p. 94–98
164. Ito D., Kawakami M., Narita Y., Yoshida T., Mori N., Kondo K.; *Cognitive Function is a Predictor of the Daily Step Count in Patients with Subacute Stroke With Independent Walking Ability: A Prospective Cohort Study*. *Arch. Rehabil. Res. Clin. Transl.*; 2021
165. Goliwas M., Małeczka J., Lewandowski J., Kamińska E., Adamczewska K., Kocur P.; *Analysis of Dependencies Between Fugl-Meyer and Berg Balance Scale Tests as Evaluation of Increased Muscle Tone in Chronic-Phase Patients After Ischaemic Stroke*. *Med. Rehabil.*; 2022; 26; p. 4–9
166. Hernández E.D., Forero S.M., Galeano C.P., Barbosa N.E., Sunnerhagen K.S., Murphy M.A.; *Intra- and inter-rater reliability of Fugl-Meyer Assessment of Lower Extremity early after stroke*. *Braz. J. Phys. Ther.*; 2021; 25; p. 709–718

167. Ofek H., Alperin M., Laufer Y.; *Lower Extremity Position Test: A new clinical quantitative assessment tool of proprioception post stroke*. NeuroRehabilitation; 2019; 44; p. 479–484
168. Fiedorová I., Mrázková E., Zádrapová M., Tomášková H.; *Receiver Operating Characteristic Curve Analysis of the Somatosensory Organization Test, Berg Balance Scale, and Fall Efficacy Scale-International for Predicting Falls in Discharged Stroke Patients*. Int. J. Environ. Res. Public Health; 2022; 19
169. Balicki A., Makać W.; *Metody wnioskowania statystycznego*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego; Gdańsk 2007; p. 144
170. Burgos P.I., Lara O., Lavado A., Rojas-Sepúlveda I., Delgado C., Bravo E., Kamisato C., Torres J., Castañeda V., Cerda M.; *Exergames and telerehabilitation on smartphones to improve balance in stroke patients*. Brain Sci.; 2020; 10
171. Odetunde O.M., Binuyo O.T., Maruf F.A., Ayenowowon S.O., Okonji A.M., Odetund N.A., Mbada C.E.; *Development and feasibility testing of video home based telerehabilitation for stroke survivors in resource limited settings*. Int. J. Telerehabilitation; 2020; 12; p. 125–135
172. Chen Y., Zheng K., Dodakian L., See J., Zhou R., Chiu N., Augsburger R., McKenzie A., Cramer S.C.; *A qualitative study on user acceptance of a home-based stroke telerehabilitation system*. Top. Stroke Rehabil.; 2020; 27; p. 81–92
173. Aminov A. et al.; *What do randomized controlled trials say about virtual rehabilitation in stroke? A systematic literature review and meta-analysis of upper-limb and cognitive outcomes*. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation; 2018 Mar 27; 15(1); p.29. doi: 10.1186/s12984-018-0370-2.
174. Yokotaa Ch. et al.; *Acute stroke rehabilitation for gait training with cyborg type robot Hybrid Assistive Limb: A pilot study*. Journal of the Neurological Sciences; 2019 Sep 15; 404; p. 11-15. doi: 10.1016/j.jns.2019.07.012
175. Cramer S.C., Dodakian L., Le V., See J., Augsburger R., McKenzie A., Zhou R.J., Chiu N.L., Heckhausen J., Cassidy J.M. et al.; *Efficacy of home-based telerehabilitation vs in-clinic therapy for adults after stroke. A randomized clinical trial*. JAMA Neurol.; 2019; 76; p. 1079–1087
176. Lang C., Birkenmeier R.; *Upper-Extremity Task-Specific Training After Stroke or Disability*. Bethesda; MD: AOTA Press; 2013
177. Winstein C.J., Wolf S.L., Dromerick A.W. et al.; *Interdisciplinary Comprehensive Arm Rehabilitation Evaluation (ICARE) Investigative Team. Effect of a task-oriented rehabilitation program on upper extremity recovery following motor stroke: the ICARE randomized clinical trial*. JAMA; 2016; 315(6); p. 571-581. doi:10.1001/jama.2016.0276 17
178. Zhishui W., Xu J., Yue C., Li Y., Liang Y.; *Collaborative care model based telerehabilitation exercise training program for acute stroke patients in China: A randomized controlled trial*. J. Stroke Cerebrovasc. Dis.; 2020; 29
179. *Canadian Stroke Congress 2019 Abstract Supplement*. Int. J. Stroke; 2019; 14; p. 3–52
180. Sureshkumar K., Murthy G.V.S., Natarajan S., Naveen C., Goenka S., Kuper H.; *Evaluation of the feasibility and acceptability of the 'Care for Stroke' intervention in India, a smartphone enabled, carer-supported, educational intervention for management of disability following stroke*. British Medical Journal Open; 2015; 6(2). <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2015-009243>
181. Podury A., Raefsky S.M., Dodakian L., McCafferty L., Le V., McKenzie A., See J., Zhou R.J., Nguyen T., Vanderschelden B. et al.; *Social network structure is related to functional improvement from home-based telerehabilitation after stroke*. Front. Neurol.; 2021; 12
182. Galloway M., Marsden D.L., Callister R., Nilsson M., Erickson K.I., English C.; *The feasibility of a telehealth exercise program aimed at increasing cardiorespiratory fitness for people after stroke*. Int. J. Telerehabilitation; 2019; 11; p. 9–28

183. Rusu L., Paun E., Ion M., Hemanth J., Rusu M.R., Calina M.L., Bacanoiu M.V., Danoiu M., Danciulescu D.; *Plantar Pressure and Contact Area Measurement of Foot Abnormalities in Stroke Rehabilitation*. *Brain Sci.*; 2021; 11. <https://doi.org/10.3390/brainsci11091213>
184. Yu B., Xie Q., Xu J., Chen L., Zhang J., Yin H., Jia J., Qiu Y., Xu W.; *Impairments and Compensations of Static Balance and Plantar Load Distribution in Patients With Chronic Stroke: An Observational Study*. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*; Volume 44; 9. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2022.03.004>
185. Schaechter J.D.; *Motor rehabilitation and brain plasticity after hemiparetic stroke*. *Progress in Neurobiology*; 73 (2004); p. 61–72. doi:10.1016/j.pneurobio.2004.04.001
186. Ekushev E.V.; *Modern technologies and prospects of rehabilitation of patients after ischemic stroke*. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova*; 2017;117(12); p. 147-155. doi: 10.17116/jnevro2017117121147-155.
187. Hendricks H.T., Limbeek J., Geurts A.C., Zwarts M.J.; *Motor recovery after stroke: a systematic review of the literature*. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*; 2002; 83; p. 1629–1637
188. Laver K.E., Adey-Wakeling Z., Crotty M., Lannin N.A., George S., Sherrington C.; *Telerehabilitation services for stroke*. *Cochrane Database of Systematic Reviews*; 2020; Issue 1. DOI: 10.1002/14651858.CD010255.pub3.
189. Caughlin S., Mehta S., Corriveau H., Eng J.J., Eskes G., Kairy D., Meltzer J., Sakakibara B.M., Teasell R.; *Implementing Telerehabilitation After Stroke: Lessons Learned from Canadian Trials*. *Telemed J E Health*; 2020 Jun; Vol. 26 (6); p. 710-719. DOI: 10.1089/tmj.2019.0097
190. Afzal F., Gulraiz, Qurratulain, Manzoor S.; *Role of Spider Cage in Motor Control in Cerebral Palsy*. *Int J Phys Med Rehabil*; 2017; 5; p. 4. DOI: 10.4172/2329-9096.1000420
191. Tsaklis P.V., Grooten W.J.A., Franzén E.; *Effects of Weight-Shift Training on Balance Control and Weight Distribution in Chronic Stroke: A Pilot Study*. *Top Stroke Rehabil*; 2012;19(1); p. 23–31. doi: 10.1310/tsr1901-23
192. Rodriguez G.M., Aruin A.S.; *The Effect of Shoe Wedges and Lifts on Symmetry of Stance and Weight Bearing in Hemiparetic Individuals*. *Arch Phys Med Rehabil*; April 2002; 83(4); p. 478-482. doi:10.1053/apmr.2002.31197
193. Aruin A.S., Hanke T., Chaudhuri G., Harvey R., Rao N.; *Compelled weightbearing in persons with hemiparesis following stroke: The effect of a lift insert and goal-directed balance exercise*. *Journal of Rehabilitation Research and Development*; Vol. 37 No. 1; January/February 2000; p. 65-72. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10847573/>
194. Forghany S., Nester C.J., Tyson S.F., Preece S., Jones R.K.; *The effect of stroke on foot kinematics and the functional consequences*. *Gait & Posture* 39 (2014); p. 1051-1056. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.01.006>
195. Connell L., Lincoln N., Radford K.; *Somatosensory impairment after stroke: frequency of different deficits and their recovery*. *Clin Rehabil.*; 2008; 22(8); p. 758–767. doi:10.1177/0269215508090674
196. Czaprowski D., Kotwicki T., Stoliński Ł., Leszczewska J.; *Fizjoterapia Oparta Na Dowodach Naukowych – wyzwanie dla współczesnej fizjoterapii*. *Praktyczna Fizjoterapia i Rehabilitacja*; 2012; 31; p. 58-63
197. Mikołajewski D., Mikołajewska E.; *Wykorzystanie medycznych baz danych w praktyce klinicznej fizjoterapeuty*. *Studia i Materiały Informatyki Stosowanej*; 2018; 2; p. 29-34
198. Guyatt G.; *Praktyczne aspekty EBM*. *Medycyna Praktyczna*; 2003; 3; p. 37-38
199. Llorens R., Latorre J., Noe E., Keshner E.A.; *Posturography using the Wii Balance Board™ A feasibility study with healthy adults and adults post-stroke*. *Gait & Posture*; 43(2016); p. 228-232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.10.002>

11. Spis Tabel

| | |
|---|-----|
| Tabela 1. Czynniki ryzyka wystąpienia udaru niedokrwiennego mózgu..... | 28 |
| Tabela 2. Zespoły kliniczne w zależności od lokalizacji niedokrwienia..... | 35 |
| Tabela 3. Kryteria włączenia i wyłączenia kwalifikujące do terapii w systemie telerehabilitacyjnym..... | 46 |
| Tabela 4. Kryteria włączenia i wyłączenia do/z grupy SG i CG..... | 57 |
| Tabela 5. Zestawienie publikacji przedstawionych w przeglądzie systematycznym pt. <i>Telerehabilitation of Post-Stroke Patients as a Therapeutic Solution in the Era of the Covid-19 Pandemic</i> | 58 |
| Tabela 6. Charakterystyka demograficzna i funkcjonalna wszystkich uczestników badania..... | 61 |
| Tabela 7. Charakterystyka demograficzna i funkcjonalna grupy SG i CG..... | 62 |
| Tabela 8. Skale i testy zastosowane do określenia stanu funkcjonalnego pacjenta..... | 65 |
| Tabela 9. Przedstawienie artykułów włączonych do badania według metodologii PRISMA..... | 82 |
| Tabela 10. Zmiany wyników sprawności funkcjonalnej i zdolności kontroli motorycznej po 4, 8 i 12 tygodniach telerehabilitacji..... | 84 |
| Tabela 11. Wyniki skal i testów funkcjonalnych przed-po telerehabilitacji..... | 86 |
| Tabela 12. Zestawienie średnich wychyleń grupy SG i CG przed-po terapii..... | 95 |
| Tabela 13. Wyniki analizy statystycznej średnich wychyleń przed i po terapii z zastosowaniem systemu SPIDER (grupa SG)..... | 96 |
| Tabela 14. Wyniki analizy statystycznej średnich wychyleń przed i po terapii bez systemu SPIDER (grupa CG)..... | 97 |
| Tabela 15. Wyniki analizy statystycznej średniego wychylenia po terapii z zastosowaniem systemu SPIDER i bez jego użycia..... | 98 |
| Tabela 16. Średnie wyniki uzyskane podczas testów na platformie TYMO®, przed zastosowaną terapią (M1 – bez podkładki, M3 – z podkładką)..... | 101 |
| Tabela 17. Wyniki analizy statystycznej średniego dystansu przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)..... | 101 |
| Tabela 18. Wyniki analizy statystycznej średniego odchylenia przyśrodkowo-bocznego przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)..... | 102 |
| Tabela 19. Wyniki analizy statystycznej średniego odchylenia przednio-tylnego przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)..... | 103 |
| Tabela 20. Wyniki analizy statystycznej średniej powierzchni COPT przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)..... | 103 |
| Tabela 21. Wyniki analizy statystycznej średniej prędkości przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)..... | 104 |
| Tabela 22. Wyniki analizy statystycznej średniego rozkładu masy ciała przed i po terapii (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)..... | 105 |
| Tabela 23. Wyniki analizy statystycznej średniego odchylenia przyśrodkowo-bocznego przed terapią (M1) u pacjentów z niedowładem połowicznym lewostronnym (L) i prawostronnym (R)..... | 105 |

12. Spis rycin

| | |
|---|-----|
| Rycina 1. Podział udarów mózgu ze względu na patomechanizm..... | 23 |
| Rycina 2. Obraz CT przedstawiający udar niedokrwienny mózgu (zakreślony kolorem czerwonym) typu LACI..... | 24 |
| Rycina 3. Obraz CT przedstawiający udar niedokrwienny mózgu (zakreślony kolorem czerwonym) typu TACI..... | 25 |
| Rycina 4. Obraz CT przedstawiający udar niedokrwienny mózgu (zakreślony kolorem czerwonym) typu PACI..... | 26 |
| Rycina 5. Obraz CT przedstawiający udar niedokrwienny mózgu (zakreślony kolorem czerwonym) typu POCI..... | 27 |
| Rycina 6. Schemat przedstawiający kaskadę uszkodzenia niedokrwiennego..... | 31 |
| Rycina 7. Schemat mózgu ilustrujący dynamikę zmian wielkości i proporcji obszarów rdzenia niedokrwienia, penumbry i oligemii..... | 33 |
| Rycina 8. Punkty kluczowe w rehabilitacji osób po udarze mózgu..... | 37 |
| Rycina 9. Schemat przedstawiający model ICF oraz zależności pomiędzy jego składowymi..... | 38 |
| Rycina 10. Liczba odpowiedzi dotyczących poszczególnych obszarów badawczych..... | 48 |
| Rycina 11. Pacjent po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej (30 lat po przebytych udarze, niedowład lewostronny) z wyraźnym przesunięciem środka ciężkości ciała w kierunku strony pośrednio zajętej..... | 49 |
| Rycina 12. Schematyczna ilustracja systemu SPIDER z oznaczeniem wektorów sił, kątów i płaszczyzn ruchu..... | 51 |
| Rycina 13. Schemat projektu badania wg wytycznych CONSORT..... | 64 |
| Rycina 14. Platforma posturograficzna TYMO z podkładką..... | 67 |
| Rycina 15. Metoda oceny ilościowej zaburzeń równowagi za pomocą platformy posturograficznej TYMO®..... | 68 |
| Rycina 16. Przykład terapii z zastosowaniem systemu SPIDER u pacjentów z grupy SG..... | 73 |
| Rycina 17. Przykład terapii z zastosowaniem systemu SPIDER u pacjentów z grupy SG..... | 74 |
| Rycina 18. Diagram zaadaptowany z metody PRISMA, ilustrujący proces identyfikacji i selekcji artykułów pod kątem ich włączenia i wyłączenia..... | 77 |
| Rycina 19. Zalety systemu telerehabilitacyjnego..... | 92 |
| Rycina 20. Porównanie rozkładu wartości wychyleń środka ciężkości ciała pacjentów przed terapią (A) oraz po terapii (B) wykorzystującej system SPIDER..... | 97 |
| Rycina 21. Porównanie rozkładu wartości wychyleń środka ciężkości ciała pacjentów przed terapią (A) oraz po terapii (B) bez systemu SPIDER..... | 98 |
| Rycina 22. Różnica średnich wartości pomiarów, uzyskanych za pomocą platformy TYMO®, przed i po terapii z wykorzystaniem systemu SPIDER (M1 - bez podkładki TYMO®, M3 - z podkładką TYMO®)..... | 106 |

Załączniki

Załącznik 1. Zgoda Niezależnej Komisji Bioetycznej ds. Badań Naukowych przy Gdańskim Uniwersytecie Medycznym

**NIEZALEŻNA KOMISJA BIOETYCZNA DO SPRAW BADAŃ NAUKOWYCH
PRZY GDAŃSKIM UNIWERSYTECIE MEDYCZNYM**

80-210 Gdańsk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 3a

Sekretariat: tel. 58/349-10-11, fax 58/349-11-70, Przewodniczący tel. 58/349-25-05

Uchwała nr NKBBN/507/2021

Gdańsk, 2021-07-13

Pani
Dr hab. n. med. Rita Hansdorfer-Korzon
Kierownik Zakładu Fizjoterapii
Gdański Uniwersytet Medyczny

W odpowiedzi na zgłoszenie badań z dnia 28.04.2021r. (wpłynęło w dniu 19.05.2021r.) pt.: „Ocena przydatności wybranych systemów fizjoterapeutycznych w terapii pacjentów po udarze mózgu w fazie przewlekłej” (praca doktorska mgr Pauliny Ostrowskiej planowana do przeprowadzenia pod kierunkiem promotora dr hab. Rity Hansdorfer-Korzon we współpracy z Ośrodkiem Rehabilitacji Neurologicznej „Norman” w Koszalinie) - Niezależna Komisja Bioetyczna do Spraw Badań Naukowych przy Gdańskim Uniwersytecie Medycznym na posiedzeniu w dniu 01 lipca 2021 roku zapoznała się z powyższym projektem pracy badawczej i – po uzupełnieniu zgłoszenia przez badacza, zgodnie z zaleceniem Komisji, w dniu 07.07.2021r. - podjęła uchwałę o pozytywnym zaopiniowaniu tego projektu w zakresie przedstawionym we wniosku, gdyż są to badania poznawcze, nie budzące zastrzeżeń natury etycznej.

Niniejsza decyzja jest ważna do 31 grudnia 2022 roku, zgodnie z planowanym przez badacza terminem zakończenia ww. badań.

**NIEZALEŻNA KOMISJA BIOETYCZNA
DO SPRAW BADAŃ NAUKOWYCH**
PRZY GDAŃSKIM UNIWERSYTECIE MEDYCZNYM
80-210 Gdańsk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 3a
tel. 58 349 10 11, fax 58 349 11 70

PRZEWODNICZĄCY
Niezależnej Komisji Bioetycznej
do Spraw Badań Naukowych
przy Gdańskim Uniwersytecie Medycznym
prof. dr hab. n. med. Bolesław Rutkowski

FORMULARZ ŚWIADOMEJ ZGODY NA UDZIAŁ W BADANIU

Temat badania: "Ocena przydatności wybranych systemów fizjoterapeutycznych w terapii pacjentów po udarze niedokrwiennym mózgu w fazie przewlekłej"

Ja niżej podpisana/yoświadczam, że zostałam/em poinformowana/y przez Paulinę Ostrowską o celu powyższego badania, czasie trwania, sposobie jego przeprowadzenia, oczekiwanych efektach, ewentualnym ryzyku i zagrożeniach, wszelkich niedogodnościach związanych z uczestnictwem w tym badaniu oraz o moich prawach i obowiązkach .

Przeczytałam/em też i zrozumiałam/em treść Formularza Informacyjnego dla Pacjenta. Poinformowano mnie, że dodatkowe pytania dotyczące badania mogą kierować bezpośrednio do osoby prowadzącej badania i że uzyskam na nie wyczerpującą odpowiedź.

Oświadczam, że wszelkie podane przeze mnie informacje są zgodne z prawdą.

Jestem świadoma/y przysługującego mi prawa do odstąpienia od udziału w badaniu na każdym jego etapie, bez podania przyczyny. Otrzymałam/em do rąk własnych Formularz Informacyjny dla Pacjenta oraz Formularz Świadomej Zgody na udział w badaniu.

Niniejszym wyrażam pełną, świadomą i dobrowolną zgodę na udział w tym badaniu oraz na anonimowe przetwarzanie, udostępnianie i na publikację wyników moich badań, zgodnie z przepisami europejskiego rozporządzenia z 25 maja 2018 r. o ochronie danych osobowych (RODO).

.....
imię i nazwisko pacjentki /pacjenta (*drukowanymi literami*)

.....
podpis pacjentki/pacjenta

.....
data

Oświadczenie osoby odbierającej Formularz Świadomej Zgody

Ja niżej podpisana/y wyjaśniłam/em Pacjentce szczegóły proponowanego badania, zgodnie z opisem w Formularzu Informacyjnym dla Pacjenta. Zanim podjęte zostały jakiegokolwiek procedury omówiłam/em z Pacjentką jej udział w całym programie badawczym informując o celu i charakterze badania oraz o korzyściach i zagrożeniach wynikających z udziału w tym badaniu. Przekazałam/em do rąk własnych Pacjentki Formularz Informacyjny oraz Formularz Świadomej Zgody na udział w badaniu.

.....
imię i nazwisko badacza (*drukowanymi literami*)

.....
podpis i pieczęć badacza

.....
data

KWESTIONARIUSZ BADANIA PODMIOTOWEGO PACJENTA

PACJENT.....

| Płeć | Wiek | Stan cywilny | Wykształcenie | Miejsce zamieszkania: |
|--|------|--|---|--|
| Kobieta/Mężczyzna | | <ul style="list-style-type: none"> • Panna/ kawaler • Zamężna/ żonaty • Rozwiedziona/y • Wdowa/iec | <ul style="list-style-type: none"> • Podstawowe • Średnie • Policealne • Wyższe | <ul style="list-style-type: none"> • miasto >100 tys. • miasto 50-100 tys. • miasto do 50 tys. • wieś |
| ICD-10: | | | | |
| UWAGI (choroby współistniejące, żółte/ czerwone flagi): | | | | |
| Hobby: | | | | |

1. Jaki rodzaj aktywności ruchowej był stosowany przed udarem?

Biegi / rower / nordic walking / spacery /
inne:.....

2. Ile godzin dziennie poświęcał Pan(i) na aktywność ruchową przed udarem?

0,5h / 1h / 2h / więcej niż 2 h

3. Jaki rodzaj aktywności ruchowej jest stosowany po udarze?

Nordic walking / spacery / rower stacjonarny / bieżnia /
inne:.....

4. Ile godzin dziennie poświęca Pan(i) na aktywność ruchową po udarze?

0,5h / 1h / 2h / więcej niż 2 h

5. Czy aktywność po udarze jest utrudniona?

TAK / NIE

6. Co utrudnia aktywność ruchową?

Deficyty motoryczne kończyn / zaburzenia równowagi / spastyczność/ lęk przed upadkiem /
inne:.....

7. Czy lokal mieszkalny jest dostosowany do potrzeb osoby po udarze?

TAK/ NIE

8. Jak długo oczekiwał Pan(i) na pobyt na oddziale rehabilitacji?

Przyjęcie zaraz po wypisie z neurologii / 1-2 tyg. / miesiąc / kilka m-cy / rok i więcej

9. Ile trwał pobyt na oddziale rehabilitacji?

2 tygodnie / miesiąc / 2-3 miesiące / dłużej niż 3 miesiące

10. Jaki rodzaj zabiegów oraz ćwiczeń był prowadzony? Jaki obszar obejmowały ćwiczenia? (np. kończyna górna, kończyna dolna)

Fizykoterapia:.....

Kinezyterapia: terapia metodami neurofizjologicznymi / terapia z wykorzystaniem urządzeń (rotory, ugiel, itp.) /

terapia z wykorzystaniem systemów fizjoterapeutycznych (Pająk/ feedback/ platforma Pablo i Tymo)

Obszar zabiegowy:.....

11. Jak długo dziennie trwały ćwiczenia ruchowe?

0,5h / 1h / 1,5h / 2h / więcej niż 2h

12. Ile razy w tygodniu były prowadzone ćwiczenia?

Codziennie / co drugi dzień / 2x w tygodniu / 1x w tygodniu

13. Jak były prowadzone ćwiczenia?

Indywidualnie / grupowo / jednocześnie kilku pacjentów na sali

14. Czy przez cały pobyt ćwiczenia prowadził jeden terapeuta? Ilu fizjoterapeutów prowadziło ćwiczenia?

TAK / NIE jeśli NIE, ilu fizjoterapeutów.....

15. Jaka była przyczyna braku ćwiczeń?

.....

16. Z jakiej formy rehabilitacji korzystano po pobycie w szpitalu na oddziale rehabilitacji?

Rehabilitacja w ramach NFZ w poradni / rehabilitacja w ramach NFZ na dziennym oddziale rehabilitacji /
rehabilitacja w gabinecie w sektorze prywatnym / rehabilitacja uzdrowiskowa / rehabilitacja w sektorze
prywatnym w warunkach domowych / rehabilitacja w warunkach domowych w ramach NFZ

17. Jak często była prowadzona rehabilitacja domowa?

Codziennie / co drugi dzień / 2x w tygodniu / 1x w tygodniu

18. Ile trwała?

45min. / 1h / 1,5h / 2h / więcej niż 2h

19. Po jakim czasie od wystąpienia udaru zauważył Pan(i) wzmożone napięcie mięśni?

.....

20. Pierwsze wzmożone napięcie odczuł Pan(i) (np. kończyna górna, kończyna dolna). Czy pojawił się ból?

.....

21. W jakim okresie po udarze odczuł/a Pan(i) ból w niedowładnych kończynach?

.....

22. Czy pacjent przyjmował leki obniżające napięcie mięśniowe

TAK / NIE jeśli TAK, jakie.....

PACJENT.....

TESTY FUNKCJONALNE

(Wytyczne Krajowej Rady Fizjoterapeutów do udzielania świadczeń zdrowotnych z zakresu fizjoterapii i ich opisywania w dokumentacji medycznej, Warszawa, 1.03.2018r.)

Test 5. Zmiana pozycji siedzącej na stojącą (d 4103)

Wykonanie: Pacjent wykonuje przejście z pozycji siedzenia z nogami ustawionymi na podłodze do pozycji stania.

- a) Przejście z pozycji siedzącej do stania możliwe do wykonania **TAK - 1/ NIE - 0**
- b) Czas przejścia z siedzenia do stania w czasie: **sekund**

Uwagi do testu:.....

Test 9. Utrzymywanie pozycji stojącej (d 4154)

Wykonanie: Pozostawanie w wymaganej pozycji stojącej przez pewien czas.

- a) Pozostanie w pozycji stojącej możliwe do wykonania **TAK - 1/ NIE – 0**
- b) Czas utrzymania pozycji stojącej **sekund**

Uwagi do testu:.....

Test 29. Test oceny ryzyka upadków w chodzie (Timed Up and Go Test) (d 4500)

Wykonanie: Pacjent z pozycji siedzącej (np. na krześle) wstaje i pokonuje dystans 3 metrów, następnie wykonuje obrót i powraca do punktu wyjścia ponownie siadając na krześle. Test wykonywany jest 2x – obrót wykonany przez prawe i lewe ramię. Pomiar czasu liczony jest od wstawania do ponownego przyjęcia pozycji siedzącej. Normy: osoby zdrowe – poniżej 10s, osoby starsze – 14s, pacjenci zagrożeni upadkiem – więcej niż 30s.

- a) Pokonanie dystansu 3 metrów następnie wykonanie obrotu i powrót do punktu wyjścia ponownie siadając na krześle możliwe do wykonania **TAK - 1/ NIE – 0**
- b) Czas przejścia wyznaczonego dystansu dla strony prawej **sekund**, lewej **sekund**

Uwagi do testu:.....

SKALE

SKALA BARTHEL

| LP. | CZYNNOŚĆ | WYNIK |
|-----|--|-------|
| 1. | Spożywanie posiłków: 0 – nie jest w stanie samodzielnie jeść 5 – potrzebuje pomocy w krojeniu, smarowaniu masłem itp. lub wymaga zmodyfikowanej diety 10 – samodzielny, niezależny | |
| 2. | Przemieszczanie się z łóżka na krzesło i z powrotem, siadanie: 0 – nie jest w stanie. Nie zachowuje równowagi przy siedzeniu 5 – potrzebna większa pomoc fizyczna (jedna lub dwie osoby) 10 – mniejsza pomoc słowna lub fizyczna 15 – samodzielny | |
| 3. | Utrzymywanie higieny osobistej: | |

| | | |
|-----|---|--|
| | 0 – potrzebuje pomocy przy czynnościach osobistych 5 – niezależny przy myciu twarzy, czesaniu się, myciu zębów (z zapewnionymi pomocami) | |
| 4. | Korzystanie z toalety (WC): 0 – zależny 5 – potrzebuje trochę pomocy, ale może zrobić coś sam 10 – niezależny: zdejmowanie, zakładanie, ubieranie się, podcieranie się | |
| 5. | Mycie, kąpiel całego ciała: 0 – zależny 5 – niezależny lub pod prysznicem | |
| 6. | Poruszanie się po powierzchniach płaskich: 0 – nie porusza się lub < 50 m 5 – niezależny na wózku, wliczając zakręty > 50 m 10 – spacer z pomocą słowną lub fizyczną jednej osoby > 50 m 15 – niezależny ale może potrzebować pewnej pomocy, np. laski... > 50 m | |
| 7. | Wchodzenie i schodzenie po schodach: 0 – nie jest w stanie 5 – potrzebuje pomocy słownej, fizycznej; przenoszenie 10 – samodzielny | |
| 8. | Ubieranie i rozbieranie się: 0 – zależny 5 – potrzebuje pomocy, ale może wykonywać połowę czynności bez pomocy 10 – niezależny w zapinaniu guzików, zamka, sznurowadeł, itp. | |
| 9. | Kontrolowanie stolca/ zwieracza odbytu: 0 – nie panuje nad oddawaniem stolca lub potrzebuje lewatyw 5 – czasami popuszcza (zdarzenia przypadkowe) 10 – panuje, utrzymuje stolec | |
| 10. | Kontrolowanie moczu/ zwieracza pęcherza moczowego: 0 – nie panuje nad oddawaniem moczu lub cewnikowany i przez to niesamodzielny 5 – czasami popuszcza (zdarzenia przypadkowe) 10 – panuje, utrzymuje mocz | |
| | WYNIK KWALIFIKACJI | |

Uwagi do testu:.....

ZMODYFIKOWANA SKALA RANKIN

- 0 pacjent nie zgłasza skarg
1 pacjent zgłasza niewielkie skargi, które nie wpływają w sposób istotny na jego tryb życia; pacjent jest w stanie przeprowadzić wszystkie zwykłe obowiązki i działania
2 niewielki stopień niepełnosprawności; objawy nieznacznie zmieniają dotychczasowy tryb życia, lecz nie ograniczają możliwości funkcjonowania; pacjent nie jest zależny od otoczenia

- 3 umiarkowana niepełnosprawność; objawy znacznie zmieniają dotychczasowy tryb życia i uniemożliwiają całkowite niezależne funkcjonowanie
- 4 dość ciężki stopień niepełnosprawności; objawy zdecydowanie uniemożliwiają samodzielne życie; nie jest konieczna ciągła opieka i pomoc osoby drugiej
- 5 bardzo ciężki stopień niepełnosprawności; pacjent jest całkowicie zależny od otoczenia; konieczna stała pomoc osoby drugiej

Uwagi do testu:.....

ZMODYFIKOWANA SKALA ASHWORTH

- 0 brak wzrostu napięcia mięśni, napięcie jest prawidłowe lub nieznacznie obniżone
- 1 minimalne napięcie w końcowym zakresie ruchu. Nieznaczny wzrost napięcia mięśni objawiający się oporem i uwolnieniem lub przy wykonywaniu ruchów biernych w końcowym zakresie ruchu
- 1+ nieznaczne zwiększenie napięcia mięśni wyczuwalne jako opór i zwolnienie przy wykonywaniu ruchów biernych w drugiej połowie zakresu ruchu
- 2 większy wzrost napięcia wyczuwalny przy wykonywaniu ruchów biernych podczas całego zakresu ruchu, jednak nieutrudniający jego wykonania
- 3 znaczne zwiększenie napięcia mięśni, ruch bierny trudny do wykonania
- 4 kończyna usztywniona w zgięciu lub w wyproście

Uwagi do testu:.....

CZUCIE POWIERZCHOWNE (PRZECZULICA/ NIEDOCZULICA)

Uwagi do testu:.....

.....

TEST LUSTRZANY

Uwagi do testu:.....

.....

TEST RÓWNOWAGI BERGA (za każde zadanie 0-4 punkty)

1. Siad bez podparcia.
2. Zmianę pozycji z siadu do stania.
3. Stanie bez pomocy.
4. Zmianę pozycji ze stania do siadu.
5. Przemieszczanie się z pozycji siedzącej, np. z łóżka na wózek inwalidzki.
6. Stanie z zamkniętymi oczami.
7. Stanie na baczność.
8. Podnoszenie przedmiotów z podłogi.
9. Stanie na jednej nodze.
10. Skręty tułowia przy nieruchomych stopach.
11. Sięganie w przód w pozycji stojącej.
12. Obrót o 360 stopni.
13. Wejście na stopień.
14. Stanie ze stopami w jednej linii (Tandem Stance Test).

Wynik od 0 do 20 punktów wskazuje na całkowite uzależnienie od wózka inwalidzkiego. Od 21 do 40 punktów przyznaje się pacjentowi, który porusza się z pomocą. Pacjent niezależny powinien uzyskać od 41 do 56 punktów.

Uwagi do testu:.....

.....

SKALA UDARÓW NARODOWEGO INSTYTUTU ZDROWIA (NIHSS)

1A. Poziom świadomości

- pełna [0]
- podsypiający, reaguje na niewielkie bodźce SOMNOLENCJA [1]
- konieczne powtórzenie bodźca, wzmocnienie bodźca, lub bodziec bolesny w celu uzyskania odpowiedzi ruchowej (niestereotypowej) STUPOR [2]
- śpiączka [3]

| | |
|---|--|
| 1B. Odpowiedź na pytanie o miesiąc i wiek (liczy się pierwsza odpowiedź) – prawidłowa na oba pytania [0] – prawidłowa na jedno [1] – obie nieprawidłowe lub brak odpowiedzi [2] | |
| 1C. Spełnienie polecenia (zamknięcia lub otwarcia oczu, oraz wyprostowania lub zgięcia palców ręki) – spełnia oba [0] – spełnia jedno [1] – nie spełnia żadnego [2] | |
| 2. Ruchy gałek ocznych – pełne [0] – częściowe zbaczanie gałek ocznych, nie utrwalone [1] – utrwalone zbaczanie [2] – ślepotą (np. korowa) [3] | |
| 3. Pole widzenia – bez ubytków [0] – częściowe niedowidzenie połowicze (np. kwadrantowe) [1] – pełne niewidzenie połowicze [2] | |
| 4. Porażenie nerwu twarzowego – symetria twarzy zachowana [0] – nieznaczne wygładzenie fałdu nosowo-wargowego, asymetria przy uśmiechu [1] – wyraźne obniżenie kącika ust [2] – porażenie mięśni połowy twarzy [3] | |
| 5. Siła mięśniowa kończyny górnej (oceniana kończyna udarowa) – gdy utrzymuje kończynę pod kątem 45° przez 10 sekund [0] – gdy kończyna zaczyna opadać przed upływem 10 sekund [1] – nie utrzymuje kończyny w poziomie, ale widoczny jest opór przeciw sile ciężkości [2] – kończyna opada natychmiast, ślad ruchu [3] – całkowity brak ruchów czynnych [4] | |
| 6. Siła mięśniowa kończyny dolnej (oceniana kończyna udarowa) – gdy utrzymuje niesioną pod kątem 30° przez 5 sekund [0] – gdy kończyna powoli opada przed upływem 5 sekund [1] – opada szybko przed upływem 5 sek., ale zachowany jest opór przeciw sile ciężkości [2] – opada natychmiast, ślad ruchów [3] – całkowity brak ruchów czynnych [4] | |
| 7. Ataksja – brak [0] – obecna w kończynie górnej lub dolnej [1] – obecna w obu kończynach [2] | |
| 8. Czucie (badanie przez uklucie) – prawidłowe [0] – zaburzenia w stopniu umiarkowanym lub średnim, tj. osłabienie czucia bólu lub uklucie odczuwalne jako tępe, ewentualnie pacjent odczuwa tylko dotyk [1] – znacznie osłabione lub brak [2] | |
| 9. Mowa – bez zaburzeń [0] – błędne nazywanie przedmiotów, niezdolność do dobierania właściwego słowa „parafazje”, lub/i zaburzenia rozumienia [1] – zaburzenia znacznego stopnia: w pełni rozwinięta afazja typu Broca lub Wernickiego (ewent. inny rodzaj) [2] – całkowita afazja, mutyzm [3] | |
| 10. Dyzartria – brak [0] – umiarkowana, rozumiany z trudem „bełkocze” [1] – znacznego stopnia, słowa całkowicie niezrozumiałe [2] | |
| 11. Różnicowanie strony działania bodźca zewnętrznego (zesp. nieuważgi połowiczej) – prawidłowa [0] – brak różnicowania strony działania bodźca 1 rodzaj (czucie, słuch, wzrok) [1] – brak różnicowania strony działania bodźców 2 rodzajów [2] | |

Wynik badania

FUGL-MEYER ASSESSMENT LOWER EXTREMITY

| KOŃCZYNA DOLNA | | | | |
|--|-----------------------------------|------|-------------------|-------|
| 1. Aktywność odruchowa, pozycja leżenia tyłem | | brak | mogą być wywołane | |
| Zginacze: zginacze kolana | | 0 | 2 | |
| Prostowniki: rzepka, Achilles | | 0 | 2 | |
| Suma 1. | | | | |
| 2. Ruch wolicjonalny w ramach synergii, pozycja leżenia tyłem | | brak | częściowy | pełny |
| Synergia zginaczy: maksymalne zgięcie stawu biodrowego (abdukcja/ rotacja zewnętrzna), maksymalne zgięcie stawu kolanowego i skokowego (palpacja ścięgna dystalnie, by zapewnić aktywne zgięcie kolana). | Biodro – zgięcie | 0 | 1 | 2 |
| | Kolano – zgięcie | 0 | 1 | 2 |
| | Staw skokowy – zgięcie grzbietowe | 0 | 1 | 2 |
| | Biodro – wyprost | 0 | 1 | 2 |
| | | | | |

| | | | | | |
|---|--|---|-------------|-------------|-------------|
| Synergia prostowników: od synergii zginaczy do wyprost/ addukcji w stawie biodrowym, wyprost kolana i stawu skokowego, zgięcie podeszwowe. Opór jest stosowany w celu zapewnienia aktywnego ruchu (ocena zarówno ruchu, jak i siły). | | – addukcja Kolano – wyprost Staw skokowy – zgięcie podeszwowe | 0 0 0 | 1 1 1 | 2 2 2 |
| Suma 2. | | | | | |
| 3. Ruch wolicjonalny, synergie mieszane, pozycja siedząca, kolano 10cm od krawędzi krzesła/ łózka | | | brak | częściowy | pełny |
| Zgięcie kolana od aktywnie lub pasywnie wyprostowanego | brak aktywnego ruchu brak zgięcia powyżej 90°, palpacja ścięgna mięśnia dwugłowego ramienia zgięcie kolana powyżej 90°, palpacja ścięgna mięśnia dwugłowego uda | 0 | 1 | 2 | |
| Zgięcie grzbietowe stawu skokowego (porównanie ze stroną niezajętą) | brak aktywnego ruchu ograniczone zgięcie grzbietowe pełne zgięcie grzbietowe | 0 | 1 | 2 | |
| Suma 3. | | | | | |
| 4. Ruch wolicjonalny z niewielką lub brakiem synergii, pozycja stojąca, biodro 0° | | | brak | częściowy | pełny |
| Zgięcie kolana do 90°, biodro 0° (wsparcie balansu jest dozwolone) | brak aktywnego ruchu / natychmiastowe i jednoczesne zgięcie stawu biodrowego mniej niż 90° zgięcia kolana lub zgięcia biodra podczas ruchu co najmniej 90° zgięcie kolana bez jednoczesnego zgięcia biodra | 0 | 1 | 2 | |
| Zgięcie grzbietowe stawu skokowego (porównanie ze stroną niezajętą) | brak aktywnego ruchu ograniczone zgięcie grzbietowe pełne zgięcie grzbietowe | 0 | 1 | 2 | |
| Suma 4. | | | | | |
| 5. Prawidłowa aktywność odruchowa w pozycji leżącej tyłem, oceniana tylko wtedy, gdy we wcześniejszej części 4. uzyskano pełny wynik 4 punktów (porównanie ze stroną niezajętą) | | | | | |
| aktywność odruchowa zginaczy kolan, Achilles, rzepka | 0 punktów w części 4. lub 2 z 3 odruchów wyraźnie nadaktywnych 1 odruch wyraźnie nadaktywny lub co najmniej 2 odruchy ożywione maksymalnie 1 odruch ożywiony, brak nadaktywnych | 0 | 1 | 2 | |
| Suma 5. | | | | | |
| SUMA 1.-5. | | | | | |