



Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Medycznych

mgr Gabriela Kołodziej-Lackorzyńska

**Ocena zależności pomiędzy siłą mięśniową a równowagą,
chodem oraz zmęczeniem osób ze stwardnieniem rozsianym**

Promotor rozprawy doktorskiej
dr hab. n. o kult. fiz. prof. UR Mariusz Druźbicki
Katedra Fizjoterapii

Promotor pomocniczy rozprawy doktorskiej
dr hab. n. o zdr. prof. UR Agnieszka Guzik
Katedra Fizjoterapii

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

Rzeszów 2022

Pan dr hab. n. o kult. fiz. prof. UR Mariusz Druźbicki

składam serdeczne podziękowania za wskazanie bardzo interesującego tematu, opiekę merytoryczną i naukową, cenne wskazówki, życzliwość oraz wszechstronną pomoc podczas przygotowania niniejszej rozprawy.

Serdeczne podziękowania pragnę złożyć również Pani dr hab. n. o zdr. prof. UR Agnieszce Guzik za nieocenioną pomoc w trakcie realizacji niniejszej pracy.

SPIS TREŚCI

Wykaz skrótów.....	6
1. Wstęp	8
1.1 Wprowadzenie	8
1.2 Epidemiologia, etiologia i patogenezą stwardnienia rozsianego.....	9
1.3 Zaburzenia funkcjonalne w stwardnieniu rozsianym	24
1.4 Przegląd literatury.....	33
2. Cel pracy	36
3. Materiał i metody.....	38
3.1 Materiał.....	38
3.2 Przebieg badania.....	40
3.3 Metody oceny	44
3.3.1 Metody oceny osób z badania pilotażowego.....	44
3.3.2 Metody oceny osób z badania głównego	44
3.4 Metody statystyczne	56
4. Wyniki.....	57
4.1 Charakterystyka kliniczna badanej grupy.....	57
4.2 Ocena badanych parametrów sprawności funkcjonalnej osób z SM w grupie B1 (EDSS ≤ 3) oraz osób zdrowych z grupy kontrolnej.....	58
4.3 Ocena zależności pomiędzy prędkością dowolną i maksymalną chodu a siłą mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM	65
4.4 Ocena zależności pomiędzy wytrzymałością chodu a siłą mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM	73
4.5 Ocena zależności pomiędzy równowagą ciała, a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM.....	75
4.6 Ocena zależności pomiędzy równowagą ciała ocenioną w teście TUG a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM	81

4.7	Ocena zależności pomiędzy równowagą ciała ocenioną skalą Berg a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM	82
4.8	Ocena zależności pomiędzy poziomem zmęczenia a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM.....	84
4.9	Ocena zależności pomiędzy poziomem zmęczenia a równowagą ciała w grupie osób z SM.....	85
4.10	Ocena sprawności funkcjonalnej osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS	87
4.11	Ocena zależności poziomu niepełnosprawności osób z SM opisanym w skali EDSS a sprawnością funkcjonalną w zakresie chodu, siły mięśniowej i równowagi ciała	96
5.	Dyskusja.....	101
6.	Wnioski	118
7.	Piśmiennictwo.....	119
	Streszczenie/Abstract	145
	Spis tabel	150
	Spis rycin.....	154
	Załączniki	155
	Załącznik 1: Zgoda Komisji Bioetycznej na badania	155
	Załącznik 2: Zgoda pacjenta na udział w badaniu.....	156
	Załącznik 3: Karta badania pacjenta	157
	Załącznik 4: Materiały suplementarne	159

Wykaz skrótów

SM – Multiple Sclerosis – stwardnienie rozsiane

OUN – Ośrodkowy Układ Nerwowy

ARNMD - Association for Research in Nervous and Mental Diseases - Stowarzyszenie Badań nad Chorobami Nerwowymi i Psychicznymi

MSIF- Multiple Sclerosis International Federation- Międzynarodowa Federacja Stwardnienia Rozsianego

WHO - World Health Organization - Światowa Organizacja Zdrowia

EAE- Experimental Autoimmune Encephalomyelitis- Eksperymentalne Autoimmunologiczne Zapalenie mózgu i Rdzenia

CFS- Cerebrospinal Fluid - płyn mózgowo-rdzeniowy

MRI- Magnetic Resonance Imaging- Rezonans Magnetyczny

CIS- Clinical Isolated Syndrome- Klinicznie Izolowany Zespół

BBB- Blood–Brain Barrier- Bariera Krew-Mózg

EDSS- Expanded Disability Status Scale- Rozszerzona Skala Stopnia Niepełnosprawności

ICF- International Classification of Functioning, Disability and Health- Międzynarodowa Klasyfikacja Funkcjonowania Niepełnosprawności i Zdrowia

FDA- Food and Drug Administration - Agencja Żywności i Leków

PMCBI- Przyrodniczo-Medyczne Centrum Badań Innowacyjnych

ANZCTR- Australian New Zeland Clinical Trials Registry

DMT- Disease-Modifying Treatments- Terapia Modyfikująca Przebieg Choroby i Leczenia

PPMS- Primary Progressive Multiple Sclerosis- Pierwotnie Postępująca postać SM

SPMS- Secondary Progressive Multiple Sclerosis- Wtórnie Postępująca Postać SM

PRMS- Progressive Relapsing Multiple Sclerosis- Postać Postępująco-Nawracająca SM

RRSM- Relapsing- Remitting Sclerosis Multiplex- postać rzutowo-remisyjna stwardnienia rozsianego

FSS- Fatigue Severity Scale- Skala Ciężkości Stopnia Zmęczenia/Znużenia

BBS- Berg Balance Scale- Skala Berg

10MWT- 10 Meter Walk Test- 10-metrowy Test Marszowy

25FWT- 25 Foot Walk Test- Test 25 Stóp

6MWT- 6 Minutes Walk Test- 6- minutowy Test Marszowy

vpd- prędkość dowolna

vpm- prędkość maksymalna

TUG – Time Up & Go Test

PTQr/BW- Peak Torque/Body Weight- Szczytowy Moment Siły dla prawej kończyny/Masa Ciała

TWr- Total Work- Całkowita Wykonana Praca dla prawej kończyny

APr- Average Power- Średnia Moc dla prawej kończyny

ACCr- Acceleration Time- Czas Akceleracji ruchu dla prawej kończyny

DCCr- Deceleration Time- Czas Deceleracji dla prawej kończyny

PTQl/BW- Peak Torque/Body Weight- Szczytowy Moment Siły dla lewej kończyny/Masa Ciała

TWl- Total Work- Całkowita Wykonana Praca dla lewej kończyny

APl- Average Power- Średnia Moc dla lewej kończyny

ACCl- Acceleration Time- Czas Akceleracji ruchu dla lewej kończyny

DCCl- Deceleration Time- Czas Deceleracji dla lewej kończyny

OSI- Overall Stability Index- Ogólny Wskaźnik Stabilności Postawy

APSI- Anterior/Posterior Stability Index- Przednio- Tylny Wskaźnik Stabilności Postawy

MLSI- Medial/Lateral Stability Index- Boczno-Przyśrodkowy Wskaźnik Stabilności Postawy

PU- przedział ufności

1. Wstęp

1.1 Wprowadzenie

Stwardnienie rozsiane (z ang. sclerosis multiplex, SM) należy do autoimmunologicznych, przewlekle postępujących, zapalnych chorób ośrodkowego układu nerwowego (OUN), które prowadzi do rozpowszechnienia ogniskowych zmian pierwotnej demielinizacji ze zmiennym uszkodzeniem neuronów, aksonów, astrogleju i oligodendrocytów. Stwardnienie rozsiane atakuje osłonki mielinowe ośrodkowego układu nerwowego niszcząc melinę i komórki układu nerwowego. Powstałe zmiany na skutek SM mogą powodować duże wady neurologiczne, ciężką niepełnosprawność fizyczną a także poznawczą [1, 2].

Na całym świecie na SM choruje około 2.8 miliona osób, a choroba dotyczy głównie osób młodych w przedziale wiekowym 20-40 lat. Kobiety chorują dwukrotnie częściej niż mężczyźni. Częstość zachorowań jest związana z obszarem geograficznym tj. wzrasta wraz z oddalaniem się od równika [3, 4, 5]. W wielu krajach, gdzie częstość występowania SM jest na wysokim poziomie np.: USA, Europa Północna, Rosja i Nowa Zelandia istnieje gradient szerokości geograficznej ryzyka SM; jednak w regionach o niższej chorobowości zależność ta nie zawsze się utrzymuje [6, 7]. Przebieg SM jest bardzo zróżnicowany i nieprzewidywalny. U większości pacjentów choroba ta charakteryzuje się początkowo pojawiającymi się epizodami odwracalnych zmian neurologicznych i przekształca się w chorobę ciągłego i nieodwracalnego pogorszenia stanu neurologicznego, aż do szóstej lub siódmej dekady życia [8, 9]. Początkowo choroba jest przemijająca i następuje remielinizacja, ale nie jest ona trwała. Stąd wczesny przebieg choroby charakteryzuje się epizodami zaburzeń neurologicznych, które zwykle powracają do normy. Jednak z biegiem czasu zmiany patologiczne zdominowane są przez aktywację mikrogleju związaną z rozległą i przewlekłą neurodegeneracją, której kliniczną korelacją jest postępująca niepełnosprawność fizyczna lub poznawcza [10].

Pomimo szerokich badań naukowych dostępnych w literaturze, kluczowe aspekty patogenezy i etiologii SM nadal pozostają niejasne i nierozwiązane. Jednak chorobę można uznać za wieloczynnikową, gdyż obejmuje ona zarówno złożone interakcje pomiędzy czynnikami środowiskowymi a genetycznymi, które prowadzą do manifestacji choroby [11, 12]. W przebiegu SM wielogniskowe strefy zapale wynikające z nacieków limfocytów

T i makrofagów oraz apoptoza oligodendrocytów są głównymi przyczynami niszczenia osłonki mielinowej. Powstałe zmiany mogą nakładać się na nieprawidłowe przekazywanie impulsów nerwowych i prowadzić do szeregu zaburzeń niedowładów, zaburzeń równowagi i koordynacji ruchowej, zaburzeń wzroku, zaburzeń napięcia mięśniowego, zaburzeń chodu, deficytów poznawczych, narastającego poziomu zmęczenia [13, 14]. Występujące objawy mogą powodować ciężką niepełnosprawność fizyczną i znacznie obniżyć jakości życia. Dlatego też bardzo ważne jest ciągłe monitorowanie przebiegu choroby oraz wyżej wymienionych objawów [15].

Szeroki przegląd dostępnej krajowej literatury wykazał, iż nie ma jak dotąd doniesień naukowych dotyczących korelacji pomiędzy siłą mięśniową, stopniem zmęczenia, chodem oraz równowagą wśród osób z SM. Z kolei w literaturze zagranicznej dostępne są nieliczne badania w zakresie korelacji pomiędzy wyżej wymienionymi parametrami u osób z SM. Jednak ogólny stan wiedzy na temat zależności pomiędzy równowagą, siłą mięśniową, poziomem zmęczenia oraz chodem jest niski, stąd istotnym jest przeprowadzenie szerszych badań w tym zakresie.

1.2 Epidemiologia, etiologia i patogeneza stwardnienia rozsianego

Stwardnienie rozsiane jest przewlekłą i powoli postępującą chorobą demielinizacyjną o podłożu zapalnym w obrębie mózgu i rdzenia kręgowego, w którym ogniskowe naciekanie limfocytów prowadzi do uszkodzenia osłonek mielinowych i aksonów co prowadzi do zaburzenia przewodnictwa impulsów nerwowych. W Polsce i na świecie liczba osób chorych na SM była nieznana, ponieważ nie przeprowadzono dokładnych i długoterminowych badań epidemiologicznych dla całej populacji. Pierwsze dane naukowe dotyczące epidemiologii w Polsce pojawiły się w badaniu Cendrowskiego z 1964 roku mówiące o etnicznych aspektach SM w centralnej i północnej Polsce [16]. Przez kilka dziesięcioleci nie istniał rejestr pacjentów z SM. W wielu regionach świata brakuje globalnych informacji na temat epidemiologii SM i dostępności zasobów i usług dla osób z SM [17, 18].

Epidemiologia SM była przedmiotem wielu badań [19-21]. Pierwszy opis SM pochodzi z XIV wieku, jednak pierwsze korelacje pomiędzy cechami klinicznymi a zmianami patologicznymi w SM odkrył i opisał Jean-Martin Charcot w 1868 roku [22]. Jednak pierwsze badanie dotyczące epidemiologii SM powstało w 1892 roku autorstwa Charles Dana i wykazało, że częstość występowania SM w Ameryce jest bardzo rzadka (analiza w raportach pochodząca z New York Hospital ukazuje, że w tamtym okresie diagnozowano jedynie 10

pacjentów hospitalizowanych). We wczesnych latach XX wieku ukazała się praca badaczy Dernum i Gordon (1905 roku) podważająca stwierdzenie, że SM w Ameryce występuje rzadko, gdyż badacze wykazali, że zdiagnozowanie choroby jest bardzo trudne [23]. Jednak aż do 1917 roku w Ameryce uważano, że choroba występuje rzadko [24]. Na początku lat 30 XX wieku postrzeganie częstości występowania SM zaczęło się dramatycznie zmieniać tj.: w 1931 roku badacze Sidney D. Wilgus i Egbert W. Felix wykazali w swojej pracy, że SM w Ameryce należy do dość powszechnych chorób i dlatego bardzo ważnym jest rozpoznawanie jej wczesnych objawów [22]. Pod koniec lat 40 XX wieku amerykańscy neurologowie uznawali SM za jedną z najczęstszych chorób ośrodkowego układu nerwowego [22]. Dopiero w latach 50 XX wieku przeprowadzono szersze badanie epidemiologiczne, które ukazało, że to kobiety chorują na SM częściej niż mężczyźni (pomiędzy 1870 a 1910 rokiem twierdzono, że to mężczyźni chorują częściej niż kobiety oraz wielu badaczy sądziło, że stosunek zachorowalności na SM w przypadku obu płci jest identyczny). Jednak badacze nie mieli potwierdzonych statystyk, aby przypuszczać, która z płci choruje częściej na SM. Aby mieć pewność, która z płci zapada częściej na SM w 1921 roku na spotkaniu Stowarzyszenia Badań nad Chorobami Nerwowymi i Psychicznymi (Association for Research in Nervous and Mental Diseases - ARNMD) przeprowadzono analizę 1970 dokumentacji medycznych pacjentów, które wykazały, że mężczyźni chorują częściej na SM niż kobiety w stosunku 3:2 [25]. Oficjalnie w latach 60 XX wieku praca autorstwa G. Schumacher'a potwierdziła, że to kobiety chorują dwukrotnie częściej na SM niż mężczyźni [26].

W ciągu ostatnich pięciu dziesięcioleci rozpowszechnienie choroby wzrastało w Europie i Ameryce Północnej. Obserwowano wysoką zachorowalność u kobiet i Afroamerykanów oraz udokumentowano trwałe geograficzne gradienty ryzyka [27, 28]. Współczesne przeglądy piśmiennictwa przedstawiają aktualne informacje na temat rozpowszechnienia, zachorowalności i śmiertelności SM w obu Amerykach, Europie i na całym świecie [4, 29]. Chociaż SM występuje we wszystkich regionach świata, częstość występowania jest bardzo zróżnicowana. Najwyższe rozpowszechnienie choroby obserwować można w Ameryce Północnej i Europie (odpowiednio 140 i 108 na 100 000 osób), a najniższe w Afryce Subsaharyjskiej i Azji Wschodniej, odpowiednio 2,1 i 2,2 na 100 000 osób [30, 31].

Międzynarodowa Federacja Stwardnienia Rozsianego (Multiple Sclerosis International Federation) oraz Światowa Organizacja Zdrowia (World Health Organization - WHO) opracowała pierwszy międzynarodowy atlas epidemiologii SM ze szczegółowymi danymi na poziomie krajowym w 2008 roku. Wykazano w nim, że częstość występowania różni się również znacznie w poszczególnych regionach. Kraje o najwyższej szacowanej chorobowości

obejmowały Węgry (176), Słowenia (150), Niemcy (149), Stany Zjednoczone (135), Kanada (133), Republika Czeska (130), Norwegia (125), Dania (122), Polska (120) i Cypr (110) na 100 000 osób [30].

W 2013 roku przeprowadzono kolejne badania w celu aktualizacji atlasu epidemiologicznego. Opublikowano szereg badań naukowych [32, 33, 34], które dostarczają bardziej aktualnych szacunków dotyczących rozpowszechnienia w poszczególnych krajach. Badanie to obejmuje Global Burden of Disease 2018 i jest ono finansowane przez National MS Society w USA w 2019 r., w którym autorzy stwierdzają, że występowanie osób z SM jest wyższe niż wcześniej szacowano [32, 33]. Kompleksowa aktualizacja została opublikowana w 2020 roku. Wynika z niej, że zgodnie z poprzednimi edycjami atlasu, SM występuje we wszystkich regionach świata, a najwyższe występowanie zaobserwować można na terach Europy i obu Ameryk. Istnieją pewne ograniczenia w możliwości pewnego porównania częstości występowania w różnych populacjach. Niemniej jednak rozpowszechnienie wyraźnie różni się znacznie w poszczególnych regionach. Na przykład w regionie europejskim San Marino (337 na 100 000 osób) Niemcy (303 na 100 000 osób) i Dania (282 na 100 000 osób) mają najwyższy poziom osób z SM. W rzeczywistości San Marino i Niemcy mają najwyższą chorobowość na świecie. Na drugim miejscu pod względem występowania choroby plasują się Stany Zjednoczone (288 na 100 000 osób). Z drugiej strony w regionie europejskim istnieje kilka krajów, w których wskaźnik rozpowszechnienia wynosi poniżej 40 na 100 000.

Tabela 1. Występowanie SM na 100 000 osób wg. WHO (dane z 2020 roku).

Region	Liczba osób chorych na SM na 100 000 tys. mieszkańców
Europa	133
Obie Ameryki	112
Wschodni pas od Morza Śródziemnego	30
Azja Południowo-Wschodnia	9
Afryka	5
Australia i Nowa Zelandia	5
Głob	36

/Źródło: 3 edycja Atlasu Epidemiologicznego SM 2020/

Z danych zawartych w literaturze wynika, iż na całym świecie na SM choruje około 2.8 miliona osób [35]. Choroba najczęściej dotyka młodych dorosłych będących w przedziale wiekowym od 20-40 lat. Rozpoznanie SM w okresie dzieciństwa stwierdza się u 1 % chorych, a u osób po 50 roku życia rozpoznanie SM dotyczy 10 % rozpoznań [36]. Kobiety chorują

dwukrotnie częściej niż mężczyźni, a częstość występowania różni się z zależności od obszaru geograficznego [37]. Według raportu MS International Federation globalna mediana częstości występowania SM wzrosła z 30 na 100 000 w 2008 roku do 33 na 100 000 w 2013 roku, a wg. raportu z 2020 roku do 36 na 100 000 osób [35, 38]. Brakuje danych dotyczących zachorowalności w wielu krajach na całym świecie - zaledwie z 75 krajów badacze byli w stanie dostarczyć dane zachorowalności (co stanowi 65% ze 115 krajów). Dane dotyczące zachorowań mierzą liczbę nowych przypadków zdiagnozowanych w kraju w ciągu roku i niezbędne, aby pomóc zrozumieć, czy ryzyko zachorowań na SM rośnie w czasie. U 107 000 osób diagnozowano SM rocznie w 75 krajach objętych raportem. Odpowiada to prawie 300 osobom diagnozowanym każdego dnia. Liczba ta jest niedoszacowana, ponieważ nie mamy danych z każdego kraju [35]. Obliczono średni współczynnik zapadalności na poziomie 2,1 na 100 000 osób rocznie w 75 krajach objętych raportem. Wskaźnika tego nie można zastosować do całkowitej populacji na świecie ze względu na braki w danych oraz fakt, że informacje dotyczące zachorowalności są częściej zgłaszane w krajach wysokorozwiniętych i wyższej chorobowości [35].

Łącznie w Europie jest 630 000 osób żyjących z SM z medianą częstości 100 przypadków i medianą częstości 5,5 przypadków na 100 000 [31, 39]. W Polsce jest 40 000-50 000 osób z SM a częstość występowania szacuje się na 37-91 przypadków na 100 000 ludności [40]. Średni wskaźnik zapadalności wynosi 2,5 na 100 000 osób rocznie. Większość badań epidemiologicznych SM w Polsce przeprowadzono wiele lat temu i dostarczono danych tylko z niektórych regionów Polski [41-43]. W 1985 roku zebrane dane pochodziły jedynie z województwa wielkopolskiego- głównie dla miasta Leszno i Gniezna (odpowiednio wskaźnik chorobowości wynosił 133.97 osób na 100 000 oraz 122.83 osób na 100 000) [44]. Systematyczne gromadzenie danych epidemiologicznych w Polsce rozpoczęło się dopiero w 2010 roku. W celu długoterminowej obserwacji pacjentów z SM opracowany został program komputerowy, który stał się fundamentem rejestru chorych na SM. Pierwsza rejestracja pacjentów rozpoczęła się w województwie świętokrzyskim (centralna Polska), a następnie w województwie podlaskim (część północno-wschodnia Polski). Polski rejestr jest od 2013 roku projektem ogólnopolskim. Jednak jedynymi regionami, w których zebrano dane, były województwa świętokrzyskie i podlaskie. Wg badań Broła, Sobolewski i wsp. na chwilę obecną w województwie Świętokrzyskim chorych na SM jest 1525 osób - 449 mężczyzn i 1076 kobiet (dane z 2015 roku). Ogólna częstość występowania choroby w województwie świętokrzyskim wynosi 121,3 / 100 000 z istotnie wyższą chorobowością u kobiet niż u mężczyzn ($p < 0,001$) [40]. Dane dotyczące województwa podlaskiego pochodzą z 2013 roku i wykazują, że w tej

części Polski na SM choruje 1299 osób- 427 mężczyzn i 872 kobiety. Ogólna częstość występowania choroby wynosi 108 przypadków na 100 000 osób z znacznie wyższym wskaźnikiem chorobowości u kobiet niż u mężczyzn [45].

Wskaźnik śmiertelności jest znacznie wyższy u osób z SM w porównaniu do populacji ogólnej [46]. Jednak przyczyny zgonów i czynniki wpływające na przeżycie u osób z SM nie są do końca jasne i poznane, dlatego istnieje potrzeba przeprowadzenia dalszych badań w tym zakresie [47]. Badacze z Uniwersytetu w Kalifornii udostępnili dane dotyczące śmiertelności na SM w Stanach Zjednoczonych w zależności od rasy, wieku i płci. Z badań wynika, że spośród 59 462 zgonów spowodowanych SM uwzględnionych w badaniu, kobiety stanowiły 65,93%, a mężczyźni - 34,07%. Zgony spowodowane SM były rzadkie w wieku poniżej 45 lat (8,36%). Średni roczny współczynnik umieralności na SM na 100 000 osób był najwyższy wśród rasy białej (0,90 dla mężczyzn i 1,50 dla kobiet), następnie czarnej (0,75 dla mężczyzn i 1,42 dla kobiet), a najniższy był wśród rasy azjatyckiej (0,05 dla mężczyzn i 0,12 dla kobiet). Współczynnik śmiertelności kobiet do mężczyzn był najwyższy w grupie azjatyckiej, a najniższy w grupie Latynosów. U mężczyzn współczynniki umieralności z SM skorygowane względem wieku wykazywały tendencje wzrostowe w latach 1999–2015 we wszystkich grupach rasowych. Autorzy wykazali również, że rasowe i płciowe różnice umieralności na SM są dalej wykazane we wskaźnikach zależnych od wieku. Rasa czarna (mężczyźni) mieli najwyższą śmiertelność z powodu SM przed 45. rokiem życia, podczas gdy czarne kobiety miały najwyższy wskaźnik przed 55. rokiem życia. Zarówno rasa biała, jak i czarna wykazywała dramatyczny spadek śmiertelności z powodu SM w starszym wieku, po osiągnięciu szczytu w wieku około 65–74 lat. Grupy niskiego ryzyka tj.: Azjaci, Latynosi i Indianie oraz Mieszkańcy Alaski wykazywały różne wzorce śmiertelności w przebiegu SM, które wykazywały ograniczony wzrost wraz z wiekiem i wydawały się osiągać plateau po 55 roku życia u kobiet. Po zbadaniu według okresu wśród białych, niezależnie od płci, nastąpił spadek współczynników specyficznych dla wieku poniżej 55 roku życia, ale bardziej znaczący wzrost wskaźników po 55 roku życia w 2007 roku. –2015 w porównaniu do 1999–2006 [48].

Kingwell, i wsp. w swoich badaniach stwierdzili, iż z racji rozwoju życia i nowoczesnych technologii SM zmieniło się w czasie tj.: badania ujawniły obiecującą zmianę w prognozowaniu długości życia osób z SM w ciągu ostatnich pięćdziesięcioleci. Badacze stwierdzili także, że występują nierówności płci dla czynnika śmiertelności z wynikiem niekorzystnym dla kobiet, pomimo niższego wskaźnika niepełnosprawności zgłaszanego przez kobiety z SM i dłuższej średniej długości życia [49]. Badacze ukazują także, że początek choroby powyżej 40 roku życia wiązał się z dłuższym okresem przeżywalności niż u osób,

u których rozpoznano chorobę wcześniej. Autorzy opisują również jedne z najdłuższych median czasu przeżycia dla SM; pacjenci przeżywają średnio 48 lat od wystąpienia pierwszych objawów i dożywają średnio wieku 77 lat (dla kobiet 79, dla mężczyzn 74 lata) [49]. Szwedzkie badania wykazały podobne wartości dla średniej długości życia i przeżywalności dla SM [50].

Etiologia i patogenezą SM nadal pozostaje niejasna, jednak chorobę można uznać za wieloczynnikową, gdyż obejmuje ona zarówno złożone interakcje pomiędzy predyspozycjami genetycznymi a wpływami środowiskowymi, które prowadzą do manifestacji choroby [11, 12]. Badania naukowe ukazują, że połączona podatność genetycznej i czynników środowiskowych, w tym narażenie na czynniki bakteryjne i wirusowe, ekspozycja na promieniowanie ultrafioletowe (UV) czy palenie tytoniu są ściśle związane z występowaniem SM [51-53]. Jednakże nie wskazano do tej pory konkretnych czynników środowiskowych ani specyficznych genów, które mają wysoce istotny wpływ na sekwencje genowe [14].

Przeprowadzono wiele badań immunologicznych na modelu zwierzęcym dla ludzkiego SM znanego jako eksperymentalne autoimmunologiczne zapalenie mózgu i rdzenia (experimental autoimmune encephalomyelitis - EAE). Na podstawie tego modelu i obserwacji SM u ludzi badane są role szlaków immunologicznych zaangażowanych w SM [54]. Stwardnienie rozsiane uważane jest za zaburzenie autoimmunologiczne z udziałem komórek T z przewagą komórek CD8 + (patogenne mediatory posiadające cytotoksyczne potencjały zabijania komórek) w porównaniu z innymi podgrupami komórek T, komórkami B lub komórkami plazmatycznymi. Uważa się, że choroba ta rozpoczyna się w zmianach wywołanych stanem zapalnym, składających się głównie z komórek T CD8 + i komórek T CD4 + (białko immunoglobulinopodobne występujące na powierzchni układu odpornościowego; komórki pomocnicze limfocytów T), i aktywuje mikroglej / makrofagi [55, 56].

Od 1950 roku podejmowano wiele prób opracowania różnych kryteriów w celu zwiększenia czułości i specyficzności w diagnozie SM. Głównym celem była konieczność wykazania rozprzestrzeniania się w czasie i przestrzeni zmian w obrębie OUN, które powodują obraz kliniczny, oraz eliminacja innych zaburzeń, które mogą naśladować objawy SM zarówno w obrazie radiologicznym jak i objawach klinicznych. W niektórych przypadkach SM można łatwo zdiagnozować na podstawie kilku cech klinicznych i badań laboratoryjnych. Jednak kiedy choroba jest na wczesnym etapie lub u osób z nietypowymi cechami radiologicznymi i klinicznymi, ostateczna diagnoza może być trudna [56].

Jako pierwszy kryteria diagnostyczne dla SM tj.: triadę oczopląsu, drżenia zamiarowego i mowy skandowanej określił Jean-Martin Charcot. Szczegółowy opis kryteriów opracowany

przez Charcota wraz z pierwszymi rysunkami ukazującymi ekspansję zmian z komórek do pól mózgowych opisany jako „la sclérose en plaques w 1868 r.”, dostarczył najwcześniejszego wglądu w patologię SM obejmującą mózg i rdzeń kręgowy [57]. Jednak pierwsze kompleksowe kryteria kliniczne zostały zaproponowane przez Geogre A. Schumachera i wsp. w 1965 r. [58]. Zgodnie z tymi kryteriami, po tym jak autor wyeliminował inne możliwe diagnozy i zdefiniował ataki prowadzące do rozpoznania SM, powinny istnieć dwa warunki, które muszą być spełnione, aby posiadać pełną diagnozę choroby. Pierwszy to dwa lub więcej ataków, w odstępie czasowym co najmniej 1 miesiąca i trwających co najmniej 24 godziny (obecnie nazywamy to DIT - dissemination in time, kryterium czasowości), a drugi to obecność dwóch lub więcej ataków neurologicznych wskazujących na udział więcej niż jednego regionu w OUN (obecnie nazywamy to DIS-dissemination in space, kryterium rozprzestrzeniania się w przestrzeni). Kryteria Schumachera szybko stały się złotym standardem w diagnozowaniu SM i były szczególnie stosowane w badaniach epidemiologicznych na całym świecie [58- 59]. W 1983 r. Poser rozszerzył diagnostykę o testy parakliniczne do tych kryteriów i zdefiniował diagnozę jako „klinicznie określone” SM co znacznie zwiększyło wiarygodność diagnozy. W tym czasie potencjały wywołane i analizy płynu mózgowo-rdzeniowego (CSF-cerebrospinal fluid) zostały dodane do kryteriów klinicznych jako parakliniczne ustalenia wspierające. Kryteria rezonansu magnetycznego (MRI- magnetic resonance imaging) zostały opracowane później i stosowane są do dziś [60]. Kryteria McDonalda opracowano po raz pierwszy w 2001 r., a następnie zaktualizowano w 2005, 2010 r., oraz w 2017 r. [61-63]. Zastosowanie nowych kryteriów dla diagnozy SM pozwala wyróżnić cztery sytuacje kliniczne upoważniające do rozpoznania postaci rzutowo-remisyjnej. Dodatkowo International Panel on MS Diagnosis zaproponował kryteria rozpoznania dla pierwotnie postępującej postaci [64].

Obecnie nie istnieje żaden test diagnostyczny, który w 100% byłby charakterystyczny dla SM. Nie został także opracowany schemat diagnostyki różnicowej, którą należałoby przeprowadzić u osób z SM. Przy ustalaniu diagnozy w chorobach neurologicznych bardzo istotny jest dokładny wywiad i prawidłowo wykonane badanie neurologiczne. Stawiając diagnozę należy przede wszystkim ocenić uszkodzenie OUN badaniem neurologicznym, badaniem MRI oraz badaniem potencjałów wywołanych, przeanalizować przebieg choroby, wykonać badanie CSF oraz przeprowadzić diagnostykę różnicową [65].

Płyn mózgowo-rdzeniowy i jego analiza w pracy diagnostycznej z osobami z podejrzeniem SM była przedmiotem uwagi od bardzo dawna [66]. „Złota koloidalna krzywa” była badana po raz pierwszy w diagnozie kiły w 1942 roku i wykazała nieprawidłowe wzorce białek u pacjentów z SM [67]. Pod koniec lat 50. XX wieku wprowadzono metody ilościowe

wskazujące na podwyższoną globulinę gamma w próbkach CSF, ale nie w surowicy [68-69]. Rozwój rozdziału mieszaniny makrocząsteczek pod wpływem przyłożonego pola elektrycznego białek CSF umożliwił wykazanie różnych frakcji immunoglobulin G (IgG) w CSF osób z SM. W 1959 roku frakcje te po raz pierwszy ukazano nazwano pasmami oligoklonalnymi [70]. Najbardziej typowy wzór znaleziony w SM pokazuje co najmniej dwa prążki w CSF i brak w próbkach surowicy. Przez kilka dziesięcioleci przydatność analizy CSF w SM pozostała ograniczona jedynie do oceny diagnostycznej. Jednakże w ostatnich latach badano wiele nowych biomarkerów CSF dla SM. Do tych biomarkerów należą białka CSF, których stężenia CSF były skoordynowane z parametrami terapeutycznymi i klinicznymi w SM. Poszukiwanie nowych biomarkerów ukazuje potrzebę lepszej oceny postępu choroby i jej aktywności oraz skuteczności leczenia. Oznaczanie poziomów biomarkerów, takich jak ligand chemokin 13, fetuina A, lekki neurofilament, akwaporyna4 oraz glikoproteina oligodendrocytów przeciw mielinie, które wkrótce wejdą do rutynowej praktyki klinicznej, pokazało obiecujące wyniki w analizie tej choroby, dostarczając informacji, które wraz z danymi klinicznymi i neuroobrazowymi mogą przyczynić się do lepszych decyzji terapeutycznych [71-77].

Badanie metodą MRI w SM należy do podstawowych narzędzi diagnostycznych. Pozwala ono na uwidocznienie zmian demielinizacyjnych w OUN co stało się kluczowe dla ostatecznej diagnozy i monitorowania przebiegu choroby [78]. Kryteria MRI dla SM opierają się na obecności zmian demielinizacyjnych w istocie białej OUN, które są uważane za typowe dla tego zaburzenia pod względem morfologii, ewolucji i nieprawidłowości sygnałów w konwencjonalnych sekwencjach MRI- zmiany ogniskowe najlepiej są uwidocznione w sekwencji T2 oraz przy zastosowaniu MRI z kontrastem (gadolina) w sekwencji T1 [79]. Zmiany T1 określane są jako tzw.: „czarne dziury”, które uważane są za przewlekłe zamiany, charakteryzujące się ciężkim uszkodzeniem aksonalnym [79]. Wzmocnienie po podaniu gadoliny może być obrączkowe wypełnić całą zmianę i stanowi pierwszy sygnał pojawiania się nowych ognisk zapalnych. Wzorzec wzmocnienia gadolinu w SM jest zmienny, ale prawie zawsze przejściowy (2–8 tygodni, chociaż zwykle <4 tygodnie) [80, 81]. Istotnym jest, aby zwiększyć specyficzność obrazu należy posługiwać się wytycznymi dla oceny MRI według kryteriów McDonald'a [81].

Kliniczny początek SM określany jest jako klinicznie izolowany zespół (clinical isolated syndrome-CIS). Pomimo, iż CIS nie jest uwzględniany we wczesnych opisach choroby, obecnie uznawany jest za pierwszą manifestację kliniczną choroby, która wykazuje cechy jedno- bądź wielogniskowe w zależności od lokalizacji zmiany demielinizacyjnej.

Cechy te mogą wskazywać na SM, jednak nie spełniają na samym początku kryteriów rozprzestrzeniania w czasie. Badania kliniczne terapii modyfikujących chorobę CIS w połączeniu ze zmianami w mózgu niesie ze sobą ryzyko spełnienia kryteriów diagnostycznych SM [82, 83].

Patologiczną cechą wszystkich fenotypów SM jest występowanie ogniskowych blaszek tj.: ogniskowych zmian demielinizacyjnych, które charakteryzują się rozpadem bariery krew-mózg (blood-brain barrier-BBB). Mechanizmy rozpadu BBB nie są szczegółowo opisane w literaturze, jednak wiadomym jest, iż udział w rozpadzie bariery mają cytokiny prozapalne i chemokiny tj.: TNF, IL-1 β i IL-6 [84]. Zniszczenie BBB prowadzi do migracji aktywnych limfocytów T oraz B do OUN co prowadzi do dalszego procesu zapalnego i kolejnych zmian demielinizacyjnych, reaktywnej glejzozy oraz zwyrodnienia nerwowo-aksonalnego. Najliczniej, ogniska demielinizacyjne występują w istocie białej, w mózgu, rdzeniu kręgowym i nerwie wzrokowym [85]. Choć anatomia lokalizacja zmian w istocie białej jest związana z określonymi objawami klinicznymi SM, całkowita objętość tych zmian jest tylko minimalnie skorelowana z ogólną niepełnosprawnością kliniczną i zaburzeniami poznawczymi ze względu na udział innych mechanizmów patofizjologicznych tj.: występowanie ognisk demielinizacyjnych w istocie szarej, moście, śródmózgowiu, mózdzku, pniu mózgu a także w korze mózgowej oraz w jądrach podstawy [86, 87]. Zmiany te ostatecznie skutkują głęboką utratą i atrofią tkanki mózgowej, która jest najbardziej widoczna w postępującym stadium choroby [88, 89]. Podobnie jak inne ataki SM, epizod powinien trwać co najmniej 24 godziny i występować bez gorączki lub infekcji. Nawroty SM zwykle rozwijają się podostro w ciągu godzin lub dni, ewoluując do kilku tygodni, a następnie stopniowo wracają do zdrowia. We wczesnym SM często dochodzi do całkowitego wyzdrowienia klinicznego po nawrotach; jednakże większość nawrotów pozostawia pewne deficyty. Wraz z utratą rezerwy neuronalnej powrót do zdrowia po nawrotach staje się niepełny i narastają deficyty neurologiczne prowadzące do trwałej niepełnosprawności. Szacuje się, że pacjentów z CIS jest około 50-70% [90].

Bardziej skomplikowanym zespołem jest RIS- zespół izolowany radiologicznie, w którym wyniki badań obrazowych wykazują zmiany demielinizacyjne przy braku jakichkolwiek objawów klinicznych. RIS nie został uznany za podtyp SM, gdyż brakuje objawów klinicznych charakterystycznych dla choroby demielinizacyjnej, co jest obecnym kryterium diagnostycznym z SM [91]. Jednak RIS może dać podejrzenie SM w zależności od wyników morfologii i lokalizacji zmian MRI. Zmiany w obrazowaniu mózgu wysoce sugerujące chorobę demielinizacyjną niosą ze sobą największe ryzyko przyszłych objawów

klinicznych SM. Prawdopodobieństwo ostatecznego rozpoznania SM sugerują bezobjawowe uszkodzenie rdzenia kręgowego oraz dodatnie wyniki w płynie mózgowo-rdzeniowym [92].

Klasyczny podział podtypów SM można podzielić na cztery główne kategorie w zależności od przebiegu choroby [93]:

- a) Rzutowo-remisyjną postać SM (RRMS- relapsing remitting MS),
- b) Pierwotnie postępującą postać SM (PPMS- primary progressive MS),
- c) Wtórnie postępującą postać SM (SPMS- secondary progressive MS),
- d) Postać postępująco-nawracającą SM (PRMS- progressive relapsing MS).

Postać rzutowo-remisyjna SM jest najczęstszym podtypem SM i występuje u 87% osób z SM. Charakteryzuje się niespodziewanymi zaostrzonymi atakami, po których następują okresy remisji (objawy łagodzą się lub całkowicie zanikają). Podczas RRSM dochodzi do napadów zapalnych mieliny i włókien nerwowych. Aktywowane komórki odpornościowe powodują zmiany chorobowe w OUN, które powodują objawy zaburzeń widzenia, mrowienia i drętwienia, spastyczności, napadów zmęczenia, zaburzeń uczenia się i pamięci oraz zaburzeń jelitowych i pęcherza moczowego [94].

Pierwotnie postępująca postać SM opisuje pacjentów z postępującym pogorszeniem funkcji neurologicznych od momentu wystąpienia choroby. Około 10-15% osób posiada zdiagnozowaną postać PPMS. Ta postać SM w szczególności wpływa na rdzeń kręgowy, mniej na uszkodzenia mózgu. Objawy najczęściej obejmują problemy z równowagą, chodzeniem, ogólne osłabienie i sztywność [95].

Wtórnie postępująca postać SM rozwija się zwykle po 10-15 latach po stwierdzeniu postaci RRMS. Charakteryzuje się ona szeroko idącym uszkodzeniem istoty szarej i białej z leżącą u podstaw patogenezą neurodegeneracyjną a mniej procesem zapalnym. Jak dotąd nie ma jasnych kryteriów klinicznych, immunologicznych, obrazowych lub patologicznych, które pozwoliłyby określić punkt przejściowy, w którym RRMS przechodzi w SPMS [89, 96].

Postać postępująco-nawracająca SM jest najmniej powszechną postacią SM. Występuje u około 5% pacjentów i charakteryzuje się zaburzeniami widzenia, dysfunkcjami pęcherza moczowego i jelit oraz seksualnymi, zawrotami i bólami głowy oraz zaburzeniami emocjonalnymi (depresją). Postać ta od samego początku postępuje a także pojawiają się okresy nawrotów choroby z wyraźnymi zaostrzeniami. Nie obserwuje się okresów remisji [36].

Objawy SM należą do nieprzewidywalnych i bardzo niepewnych. Ponieważ choroba ta może wpływać na każdy obszar OUN, może generować prawie każdy objaw neurologiczny. Klinicznie SM charakteryzuje się dyskretnymi epizodami tj.: „rzutami” lub „nawrotami” zaburzeń neurologicznych. Objawy wywołane przez te epizody znacznie się różnią u poszczególnych pacjentów i zależą od zajętego obszaru neurologicznego. W przebiegu SM występujące nieprawidłowości wydają się być bardziej dominujące lub mają większy wpływ na sprawność funkcjonalną. W tabeli 1 wymieniono najbardziej powszechne objawy SM, które mogą pojawiać się podczas różnych przebiegów choroby [10, 97].

Tabela 2. Powszechne objawy SM

Najbardziej powszechne objawy SM	
Objawy pierwotne	- zaburzenia czucia, do których zaliczamy: <ul style="list-style-type: none"> • drętwienie, • mrowienie, • pieczenie, • swędzenie, - zaburzenia motoryczne o charakterze napadowym, - zaburzenia widzenia, zapalenie nerwu wzrokowego, - zmęczenie, -zaburzenia funkcji poznawczych i emocjonalnych, - zawroty głowy i bóle głowy,
Objawy wtórne	- zaburzenia autonomiczne (w tym objawy uszkodzenia pnia mózgu i rdzenia kręgowego).
Objawy trzeciorzędowe	- problematyka społeczna, - problematyka zawodowa, - problematyka psychologiczna.

/Źródło: Compston A, Coles A. Multiple sclerosis. Lancet. 2008; 372(9648): 1502-1517/

Światowa Organizacja Zdrowia (World Health Organization-WHO) zdefiniowała zaburzenia czucia jako bardzo częsty i powszechny objaw SM [98]. W badaniach autorów Sanders, Leocani i Merchut do około 80% pacjentów z SM biorących udział w badaniu wykazywało pewien stopień zaburzeń czucia [99-101]. Często stwierdzanym zaburzeniem czucia jest objaw Lhermitte’a. Objaw jest używany do opisanie wrażenia porażenia prądem rozciągającym się wzdłuż kręgosłupa i/lub kończyn po wykonaniu biernego przygięcia karku. Objaw chociaż nie był patognomiczny został zgłoszony jako wczesny objaw SM przy braku innych objawów przedmiotowych i podmiotowych [102-103].

Istnieje wiele dowodów na to, że system sensoryczny odgrywa istotną rolę w kontrolowaniu postawy i równowagi człowieka. Badania Prosperini i Cameron wykazują, że nieprawidłowa integracja ścieżek nerwowych spowodowana rozległym i zróżnicowanym

uszkodzeniem OUN u pacjentów z SM może wpływać na kontrolę postawy oraz na zaburzenia równowagi i chodu. Kontrola postawy może być także upośledzona przez uszkodzenie narządów obwodowych wywołane przez SM, zapewniające bodźce czuciowe do OUN lub bodźce zaangażowane w wydajność motoryczną [104-105]. Kontrola postawy wymaga dźwiękowego funkcjonowania wielu powiązanych ze sobą systemów, w tym czuciowych, motorycznych i poznawczych stąd wniosek, iż nienaruszona informacja somatosensoryczna jest niezbędna do dostarczenia informacji zwrotnej na temat aktywności motorycznej, mobilności człowieka i uczenia się motorycznego, co jest bardzo ważne dla pacjentów z SM [106].

Zaburzenia o charakterze napadowym to heterogeniczna grupa zdarzeń, które związane są z zaangażowaniem ścieżek / ośrodków motorycznych, czuciowych, pnia mózgu i / lub mózdzku. Do tej grupy zaliczamy:

- a) Napadowe dyskinezy- to grupa hiperkinetycznych zaburzeń ruchowych charakteryzujących się nawracającymi epizodami dystonii, płasawicy, atetozы lub kombinacji tych ostatnich. Dystonia napadowa jest drugim najczęstszym opisywanym zaburzeniem ruchowym w SM. Zdarzenia te znane są jako skurcze toniczne obejmujące nagle, dynamiczne i mimowolne dystoniczne postawy. Dystonię napadową można podzielić na bolesną, bezbolesną, kinezogenną, niekinezogenną oraz uogólnioną i ogniskową [107-109]. Dystonia uogólniona jest opisywana jako epizod jednostronnego zgięcia kończyny górnej i wyprostu kończyny dolnej z możliwością rozprzestrzenienia się na szyję lub twarz [109-110]. Formy ogniskowe obejmują dystonię gardłową, dystonię ustno-żuchwową i dystonię dłoni (skurcz pisarza) [110-111]. Epizody te są wywoływane przez hiperwentylację, ruch, stres fizyczny lub emocjonalny. Trwają około 1 minutę i mają tendencję do stopniowego zwiększania się ilościowego z czasem, dochodząc nawet do 100 razy dziennie [108, 110]. Początek epizodu dystonicznego może dawać objawy niekomfortowego uczucia po tej samej stronie lub po drugiej stronie ciała [111]. Może to być spowodowane delikatnymi skurczami mięśni, niedostatecznymi aby spowodować widoczny ruch. Inne towarzyszące objawy obejmują patologiczny śmiech i zaburzenia autonomiczne, tj.: pocenie się, nadpobudliwe szmery jelitowe oraz piloerekcje [112-113]. Już w 1975 roku badacze Osterman i wsp. wykazali, że napadowe epizody dystoniczne mogą występować z każdym uszkodzeniem dróg motorycznych [114].

- b) Drgania włóknkowe mięśni połowy twarzy- definiowane są jako skurcze mięśni zlokalizowanych na twarzy w okolicy oka (orbicularis oculi muscles- mięsień okrężny oka). W przypadku SM miokymia twarzy może rozwinąć się w nietrwale przykurcze jako skurcze połowicze twarzy, trwałe przykurcze jako niedowładny przykurcz połowiczy twarzowy lub porażenie nerwu ruchowego dolnego twarzy. Utrzymujący się ponad 6 miesięcy lub postępująca miokymia twarzy powinna wzbudzić podejrzenie przyczyn wtórnych, w tym SM [115-116].
- c) Napadowa słabość- ma wiele punktów podobieństwa do innych objawów napadowych pod względem częstotliwości, czasu trwania, czynników wywołujących oraz możliwości leczenia. Pacjenci w badaniach Twomeny i wsp. opisywali swoje osłabienie jako „blokowanie kolan”, „uczucie ciężkości ciała”, „nieoczekiwane i niespodziewane upadki” oraz „wypadanie przedmiotów z rąk” w zależności od tego, które kończyny są objęte napadem w danym momencie [117]. Czasami epizody motoryczne są związane z towarzyszącymi objawami tj.: niewyraźne widzenie, zawroty głowy, parestezje, patologiczny śmiech i nietrzymanie moczu [118].

Zaburzenia widzenia oraz ostre zapalenie nerwu wzrokowego (optic neuritis- ON) są objawami obecnymi u około 20% pacjentów z SM i dotyka około 50% pacjentów z SM na późniejszym etapie przebiegu choroby [119-120]. Jest jednym z najczęstszych początkowych klinicznych objawów SM bez wcześniejszej historii zdarzenia demielinizacyjnego. Ogólna charakterystyka ON obejmuje jednostronną, podostrą i bolesną utratę wzroku bez ogólnoustrojowych lub innych objawów neurologicznych. Zapalenie nerwu wzrokowego jest najczęściej obserwowany u młodych kobiet. Objawy są przeważnie jednofazowe, ale rzadko mogą być wielofazowe z nawracającymi nawrotami. Nietypowe cechy obejmują utratę bólu przed objawami klinicznymi, błądność nerwu wzrokowego od początku, całkowitą utratę wzroku bez poprawy w przebiegu choroby oraz objawy obustronne [121]. Typowe charakterystyczne objawy ON obejmują problemy ze wzrokiem, ból okołoooczodołowy oraz zaburzenia widzenia kolorów. Utrata wzroku jest zwykle jednostronna, a ubytki mogą mieć nasilenie od łagodnego (20/20) do ciężkiego tj.: brak percepcji światła. Pacjenci zwykle skarżą się na okołogałkowy ból pozaoczny poprzedzający utratę wzroku, która często występuje przy ruchach oczu. Uszkodzenia pola widzenia są również częste w ostrej fazie demielinizacji ON. W ON obserwuje się różne wzorce pola widzenia i obejmują one rozlane wady pola widzenia lub ogniskowe wady [122].

Zmęczenie jest zaliczane do jednych z trzech najczęstszych objawów SM stanowiącym około 70-90% wszystkich przypadków, które aż u 50% pacjentów jest objawem dominującym a także wywiera największy wpływ na jakość życia pacjentów [123-124].

W 1980 roku neurolog Jean-Martin Charcot podjął pierwszą próbę zdefiniowania patologii i objawów klinicznych, w tym upośledzenia funkcji poznawczych (cognitive impairment-CI) w SM. Jednak już we wczesnych latach pięćdziesiątych XX wieku rozpoczęto badania neuropsychologiczne pacjentów z SM z wykorzystaniem wystandaryzowanych miar neuropsychologicznych, które potwierdziły, że CI mogą być ściśle powiązane z SM. Niemniej jednak tak wczesne badania sugerowały, iż deficyty poznawcze dotyczą głównie przewlekłej fazy choroby [125]. Od tego czasu nie ma prawie żadnych danych na temat dysfunkcji poznawczych w SM. Aktualnie CI jest uznawane za jeden z najczęstszych objawów wielu chorób ośrodkowego układu nerwowego, w tym SM. Zaburzenie funkcji poznawczych jest dość powszechną cechą SM i dotyka około od 40% do 70% pacjentów w dowolnym momencie przebiegu choroby [126]. Wzorzec neuropsychologiczny zwykle charakteryzuje się zaburzeniem szybkości przetwarzania informacji i złożonej uwagi, funkcji wykonawczych, pamięci epizodycznej, oraz zdolności wzrokowo-przestrzennych. Niezależnie od czasu trwania choroby i stopnia niepełnosprawności fizycznej, CI ma znaczny wpływ na funkcjonowanie osób dotkniętych chorobą i negatywnie wpływa na różne aspekty jakości życia pacjentów. W porównaniu z pacjentami z zachowanymi funkcjami poznawczymi, pacjenci z CI doświadczają w rzeczywistości niższego poziomu aktywności i uczestnictwa w życiu codziennym, pracy i życiu społecznym [125]. Ponadto CI stwarzają poważny problem ze strategiami radzenia sobie z przestrzeganiem zaleceń terapeutycznych i możliwością odnoszenia korzyści ze strategii rehabilitacyjnych [127].

Zaburzenia funkcji emocjonalnych także należą do dość częstych objawów SM. Depresja i lęk to jedne z najczęstszych problemów psychicznych u pacjentów z SM. Aż 50% pacjentów z SM doświadczają objawów depresji oraz 7.5-krotnie wzrasta ryzyko samobójstwa w SM niż w ogólnej zdrowej populacji [128-129]. Depresja może rozwijać się na początku choroby, jak i w późniejszym jej stadium. SM to wieloczynnikowe, złożone zaburzenie, dlatego może wpływać nie tylko na OUN, ale także na układ neuroendokryny odpowiedzialny za emocje i przyczyniać się do zaburzeń w sferze emocjonalnej [130].

Około $\frac{2}{3}$ osób z SM skarży się na zawroty i bóle głowy. Podstawą tych dolegliwości w większości jest silna migrena [131]. W badaniach Nurses' Health Study II migreny

przypisywaną częściej kobietom z SM niż mężczyznom. Dokładna diagnoza migreny jest istotna w SM, gdyż ważnym jest odróżnić migrenę od symptomatologii SM, wskazać odpowiednie leczenie i nie błędnie sklasyfikować objawów migreny jako objawów rzutu choroby Osoby z migreną zmieniają percepcję sensoryczną co wpływa na odczuwanie przez pacjenta niektórych objawów związanych z SM, takich jak zmęczenie i ból neuropatyczny [132-133].

Dysfunkcje autonomiczne są powszechną i znaczącą przyczyną niepełnosprawności wśród pacjentów z SM. Do najczęstszych objawów należą dysfunkcje pęcherza moczowego i jelit oraz zaburzenia termoregulacji. Większość pacjentów z SM i objawową dysregulacją układu autonomicznego ma zazwyczaj długą historię SM i jest w znacznym stopniu niepełnosprawna. Pacjenci z SM wykazują różne objawy dysfunkcji dolnych dróg moczowych, od nadaktywności wypieracza po arefleksję wypieracza. Te objawy są zgodne z tą samą naturalną historią przebiegu SM. Jednym z najczęstszych objawów pęcherza neurogenego w SM jest hiperrefleksja wypieracza - pęcherz „nadreaktywny” - który występuje u około 2/3 pacjentów z SM [134-135]. Kolejnym objawem ze strony układu autonomicznego jest wrażliwość na ciepło. Jest to zjawisko wciąż słabo poznane. U ponad 60% pacjentów z SM dochodzi do pogorszenia objawów neurologicznych w wyniku wzrostu temperatury ciała wywołanego wysiłkiem fizycznym i środowiskowym. Wrażliwość na ciepło w SM jest zjawiskiem fizjologicznym, którego główną przyczyną jest zależne od temperatury spowolnienie lub blokowanie przewodnictwa nerwowego w zdmielinizowanych nerwach w OUN z powodu zmian temperatury [136-137].

Stwardnienie rozsiane jest chorobą, która znacznie utrudnia podstawowe czynności codzienne jak i czynności społeczne i zawodowe. Nieznana przyczyna choroby, długi przebieg, rosnąca niepełnosprawność i brak możliwości całkowitego wyleczenia choroby narażają osoby z SM na trudności w rozumieniu i radzeniu sobie z chorobą. Osoby z SM wykazują znaczenie słabszą adaptację psychologiczną (duże skłonności do depresji, lęku oraz niższą jakość życia) w porównaniu z populacją ogólną [138-139].

1.3 Zaburzenia funkcjonalne w stwardnieniu rozsianym

Siła mięśniowa w stwardnieniu rozsianym

Stwardnienie rozsiane jest przewlekłą chorobą zapalną OUN, której konsekwencje doprowadzają do szeregu zaburzeń funkcjonalnych. Jednym z tych upośledzeń jest zmniejszenie funkcji mechanicznej mięśni tzn.: siły dynamicznej, izometrycznej i eksplozywnej (maksymalna siła osiągnięta w najkrótszym czasie, pozwalająca na uzyskanie optymalnej siły w najkrótszym czasie) [140]. Zmniejszenie funkcji mechanicznej mięśni może mieć poważne konsekwencje u osób z SM na wszystkich poziomach w modelu Międzynarodowej Klasyfikacji Funkcjonowania Niepełnosprawności i Zdrowia (ICF) [141]. Zaburzenia czynności mięśni mogą objawiać się sztywnością, osłabieniem lub mimowolnymi działaniami mięśni, które ograniczają możliwości prawidłowego funkcjonowania układu mięśniowego. Osłabienie najczęściej dotyczy obu kończyn dolnych i jednej kończyny górnej po tej samej stronie. Osłabienie mięśni ma tendencję do narastania wraz postępowaniem choroby, niezależnie od jej typu [142].

Badacze Scott SM i wsp. w swoich badaniach nad napięciem mięśni opisują, że osoby z SM, które posiadają zmniejszoną siłę mięśniową i aktywność fizyczną posiadają szybszą prędkość przewodzenia włókien mięśniowych wraz ze zmniejszoną wartością średniej kwadratowej siły podczas skurczu izometrycznego. Oznacza to, że napięcie mięśni podczas skurczu izometrycznego u osób z SM jest mniejsze niż u osób zdrowych. Autorzy udowodnili także, że prędkość przewodzenia włókien mięśniowych jest znacznie szybsza podczas wykonywania maksymalnego skurczu dobrowolnego oraz serii maksymalnych skurczów statycznych niż u osób zdrowych prowadzących siedzący tryb życia [143]. Z kolei badacze z Uniwersytetu w Massachusetts wykazali, że osoby z SM posiadają znaczną asymetrię w mocy pomiędzy prostownikami w stawie kolanowym niż osoby zdrowe. Dodatkowo osoby z SM, które zgłaszały większe zmęczenie podczas wykonywania na dynamometrze pracy izometrycznej przy wyproście stawu kolanowo posiadały większą asymetrię mięśniową [144].

Ponadto nieliczne zagraniczne doniesienia naukowe mówiące o deficytach siły mięśniowej u osób z SM wykazują, że zaburzenia w sile mięśniowej są najbardziej widoczne podczas dynamicznych skurczów mięśni przy dużych prędkościach, uwidaczniając wpływ choroby na siłę mięśni kończyn dolnych [145-146]. Moc kończyn dolnych ma fundamentalne znaczenie dla funkcjonalnej mobilności i wydajności wraz z osiągnięciem wieku starszego, podkreślając znaczenie tych deficytów [147]. Zmniejszona siła mięśni kończyn dolnych

niekorzystnie wpływa na chód i jego jakość, równowagę, umiejętność wstawania. Osłabienie mięśni powoduje utratę ruchomości i funkcji kończyn, zmienia postawę i powoduje nieprawidłowe obciążenie wielu struktur niezbędnych do poruszania się [148-149]. To z kolei przekłada się na zmniejszenie aktywności fizycznej ogólnej obserwowanej u osób z SM, co zwiększa ryzyko zgonu [150]. Niewiadomym jest czy występujące asymetrie kończyn dolnych w rozkładzie obciążania kończyn mogą wynikać z obustronnej asymetrii siły, przyczyniając się do zaburzeń postawy ciała osób z SM. Istotnym są zmiany w bodźcach sensorycznych, tj.: objawowe zmęczenie i osłabienie mięśni, które mogą przyczyniać się do dużych ograniczeń w funkcjonowaniu fizycznym w SM [146, 151].

Niedowłady spowodowane uszkodzeniem OUN są pierwotną przyczyną zaburzenia funkcji mięśni i obniżenia ich siły. U osób z SM znacznie częściej niedowładom ulegają kończyny dolne niż kończyny górne [152]. Niedowłady jako jedne z pierwszych objawów SM wynikają najczęściej z uszkodzenia rdzenia kręgowego. Mogą pojawiać się jako niedowłady czterokończynowe (tetrapareza) rzadziej jako niedowłady połowicze (hemipareza). Oprócz niedowładów obecna jest także spastyczność oraz patologiczne objawy tj.: Babińskiego, Rossolimo i Openheima. Wraz z postępem choroby niedowłady stają się dominującym zaburzeniem, które decyduje o późniejszym poziomie niepełnosprawności osoby z SM [153].

Równowaga ciała w stwardnieniu rozsianym

Osoby z SM często mają zaburzoną kontrolę postawy, co leży u podstaw ich dysfunkcji równoważnych i zwiększonego ryzyka upadków [154]. Na podstawie badań nad równowagą w SM wydaje się, że główne mechanizmy prowadzące do zmian w zakresie równowagi ciała to spowolnienie przewodzenia somatosensorycznego i upośledzona integracja centralna. Badania ukazują, że osoby z SM mają zaburzenia równowagi charakteryzujące się zwiększonym zakresem amplitudy mimowolnych wychwiał środka pola podparcia ciała aż do granicy stabilności postawy, znacznie zwolnioną reakcją na te zaburzenia i opóźnioną zdolnością do poruszania się w kierunku granicy utrzymania stabilności postawy [155-156]. Wiele osób z SM ma nieprawidłową równowagę co doprowadza dość często do upadków [156-157]. Brak równowagi jest także początkowym objawem SM. Kontrola równowagi ciała wymaga wielu funkcji kontrolowanych przez OUN, a SM może wpływać na zdecydowaną większość lub wszystkie z tych funkcji, dlatego uważa się, że u osób z SM równowaga jest bardzo często zaburzona. W badaniach Jackson, Soyuer i Martin wykazano, że zaburzenia równowagi często występują u z SM, w tym u osób ze znacznymi zaburzeniami, a także u osób

z minimalnymi lub nawet bez klinicznie ocenianych zaburzeń [158-160]. Przyjmuje się, że zaburzenia równowagi występują u 50–80% osób z SM. Dysfunkcja równowagi występuje w trakcie przebiegu SM i chociaż jest gorsza w przypadku powtarzających się nawrotów, występuje także między nawrotami oraz u osób z postępującym SM [161]. Powyższe badania także ukazują, że osoby z SM mają trzy ściśle ze sobą powiązane nieprawidłowości zachowania kontroli równowagi:

- Zmniejszona zdolność do utrzymania pozycji stojącej,
- Ograniczony i powolny ruch w kierunku granicy stabilności,
- Opóźniona reakcja na zmiany postawy i zaburzenia.

W wielu badaniach oceniano równowagę stojącą u osób ze SM [106, 144, 162-163]. Jednak niezależnie od metody testowania stwierdza się, że osoby z SM mają ograniczoną zdolność do utrzymania pozycji w porównaniu z osobami zdrowymi. Ogólnymi wnioskami z powyższych badań są [106, 144, 162-163]:

- Osoby z SM posiadają wyraźnie wzmożone zaburzenia równowagi w swobodnej pozycji stojącej z otwartymi oczami niż osoby zdrowe,
- Zaburzenia równowagi ciała u osób z SM jest większe niż u osób zdrowych podczas pozycji stojącej z zamkniętymi oczami,
- Upośledzenie równowagi jest tym większe im wyższy wynik w skali EDSS,
- Osobom z SM jest znacznie trudniej utrzymać postawę stojącą niż osobom zdrowym przy zmniejszonej płaszczyźnie podparcia.

Osoby z SM posiadają upośledzoną zdolność zbliżania się do własnych granic stabilności tzn.: kontrolowanego wychylenia ciała w dowolnym kierunku bez utraty równowagi. Zostało to przetestowane w teście „sięgania” Duncan, w którym wykazano, że osoby z SM w porównaniu ze zdrowymi osobami poruszają się znacznie wolniej, próbując dosięgnąć dany przedmiot i mają zmniejszone przesunięcie środka nacisku podczas dobrowolnego pochylenia się i sięgania. Podczas inicjacji chodu, kiedy osoba z SM musi pochylić się do przodu, aby przesunąć środek masy do przodu (wychodzenie z pozycji stojącej), osoby z SM przemieszczają środek masy coraz wolniej i mniej zbliżają się do granic stabilności [159-161, 164].

W badaniach Jackson, Cameron i Diener stwierdzono, że oprócz ograniczonej zdolności stabilności postawy i zmniejszonej zdolności poruszania się w kierunku granic stabilności,

osoby z SM mają słabą kontrolę nad tułowiem i opóźnione reakcje postawy, gdy płaszczyzna podparcia jest niestabilna w porównaniu z osobami zdrowymi [158, 165-166].

Istotnym zaburzeniem w SM jest także zaburzenie równowagi statycznej i dynamicznej. W wielu badaniach oceniana była równowaga statyczna i dynamiczna jednak związek pomiędzy tymi zdolnościami osób z SM nie jest jednak do końca poznany. Jedynym wnioskiem z badań naukowców jest iż niezależnie od metody badania czy wykorzystania odpowiedniego narzędzia diagnostycznego stwierdza się, że osoby z SM posiadają zaburzenia równowagi zarówno statycznej jak i dynamicznej (badania Soyuer, Huisinga, Prosperini i wsp.) [159, 163, 167]. Badania Prosperini i wsp. dodatkowo ukazują, iż równowaga statyczna jest znacznie bardziej zaburzona u osób z wyższą punktacją w skali EDSS [167].

Chód w stwardnieniu rozsianym

Zaburzenia chodu są częstym objawem SM. Na początku zazwyczaj są łagodne, kiedy nie ma widocznej niepełnosprawności (w skali EDSS 0-1,5) i pogarszają się z czasem [168]. Tolerancja chodu, szybkość chodu i jakość chodu są składowymi miar niepełnosprawności związanej z chorobą i późniejszą niepełnosprawnością. Istnieje wiele badań naukowych potwierdzających, iż osoby z SM posiadają zaburzony wzorzec chodu niż osoby zdrowe tj.: chodzą znacznie wolniej, posiadają zmniejszoną długość kroku, mają zmniejszony zakres ruchu w stawach podczas chodu, a ponad to zwalniają i znacznie wydłużają zmienność czasu fazy podwójnego podparcia podczas chodu i podczas wykonywania w tym samym czasie innych czynności motorycznych czy poznawczych [144, 169-171]. Podczas chodu osoby z SM mają tendencję do ograniczonego ruchu stawów biodrowych i skokowych oraz zwiększonego ruchu w stawie kolanowym, z nadmiernym wyprostem kolana i zmniejszoną siłą odpychania podczas oderwania pięty od podłoża [172]. Choć umiejscowienie, wielkość i liczba zmian chorobowych w SM różnią się u każdego pacjenta, powodując różne rodzaje zaburzeń chodu i nasilenie obecnych już deficytów chodu to deficyty chodu w SM mają wspólne cechy.

Niedowłady kończyn dolnych, zaburzenia napięcia mięśniowego, zaburzenia równowagi i koordynacji ruchowej wywołane SM powodują zaburzenia wzorca chodu w zakresie biomechaniki, wzorca i efektywności [173]. Funkcjonalnie chód osób z SM jest istotnie wolniejszy, istotnie ograniczony w zakresie dystansu jaki może pokonać osoba z SM a także ile pomocy potrzebuje aby przejść określony dystans, z jaką prędkością oraz ryzyka upadku.

SM jest również związane ze zmniejszoną ilością chodzenia w życiu codziennym [174]. Zaburzenia chodu występujące w SM są ściśle powiązane z założeniami ICF dotyczącymi aktywności i uczestniczenia tj.: ograniczona możliwość chodzenia ma wpływ na czynny udział w życiu społecznym i zawodowym (uczestniczenie) oraz zahamowanie procesu chodzenia wiąże się ze spadkiem aktywności fizycznej (aktywność) [175].

Zaburzenia chodu są jednym z najczęściej zgłaszanych dysfunkcji i zostały opisane jako jeden z najbardziej wpływających na jakość życia objawów [176]. Zwracając uwagę na to, że trudności z chodzeniem są głównym objawem SM, udokumentowanie zaburzeń chodu jest ważne dla monitorowania postępu choroby i rehabilitacji w SM. Oczywistym jest, że osoby z SM posiadają większą zmienność chodu na krótkim i długim dystansie, to mechanizmy leżące u podstaw zaburzeń chodu nie są do końca jasne. Opierając się na założeniu badaczy Roos i Dingwell, że kontrola chodu obejmuje liczne procesy nerwowe oraz koordynację tułowia i kończyn, najprawdopodobniej nie jest to pojedynczy mechanizm indywidualny, ale raczej połączenie deficytów, które przyczyniają się do zmienności chodu [177]. Innym aspektem SM, który był badany w związku ze zmiennością chodu, jest zmęczenie, które jest związane z upośledzeniem chodu [178]. Istnieją ograniczone dowody na związek pomiędzy zaburzeniami chodu a zmęczeniem. Obecnie wiadomym jest, iż zmęczenie znacznie wpływa na zmienność chodu na krótkich i długich dystansach, a także że poziom zmęczenia rośnie wprost proporcjonalnie do rodzaju podłoża po, którym porusza się osoba z SM [179]. Dodatkowo obniżona siła mięśniowa, a także zaburzenia równowagi i czucia głębokiego są związane ze zmiennością chodu u osób z SM [180].

Kolejnym czynnikiem, który może mieć związek ze zwiększoną zmiennością chodu u osób z SM, jest spastyczność. Spastyczność czyli nadmiernie nasilony odruch rozciągania, występuje u 90% osób z SM i stwierdzono, że jest związana z zaburzeniami chodu. Badacze z Uniwersytetu Illinois wykazali, że osoby biorące udział w badaniu, zgłaszające duże obciążenie spastycznością miały zdecydowanie gorsze czasowe i przestrzenne parametry chodu tj.: zmniejszoną prędkość chodu, zwiększony czas wykonania kroku oraz wydłużenie fazy podparcia. Badacze udowodnili, że manifestacja i postrzeganie spastyczności wiążą się ze znacznie obniżonym poziomem mobilności u osób z SM w tym kinematyką chodu [181]. Do podobnych wniosków doszli badacze Jeng, Standroff i wsp. W swoich badaniach ukazali, że wzrost kosztu energetycznego u osób z SM silnie związany jest ze spastycznością oraz zaburzonymi parametrami czasowo-przestrzennymi chodu [182]. Także autorzy Phadke, Kunju i wsp. zbadali wpływ spastyczności na zmienność i asymetrię chodu u osób z SM. Badacze zaobserwowali podczas badań, że osoby z SM zgłaszające problemy ze spastycznością miały

zwiększoną asymetrię chodu oraz długości kroku niż osoby z SM posiadające poziom spastyczności na niskim poziomie [183]. Wnioskiem z badań jest, że im większa spastyczność tym zaburzenia chodu wzrastają. Ponadto spastyczność kończyn dolnych prowadzi do zmiany wyniku sterowania motorycznego podczas czynności lokomocji. Jednak jak do tej pory nie istnieją dowody na poparcie tej tezy [181].

Kolejnym czynnikiem wpływającym na zaburzenia chodu jest występowanie ataksji mózdkowej a co za tym idzie chodu ataktycznego. Wzorzec chodu u pacjentów z ataksją mózdkową charakteryzuje się zmniejszoną długością kroku, poszerzoną płaszczyzną podparcia, a także dużą zmiennością parametrów czasowo-przestrzennych [184]. Podczas gdy niektóre zmiany chodu ataktycznego tj.: podstawa podparcia i długość kroku odzwierciedlają kompensacyjne strategie przywracania równowagi, o tyle duża zmienność czasowo-przestrzenna chodu jest uważana za istotną patologiczną cechę chodu ataktycznego [184]. Zwiększone wahania między krokami podczas chodzenia wskazują na występowanie niestabilności podczas wykonywania powtarzających się poleceń lokomotorycznych. Wykazano, że istnieją dwa czynniki wpływające głównie na zmienny czas i przestrzenną nieregularność ułożenia stopy podczas chodzenia: dyskoordynacja w wielostawowych ruchach kończyn a także zaburzona, stabilna pozycja wyprostowana podczas chodzenia, która jest związana z nieregularnym ruchem w zapisach różnych segmentów ciała i środka masy. U pacjentów z ataksją mózdkową zarówno zaburzona integracja czuciowych sygnałów zwrotnych, jak i dyskoordynacja ruchów kończyn są odpowiedzialne za występowanie zwiększonych poziomów zmienności chodu. Ten patomechanizm przejawia się w nieregularnym wzorze chodu zarówno podczas wolnego, jak i szybkiego chodzenia [185].

Badania Schniepp i Hamilton wykazują, że silny związek ze zmiennością mechanizmów chodu mają ataktyczne zaburzenia ruchu [171, 186]. Charakteryzują się one dysmetrycznymi i hipermetrycznymi ruchami, które powodują znaczne upośledzenie funkcji lokomocji. Istnieją dowody naukowe na to, że osoby z ataksją mózdkową mają większą zmienność chodu niż osoby zdrowe, a wielkość zmienności chodu jest związana z szybkością chodu. Badacze Parring i Summers w swoich badaniach wykazali, że pacjenci z ataksją mózdkową mają zwiększoną zmienność chodu, zwłaszcza parametrów czasowych a także, że te osoby są znacznie bardziej narażone na upadki [187]. Do podobnych wniosków w swoich badaniach doszli badacze Ilg, Golla i wsp., którzy wykazali, że zmienność czasowa wzorców chodu jest istotnie skorelowana z występowaniem ataksji mózdkowej. Sugeruje to, że mechanizmy mózdku są zaangażowane w równowagę i koordynację oraz parametry chodu. Wyniki z badań ukazują, że parametry

chodu ataktycznego wpływają na zaburzenia równowagi a także na koordynację kończyn [188]. Jednak nie ma dowodów łączących ataksję ze zmiennością chodu u osób z SM [171, 186].

Zmęczenie w stwardnieniu rozsianym

Zmęczenie jest definiowane jako subiektywny brak energii fizycznej lub psychicznej, który przeszkadza w wykonywaniu codziennych czynności. Jest to bardzo szeroka definicja, która może przegrupować wiele procesów patofizjologicznych. Zmęczenie występuje powszechnie w SM i może być pierwszym objawem choroby oraz jest najbardziej wyniszczającym objawem dla pacjentów [189]. Opisy zmęczenia różnią się w zależności od pacjentów i naukowców. Podczas gdy pacjenci określają zmęczenie jako „złe samopoczucie”, „nadmierne zmęczenie”, lub „znaczne osłabienie”, badacze obserwują ten objaw z innej perspektywy. Autorzy uważają, że zmęczenie ma swoje źródło w OUN tj.: w górnych neuronach ruchowych, lub jest wynikiem zmniejszonej aktywności mięśni po intensywnym wysiłku fizycznym. Inni uważają, że zmęczenie jest następstwem braku motywacji do podjęcia jakiegokolwiek zadania ruchowego lub jest skutkiem subiektywnego spadku energii fizycznej bądź psychicznej [190-191].

Dokładna przyczyna występowania zmęczenia w SM nie jest dobrze znana, ale jej obraz jest wieloczynnikowy. Zmęczenie związane z SM można podzielić na „zmęczenie pierwotne”, które jest bezpośrednio związane z czynnikami chorobowymi, oraz „zmęczenie wtórne”, związane na z chorobami współistniejącymi [192]. Inne sugerowane etiologie zmęczenia w SM obejmują wydłużenie czasu przewodzenia układu nerwowego, obniżenie poziomu melatoniny, rozregulowanie układu odpornościowego lub wzrost cytokin, zaburzenia przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, czynniki psychologiczne, aktywacja mięśni w wyniku spastyczności, uszkodzenia neuronów ośrodkowego mózgu, uszkodzenia układu aktywującego siateczkowatość pnia mózgu, osłabienie mięśni oddechowych oraz zaburzenia snu [192-193]. W nielicznych badaniach zmęczenie korelowało z zanikiem istoty szarej lub białej, a także z postępującym zanikiem mózgu w czasie [194-195].

Pewne cechy osobowości są ściśle związane ze zmęczeniem u osób z SM. (w szczególności cechy takie jak neurotyzm, jak również niski poziom „ekstrawersji”). Poczucie bezradności oraz niekorzystne reakcje poznawcze i behawioralne są związane z wyższym poziomem zmęczenia. Chociaż jest mało prawdopodobne, aby te czynniki były główną przyczyną zmęczenia, mogą one wpływać na jego postrzeganie, pogłębiając je.

Odwrotnie, im wyższy poziom wykształcenia i poczucie własnej skuteczności tym poziom zmęczenia maleje [196-197].

Barriere funkcjonalne w stwardnieniu rozsianym

Objawy funkcjonalne i motoryczne występujące w różnych postaciach choroby mogą powodować pojawienie się barier w funkcjonowaniu osoby z SM. Głównymi barierami funkcjonalnymi osób z SM są problemy z możliwością przemieszczania się, zaburzenia koordynacji i równowagi, a także pojawiające się dość często zaburzenia na tle poznawczym. Wymienione wyżej objawy silnie wpływają na sprawność funkcjonalną, życie codzienne oraz na jakość życia pacjentów z SM. W Polsce problem barier funkcjonalnych osób z SM nie został jak do tej pory dokładnie zbadany, stąd obserwuje się bardzo mało doniesień naukowych na ten temat [214]. Pacjenci z SM charakteryzują się złą samooceną, niskim poziomem bądź brakiem samoakceptacji i akceptacji choroby. Wynika to z niemożności pomocy sobie, byciem zależnym od osób trzecich, deficytów ruchowych i bezsilności. Z tych powodów osoba z SM silnie izoluje się od społeczeństwa, bardzo ogranicza kontakty towarzyskie, nie uprawia aktywności fizycznej, co wiąże się z brakiem jakiegokolwiek sprawności funkcjonalnej, znacznie gorzej radzi sobie z chorobą i swoimi ograniczeniami [215].

Oprócz oczywistych objawów motorycznych i funkcjonalnych barierę w funkcjonowaniu osoby z SM stanowią także zaburzenia na tle poznawczym. Wskaźniki depresji i tych zaburzeń są znacznie wyższe u osób z SM niż w populacji ogólnej, co przyczynia się do nieakceptowania swojego życia, choroby a także życia z chorobą w społeczeństwie [216]. Upośledzenie funkcji poznawczych występuje na wszystkich etapach choroby i ujawnia się już we wczesnych postaciach tj.: w zespole CIS. W szczególności zaburzenia te dotyczą pamięci, koncentracji oraz szybkiego przetwarzania informacji [217]. Upośledzenie funkcji poznawczych ma szeroki negatywny wpływ na życie osób z SM, niezależnie od objawów fizycznych [126]. Najpoważniejszym skutkiem jest bezrobocie, które z powodu SM występuje w wielu krajach i pociąga za sobą koszty społeczne i osobiste [218]. Wykazano, że procesy poznawcze wpływają na niepełnosprawność i na status zatrudnienia. W ciągu 10 lat od diagnozy około 50% osób z SM jest bezrobotnych [219]. Do czynników ryzyka powodujących późniejsze bezrobocie u osób z SM należy płeć żeńska, niski poziom wykształcenia, stopień uszkodzenia neurologicznego, postępujący przebieg choroby a także specyficzne objawy, które towarzyszą chorobie na tle fizycznym i poznawczym [220]. Jednak w przypadku osób z SM znalezienie zatrudnienia ma pozytywny wpływ na samoocenę, swoje możliwości, jakość życia

związaną ze zdrowiem, status społeczny i finansowy co można uznać za wskaźnik ogólnego funkcjonowania osoby z SM. Zapewnienie dostępności miejsca zatrudnienia na rynku pracy dla osób z SM jest kluczowym aspektem dla zdrowia publicznego [221-222].

W piśmiennictwie odnotowano znaczną częstość i rozpowszechnienie objawów psychologicznych u pacjentów z SM w porównaniu z osobami o podobnym stopniu niepełnosprawności tj.: u osób z chorobą Parkinsona [223]. W rzeczywistości doświadczane zespoły medyczne pracujące w klinikach SM są świadome, że kompleksowe postępowanie z tymi pacjentami obejmuje wspomagające zrozumienie psychologicznego uprzedzenia każdego pacjenta w celu jak najwcześniejszego ujawnienia i leczenia wszystkich możliwych zaburzeń psychicznych lub psychologicznych [224].

Występowanie zmian psychologicznych można zauważyć jeszcze przed postawieniem diagnozy, gdy pacjenci doświadczają nieoczekiwanych pierwszych objawów neurologicznych i czują się bezradni i nie wiedzą co się z nimi dzieje, a następnie po otrzymaniu diagnozy [225]. W obu sytuacjach pacjenci zgłaszają strach, lęk, żal, złość, stracenie pewności siebie. Odczuwane emocje mogą powodować na późniejszych etapach choroby rozwój upośledzenia funkcji emocjonalnych [226]. Jednak badania Barker-Collo ukazują, że nieliczni pacjenci w momencie poznania diagnozy czuli pewnego rodzaju ulgę, gdyż mogli zrozumieć skąd biorą się ich obecne objawy [225].

Ogólnie objawy psychologiczne można przypisać wielu aspektom związanych z SM tj.: choroba wpływa na funkcjonowanie, ogranicza funkcje fizyczne i poznawcze, zakłóca rozwój edukacyjny, zawodowy, ogranicza życie rodzinne, towarzyskie, seksualne oraz funkcjonowanie w życiu codziennym. Wraz z rozwojem SM i wzrostem niepełnosprawności może to mieć istotny wpływ na poczucie własnej osoby, co oznacza, że pacjenci muszą stale na nowo definiować swój własny obraz, aby przezwyciężyć ograniczenia narzucone przez choroby. Postęp SM może również prowadzić do postrzeganego braku wsparcia społecznego, izolacji społecznej i wycofania społecznego [227-228]. Ponadto ciągle występujące uczucie niepewności z powodu możliwości zbliżającego się nawrotu w postaci rzutowo-remisyjnej (RRMS) lub nieprzyjemnych skutków ubocznych stosowanych leków, znacznie zaburza jakość życia. Depresja jest zdecydowanie najczęstszym zaburzeniem psychicznym w SM. Klinicznie częściej obserwuje się depresyjne napady lęku, złości, drażliwości i zaburzeń somatycznych niż apatii i wycofania [229]. Depresja występuje częściej podczas nawrotów choroby niż w fazie remisji w RRMS [230] a także gdy niepełnosprawność neurologiczna postępuje [229]. Badania autorów Amato i wsp. wykazały, iż depresja występuje u 54% pacjentów z łagodnym SM [231]. Przez objawy depresji wzrasta 7,5 krotnie ryzyko samobójstw a także prób

samobójczych w porównaniu z ogólną populacją [128-129]. W literaturze częstym objawem zaburzeń emocjonalnych jest także lęk. W niektórych badaniach stwierdza się, iż rozpowszechnienie lęku w SM waha się od 19% do 90%, co sugeruje, że uczucie lęku występuje częściej niż depresja i inne zmiany nastroju [232-233]. Ponadto wyższe wskaźniki lęku zaobserwowano u nowo zdiagnozowanych pacjentów [233]. W badaniach Kalb zostało ukazane, iż uczucie lęku może objawiać się ostrymi nawrotami w RRSM, które pacjenci odczuwają jako nieoczekiwane złe wspomnienia w związku z chorobą [234]. Badacze Chiaravalloti, Pia Amato i wsp., wykazali w swoich badaniach, iż poziom depresji i lęku wpływa na poziom jakości życia w trakcie pandemii COVID-19 [235].

Do innych zaburzeń na tle psychologicznym i psychiatrycznym u pacjentów z SM można zaliczyć zaburzenia nastroju i afektu. Objawy u osób z SM są bardzo podobne do populacji ogólnej cierpiącej na tego typu zaburzenia [236]. Choroba afektywna dwubiegunowa częściej występuje u osób z SM niż w populacji ogólnej. Badania Joffe i Schiffler dowodzą, iż 13% pacjentów z SM spełnia kryteria choroby maniakalno-depresyjnej, a także występują zwiekoszone wskaźniki choroby afektywnej dwubiegunowej aż 2-krotnie niż w populacji ogólnej [237-238]. Odwrotnie do choroby afektywnej dwubiegunowej, euforia jest zjawiskiem dość rzadkim w SM, jednak może ujawnić się ona na późniejszych etapach choroby, gdy niepełnosprawność jest już znaczna i ściśle związana z innymi zaburzeniami poznawczymi oraz obecnością rozległych uszkodzeń mózgu [239].

Do bardzo rzadkich objawów poznawczych u osób z SM należą mimowolne epizody śmiechu i płaczu- około 10% pacjentów z SM, psychozy oraz histeria [240].

1.4 Przegląd literatury

Istnieje wiele instrumentów opisujących nasilenie oraz postęp SM i są one coraz częściej wykorzystywane jako punkty końcowe do oceny skuteczności interwencji terapeutycznych. Powszechnie stosowanym przez klinicystów narzędziem diagnostycznym, oceniającym postęp niepełnosprawności w SM oraz skuteczność interwencji terapeutycznych jest rozszerzona skala niewydolności ruchowej Kurtzkiego (skala EDSS z ang. Expanded Disability Status Scale) [176, 241].

Szczegółowy przegląd piśmiennictwa pozwolił na odnalezienie badań wielu autorów, którzy w swoich pracach zwracają uwagę na nierówne odległości pomiędzy punktami w skali

EDSS, co prowadzi do zmienności znaczenia stopnia niepełnosprawności w zależności od zajmowanej pozycji w skali [242]. Skala EDSS nie uwzględnia także podziału pacjentów ze względu na poziom siły mięśniowej, równowagi, chodu czy poziomu zmęczenia, dlatego ważnym jest dokładne określenie różnic pomiędzy zajmowaną pozycją w skali. W związku z tym istnieje potrzeba przeprowadzenia dalszych badań w tym zakresie.

W dostępnym krajowym piśmiennictwie nie ma jak dotąd badań naukowych mówiących o korelacji parametrów siły mięśniowej, równowagi, chodu czy poziomu zmęczenia u osób z SM. Jednakże nieliczne, zagraniczne doniesienia naukowe wspominają o wyżej wymienionych korelacjach, ale bez uwzględnienia podziału chorych na zajmowaną pozycję w skali niewydolności ruchowej Kurtzkiego (EDSS). Badania te wskazują na ścisłą korelację pomiędzy osłabieniem mięśni kończyn dolnych a zaburzeniami równowagi, co z kolei stanowi czynnik predysponujący do nasilenia się stopnia zmęczenia u osób z SM [243]. Inne badania naukowe ukazują silną korelację pomiędzy niezależną mobilnością a siłą mięśni kończyn dolnych, jednak w dalszym ciągu bez uwzględniania podziału pacjentów ze względu na pozycję w skali EDSS [244].

Ozkul i wsp. wykazali, iż istnieje związek pomiędzy zmęczeniem a równowagą i siłą mięśni kończyn dolnych w szczególności mięśni prostowników stawu biodrowego. W badaniach stwierdzono, iż osłabienie mięśni prostowników stawu biodrowego i zaburzenia równowagi są czynnikami predysponującymi do nasilenia się zmęczenia u pacjentów z MS [243]. Natomiast badania Kasser i wsp. wykazały, że istnieje obiektywna zależność pomiędzy chodem, równowagą i siłą mięśni w kontekście przewidywania upadków niezależnie od punktacji w skali EDSS, wieku i wagi u kobiet z MS [245]. Jørgensen i wsp. z kolei wykazali w swoich badaniach wysoki współczynnik korelacji wewnątrzklasowej (zakres: 0,87-0,99) dla dynamometrii izokinetycznej podczas oceny siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego osób z MS, niezależnie od prędkości skurczu. W porównaniu z dopasowaną grupą kontrolną, osoby z MS charakteryzowały się osłabioną siłą mięśni kończyn dolnych. Osłabienie to było najbardziej wyraźne podczas maksymalnych, umiarkowanych i szybkich dynamicznych skurczów [152]. Yahia i wsp. dokonując oceny izokinetycznej mięśnia czworogłowego i mięśni kulszowo-goleniowych wykazali, że wartości szczytowego momentu obrotowego była istotnie niższa w grupie osób z MS w porównaniu do osób zdrowych, zarówno po stronie silniejszej, jak i słabszej. Wykazali także statystycznie istotne korelacje pomiędzy prędkością chodu a wartościami średniego maksymalnego momentu obrotowego dla mięśni czworogłowych i kulszowo-goleniowych, jak również pomiędzy szczytowym momentem obrotowym dla mięśni kulszowo-goleniowych a obszarem wychyleń w badaniu równowagi (bardziej

zaznaczonym przy zamkniętych oczach) [246]. Zagadnienia dotyczące niezależnej mobilności ocenianej za pomocą testu Timed Up and Go u osób z MS są bardzo rzadko opisywane w literaturze. Guclu-Gunduz i wsp. wskazują, iż niezależna mobilność jest ściśle powiązana z siłą mięśni kończyn dolnych. W badaniu stwierdzono, że istnieje korelacja pomiędzy mobilnością a zginaczami, prostownikami i przywodzicielami stawów biodrowych [244].

Występujące objawy choroby mogą przyczynić się do przedłużonej niepełnosprawności fizycznej i psychicznej oraz do obniżonej jakości życia. Dodatkowo stan wiedzy badaczy na temat zależności pomiędzy siłą mięśniową, równowagą, chodem a poziomem zmęczenia z uwzględnieniem podziału pacjentów pod zajmowaną pozycję w skali EDSS jest dość niski. Dlatego bardzo ważnym jest przeprowadzenie dalszych i rozszerzonych badań w tym zakresie. Te spostrzeżenia stały się motywacją do podjęcia takiego tematu pracy.

2. Cel pracy

Celem badania jest rozszerzenie zakresu wiedzy o sprawności motorycznej osób z SM w dużej i zróżnicowanej pod względem nasilenia objawów chorobowych grupie.

Przed przystąpieniem do badania medycznego założono hipotezę, że osoby z SM w początkowym okresie choroby, gdzie obserwujemy brak lub małe nasilenie deficytów czynnościowych różnią się istotnie od osób zdrowych w zakresie siły mięśniowej, wytrzymałości, prędkości chodu i równowagi ciała. Założono, że siła mięśniowa jest istotnym czynnikiem determinującym chód osób z SM zarówno w zakresie prędkości chodu jak i wytrzymałości oraz równowagi ciała.

Biorąc pod uwagę duże znaczenie zmęczenia w SM i ciągłe wysiłki mające na celu znalezienie skutecznych interwencji terapeutycznych, postanowiono oceniać wpływ ilościowych markerów motorycznych jak siła mięśniowa i równowaga ciała na zmęczenie osób z SM.

W pierwszej kolejności oceniono funkcję mechaniczną mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego osób z SM i porównano ze zdrowymi osobami. W badaniu bezwzględne wartości siły mięśniowej (N) i mocy mięśniowej (W) znormalizowane do masy ciała badanych scharakteryzowano statystycznie dla wydzielonych w oparciu o skale EDSS podgrup osób z SM i porównano do wartości uzyskanych u osób zdrowych. Ponadto, siłę mięśniową, moc mięśniową, prędkość pobudzania i hamowania mięśni uzyskaną w pomiarze izokinetycznym osób z SM wyrażono jako procent względem wartości uzyskanych u osób zdrowych. W celu oceny zdolności do wyrażenia dostępnej zdolności do generowania siły i odzwierciedlenia różnic w czynnikach "jakościowych" skurczu mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego osób z SM i osób zdrowych oceniono czas pobudzania mięśni do ruchu oraz czas hamowania ruchu.

W kolejnych etapach badania oceniono sprawność chodu osób z SM w zakresie prędkości chodu oraz wytrzymałości opisaną dystansem chodu pokonanym w czasie. Wyniki również porównano do osób zdrowych oraz opisano dla poszczególnych poziomów sprawności według skali EDSS. W celu weryfikacji drugiego pytania badawczego o zależności chodu od siły mięśniowej przeprowadzono analizę zależności. Podobnie przeprowadzono ocenę równowagi statycznej i równowagi funkcjonalnej ciała u badanych osób z SM i dokonano

opisania wyniku dla poszczególnych stopni w skali EDSS oraz analizę korelacji równowagi i siły mięśniowej.

Oczekiwane wyniki badania mogą przyczynić się do zwiększenia naszej wiedzy na temat upośledzenia chodu w SM, a tym samym pomóc nam w opracowaniu zaleceń dotyczących rehabilitacji w zależności od różnych sytuacji klinicznych i poziomów niepełnosprawności.

W celu szczegółowego zbadania problemu przedstawiono następujące pytania oraz hipotezy badawcze:

1. Czy sprawność motoryczna w zakresie prędkości chodu, wytrzymałości, izokinetycznej siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego i równowagi ciała osób w początkowych okresach SM jest istotnie niższa w porównaniu do osób zdrowych?
2. Czy u osób z SM sprawność chodu, wytrzymałość i równowaga ciała oraz poziom zmęczenia są zależne od siły mięśniowej oraz który z parametrów siły izokinetycznej mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego osób z SM determinuje prędkość chodu, wytrzymałość i równowagę ciała badanych osób z SM?
3. Jaki jest poziom sprawności motorycznej osób z SM w zakresie prędkości chodu, wytrzymałości izokinetycznej siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego oraz równowagi ciała w odniesieniu do poziomu niepełnosprawności opisanej w skali EDSS?

3. Materiał i metody

Przekrojowe badanie kohortowe przeprowadzono w okresie od stycznia 2019 roku do czerwca 2020 roku. Badanie składało się z dwóch części, badania pilotażowego oraz badania głównego. Łącznie w badaniu wzięło udział 170 osób, 20 w badaniu pilotażowym i 150 w badaniu głównym. Do badania głównego zakwalifikowano 90 osób chorych na SM (grupa badana) oraz 60 osób zdrowych (grupa kontrolna). Osoby z SM podzielono na podgrupy zgodnie z nasileniem objawów chorobowych opisanych w skali EDSS. Uczestnicy z grupy badanej rekrutowani byli wśród osób korzystających z turnusów rehabilitacyjnych w Krajowym Ośrodku Mieszkalno-Rehabilitacyjnym dla Osób Chorych na Stwardnienie Rozsiane w Dąbku.

Badanie biomechaniczne, testy funkcjonalne oraz wywiad przeprowadzono w Krajowym Ośrodku Mieszkalno-Rehabilitacyjnym dla Osób Chorych na Stwardnienie Rozsiane w Dąbku. Do oceny biomechanicznej wykorzystano aparaturę pomiarową Laboratorium Patofizjologii Narządu Ruchu Przyrodniczo – Medycznego Centrum Badań Innowacyjnych (PMCB) Uniwersytetu Rzeszowskiego w tym dynamometryczne stanowisko do oceny siły mięśniowej oraz platformę stabilimetryczną. Do oceny sprawności funkcjonalnej oraz poziomu zmęczenia wykorzystano próbę marszowa 6 minutową, test chodu na dystansie 25 stóp, test prędkości chodu na dystansie 10 metrów, skalę Fatigue Severity Scale (FSS) oraz skalę równowagi Berg. Wszystkie zastosowane metody są powszechnie stosowane w ocenie funkcjonalnej osób z SM. Wybrane metody posiadają wysoką rzetelnością pomiarową oraz posiadają własne protokoły badań.

Badanie pilotażowe oraz badanie osób zdrowych przeprowadzono w Laboratorium Patofizjologii Narządu Ruchu PMCB Uniwersytetu Rzeszowskiego.

3.1 Materiał

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego (Uchwała Nr 8/10 z 2018 roku). Projekt badania został zarejestrowany w rejestrze badań klinicznych Australian New Zealand Clinical Trials Registry (ACTRN12618002052213).

Wszyscy uczestnicy badania, osoby z SM (grupa badana) oraz osoby zdrowe (grupa kontrolna) zgodnie z konwencją Helsińską zostały szczegółowo poinformowane o celu i przebiegu badania oraz o tym, że mogą zrezygnować z udziału w dowolnym momencie. Każdy uczestnik złożył pisemną deklarację, wyrażającą zgodę na udział w badaniach.

Kryteria włączenia do grupy badanej:

- a) zgoda na udział w badaniu,
- b) rozpoznanie stwardnienia rozsianego zgodnie z kryteriami McDonald's [62, 63],
- c) postać rzutowo-remisyjna SM,
- d) kobiety i mężczyźni,
- e) wiek od 18 do 60 lat,
- f) ocena w Rozszerzonej Skali Niepełnosprawności (EDSS) ≤ 6 ,
- g) samodzielny chód lub chód z zaopatrzeniem ortopedycznym.

Kryteria wyłączenia z badań pacjentów:

- a) zaburzenia funkcji poznawczych uniemożliwiających rozumienie pytań i poleceń podczas wszystkich przewidzianych w badaniu ocen,
- b) pogorszenie stanu zdrowia w okresie 30 dni przed terminem badania,
- c) nasilenie objawów (nawrót choroby) SM w okresie 30 dni przed terminem badania,
- d) zmiana leczenia farmakologicznego SM w okresie 30 dni przed terminem badania,
- e) leczenie toksyną botulinową w ciągu ostatnich 6 miesięcy przed terminem badania,
- f) napięcie spastyczne mięśni kończyn dolnych powyżej 1 plus w zmodyfikowanej skali Ashworth,
- g) inne niż SM choroby lub urazy mogące zaburzać chód lub równowagę ciała.

W planie badania założono, że liczebność grupy badanej i kontrolnej będzie jednorodna pod względem płci oraz wieku i będzie wynosiła 90 osób w grupie badanej i 90 osób w grupie kontrolnej. W okresie rekrutacji i oceny osób z grupy kontrolnej obostrzenia wynikające z pandemii koronawirusa SARS-Co-2 wpłynęły na przebieg badania i zmusiły do wcześniejszego zakończenia rekrutacji.

Do grupy badanej zakwalifikowano 90 osób w tym 53 kobiety oraz 37 mężczyzn. Średnia wieku badanych kobiet wynosiła 47,56 ($\pm 8,04$) lat, średnia wieku mężczyzn wynosiła 44,21 ($\pm 8,16$) lat. Wiek badanych osób zawierał się w przedziale od 32 lat do 59 lat.

W celu weryfikacji postawionych w pracy pytań badawczych, do badania włączono grupę kontrolną, jednorodną pod względem struktury wieku z grupą osób z SM. Dobór osób do grupy kontrolnej nie był losowy. Kwalifikowano osoby zdrowe, kobiety i mężczyzn w wieku

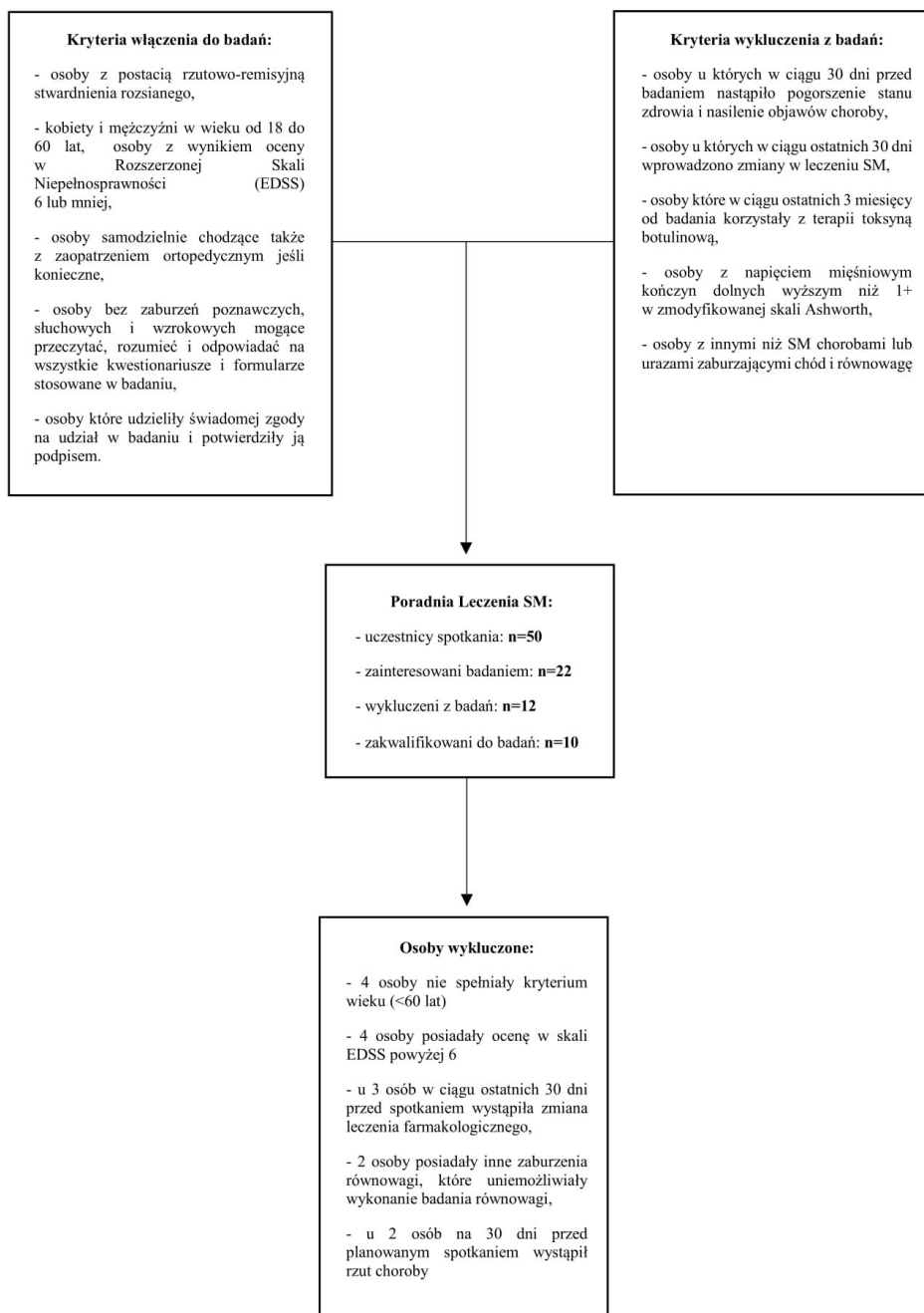
od 18 do 60 lat. Nie kwalifikowano osób po przebytych urazach narządu ruchu mogących mieć wpływa na chód i równowagę badanych oraz osób regularnie uprawiających aktywność fizyczną i sportową. Do grupy kontrolnej włączono 60 osób. W grupie kontrolnej były 44 kobiety i 16 mężczyzn. Średni wiek kobiet w grupie kontrolnej wynosił 48,2 ($\pm 8,3$), średni wiek mężczyzn wynosił 46,3 ($\pm 8,1$) lat.

3.2 Przebieg badania

Kwalifikację do badania rozpoczęto po uzyskaniu zgody Komisji Bioetycznej UR oraz po rejestracji w ANZCTR. Kwalifikację do badania pilotażowego przeprowadzono wśród pacjentów Poradni Leczenia Stwardnienia Rozsianego w Klinicznym Szpitalu Wojewódzkim Nr2 im. Św. Jadwigi Królowej (KSW Nr2) w Rzeszowie. Na przeprowadzenie badania uzyskano zgodę Dyrekcji Szpitala. Kwalifikację do badania pilotażowego przeprowadzono wśród pacjentów poradni leczenia SM w KSW Nr2. Lekarz, specjalista neurolog, kolejno zgłaszającym się do poradni pacjentom proponował udział w badaniu pilotażowym. Wstępna kwalifikacja obejmowała ocenę EDSS. Zakwalifikowano do badania 50 osób. Zgodę na udział w badaniu wyraziły 22 osoby. Następnie po szczegółowej analizie dokumentacji medycznej z badań wykluczono 12 osób, które nie spełniały kryteriów włączenia. Przepływ uczestników badania pilotażowego przedstawiono na rycinie 1.

Osobom, zakwalifikowanym do badania wyznaczono termin badania oraz poinformowano o przygotowaniu do badania (sportowy strój, własne zaopatrzenie ortopedyczne). Przed badaniem wszyscy uczestnicy podpisali zgodę na udział w badaniu.

Do badania pilotażowego zakwalifikowano się 10 osób, 5 kobiet i 5 mężczyzn. Średnia wieku wynosiła 42 ($\pm 7,24$) lata. Średni wiek kobiet 37 lat ($\pm 5,39$), średni wiek mężczyzn 47 lat ($\pm 5,15$). Wszystkie osoby posiadały postać rzutowo-remisyjną SM oraz były objęte programem leczenia farmakologicznego. Punktacja w rozszerzonej skali EDSS dla badanej grupy kobiet wynosiła: dla 4 kobiet 1 w skali EDSS, dla 1 kobiety 4,5 w skali EDSS. Odpowiednio punktacja w rozszerzonej skali EDSS dla mężczyzn: 2 mężczyzn posiadało 1 punkt w skali EDSS, 2 mężczyzn 1,5 w skali EDSS, 1 mężczyzna 5 punktów w skali EDSS.



Rycina 1. Kwalifikacja pacjentów do badania pilotażowego

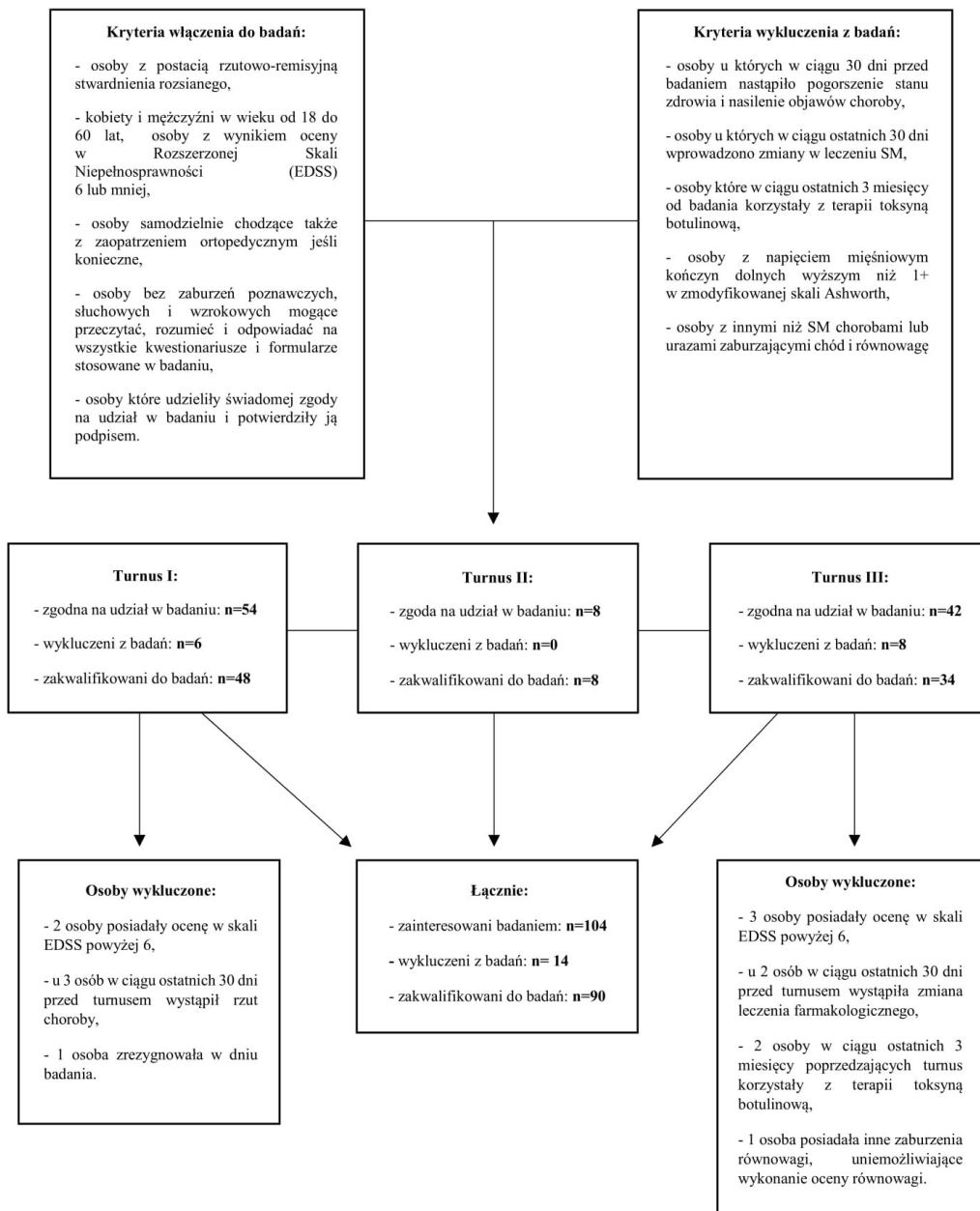
Do badania pilotażowego włączono grupę kontrolną. Grupę stanowiło 10 zdrowych ochotników dobranych zgodnie z grupą badana pod względem wieku i płci.

Badanie pilotażowe przeprowadzono w Laboratorium Patofizjologii Narządu Ruchu PMCBI Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Kwalifikację osób z SM do badania głównego przeprowadzono wśród osób korzystających z turnusów rehabilitacyjnych w Ośrodku w Dąbku, po uzyskaniu zgody Dyrekcji Ośrodka na przeprowadzenie badania. Uzyskano również zgodę na korzystanie z pomieszczeń, w których zainstalowano aparaturę pomiarową. Z Uniwersytetu Rzeszowskiego przewieziono stanowisko do oceny siły mięśniowej Biodex System 4 Pro oraz platformę do oceny równowagi - Biodex Balance System SD. Transport oraz montaż zabranych z Uniwersytetu Rzeszowskiego urządzeń wraz z ich kalibracją przeprowadziła specjalistyczna firma.

Zaplanowano, że w kwalifikacji do badania będą uczestniczyć pacjenci Ośrodka zgłaszający się na kolejne turnusy rehabilitacyjne. Przed rozpoczęciem kolejnego turnusu Dyrekcja Ośrodka udostępniała wykaz osób rozpoczynających turnus rehabilitacyjny. W pierwszym dniu pobytu pacjentów w Ośrodku (dzień przyjazdu bez programu rehabilitacji), przeprowadzono spotkanie, na którym przedstawiono i omówiono cele oraz program badania. Tego samego dnia odbywała się wizyta u lekarza neurologa i lekarza specjalisty rehabilitacji medycznej. Podczas wizyty specjalista weryfikował ocenę w skali EDSS oraz planował program rehabilitacji. Osoby deklarujące chęć wzięcia udziału w badaniu, po zakończeniu spotkania wyrażały zgodę, wypełniając i podpisując formularz zgody na udział w badaniu. Z turnusu rehabilitacyjnego, który rozpoczynał się 26.11.2019 roku do udziału w badaniu zgłosiło się 54 pacjentów. Kwalifikację do badania przeprowadzono na podstawie dokumentacji medycznej aktualizowanej przez lekarza neurologii. Ze zgłoszonych 54 osób, 6 nie spełniało kryteriów.

Kolejne turnusy rehabilitacyjne, podczas których rekrutowano pacjentów do udziału w badaniu rozpoczynały się w dniu 3 grudnia 2019 roku oraz w dniu 7 stycznia 2020 roku. Łącznie, podczas trzech turnusów do badań zgłosiło się 104 chętnych, 14 zostało wykluczonych z badań, a zakwalifikowało się 90 osób. Przeływ uczestników badania przedstawiono na rycinie nr 2.



Rycina 2. Kwalifikacja pacjentów do badania głównego

3.3 Metody oceny

3.3.1 Metody oceny osób z badania pilotażowego

Oceniano siłę mięśniową, prędkość chodu, wydolność, równowagę ciała oraz odczucie zmęczenia. Wszystkie pomiary wchodzące w skład badania realizowano w kolejności:

1. Wypełnienie autorskiego kwestionariusza ankiety.
2. Wypełnienie skali ciężkości stopnia zmęczenia/znużenia (FSS-Fatigue Severity Scale).
3. Badanie siły mięśniowej na stanowisku Biodex System 4 Pro- analizie zostaną poddane parametry: Peak Torque/Body Weight, Total Work, Average Power, Acceleration Time, Deceleration Time.
4. Ocena równowagi statycznej i dynamicznej na platformie Smart Equi Test firmy Neurocom- analizie zostaną poddane wybrane wyniki z testów Sensory Organization test (SOT), Motor Control Test (MCT), Sit To Stand (STS).
5. Ocena równowagi skalą Berg.
6. Ocena niezależności funkcjonalnej w skali Time Up&Go.
7. Ocena wydolności w 6- minutowej próbie marszowej (6-MWT).
8. Ocena prędkości chodu w teście 10-metrowego marszu (10 MWT) oraz teście chodu na dystansie 25 stóp (Timed 25-Foot Walk - T25-FW).

Po każdej ocenie uczestnik mógł odpocząć przez 10-15 minut. W każdym dniu badań oceniano dwie osoby z SM i dwie osoby z grupy kontrolnej.

3.3.2 Metody oceny osób z badania głównego

Oceniano siłę mięśniową, prędkość chodu, wydolność, równowagę ciała oraz odczucie zmęczenia. Wszystkie oceny wchodzące w skład badania realizowano w kolejności:

1) odpowiedź na pytania autorskiego kwestionariusza ankiety oraz pytania z skali ciężkości zmęczenia/znużenia (Fatigue Severity Scale - FSS), 2) badanie siły mięśniowej, 3) ocena stabilometryczna równowagi (Biodex Balance System), 4) ocena równowagi w skali Berg 5) ocena niezależności funkcjonalnej w skali Time Up&Go, 6) ocena wydolności w 6 - minutowej próbie marszowej (6-MWT), ocenę prędkości chodu w teście 10-metrowego marszu (10 MWT) oraz teście chodu na dystansie 25 stóp (Timed 25-Foot Walk - T25-FW).

Zaplanowano, aby każdy uczestnik oceniany był przez trzy kolejne dni pobytu, każdorazowo przed rozpoczęciem codziennego planu terapii. W pierwszym dniu badania uczestnicy odpowiadali na pytania zawarte w kwestionariuszu wywiadu i pytania z skali FSS oraz uczestniczyli w ocenie siły mięśniowej. Drugiego dnia przeprowadzono oceny równowagi ciała oraz testy kliniczne. W trzecim dniu przeprowadzono próby marszowe, próba 6-MWT, 10 MWT oraz test marszu na dystansie 25 stóp (T25-FW). Harmonogram badania przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Harmonogram badania

DZIEŃ 1	DZIEŃ 2	DZIEŃ 3
Wywiad (Autorski kwestionariusz ankiety)	Stabilometryczna ocena równowagi ciała (Platforma Biodex Balance SD)	Prędkość i wydolność chodu: 6-minutowy test marszowy
Ocena zmęczenia (Skala ciężkości stopnia zmęczenia/znużenia (FSS))	Ocena równowagi w Skali Berga	Ocena chodu w teście chodu na dystansie 25-stóp (T25-FW).
Ocena siły mięśniowej (Biodex System 4 Pro)	Ocena ryzyka upadków i niezależnej mobilności: Time Up&Go test	Ocena prędkości chodu w test 10-metrowy (10 MWT)

/Źródło opracowania: własne/

Wywiad przeprowadzono za pomocą ankiety. Uczestnicy samodzielnie odpowiadali na pytania dotyczące danych osobowych: płeć, wiek w latach, miejsce zamieszkania oraz danych dotyczących choroby tj.: punktacji w skali EDSS, czasu trwania choroby w latach (data rozpoznania choroby wpisana w karcie informacyjnej), stosowanego leczenia farmakologicznego (udział w programach lekowych), zaopatrzenia ortopedycznego używanego podczas chodu. Ocena w skali niepełnosprawności EDSS podana przez uczestnika w wywiadzie była weryfikowana z oceną podaną przez lekarza neurologa podczas wizyty rozpoczynającej pobyt w Ośrodku. W przypadku rozbieżności oceny w skali EDSS przyjmowano ocenę lekarską.

Ocena zmęczenia

Poziom zmęczenia uczestników oceniono za pomocą skali (Fatigue Severity Scale-FSS). Skalę opracował w 1988 roku Krupp. Autor opisał zmęczenie jako odczuwanie zmęczenia fizycznego i braku energii, różniące się od osłabnięcia z siły [247]. Skala została opracowana na podstawie obszernego wywiadu, który zawierał pytania dotyczące nasilających się objawów i cech zmęczenia, jego wpływu na życie codzienne oraz słownego opisu jego nasilenia [247]. Badania walidacyjne skali FSS dla SM przeprowadzono w języku angielskim [247], arabskim [248], tureckim [249], niemieckim [250], szwajcarskim [251], greckim [252] i włoskim [253]. Nie ma Polskiej walidacji skali FSS, jest jedynie jej tłumaczenie. W wielu

badaniach wykazano wysoką czułość, trafność i zgodność wewnętrzną skali [254-256]. Podczas badania uczestnicy udzielali odpowiedzi samodzielnie. Każdemu uczestnikowi, indywidualnie wytłumaczono i omówiono zawarte w skali pytania i sposób odpowiedzi. Skala składa się z dziewięciu pytań koncentrujących się na motorycznych aspektach zmęczenia, z naciskiem na nasilenie się jego objawów oraz wpływu na życie codzienne badanej osoby w okresie poprzedzającym badanie. Odpowiedzi są punktowane w siedmiostopniowej skali od 1 – „zdecydowanie nie zgadzam się” do 7- „zdecydowanie zgadzam się”. Jako wynik stosuje się średnią arytmetyczną z dziewięciu pozycji [256]. W badaniach Smedal oraz w badaniach Lerdal wykazano, że wynik uzyskany w skali FSS ≥ 4 wskazuje na poziom zmęczenia mający istotne znaczenie na poziom sprawności funkcjonalnej osoby z SM [257-258]. Wynik oceny zmęczenia uczestników w skali FSS ≥ 4 przyjęto w badaniu jako istotny.

Ocena siły mięśniowej

Siłę mięśni prostowników i mięśni zginaczy stawu kolanowego wykonano z wykorzystaniem dynamometrycznego stanowiska pomiarowego Biodex Pro-4 (Biodex Medical Systems, Inc. Shirley, NY, USA). Oceniano siłę mięśniową w warunkach skurczu izokinetycznego. Jørgensen M. i wsp. w swoich badaniach podkreślają, że stosowanie dynamometrii izokinetycznej dla oceny siły mięśniowej u osób z SM jest „złotym standardem” postępowania [152]. Autorzy stwierdzają także, że dane uzyskane w badaniu dynamometrem izokinetycznym mogą dostarczyć komplementarnej wiedzy na temat, niektórych konsekwencji SM. Dynamometryczne badanie izokinetyczne może pomóc w wyjaśnieniu czy tryby skurczu mięśni prędkość kątowa ruchu lub czas pobudzenia i hamowania ruchu są bardziej podatne na zmiany wywołane procesem chorobowym [152]. Badania przekrojowe Scott’a i Armstonga porównują funkcję mechaniczną mięśni osób z SM i osób zdrowych. Badacze wykazali, że osoby z SM posiadają istotnie niższy szczytowy moment obrotowy siły mięśni zginaczy i prostowników niż osoby z grupy kontrolnej [143, 259].

Ocenę siły mięśniowej wykonano w standardowej pozycji siedzącej. Oceniano osobno siłę prawej i lewej kończyny dolnej. Stabilizację tułowia, ułożenie kończyn górnych (skrzyżowane na klatce piersiowej), stabilizację kończyn dolnych wykonano zgodnie z protokołem stanowiska pomiarowego. Oś obrotu dynamometru ustawiono indywidualnie dla każdego uczestnika w osi poprzecznej stawu kolanowego. Pacjentów poproszono o samodzielne zajęcie miejsca w fotelu przeznaczonym do badania. Stabilizowano pozycję ciała za pomocą pasów stabilizujących tułów, uda i staw skokowy kończyny badanej oraz udo kończyny nie badanej [260]. Pozycja dynamometru była indywidualnie dostosowywana do

każdego uczestnika, tak aby nie ograniczała zakresu ruchu ocenianej kończyny. Pozycją początkową ocenianego ruchu było zgięcie w stawie kolanowym do 90° . Mocowania dynamometru regulowano tak, aby oś obrotu ramienia dźwigni była na wysokości z nadkłykcia bocznego stawu kolanowego badanej kończyny [260]. Zakres ocenianej pracy mięśniowej przyjęto od 90° do 0° (pełny wyprost w stawie kolanowym). Skurcz w warunkach izokinetycznych oceniano przy prędkości kątowej ruchu $180^{\circ}/\text{sek.}$, a następnie przy prędkości kątowej $300^{\circ}/\text{s.}$ Ocenę siły mięśni z prędkością kątową $180^{\circ}/\text{s}$ wykonano w 5-ciu powtórzeniach ruchu wyprostu i zgięcia w stawie kolanowym. Ocenę przy prędkości kątowej $300^{\circ}/\text{sek}$ wykonano w 15 powtórzeniach ruchu wyprostu i zgięcia w stawie kolanowym. Pierwsza seria powtórzeń obejmowała prawą i lewą kończynę dolną przy prędkości kątowej $180^{\circ}/\text{sek}$, po czym następowała przerwa na czas zmiany ustawień i ponownego dostosowania dynamometru do pacjenta. Następnie wykonywano pomiar dla prawej i lewej kończyny dolnej przy prędkości kątowej $300^{\circ}/\text{sek}$. Podczas oceny za każdym razem były stosowane komendy słowne zachęcające do wykonywania ruchów zgięcia i prostowania z całej siły i z maksymalną prędkością [261-262] .

Lambert w swoich badaniach, w których celem była ocena siły mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego oraz ocena zmęczenia mięśni podczas skurczów izokinetycznych u osób z SM oraz osób zdrowych wykazał, że stosowanie dynamometru izokinetycznego Cybex Norm jest istotnie ważne dla oceny stopnia zaawansowania choroby w kontekście mobilności i zdolności ruchowych osób z SM [146].

Protokół oceny siły mięśniowej zawiera dane w postaci 20 zmiennych analizowanych podczas pojedynczego badania. Dane wykorzystane w analizie wyników obejmowały: szczytowy moment siły względem masy ciała (PEAK TORQUE/BODY WEIGHT- PK TQ/BW) mierzony jako maksymalna osiągnięta wartość w procentach (%) wartość wykonanej pracy (TOTAL WORK- TW) mierzona w dżulach (J), wartość mocy średniej (AVG. POWER- AP) mierzona w watach (WATTS), czas niezbędny do osiągnięcia szybkości izokinetycznej (ACCELERATION TIME- ACC) mierzona w milisekundach (MSEC) oraz czas niezbędny do zatrzymania kończyny lub zmiany kierunku ruchu kończyny (DECELERATION TIME- DCC) mierzona w milisekundach (MSEC).

Stabilograficzna ocena utrzymywania równowagi ciała na stabilnym podłożu

Do badania równowagi ciała wykorzystano Biodex Balance System SD (Biodex Medical Systems, Shirley NY, USA). System został zaprojektowany tak, aby dokonywać dokładnego pomiaru stabilności ciała na powierzchni statycznej i dynamicznej. Urządzenie

dzięki wieloosiowej płaszczyźnie podparcia może być stosowane do pomiaru i rejestrowania wychwiał przez osobę podczas stania na nieruchomym lub niestabilnym podłożu. Mackey wykazał, iż prawidłowa równowaga i kontrola postawy są niezbędne do bezpiecznego przemieszczania i poruszania się oraz do prawidłowego funkcjonowania w życiu codziennym [263]. Nieprzerwana kontrola postawy oraz stabilność ciała przedstawiają zdolność jednostki do utrzymania pozycji wyprostnej w warunkach statycznych lub odzyskanie stanu równowagi po zaburzeniach zewnętrznych lub zmiany powierzchni podparcia w warunkach dynamicznych. Słaba kontrola postawy i stabilności związana jest z upadkami oraz utratą mobilności [263]. Dlatego zarówno kontrolna postawy i stabilność stanowi istotny aspekt w diagnostyce i rehabilitacji osób starszych oraz osobami z różnymi niepełnosprawnościami [263]. Badania wielu autorów wykazują, że osoby z SM posiadają zaburzenia równowagi głównie w trzech aspektach tj.: problemy z utrzymaniem postawy wyprostnej przy statycznym podłożu, bardzo powolne i ograniczone ruchy w kierunku powrotu do stanu równowagi po jej uprzednim straceniu oraz posiadają opóźnioną reakcję na zmiany postawy zarówno na statycznym podłożu jak i dynamicznym [155, 157, 160, 264]. Arifin wykazał, iż stosowanie Biodex Balance System SD dla warunków statycznych wykazuje wysoką wiarygodność i czułość dla test-retest na co wskazuje wskaźnik ICC (Intraclass correlation coefficient- współczynnik korelacji wewnątrzklasowej) dla ogólnego wskaźnika stabilności (overall stability index- OSI= 0,85), dla wskaźnika stabilności przednio-tylnej (anterior/posterior stability index- APSI=0,77) oraz dla wskaźnika stabilności przyśrodkowo-bocznej (medial/ lateral stability index- MLSI=0,65) [265]. Z kolei Hinman stwierdza, że ocena równowagi za pomocą Biodex Balance System SD w warunkach statycznych jest akceptowalna w testach klinicznym i charakteryzuje się bardzo czułym i wiarygodnym narzędziem (współczynnik korelacji -ICC jest istotnie wysoki (0,44-0,89 dla równowagi statycznej) [266]. Badania Eftekharsadat, którym celem była ocena równowagi i ryzyka upadków u osób z SM, wykazali, że zastosowanie treningu równowagi opartego na wirtualnej rzeczywistości na Biodex Balance System SD zalecane są do jako skuteczna alternatywa dla diagnostyki i fizjoterapii w poprawie równowagi i chodu osób z SM oraz innymi schorzeniami neurologicznymi [267].

Stabilometryczną ocenę równowagi ciała na platformie równoważnej wykonano w pozycji stojącej na stabilnym podłożu z oczami otwartymi i z oczami zamkniętymi. Uczestnicy wykonywali trzy 20-sekundowe próby stania, po każdej próbie stosowano 10 sekundowa przerwę [268]. Ustawienie stóp uczestnika wykonano zgodnie z instrukcją producenta, indywidualnie dla każdego uczestnika. Stopy ustawiano względem linii pomocniczych, naniesionych na podłożu. Osoby uczestniczące w badaniu wykonały wszystkie

próby bez obuwia. Podczas prób nie zmieniano ustawienia. W przypadku utraty równowagi i zmiany ustawienia ponawiano próbę po ponownym ustawieniu stóp zgodnie z pierwotną pozycją.

System Biodex SD posiada platformę siłową, która pozwala na ocenę funkcji równowagi statycznej i dynamicznej. Regulowane uchwyty urządzenia zabezpieczają badanego przed upadkiem w przypadku utraty równowagi. System posiada kolorowy ekran dotykowy do zapisu warunków oceny oraz kolorową drukarkę. Urządzenie jest połączone z oprogramowaniem Medical System Biodex, Inc. System Biodex SD ocenę sprawności kontroli równowagi ciała przedstawia za pomocą własnych protokołów. Raport z badania zawiera wskaźnik stabilności ogólnej, przednio-tylnej i bocznej. O słabej kontroli równowagi badanego świadczy duża amplituda wychwiał środka pola podparcia obrazowana wysoką wartością wskaźnika. Analizowano mimowolne wychwiania środka pola podparcia ciała w kierunku przednio-tylnym (APSI-anterior-posterior stability index) i przyśrodkowo-bocznym (MLSI-medial-rateral stability index). Oprogramowanie automatycznie generowało przednio-tylne wskaźnik wychwiał środka pola podparcia (APSI), przyśrodkowo-boczny wskaźnik wychwiał środka pola podparcia (MLSI) oraz wskaźnik stabilności postawy (OSI-overall stability index). Przyjęto, że wyższy wynik analizowanych wskaźnikach, tym gorsza kontrola równowagi ciała [269]. Zgodnie ze standardową konfiguracją oprogramowania wychwiania wokół punktu zerowego ustawione przed każdym testem na stabilnej platformie są wynikiem badania. W przypadku testu stabilności postawy na stabilnym podłożu wychylenia z osi badanych wykorzystywane są do obliczenia ogólnego wskaźnika stabilności postawy (OSI). Oprogramowane w Biodex Balance System SD zbierało dane przy wychwianiach w kierunku przednio-tylnym i przyśrodkowo-bocznym z częstotliwością 20Hz i obliczało wskaźnik przednio-tylne (APSI) i przyśrodkowo-boczny (MLSI). Wskaźniki te były obliczane na podstawie średniego stopnia wychyleń platformy podczas wykonywania 3 prób.

Przed przystąpieniem do próby uczestnicy zostali poproszeni o samodzielne wejście na platformę i ustawieniu się na środku z możliwością podtrzymywania się uchwytów podtrzymujących. Następnie badający odpowiednio dostosowywał ustawienie stóp osoby badanej, tak aby środek pola podparcia znajdował się pomiędzy stopami badanego a badany stał komfortowo. Kolejno zasłanianie wyświetlacz tak, aby pacjent nie otrzymywał biofeedbacku. Wszyscy pacjenci mieli tym samym materiałem zasłonięty wyświetlacz. Następnie proszono pacjenta o przejście do pozycji samodzielnego stania bez wykorzystywania uchwytów. Zapewniało to pacjentom wiedzę na temat ich systemu równowagi. Gdy pacjenci czuli się pewnie w pozycji stojącej bez podtrzymywania, rozpoczynała się pierwsza próba

z oczami otwartymi. Po wykonaniu trzech prób z otwartymi oczami pacjent miał 1-minutową przerwę i rozpoczynała się próba z zamkniętymi oczami.

Ocena równowagi za pomocą Berg Balance Scale (BBS)

Skala równowagi Berg składa się z 14 elementów- zadań, o rosnącym stopniu trudności, które ma wykonać pacjent i służy między innymi do oceny zaburzeń równowagi statycznej i dynamicznej, a także ryzyka upadków u osób z SM [270]. Skala została opracowana w 1989 roku przez Katherin Berg. Autorka w swoich badaniach oceniała równowagę u osób starszych. Początkowo zostało zaproponowane 38 testów do oceny równowagi jako potencjalny wynik poziomu zaburzeń równowagi, a następnie poprzez kolejne badania wybrano 14 prób, które w wiarygodny sposób oceniają równowagę [271]. Początkowo właściwości psychometryczna skali były oceniane na populacji osób starszych i wykazano, iż skala jest trafnym i rzetelnym narzędziem badawczym [272, 273]. W badaniach autorów Bogle i Newton stwierdzono, że skala BBS jest dobrym narzędziem do przewidywania upadków u osób starszych [274]. Późniejsze badania autorów Crow i Hermeling, przeprowadzone w 2002 roku wykazują, iż skala równowagi Berg jest powszechną funkcjonalną miarą stosowaną w dziedzinie neurorehabilitacji [275]. Badacze Paltamaa i wsp. wykazali, iż BBS dla osób z SM posiada wysoką wiarygodność i trafność na poziomie ICC=0,99 [276].

Każde z 14 zadań ruchowych oceniane jest za pomocą 5-punktowej skali (0-4 punkty), gdzie 0 oznacza niezdolność do wykonania próby, a 4 wskazuje na prawidłowe wykonanie próby zgodnie z protokołem oceny [270, 272, 277], dając końcowy wynik pomiędzy 0, a 56 punktów [271]. Badanie dostarcza także informacji o zdolnościach pacjenta związanych z równowagą i może być stosowana do oceny efektów rehabilitacji [278]. Wynik od 0-20 punktów świadczy o wysokim ryzyku upadków/pacjent uzależniony jest od wózka; 21-40 punktów - średnie ryzyko upadków/ pacjent chodzi z pomocą; wynik 41-56 punktów- niskie ryzyko upadków/ pacjent jest niezależny [270]. Przed wykonaniem każdego z zadań ruchowych, demonstrowano pacjentowi jak powinien wykonać test. Zapisując końcowy wynik z każdej próby brano pod uwagę najniższy osiągnięty wynik (próby wykonywano 2-krotnie). Wymagane wyposażenie do prawidłowo wykonywanej skali wymaga użycia stopera, linijki bądź miarki do pomiaru przednich stabilności, steppera ustawionego na wysokość przeciętnego schodka (około 17 cm) oraz dwa krzesła [277, 279].

Test Time Up&Go (TUG) ocenia równowagę dynamiczną, ryzyko upadków oraz funkcjonalną mobilność. Test TUG został pierwotnie opracowany w 1982 roku jako test podstawowej funkcjonalnej mobilności u osób starszych [280]. W późniejszych badaniach

wiarygodność testu została udowodniona dla schorzeń neurologicznych w tym udaru [281]. Przeprowadzono niewiele badań potwierdzających ważność i trafność w TUG i osób z SM. Sebastião w swoich badaniach wykazał, że dysfunkcja chodu i równowagi może mieć głęboki wpływ na czynności życia codziennego u osób z SM. Autor wykazał również, że walidacja miary funkcjonalnej mobilności jest istotnie ważna w warunkach klinicznych i badawczych do monitorowania progresji choroby, postępów terapeutycznych a także dostrzegania niezależności jako wpływu na jakość życia osób z SM. Badacz potwierdza, że test TUG jest skuteczną i wiarygodną miarą do oceny równowagi i ryzyka upadków oraz funkcjonalnej mobilności u osób z SM, a także wykazuje, że test TUG zawiera w sobie elementy ściśle związane z wykonywaniem czynności dnia codziennego [282]. Badacz wykazał, że TUG jest ściśle skorelowany z innymi ważnymi miernikami funkcjonalnej mobilności ($r=0,71-0,90$), silnie związany z zachowaniem równowagi ($r=0,66$) oraz silnie związany ze stanem niepełnosprawności u osób z SM ($r=0,80$) [282]. Nilsagard potwierdza, że istnieją istotnie silne korelacje wyniku testu TUG z prędkością chodu na dystansie 10 metrów oraz na dystansie 30 metrów u osób z umiarkowanym SM [283]. Z kolei badanie Sandrof i wsp. wykazało, iż test TUG silnie koreluje z wynikiem testu Six-Spot Step Test u osób z SM w zakresie lekkiej do ciężkiej niepełnosprawności [284].

Przed wykonaniem testu uczestnicy zostali poinstruowani jak należy wykonać test oraz mogli go raz wykonać bez pomiaru czasu. Zadanie polegało na wstaniu z krzesła bez użycia kończyn górnych, przejścia wyznaczonego dystansu (3 metrów), obrócenie się, powrót oraz ponowne przyjęcie pozycji siedzącej [258, 285]. Pacjenci zostali także poinformowani o tym, iż od momentu wstania z krzesła mają się poruszać w sposób bezpieczny, ale także jak najszybszy jaki jest możliwy. Uczestnicy badania mogli korzystać z własnego zaopatrzenia ortopedycznego jeżeli było to niezbędne do wykonania próby. Pacjenci wykonywali tylko jedną próbę. Nie istnieje złoty standard wyników w teście TUG dla SM stąd do analizy wyników przyjęto, że [258, 286] uzyskany w teście czas powyżej 14 sekund wskazuje na duże ryzyko upadków, a wynik powyżej 30 sekund wskazuje na pomoc osób trzecich w każdej aktywności dnia codziennego. Cechy TUG tj.: przejście z siedzenia do stania, przejście wymaganego dystansu oraz obrócenie się o 180° są istotne dla czynności dnia codziennego w tym utrzymanie jak najdłużej stanu niezależności [287]. Tak więc im dłuższy czas wykonywania testu, tym pacjent staje się coraz bardziej zależny od osób trzecich w czynnościach dnia codziennego. Test TUG jest rekomendowany przez Multiple Sclerosis Outcome Measures Task Force - Zespół Zadaniowy ds. pomiaru wyników SM do stosowania jako miara zaburzeń równowagi i chodu oraz ryzyka upadków u osób z SM [288]. Sebastião w swoich badaniach wykazał, że dysfunkcja

chodu i równowagi może mieć głęboki wpływ na czynności życia codziennego u osób z SM. Autor wykazał również, że walidacja miary funkcjonalnej mobilności jest istotnie ważna w warunkach klinicznych i badawczych do monitorowania progresji choroby, postępów terapeutycznych a także dostrzegania niezależności jako wpływu na jakość życia osób z SM. Badacz potwierdza, że test TUG jest skuteczną i wiarygodną miarą do oceny równowagi i ryzyka upadków oraz funkcjonalnej mobilności u osób z SM, a także wykazuje, że test TUG zawiera w sobie elementy ściśle związane z wykonywaniem czynności dnia codziennego [282].

Ocena chodu

Chód uczestników oceniono w zakresie prędkości chodu i wydolności chodu. Wydolność chodu oceniano za pomocą 6-minutowego testu marszowego (6MWT- 6 minutes walk test), a prędkość chodu testem 25 stóp (25FWT) oraz testem 10 metrowym (10MWT).

Pierwotnie 6MWT był powszechnie stosowany tylko i wyłącznie jako wiarygodna miara wyników dla osób z chorobami serca i układu oddechowego. W 1982 roku Butland wykazał, że stosowanie 6MWT dla osób z wyżej wymienionymi dysfunkcjami posiada silne korelacje w stosunku do 12MWT (12 Minutes Walk Test) [142]. Późniejsze badania wykazały stosowanie testu 6MWT do oceny efektów rehabilitacji po udarze mózgu [289] oraz oceny zmęczenia a sprawnością motoryczną w chorobie Parkinsona [290]. Kolejne badania dotyczyły SM. Pierwsze z nich mówi o korelacji pomiędzy układem krążeniowo-oddechowym a lekkim stopniem niepełnosprawności. Badacze Chetta i wsp. wykazali, że całkowity pokonany dystans w teście 6MWT silnie koreluje ze stopniem niepełnosprawności u osób z SM [291]. Drugie badanie polegało na ocenie czynników wpływających na sprawność funkcjonalną u osób z SM. Autorzy badania wykazali, że wykonywanie czynności dnia codziennego, tętno spoczynkowe, poziom zmęczenia (mierzony skalą FSS) oraz poziom niepełnosprawności (mierzony EDSS) istotnie korelują z całkowitym dystansem w teście 6MWT [292]. Kolejne badania udowodniły trafność i wiarygodność oraz wrażliwość 6MWT ukierunkowanych na zdolność chodu po udarze mózgu oraz SM [276, 293].

W 6MWT zadaniem jest przejście jak najdłuższego dystansu w ciągu 6 minut w swoim bezpiecznym i naturalnym tempie chodu. Na korytarzu został wyznaczony odcinek 30 metrów, z wyraźnym zaznaczeniem odcinków co 3 metry, a także z zaznaczeniem miejsca zawracania (na końcu dystansu 30 metrów ustawiono pachołek, który należało obejść dookoła i tym samym zawrócić) [293]. Pacjenci chodzili w obuwiu oraz mogli używać własnego zaopatrzenia ortopedycznego. Celem testu jest ocena najdłuższego dystansu jaki jest w stanie przejść badana osoba. Jeżeli w trakcie wykonywania testu pacjent potrzebował przerwy, mógł się zatrzymać

i odpocząć (stojąc lub siedząc). Czas potrzebny na odpoczynek ustalał pacjent [294]. Autorzy Fry i Pflizer wykazali, że 6MTW ma bardzo wysoką wiarygodność ($ICC=0,95-0,99$) i jest wrażliwy na zmiany w pogarszającym stanie dla osób z SM [295]. 6MTW jako miara sprawności fizycznej dla osób z SM spełnia kryteria ustalone przez American National Multiple Sclerosis Society (Amerykańskie Narodowe Towarzystwo Stwardnienia Rozsianego) i posiada dobrą wiarygodność test-retest ($ICC: 0,81-0,98$) u osób z łagodną i umiarkowaną niepełnosprawnością u osób z SM [276, 295].

Test 10-MWT ocenia prędkość chodu (m/s) na dystansie 10 metrów. Wykonano dwa pomiary. W pierwszym pomiarze uczestnik miał przejść dystans 10 metrów z dowolną prędkością w drugim pomiarze dystans 10 metrów należało pokonać z maksymalną prędkością. Podczas chodu uczestnicy mogli korzystać z zaopatrzenia ortopedycznego. Pomiar czasu wykonano za pomocą stopera. Próbę rozpoczynano na komendę oceniającego. Przed przystąpieniem do próby, osoba badana została ustawiona przed linią startu i po komendzie badacza rozpoczynała chód. W momencie przekroczenia linii startu włączano stoper. Paltamaa w badaniu dotyczącym miary funkcjonowania fizycznego w zakresie samoopieki, mobilności i życia codziennego wykazują, że test 10MWT identyfikuje najistotniejsze czynniki leżące u podstaw czynności życia codziennego w odniesieniu do ograniczeń aktywności i upośledzenia w funkcjonowaniu u osób z SM [296]. W badaniach autor wykazał także, że prędkość chodu oraz dystans chodu osób SM jest silnie skorelowana z równowagą ciała oceniona w skali BBS [296].

25FWT po raz pierwszy przedstawiono w Ambulatory Index (AI) w 1983 roku. Autor opracował skalę służącą do pomiaru i oceny mobilności poprzez ocenę czasu i korzystania z pomocy ortopedycznych podczas chodzenia na dystansie 25 stóp [297]. AI dostarczył także informacji na temat sposobu leczenia pacjentów z postępującą postacią SM. Umożliwiło to włączenie 25FTW do oceny poruszania się oraz oceny prędkości chodu osób z SM w badaniach klinicznych [298]. 25FTW jest uważany za obiektywny miernik chodu i może być stosowany w szerokim zakresie u osób z niepełnosprawnością w tym u osób z SM [299].

Test 25FWT jest rekomendowany przez Multiple Sclerosis Outcome Measures Task Force (MSTF) - Zespół Zadaniowy ds. pomiaru wyników SM do stosowania jako miara wyniku chodu i zdolności chodzenia u osób z SM [288]. Badania Phan-Ba i wsp. ukazują, że 25FWT posiada doskonałą korelacją ze skalą EDSS oraz doskonałą niezawodność test-retest dla grupy kontrolnej ($ICC=0,880$). Badacze zalecają stosować 25FWT w badaniach klinicznych i programach rehabilitacyjnych w celach oceny zmiany prędkości chodu a tym samym stopnia niepełnosprawności i zależności od osób trzecich u osób z SM [300].

25FWT polegał na przejściu odmierzonego dystansu 7,62 metra w dwóch próbach: pierwsza obejmowała chód w dowolnym tempie, natomiast druga w maksymalnym jaki jest możliwy, również z zaznaczeniem, że należy chodzić a nie biec. Przed przystąpieniem do próby, osoba badana została ustawiona na linii startu i po komendzie badacza rozpoczynała chód. Podczas dwóch prób był wykonywany pomiar czasu przejścia wymaganego dystansu. Pomiędzy pierwszą a drugą próbą pacjent mógł odpocząć.

Ocena stopnia niepełnosprawności

Do oceny stopnia niepełnosprawności stosowano Rozszerzoną Skalę Niewydolności Ruchowej Kurtzkiego (skala EDSS z ang. Expanded Disability Status Scale). Jest to najpopularniejsza i najszerzej stosowana skala oceniająca stopień niepełnosprawności i układy funkcjonalnie OUN [176, 241]. Skala stosowana jest przez lekarzy celem określenia progresji choroby u osób z SM oraz oceny efektów leczenia i interwencji terapeutycznych w badaniach klinicznych [176]. Skala składa się z uporządkowanego systemu oceny stopnia niepełnosprawności w zakresie od 0 (prawidłowy stan neurologiczny- brak objawów) do 10 (zgon z powodu licznych objawów SM) z wyraźnym zaznaczeniem odstępów co 0,5 po osiągnięciu przez badanego oceny 1 w EDSS. Dolne wartości w skali ($\leq 5,5$) oceniają upośledzenie na tle badania neurologicznego, natomiast górne (< 6) świadczą o wysokim stopniu niepełnosprawności [176]. Progresja choroby mierzona za pomocą skali EDSS stanowi pierwszorzędowy punkt wyjścia dla badań klinicznych i interwencji terapeutycznych [176].

Jednym z pierwszych badań dotyczących skali EDSS przeprowadził Willoughby i wsp. w 1988 roku. Badacze wykazali, iż skala ma rozkład biomodalny, a rzetelność wynosi 0,32-0,76 (współczynnik kappa Cohena) [301]. Badacze Godkin i wsp. wykazali, iż współczynnik korelacji ICC wynosi 0,88-0,96 [302]. W 2002 roku badacze Hobart i wsp. w swoich badaniach wykazali wysoką rzetelność, trafność i wrażliwość w stosowaniu skali EDSS [303]. Ważność skali EDSS została potwierdzona także w badaniach Amato i wsp. oraz Eber i wsp. [304-305].

Tabela 4. Zapis wyników poszczególnych testów do badań własnych

Test	Prędkość dowolna (m/s)	Prędkość maksymalna (m/s)
10 MWT		
25-Foot Walk Test		
Testy z jedną próbą		
Time Up and Go Test (s):		
6 MWT (m):		

/Źródło opracowania: własne/

3.4 Metody statystyczne

Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu Statistica 13.2. Statystyki opisowe zostały obliczone dla wszystkich zmiennych uzyskanych podczas badania. Dla zmiennych obliczono średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe od średniej arytmetycznej oraz średnią wartość zmiennych w populacji szacowano metodą estymacji przedziałowej, przyjmując poziom ufności 0,95 (95%PU). Statystyki opisowe zostały obliczone również dla zmiennych uzyskanych w grupie kontrolnej.

Normalność rozkładu danych oceniano za pomocą testu Shapiro-Wilka. Dla zweryfikowania hipotez o normalności rozkładu przyjęto wynik testu statystycznego na poziomie $p \leq 0,05$.

W celu porównania dwóch niezależnych wobec siebie zmiennych zastosowano test U-Manna Whitney'a. Jest to nieparametryczny odpowiednik testu t-Studenta dla dwóch niezależnych zmiennych (dwóch średnich). Test weryfikuje hipotezę, że dwie losowo wybrane próby pochodzą z tej samej populacji. Decyzję o odrzuceniu weryfikowanej hipotezy przyjęto dla wyniku testu $p \leq 0.05$ (różnica pomiędzy badanymi zmiennymi jest istotna statystycznie-hipoteza jest odrzucana).

W celu porównania więcej niż dwóch niezależnych zmiennych zastosowano test Kruskala-Wallis. Test jest nieparametrycznym odpowiednikiem jednoczynnikowej analizy wariancji. Test weryfikuje hipotezę, że losowo wybrane próby pochodzą z tej samej populacji. Decyzję o odrzuceniu weryfikowanej hipotezy kieruje wartość p . Jeżeli $p \leq 0.05$ to hipoteza jest odrzucana tzn.: że różnica pomiędzy badanymi zmiennymi jest istotna statystycznie.

Do analizy korelacji między zmiennymi wykorzystano nieparametryczny współczynnik korelacji rang-Spearmana, którego istotność statystyczną badano testem t-Studenta. Określono siłę korelacji dla $[r]$ [306]:

1. 0,2 – 0,4 – słaba zależność
2. 0,4 -0,7 – umiarkowana zależność
3. 0,7 – 1,0- silna zależność

Do opisanie ilościowych relacji pomiędzy zmiennymi zastosowano regresję liniową. Poziom istotności statystycznej przyjęto $p \leq 0,05$.

4. Wyniki

4.1 Charakterystyka kliniczna badanej grupy

Do grupy badanej zakwalifikowano 90 osób w tym 53 kobiety oraz 37 mężczyzn. Poziom niesprawności w rozszerzonej skali EDSS dla badanej grupy kobiet przedstawiał się następująco: wśród badanych kobiet 3 punkty (10 kobiet), 3,5 punktu (12 kobiet), 4 punkty (15 kobiet) 4,5 punktu (8 kobiet), 5 punktów (4 kobiety), 5,5 punktu (4 kobiety) wśród mężczyzn 3 punkty (10 mężczyzn), 3,5 punktu (6 mężczyzn), 4 punkty (9 mężczyzn), 4,5 punktu (6 mężczyzn), 5 punktów (2 mężczyzn), 5,5 punktów (4 mężczyzn). Średni czas trwania choroby w badanej grupie wynosił 13,3 ($\pm 6,25$) lat. Udział w programach lekowych zgłosiło 61 uczestników. Zaopatrzenie ortopedyczne (laski, kule, chodziki) niezbędne do chodzenia stosowało przez 50 % osób z badanej grupy. Szczegółowa analiza grupy badanej znajduje się w tabeli 5.

Tabela 5. Charakterystyka grupy klinicznej

GRUPA BADANA			
	Kobiety (n=53)	Mężczyźni (n=37)	Razem (n=90)
Wiek, lata [$\bar{x} \pm SD$]	47,56 \pm 8,04	44,21 \pm 8,16	46,18 \pm 8,13
Miejsce zamieszkania [n]:			
- Miasto	33	18	51
- Wieś	20	19	39
Punktacja w skali EDSS [n]:			
Grupa B1 EDSS \leq 3	10	10	20
Grupa G1 EDSS = 3,5	12	6	18
Grupa G2 EDSS = 4	15	9	24
Grupa G3 EDSS = 4,5	8	6	14
Grupa G4 EDSS = 5	4	2	6
Grupa G5 EDSS = 5,5	4	4	8
Średni czas trwania choroby [$\bar{x} \pm SD$]	14,26 \pm 6,24	11,94 \pm 6,25	13,31 \pm 6,25
Program lekowy [n]:			
- Tak	35	26	61
- Nie	18	11	29
Stosowanie zaopatrzenia ortopedycznego [n]:			
- Tak	29	16	45
- Nie	24	21	45

x – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe, n- liczebność grupy

4.2 Ocena badanych parametrów sprawności funkcjonalnej osób z SM w grupie B1 (EDSS ≤ 3) oraz osób zdrowych z grupy kontrolnej

Ocena prędkości i dystansu chodu

Wykazano istotnie statystycznie różnice pomiędzy wartościami średnimi w obu badanych grupach we wszystkich analizowanych parametrach zarówno w teście 10MWT przy prędkości dowolnej i maksymalnej, w teście 25FWT w prędkości dowolnej i maksymalnej oraz w 6 MWT. Średnia prędkość chodu z dowolną i maksymalną prędkością w teście 10MWT w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) wyniosła 0,98±0,27 m/s (95% PU 0,86-1,12) oraz 1,14±0,37 m/s (95% PU 0,96-1,31), natomiast w grupie kontrolnej 1,33±0,09 m/s (95% PU 1,31-1,36) oraz 1,54±0,13 m/s (95%PU 1,51-1,58). W teście 25FWT średnia prędkość dowolna i maksymalna w grupie osób w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) wyniosła odpowiednio 0,95±0,31m/s (95%PU 0,81-1,10) i 1,12±0,45m/s (95% PU 0,92-1,34), natomiast w grupie kontrolnej 1,61±0,20 m/s (95%PU 1,55-1,66) i 1,86±0,26m/s (95%PU 1,82-1,96). Średni pokonany dystans w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) wyniósł 425,80±77,53 metra (95%PU 389,51-462,09), zaś w grupie osób zdrowych 509,55±30,50 metra (95%PU 501,67-517,43). Różnica pomiędzy średnimi wartościami wykazanymi dla porównywanych grup była istotna statystycznie (p=0,001) (tabela 6, suplement tabela 1).

Tabela 6. Prędkość i dystansu chodu w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) SM i grupie kontrolnej

	B1 (n=20)				GK (n=60)				P
	X±SD	Q1	Q2	Q3	X±SD	Q1	Q2	Q3	
10MWT-vpd [m/s]	0,98±0,27	0,74	1,00	1,26	1,33±0,09	1,26	1,32	1,39	0,001
10MWT-vpm [m/s]	1,14±0,37	0,81	1,20	1,40	1,54±0,13	1,40	1,59	1,63	0,001
25FWT-vpd [m/s]	0,95±0,31	0,65	0,94	1,27	1,61±0,20	1,45	1,57	1,76	0,001
25FWT-vpm [m/s]	1,12±0,45	0,72	1,13	1,41	1,86±0,26	1,66	1,90	2,00	0,001
6MWT [m]	425,80±77,53	364,50	448,00	485,50	509,55±30,50	487,00	502,00	531,50	0,001

vpd- prędkość dowolna; vpm- prędkość maksymalna; vpd- prędkość dowolna; X±SD- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; Q1- kwartył dolny; Q2- mediana; Q3- kwartył górny; B1- osoby z SM do EDSS 3; GK- grupa kontrolna; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego U-Manna-Whitney'a

Ocena izokinetycznej siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 180°/s

W dynamometrycznym pomiarze izokinetycznej siły mięśni wykazano, że w parametrach szczytowego momentu siły względem masy ciała, całkowitej wykonanej pracy oraz mocy średniej przy prędkości kątowej 180°/s dla prawej kończyny dolnej w obu badanych grupach silniejsze były mięśnie prostowniki. Średnia wartość szczytowego momentu siły względem masy ciała PTQr/BW prostowników w grupie kontrolnej wynosiła 96,63±31,75 (95% PU 88,42-104,83) a w podgrupie badanej B1 56,61±25,70% (95%PU 44,58-68,64). Różnica była istotna statystycznie. Średnia wartość szczytowego momentu siły względem masy ciała PTQr/BW zginaczy stawu kolanowego w grupie kontrolnej wynosiła 69,86±22,93 (95%PU 63,94-75,78) a w pod grupie badanej B1 28,80±17,75% (95%PU 20,49-37,11). Różnica była istotna statystycznie. Czas pobudzania i hamowania ruchu dla prawej kończyny dolnej zarówno dla mięśni zginaczy i prostowników był istotnie niższy dla osób z grupy kontrolnej niż dla osób z grupy B1. Różnica była istotna statystycznie (tabela 7, suplement tabela 2).

Tabela 7. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 180°/s w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) i grupie kontrolnej

		B1 (n=20)				GK (n=60)				p
		X±SD	Q1	Q2	Q3	X±SD	Q1	Q2	Q3	
PTQr/BW	Fl	28,80±17,75	15,20	23,35	37,85	69,86±22,93	57,90	67,35	84,55	0,001
	Ex	56,61±25,70	36,70	51,75	68,70	96,63±31,75	74,00	96,75	115,25	0,001
TWr [J]	Fl	98,73±101,06	7,20	72,60	166,40	307,44±134,65	247,00	312,80	358,75	0,001
	Ex	253,44±116,19	169,60	238,40	297,00	401,98±168,26	348,55	387,60	417,70	0,001
APr [W]	Fl	29,73±32,01	1,70	20,25	52,10	169,65±80,94	101,85	184,86	223,35	0,001
	Ex	78,81±42,34	52,85	68,05	95,85	220,43±83,63	179,65	218,40	285,45	0,001
ACCr [ms]	Fl	219,00±359,87	90,00	135,00	185,00	72,67±25,64	60,00	70,00	75,00	0,001
	Ex	78,50±37,03	55,00	70,00	90,00	53,00±10,78	50,00	50,00	60,00	0,001
DCCr [ms]	Fl	145,50±66,37	115,00	125,00	170,00	90,67±22,16	80,00	80,00	100,00	0,001
	Ex	146,50±54,41	120,00	130,00	155,00	81,50±24,06	70,00	70,00	90,00	0,001

PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; X±SD- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; Q1- kwartył dolny; Q2- mediana; Q3- kwartył górny; B1- osoby z SM EDSS≤3; GK- grupa kontrolna; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego U-Manna-Whitney'a

Ocena izokinetycznej siły prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 180°/s

Szczytowy moment siły względem masy ciała dla ruchu wyprostu dla lewej kończyny dolnej w grupie osób zdrowych wyniósł średnio 91,84±32,36% (95%PU 83,49-100,21), natomiast w podgrupie B1 osób będących w początkowym etapie choroby 57,68±22,80% (95%PU 47,02-68,34). Całkowita wykonana praca dla ruchu wyprostu w grupie kontrolnej wyniosła średnio 390,15±179,59J a w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) 271,40±110,81J. Średnia wartość mocy wygenerowanej podczas ruchu wyprostu wynosiła 81,25±39,07W w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) oraz 209,59±80,63W dla grupy kontrolnej. Średni czas akceleracji i deceleracji w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) był istotnie statystycznie dłuższy niż u osób w grupie kontrolnej zarówno dla ruchu zgięcia jak i wyprostu w stawie kolanowym. Czas akceleracji wynosił średnio: ruch zgięcia w podgrupie B1 ACCI FI: 153,00±87,18, a w grupie kontrolnej 76,83±19,18 ms (p=0,001); ruch wyprostu w podgrupie B1 ACCI Ex: 88,00±45,60, a w grupie kontrolnej 56,67±10,68 ms (p=0,001). Czas deceleracji wynosił w podgrupie B1 DCCI FI: 133,00±33,58, a w grupie kontrolnej 97,17±17,18 ms (p=0,001); ruch wyprostu w stawie kolanowym w podgrupie B1 DCCI Ex: 137,50±38,78, a w grupie kontrolnej 89,83±25,74 ms (p=0,001). Różnice były istotne statystycznie (tabela 8, suplement tabela 3).

Tabela 8. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 180°/s w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) i grupie kontrolnej

		B1 (n=20)				GK (n=60)				P
		X±SD	Q1	Q2	Q3	X±SD	Q1	Q2	Q3	
PTQI/BW [%]	FI	27,93±13,71	15,30	22,95	37,75	68,44±41,95	50,60	59,45	79,45	0,001
	Ex	57,68±22,80	36,40	55,60	74,10	91,84±32,36	71,00	85,90	107,25	0,001
TWI [J]	FI	97,52±92,92	35,35	56,55	160,80	293,43±155,90	221,5	302,40	348,75	0,001
	Ex	271,4±110,81	183,50	255,35	364,15	390,15±179,59	329,55	374,60	396,50	0,003
API [W]	FI	27,86±28,01	9,50	14,35	47,65	153,92±79,94	92,85	160,55	215,65	0,001
	Ex	81,25±39,07	51,55	70,50	111,35	209,59±80,63	156,05	202,10	266,60	0,001
ACCI [ms]	FI	153,00±87,18	110,00	130,00	175,00	76,83±19,18	65,00	70,00	80,00	0,001
	Ex	88,00±45,60	55,00	70,00	120,00	56,67±10,68	50,00	60,00	60,00	0,005
DCCI [ms]	FI	133,00±33,58	110,00	130,00	140,00	97,17±17,18	90,00	90,00	110,00	0,001
	Ex	137,50±38,78	125,00	130,00	150,00	89,83±25,74	70,00	80,00	105,00	0,001

PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny;

FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; X±SD- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; Q1- kwartył dolny; Q2- mediana; Q3- kwartył górny; B1- osoby z SM EDSS≤3; GK- grupa kontrolna; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego U-Manna-Whitney'a

Ocena izokinetyczna siły mięśniowej prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 300°/s

Szczytowy moment siły względem masy ciała wykazał się być istotnie wyższy u osób z grupy kontrolnej i wyniósł odpowiednio: dla mięśni zginaczy PTQr/BW Fl: 66,79±23,61% (95%PU 60,69-72,89); dla mięśni prostowników PTQr/BW Ex: 88,71±28,98% (95%PU 81,22-96,19). Dla osób z grupy B1(EDSS ≤ 3) wartość szczytowego momentu siły względem masy ciała dla mięśni zginaczy wyniosła PTQr/BW Fl: 31,41±16,14% (95%PU 23,86-38,96) a dla mięśni prostowników PTQr/BW Ex: 50,71±21,14% (95%PU 40,81-60,61). Największą istotnie statystycznie różnicę pomiędzy badanymi grupami wykazano w parametrze wartości mocy średniej dla prawej kończyny dolnej (APr): przy ruchu wyprostu kończyny dolnej prawej wartość wskaźnika mocy średniej jest prawie 3-krotnie wyższa u osób z grupy kontrolnej niż u osób z grupy B1 (p=0,001) (tabela 9, suplement tabela 4).

Tabela 9. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 300°/s w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) i grupie kontrolnej

		B1 (n=20)				GK (n=60)				P
		X±SD	Q1	Q2	Q3	X±SD	Q1	Q2	Q3	
PTQr/BW [%]	Fl	31,41±16,14	24,25	29,05	38,10	66,79±23,61	43,95	69,70	83,45	0,001
	Ex	50,71±21,14	35,85	44,80	65,25	88,71±28,98	65,70	89,90	113,20	0,001
TWr [J]	Fl	207,47±228,91	24,60	88,80	465,55	562,12±289,73	329,90	554,50	839,95	0,001
	Ex	632,42±312,25	426,50	521,15	909,70	1083,00±474,40	812,40	985,75	1521,80	0,001
APr [W]	Fl	37,97±52,14	2,45	11,15	65,70	151,67±130,84	65,65	104,80	188,60	0,001
	Ex	90,15±50,74	54,35	74,15	120,50	266,81±149,44	137,70	247,55	337,90	0,001
ACCr [ms]	Fl	174,00±72,43	115,00	175,00	220,00	91,50±46,17	60,00	70,00	105,00	0,001
	Ex	94,50±30,52	70,00	90,00	120,00	62,67±19,21	50,00	60,00	70,00	0,001
DCCr [ms]	Fl	145,50±43,95	120,00	135,00	160,00	94,33±25,54	80,00	85,00	115,00	0,001
	Ex	154,50±38,32	125,00	150,00	180,00	87,67±30,72	65,00	75,00	110,00	0,001

PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; X±SD- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; Q1- kwartył dolny; Q2- mediana; Q3- kwartył górny; B1- osoby z SM EDSS≤3; GK- grupa kontrolna; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego U-Manna-Whitney'a

Ocena siły mięśniowej dla mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 300°/s

Wykazano, że istnieją istotnie statystyczne różnice pomiędzy średnimi w badanych grupach we wszystkich badanych aspektach siły mięśni zginaczy i prostowników oraz czasu pobudzenia i hamowania ruchu. Siła mięśni zginaczy w grupie kontrolnej w badanym parametrze PTQI/BW wyniosła FL: $64,20 \pm 21,42\%$ (95%PU 58,67-69,73), natomiast w grupie badanej omawiany parametr wskazywał 2-krtonie niższą wartość. Największą różnicę stwierdzono pomiędzy średnimi wartościami całkowitej wykonanej pracy dla lewej kończyny dolnej (TWI) dla mięśni prostowników pomiędzy grupą B1- TWI Ex: $732,82 \pm 209,17W$ (95%PU 634,92- 830,72) a grupą GK- TWI Ex: $1035,81 \pm 471,53W$ (95%PU 914,00- 1157,62). Różnice były istotne statystycznie ($p=0,004$). Czas akceleracji i deceleracji był istotnie niższy w grupie kontrolnej w porównaniu z osobami z grupy B1 ($EDSS \leq 3$). Średni czas akceleracji w grupie kontrolnej wynosił podczas ruchu zginania lewej kończyny dolnej (ACCI FI) $97,0 \pm 47,38$ ms (95%PU 84,76-109,24) a w grupie B1 ($EDSS \leq 3$) $189,50 \pm 67,39$ ms (95%PU 157,96-221,04). Średni czas akceleracji w grupie kontrolnej wynosił podczas ruchu wyprostu lewej kończyny dolnej (ACCI Ex) $65,17 \pm 18,46$ ms, a w grupie B1 ($EDSS \leq 3$) $100,50 \pm 34,26$ ms. Średni czas deceleracji w grupie kontrolnej wynosił podczas ruchu zginania lewej kończyny dolnej (DCCI FI) $99,67 \pm 25,91$ ms, a w grupie B1 ($EDSS \leq 3$) $142,00 \pm 35,18$ ms. Średni czas deceleracji w grupie kontrolnej wynosił podczas ruchu wyprostu lewej kończyny dolnej (DCCI Ex) $89,17 \pm 25,53$ ms, a w grupie B1 ($EDSS \leq 3$) $152,00 \pm 35,92$ ms. Wszystkie wykazane różnice pomiędzy średnimi wartościami czasu akceleracji i deceleracji w każdej z grup były istotne statystycznie (tabela 10, suplement tabela 5).

Tabela 10. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 300°/s w podgrupie badanej B1 (EDSS ≤ 3) i grupie kontrolnej

		B1 (n=20)				GK (n=60)				p
		X±SD	Q1	Q2	Q3	X±SD	Q1	Q2	Q3	
PTQI/BW [%]	Fl	31,48±12,83	26,60	30,50	36,35	64,20±21,42	46,95	64,85	80,95	0,001
	Ex	52,18±16,19	42,15	46,80	63,10	84,43±28,24	62,40	81,35	105,05	0,001
TWI [J]	Fl	256,4±200,28	57,05	222,80	452,60	551,95±344,11	247,90	523,85	808,65	0,001
	Ex	732,80±209,20	611,20	765,50	897,80	1035,±471,53	789,60	929,45	1413,15	0,004
API [W]	Fl	40,29±47,37	6,00	30,40	58,45	141,04±114,82	65,35	101,80	187,05	0,001
	Ex	97,54±34,96	79,35	99,05	124,60	248,24±133,28	142,95	217,50	310,25	0,001
ACCI [ms]	Fl	189,50±67,39	140,00	175,00	245,00	97,00±47,38	70,00	70,00	120,00	0,001
	Ex	100,50±34,26	70,00	90,00	120,00	65,17±18,46	50,00	60,00	75,00	0,005
DCCI [ms]	Fl	142,00±35,18	115,00	145,00	165,00	99,67±25,91	80,00	90,00	120,00	0,001
	Ex	152,00±35,92	130,00	145,00	180,00	89,17±25,53	70,00	80,00	105,00	0,001

PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny; FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; X±SD- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; Q1- kwartył dolny; Q2- mediana; Q3- kwartył górny; B1- osoby z SM EDSS≤3; GK- grupa kontrolna; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego U-Manna-Whitney'a

Stabilometryczna ocena równowagi ciała w badaniu z oczami otwartymi

Wskaźnik OSI dla grupy B1 (EDSS ≤ 3) wyniósł 0,90±0,75 (95%PU 0,54-1,25) a dla grupy kontrolnej OSI= 0,28±0,09 (95%PU 0,26-0,31). Wskaźnik wychwiał przednio-tylnych w grupie B1 (EDSS ≤ 3) wyniósł 0,88±0,70 (95%PU 0,55-1,21), natomiast w grupie osób zdrowych 0,36±0,09 (95%PU 0,33-0,39). Wchylenia środka pola ciężkości we wskaźniku MLSI wykazały wartość dla grupy B1 0,94±0,70 (EDSS ≤ 3) a dla grupy kontrolnej 0,34±0,12. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotnie statystyczne różnice pomiędzy średnimi wartościami wskaźników stabilności postawy w staniu z otwartymi oczami uzyskanymi w grupie B1 i grupie kontrolnej (p=0,001) (tabela 11, suplement tabela 6).

Tabela 11. Równowaga ciała, badana na Biodex Balance System SD przy oczach otwartych w grupie osób w początkowych okresach SM i grupie kontrolnej

	B1 (n=20)				GK (n=60)				P
	X±SD	Q1	Q2	Q3	X±SD	Q1	Q2	Q3	
OSI	0,90±0,75	0,30	0,45	1,30	0,28±0,09	0,20	0,30	0,35	0,001
APSI	0,88±0,70	0,40	0,60	1,30	0,36±0,09	0,30	0,40	0,40	0,001
MLSI	0,94±0,70	0,30	0,85	1,30	0,34±0,12	0,20	0,40	0,40	0,001

OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; X±SD średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; Q1- kwartył dolny; Q2- mediana; Q3- kwartył górny; B1- osoby z SM EDSS≤3; GK- grupa kontrolna; n- liczebność grupy; p- współczynnik istotności statystycznej; p- wynik testu statystycznego U-Manna-Whitney'a

Stabilometryczna ocena równowagi ciała w badaniu z oczami zamkniętymi

Analiza statystyczna wykazała istotnie statystyczne różnice pomiędzy średnimi w obu badanych grupach we wszystkich badanych parametrach równowagi przy oczach zamkniętych. Ogólny wskaźnik stabilności postawy (OSI) dla grupy B1 wyniósł 1,35±1,04 (95%PU 0,86-1,85) a w grupie kontrolnej 0,37±0,09 (95%PU 0,34-0,39%). Wskaźnik wychwiań przednio-tylnych (APSI) w grupie B1 (EDSS ≤ 3) wyniósł 1,17±0,89 (95%PU 0,75-1,58), natomiast w grupie kontrolnej 0,37±0,07 (95%PU 0,35-0,38). Boczno-przyśrodkowy wskaźnik wychyleń środka ciężkości (MLSI) w grupie B1 (EDSS ≤ 3) wyniósł 1,10±0,81 (95%PU 0,72-1,48), a w grupie kontrolnej 0,29±0,07 (95%PU 0,27-0,31) (tabela 12, suplement tabela 7)

Tabela 12. Równowaga ciała, badana na Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych w grupie osób w początkowych okresach SM i grupie kontrolnej

	B1 (n=20)				GK (n=60)				P
	X±SD	Q1	Q2	Q3	X±SD	Q1	Q2	Q3	
OSI	1,35±1,04	0,55	1,05	1,88	0,37±0,09	0,30	0,40	0,40	0,001
APSI	1,17±0,89	0,49	1,20	1,45	0,37±0,07	0,30	0,40	0,40	0,001
MLSI	1,10±0,81	0,50	0,85	1,50	0,29±0,07	0,25	0,30	0,30	0,001

OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; X±SD średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; Q1- kwartył dolny; Q2- mediana; Q3- kwartył górny; B1- osoby z SM do EDSS 3; GK- grupa kontrolna; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego U-Manna-Whitney'a

Ocena równowagi ciała w teście TUG i skali Berg

Uczestnicy z grupy B1 (EDSS ≤ 3) test Up and Go wykonali w średnim czasie 9,48 s a uczestnicy z grupy kontrolnej uzyskali średnio 6,37 s. Różnica była istotna statystycznie (p=0,001). W ocenie równowagi skalą Berg osoby z grupy B1 (EDSS ≤ 3) uzyskały wynik

46,36 punktu natomiast osoby z grupy kontrolnej uzyskały 51,38 punktu, Różnica była istotna statystycznie ($p=0,001$) (tabela 13, suplement tabela 8)

Tabela 13. Równowaga ciała, badana za pomocą testu TUG i skali Berg w grupie osób w początkowych okresach SM i grupie kontrolnej

	B1 (n=20)				GK (n=60)				p
	X±SD	Q1	Q2	Q3	X±SD	Q1	Q2	Q3	
TUG [s]	9,48±2,38	8,05	8,93	11,05	6,37±0,68	6,02	6,29	6,88	0,001
Skala Berg [pkt]	46,36±5,98	42,5	48,00	51,00	51,58±3,55	50,50	52,00	54,00	0,001

TUG- test Time Up&Go; X±SD- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; Q1- kwartył dolny; Q2 mediana; Q3- kwartył górny; B1- osoby z SM EDSS≤3; GK- grupa kontrolna; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego U-Manna-Whitney'a

4.3 Ocena zależności pomiędzy prędkością dowolną i maksymalną chodu a siłą mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM

Najsilniejszą korelację wykazano pomiędzy średnią wartością mocy generowanej przez prostowniki stawu kolanowego podczas skurczu izokinetycznego z prędkością kątową 180°/s ($R=0,563$; $p=0,001$). Najsłabszą, ujemną korelację wykazano dla prędkości dowolnej chodu i czasu deceleracji (DCCl) podczas zginania lewego stawu kolanowego ($R= - 0,332$; $p = 0,001$), Prędkość dowolna chodu uzyskana w teście 10MWT wykazuje umiarkowaną, istotną statystycznie korelację z czasem akceleracji (ACCr) i deceleracji (DCCr) podczas prostowania stawu kolanowego z prędkością kątową ruchu 180°/s. Wyniki analizy korelacji przedstawiono w tabeli 14.

Tabela 14. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością dowolną chodu w teście 10MWT

Para zmiennych	R	p	Para zmiennych	R	p
10MWT-vpd & Ex APr	0,563	0,001	10MWT-vpd & Fl API	0,577	0,001
10MWT-vpd & Fl TWr	0,519	0,001	10MWT-vpd & Fl TWI	0,544	0,001
10MWT-vpd & Fl APr	0,518	0,001	10MWT-vpd & Fl PTQI/BW	0,502	0,001
10MWT-vpd & Ex TWr	0,511	0,001	10MWT-vpd & Ex PTQI/BW	0,501	0,001
10MWT-vpd & Ex PTQr/BW	0,496	0,001	10MWT-vpd & Ex API	0,489	0,001
10MWT-vpd & Fl PTQr/BW	0,481	0,001	10MWT-vpd & Ex ACCI	-0,437	0,001
10MWT-vpd & Ex DCCr	-0,461	0,001	10MWT-vpd & Fl DCCI	-0,433	0,001
10MWT-vpd & Ex ACCr	-0,454	0,001	10MWT-vpd & Ex TWI	0,417	0,001
10MWT-vpd & Fl ACCr	-0,399	0,001	10MWT-vpd & Ex DCCI	-0,389	0,001
10MWT-vpd & Fl DCCr	-0,387	0,001	10MWT-vpd & Fl ACCI	-0,332	0,001

10MWT- 10 metrowy test marszowy; vpd- prędkość dowolna; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą korelację wykazano pomiędzy średnią wartością mocy generowanej przez prostowniki stawu kolanowego prawego podczas skurczu izokinetycznego z prędkością kątową 180°/s a prędkością maksymalną chodu uzyskaną w teście 10MWT (R= 0,581; p=0,001). Prędkość maksymalna chodu uzyskana w teście 10MWT wykazuje umiarkowaną, ujemną i istotną statystycznie korelację z czasem akceleracji (ACCr) i deceleracji (DCCr) dla ruchu prostowania stawu kolanowego prawego. Najsłabszą i ujemną korelację wykazano dla prędkości maksymalnej chodu i czasu akceleracji podczas zginania lewego stawu kolanowego (R= -0,327; p=0,001). Wyniki analizy korelacji przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością maksymalną chodu w teście 10MWT

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
10MWT-vpm & Ex APr	0,581	0,001	10MWT-vpm & Fl API	0,559	0,001
10MWT-vpm & Fl TWr	0,537	0,001	10MWT-vpm & Fl TWl	0,524	0,001
10MWT-vpm & Fl APr	0,535	0,001	10MWT-vpm & Ex PTQr/BW	0,492	0,001
10MWT-vpm & Ex TWr	0,531	0,001	10MWT-vpm & Ex API	0,473	0,001
10MWT-vpm & Ex PTQr/BW	0,529	0,001	10MWT-vpm & Fl PTQl/BW	0,469	0,001
10MWT-vpm & Fl PTQr/BW	0,494	0,001	10MWT-vpm & Ex ACCl	-0,428	0,001
10MWT-vpm & Ex ACCr	-0,460	0,001	10MWT-vpm & Ex TWl	0,398	0,001
10MWT-vpm & Ex DCCr	-0,459	0,001	10MWT-vpm & Fl DCCl	-0,389	0,001
10MWT-vpm & Fl ACCr	-0,415	0,001	10MWT-vpm & Ex DCCl	-0,374	0,001
10MWT-vpm & Fl DCCr	-0,387	0,001	10MWT-vpm & Fl ACCl	-0,327	0,001

10MWT- 10 metrowy test marszowy; vpm- prędkość maksymalna; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCl- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCl- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Parametr całkowitej wykonanej pracy dla stawu kolanowego lewego (TWl) dla ruchu zginania wykazał najsilniejszą, dodatnią i istotnie statystyczną korelację z prędkością dowolną uzyskaną w teście 10MWT (R= 0,565; p=0,001). Najsłabszą, ujemną i istotnie statystyczną korelację wykazano dla prędkości dowolnej chodu uzyskanej w teście 10MWT i czasu deceleracji lewego stawu kolanowego (DCCl) dla ruchu prostowania (R= -0,286; p=0,001). Zarówno dla prawego jak i lewego stawu kolanowego nie wykazano istotnie statystycznej korelacji pomiędzy prędkością dowolną uzyskaną w teście 10MWT a parametrem czasu akceleracji (ACCr/l) ruchu kończyny dolnej dla ruchu zgięcia. Wyniki analizy korelacji przedstawiono w tabeli 16.

Tabela 16. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością dowolną chodu w teście 10MWT

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
10MWT-vpd & Ex TWr	0,517	0,001	10MWT-vpd & Fl TWl	0,565	0,001
10MWT-vpd & Ex APr	0,514	0,001	10MWT-vpd & Fl PTQl/BW	0,547	0,001
10MWT-vpd & Fl TWr	0,499	0,001	10MWT-vpd & Ex TWl	0,533	0,001
10MWT-vpd & Ex PTQr/BW	0,488	0,001	10MWT-vpd & Fl API	0,517	0,001
10MWT-vpd & Fl PTQr/BW	0,467	0,001	10MWT-vpd & Ex API	0,490	0,001
10MWT-vpd & Fl APr	0,465	0,001	10MWT-vpd & Ex PTQl/BW	0,486	0,001
10MWT-vpd & Fl DCCr	-0,412	0,001	10MWT-vpd & Fl DCCI	-0,366	0,001
10MWT-vpd & Ex DCCr	-0,320	0,001	10MWT-vpd & Ex ACCI	-0,294	0,001
10MWT-vpd & Ex ACCr	-0,298	0,001	10MWT-vpd & Ex DCCI	-0,286	0,001
10MWT-vpd & Fl ACCr	-0,161	0,129	10MWT-vpd & Fl ACCI	-0,140	0,187

10MWT- 10 metrowy test marszowy; vpd- prędkość dowolna; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex-extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą, dodatnią i istotnie statystyczną korelację wykazano dla prędkości maksymalnej chodu i parametrem całkowitej wykonanej pracy podczas skurczu izokinetycznego z prędkością kątową 300°/s dla lewego stawu kolanowego (TWl) dla ruchu zgięcia (R=0,556; p=0,001). Dla prawego stawu kolanowego najsilniejszą, dodatnią i istotnie statystyczną korelację wykazano również pomiędzy prędkością maksymalną chodu a parametrem całkowitej wykonanej pracy (TWr) dla mięśni prostowników (R=0,521; p=0,001). Nie wykazano istotnie statystycznej korelacji dla prędkości maksymalnej chodu uzyskanej w teście 10MWT a czasem akceleracji zarówno dla prawego i lewego stawu kolanowego przy ruchu zginania. Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 17.

Tabela 17. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością maksymalną chodu w teście 10MWT

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
10MWT-vpm & Ex TWr	0,521	0,001	10MWT-vpm & Fl TWl	0,556	0,001
10MWT-vpm & Ex APr	0,506	0,001	10MWT-vpm & Fl PTQl/BW	0,531	0,001
10MWT-vpm & Ex PTQr/BW	0,494	0,001	10MWT-vpm & Ex TWl	0,527	0,001
10MWT-vpm & Fl TWr	0,483	0,001	10MWT-vpm & Fl API	0,510	0,001
10MWT-vpm & Fl PTQr/BW	0,453	0,001	10MWT-vpm & Ex PTQl/BW	0,501	0,001
10MWT-vpm & Fl APr	0,431	0,001	10MWT-vpm & Ex API	0,491	0,001
10MWT-vpm & Fl DCCr	-0,384	0,001	10MWT-vpm & Ex ACCl	-0,322	0,001
10MWT-vpm & Ex DCCr	-0,299	0,001	10MWT-vpm & Fl DCCl	-0,320	0,001
10MWT-vpm & Ex ACCr	-0,281	0,001	10MWT-vpm & Ex DCCl	-0,266	0,001
10MWT-vpm & Fl ACCr	-0,174	0,101	10MWT-vpm & Fl ACCl	-0,145	0,171

10MWT- 10 metrowy test marszowy; vpm- prędkość maksymalna; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCl- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCl- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą, dodatnią i istotnie statystycznie korelację wykazano dla prędkości dowolnej uzyskanej w teście 25FWT i średnią wartością mocy generowanej przez prostowniki stawu kolanowego prawego (APr) podczas skurczu izokinetycznego z prędkością kątową 180°/s (R= 0,564; p=0,001). Najsłabszą i ujemną korelację wykazano dla prędkości dowolnej chodu i czasu akceleracji dla lewego stawu kolanowego (ACCl) przy ruchu zginania (R= - 0,324; p=0,001). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 18.

Tabela 18. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością dowolną chodu w teście 25FWT

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
25FWT-vpd & Ex APr	0,564	0,001	25FWT-vpd & Fl API	0,549	0,001
25FWT-vpd & Ex TWr	0,513	0,001	25FWT-vpd & Fl TWI	0,512	0,001
25FWT-vpd & Fl TWr	0,512	0,001	25FWT-vpd & Ex PTQI/BW	0,471	0,001
25FWT-vpd & Fl APr	0,509	0,001	25FWT-vpd & Fl PTQI/BW	0,468	0,001
25FWT-vpd & Ex PTQr/BW	0,496	0,001	25FWT-vpd & Ex API	0,462	0,001
25FWT-vpd & Fl PTQr/BW	0,474	0,001	25FWT-vpd & Ex ACCI	-0,413	0,001
25FWT-vpd & Ex DCCr	-0,463	0,001	25FWT-vpd & Fl DCCI	-0,388	0,001
25FWT-vpd & Ex ACCr	-0,450	0,001	25FWT-vpd & Ex TWI	0,388	0,001
25FWT-vpd & Fl ACCr	-0,414	0,001	25FWT-vpd & Ex DCCI	-0,368	0,001
25FWT-vpd & Fl DCCr	-0,392	0,001	25FWT-vpd & Fl ACCI	-0,324	0,001

25FWT- test 25 stóp; vpd- prędkość dowolna; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą i dodatnią korelację wykazano pomiędzy średnią wartością mocy generowanej przez prostowniki stawu kolanowego prawego podczas skurczu izokinetycznego z prędkością kątową 180°/s a prędkością maksymalną uzyskaną w teście 25FTW (R= 0,552; p=0,001). O umiarkowanej sile korelację wykazano pomiędzy prędkością maksymalną chodu a czasem akceleracji (ACCr/l) i deceleracji (DCCr/l) dla stawu kolanowego prawego podczas ruchu prostowania i zginania. Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 19.

Tabela 19. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością maksymalną chodu w teście 25FWT

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
25FWT-vpm & Ex APr	0,552	0,001	25FWT-vpm & FI API	0,495	0,001
25FWT-vpm & FI TWr	0,511	0,001	25FWT-vpm & FI TWl	0,452	0,001
25FWT-vpm & Ex TWr	0,507	0,001	25FWT-vpm & Ex PTQl/BW	0,416	0,001
25FWT-vpm & FI APr	0,501	0,001	25FWT-vpm & FI PTQl/BW	0,394	0,001
25FWT-vpm & Ex PTQr/BW	0,500	0,001	25FWT-vpm & Ex API	0,387	0,001
25FWT-vpm & FI PTQr/BW	0,475	0,001	25FWT-vpm & Ex ACCl	-0,368	0,001
25FWT-vpm & Ex DCCr	-0,455	0,001	25FWT-vpm & Ex DCCl	-0,343	0,001
25FWT-vpm & Ex ACCr	-0,450	0,001	25FWT-vpm & Ex TWl	0,312	0,001
25FWT-vpm & FI ACCr	-0,420	0,001	25FWT-vpm & FI ACCl	-0,309	0,001
25FWT-vpm & FI DCCr	-0,405	0,001	25FWT-vpm & FI DCCl	-0,308	0,001

25FWT- test 25 stóp ; vpm- prędkość maksymalna; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCl- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCl- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą i dodatnią korelację wykazano dla prędkości dowolnej chodu uzyskanej w teście 25FTW a całkowitą wykonaną pracą dla stawu kolanowego lewego (TWl) dla ruchu zginania podczas skurczu izokinetycznego z prędkością kątową 300°/s (R= 0,542; p=0,001). Najsłabszą i ujemną korelację dla stawu kolanowego prawego wykazano pomiędzy parametrem akceleracji (ACCr) podczas ruchu prostowania a prędkością dowolną chodu uzyskaną w teście 25FWT (R= -0,276; p=0,001). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 20.

Tabela 20. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością dowolną chodu w teście 25FWT

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
25FWT-vpd & Ex TWr	0,506	0,001	25FWT-vpd & FI TWI	0,542	0,001
25FWT-vpd & Ex APr	0,496	0,001	25FWT-vpd & FI PTQI/BW	0,521	0,001
25FWT-vpd & Ex PTQr/BW	0,466	0,001	25FWT-vpd & FI API	0,507	0,001
25FWT-vpd & FI TWr	0,466	0,001	25FWT-vpd & Ex TWI	0,504	0,001
25FWT-vpd & FI APr	0,443	0,001	25FWT-vpd & Ex PTQI/BW	0,478	0,001
25FWT-vpd & FI PTQr/BW	0,436	0,001	25FWT-vpd & Ex API	0,465	0,001
25FWT-vpd & FI DCCr	-0,386	0,001	25FWT-vpd & FI DCCI	-0,339	0,001
25FWT-vpd & Ex DCCr	-0,298	0,001	25FWT-vpd & Ex ACCI	-0,305	0,001
25FWT-vpd & Ex ACCr	-0,276	0,001	25FWT-vpd & Ex DCCI	-0,243	0,001
25FWT-vpd & FI ACCr	-0,139	0,193	25FWT-vpd & FI ACCI	-0,114	0,284

25FWT- test 25 stóp; vpd- prędkość dowolna; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą, dodatnią i istotnie statystyczną korelację wykazano pomiędzy prędkością maksymalną chodu uzyskaną w teście 25FWT a całkowitą wykonaną pracą lewego stawu kolanowego (TWI) podczas skurczu izokinetycznego z prędkością kątową 300°/s (R= 0,512; p=0,001). O słabej sile korelację wykazano pomiędzy prędkością maksymalną chodu a parametrem akceleracji (ACCr) podczas ruchu prostowania prawego stawu kolanowego (R= -0,235; p=0,001). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 21.

Tabela 21. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością maksymalną chodu w teście 25FWT

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
25FWT-vpm & Ex TWr	0,460	0,001	25FWT-vpm & FI TWI	0,512	0,001
25FWT-vpm & Ex APr	0,434	0,001	25FWT-vpm & FI PTQI/BW	0,476	0,001
25FWT-vpm & Ex PTQr/BW	0,428	0,001	25FWT-vpm & FI API	0,468	0,001
25FWT-vpm & FI TWr	0,400	0,001	25FWT-vpm & Ex TWI	0,467	0,001
25FWT-vpm & FI PTQr/BW	0,390	0,001	25FWT-vpm & Ex PTQI/BW	0,458	0,001
25FWT-vpm & FI APr	0,364	0,001	25FWT-vpm & Ex API	0,421	0,001
25FWT-vpm & FI DCCr	-0,317	0,001	25FWT-vpm & Ex ACCI	-0,300	0,001
25FWT-vpm & Ex DCCr	-0,291	0,001	25FWT-vpm & FI DCCI	-0,288	0,001
25FWT-vpm & Ex ACCr	-0,235	0,001	25FWT-vpm & Ex DCCI	-0,232	0,001
25FWT-vpm & FI ACCr	-0,134	0,207	25FWT-vpm & FI ACCI	-0,146	0,170

25FWT- test 25 stóp; vpm- prędkość maksymalna; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCl- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

4.4 Ocena zależności pomiędzy wytrzymałością chodu a siłą mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM

Najsilniejszą, dodatnią korelację wykazano pomiędzy wytrzymałością chodu a wartością mocy średniej generowanej przez mięśnie zginacze stawu kolanowego lewego podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 180°/s (R= 0,589; p=0,001). O umiarkowanej sile i ujemne korelacje wykazano pomiędzy wytrzymałością chodu a czasem akceleracji (ACCr) podczas ruchu prostowania (R= -0,450; p=0,001), podczas ruchu zginania (R= -0,430; p=0,001) oraz czasem deceleracji (DCCr) podczas ruchu prostowania (R= -0,431; p=0,001). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 22.

Tabela 22. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a wytrzymałością chodu w teście 6MWT

n=90			n=90		
Para zmiennych	R	p	Para zmiennych	R	p
6MWT & Ex APr	0,543	0,001	6MWT & FI API	0,589	0,001
6MWT & FI TWr	0,540	0,001	6MWT & FI TWI	0,570	0,001
6MWT & FI APr	0,537	0,001	6MWT & Ex PTQI/BW	0,538	0,001
6MWT & Ex PTQr/BW	0,510	0,001	6MWT & FI PTQI/BW	0,523	0,001
6MWT & FI PTQr/BW	0,497	0,001	6MWT & Ex API	0,508	0,001
6MWT & Ex TWr	0,493	0,001	6MWT & Ex ACCI	-0,482	0,001
6MWT & Ex ACCr	-0,450	0,001	6MWT & Ex TWI	0,465	0,001
6MWT & Ex DCCr	-0,431	0,001	6MWT & FI DCCI	-0,440	0,001
6MWT & FI ACCr	-0,430	0,001	6MWT & Ex DCCI	-0,423	0,001
6MWT & FI DCCr	-0,343	0,001	6MWT & FI ACCI	-0,368	0,001

6MWT- 6 minutowy test marszowy; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana; p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą, dodatnią korelację wykazano pomiędzy wytrzymałością chodu a wartością mocy średniej generowanej przez mięśnie zginacze stawu kolanowego lewego podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 300°/s (R= 0,556; p=0,001). Najśłabszą i ujemną korelację wykazano pomiędzy wytrzymałością chodu a czasem deceleracji podczas ruchu zgięcia (R= -0,259; p=0,001). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 23.

Tabela 23. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a wytrzymałością chodu w teście 6MWT

n=90			n=90		
Para zmiennych	R	p	Para zmiennych	R	p
6MWT & Ex APr	0,516	0,001	6MWT & FI API	0,556	0,001
6MWT & FI TWr	0,514	0,001	6MWT & FI TWI	0,530	0,001
6MWT & FI APr	0,513	0,001	6MWT & Ex PTQI/BW	0,515	0,001
6MWT & Ex PTQr/BW	0,491	0,001	6MWT & FI PTQI/BW	0,510	0,001
6MWT & FI PTQr/BW	0,483	0,001	6MWT & Ex API	0,509	0,001
6MWT & Ex TWr	0,457	0,001	6MWT & Ex ACCI	0,506	0,001
6MWT & Ex ACCr	-0,388	0,001	6MWT & Ex TWI	-0,336	0,001
6MWT & Ex DCCr	-0,361	0,001	6MWT & FI DCCI	-0,310	0,001
6MWT & FI ACCr	-0,299	0,001	6MWT & Ex DCCI	-0,276	0,001
6MWT & FI DCCr	-0,259	0,001	6MWT & FI ACCI	-0,249	0,001

6MWT- 6 minutowy test marszowy; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; APl- średnia moc dla lewej kończyny; ACCl- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCl- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana; p- współczynnik istotności statystycznej;

4.5 Ocena zależności pomiędzy równowagą ciała, a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM

Ujemne korelacje o umiarkowanej sile stwierdzono pomiędzy ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy (OSI) ocenianego przy oczach otwartych a wartością mocy średniej podczas ruchu prostowania ($R = -0,429$; $p = 0,001$) i zginania ($R = -0,405$; $p = 0,001$) oraz całkowitą wykonaną pracą podczas ruchu zginania ($R = -0,406$; $p = 0,001$) i prostowania ($R = -0,401$; $p = 0,001$) dla prawego stawu kolanowego podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej $180^\circ/s$. Najslabszą i dodatnią korelację wykazano pomiędzy ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy (OSI) ocenianego przy oczach otwartych a czasem akceleracji podczas ruchu zginania ($R = 0,231$; $p = 0,001$) i prostowania ($R = 0,230$; $p = 0,001$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 24.

Tabela 24. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała ocenianej na platformie Biodex Balance System SD przy oczach otwartych

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
OSI & Ex APr	-0,429	0,001	OSI & FI API	-0,369	0,001
OSI & FI TWr	-0,406	0,001	OSI & Ex DCCI	0,344	0,001
OSI & FI APr	-0,405	0,001	OSI & FI TWI	-0,343	0,001
OSI & Ex TWr	-0,401	0,001	OSI & Ex API	-0,309	0,001
OSI & Ex PTQr/BW	-0,378	0,001	OSI & Ex PTQI/BW	-0,303	0,001
MLSI & FI TWr	-0,378	0,001	OSI & Ex TWI	-0,294	0,001
MLSI & FI APr	-0,367	0,001	OSI & FI PTQI/BW	-0,294	0,001
OSI & FI PTQr/BW	-0,350	0,001	OSI & FI ACCI	0,231	0,001
OSI & Ex DCCr	0,348	0,001	OSI & Ex ACCI	0,230	0,001
APSI & FI APr	-0,335	0,001	OSI & FI DCCI	0,197	0,062
MLSI & Ex DCCr	0,335	0,001	MLSI & FI API	-0,177	0,096
APSI & FI TWr	-0,329	0,001	MLSI & FI PTQI/BW	-0,173	0,102
OSI & Ex ACCr	0,328	0,001	APSI & FI API	-0,169	0,112
MLSI & Ex TWr	-0,319	0,002	APSI & FI TWI	-0,150	0,157
MLSI & Ex APr	-0,318	0,002	MLSI & FI TWI	-0,146	0,169
MLSI & FI PTQr/BW	-0,310	0,003	APSI & FI PTQI/BW	-0,141	0,185
OSI & FI ACCr	0,303	0,001	MLSI & Ex PTQI/BW	-0,129	0,225
OSI & FI DCCr	0,302	0,001	MLSI & Ex TWI	-0,121	0,258
APSI & Ex APr	-0,301	0,001	APSI & Ex DCCI	0,119	0,264
APSI & Ex PTQr/BW	-0,287	0,001	MLSI & FI ACCI	0,118	0,267
APSI & Ex TWr	-0,280	0,001	APSI & Ex PTQI/BW	-0,115	0,280
MLSI & Ex PTQr/BW	-0,272	0,010	APSI & FI ACCI	0,113	0,287
MLSI & FI ACCr	0,266	0,011	MLSI & Ex DCCI	0,100	0,349
APSI & Ex DCCr	0,260	0,001	MLSI & Ex API	-0,088	0,411
APSI & FI PTQr/BW	-0,258	0,001	APSI & Ex API	-0,083	0,436
APSI & FI ACCr	0,252	0,001	APSI & Ex ACCI	0,069	0,520
MLSI & FI DCCr	0,248	0,018	APSI & Ex TWI	-0,068	0,524
APSI & FI DCCr	0,229	0,001	MLSI & FI DCCI	0,068	0,525
MLSI & Ex ACCr	0,215	0,042	MLSI & Ex ACCI	0,067	0,531
APSI & Ex ACCr	0,202	0,057	APSI & FI DCCI	0,036	0,738

OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą, ujemną korelację wykazano pomiędzy ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy (OSI) ocenianego przy oczach zamkniętych, a średnią wartością mocy (APr) generowanej przez mięśnie zginacze stawu kolanowego prawego podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 180°/s (R= -0,412; p=0,001). Najslabszą korelację

wykazano pomiędzy boczno-przyśrodkowym wskaźnikiem stabilności postawy (MLSI) a czasem deceleracji (DCCr) podczas ruchu prostowania prawego stawu kolanowego ($R=0,222$; $p=0,036$). Najśłabszą i dodatnią korelację stwierdzono pomiędzy boczno-przyśrodkowym wskaźnikiem stabilności postawy (MLSI) a czasem akceleracji lewego stawu kolanowego (ACCI) podczas ruchu zginania ($R=0,208$; $p=0,049$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 25.

Tabela 25. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej ($180^\circ/s$) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała ocenianej na platformie Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
OSI & FI APr	-0,412	0,001	OSI & Ex PTQI/BW	-0,324	0,002
OSI & FI TWr	-0,408	0,001	OSI & FI API	-0,299	0,004
OSI & Ex APr	-0,403	0,001	OSI & Ex API	-0,286	0,006
OSI & Ex PTQr/BW	-0,390	0,001	OSI & FI TWI	-0,264	0,012
OSI & Ex TWr	-0,374	0,001	MLSI & Ex PTQI/BW	-0,250	0,018
APSI & FI APr	-0,360	0,001	OSI & Ex TWI	-0,247	0,019
OSI & Ex ACCr	0,353	0,001	OSI & FI PTQI/BW	-0,244	0,021
APSI & FI TWr	-0,351	0,001	MLSI & FI PTQI/BW	-0,233	0,027
OSI & FI PTQr/BW	-0,345	0,001	MLSI & FI API	-0,231	0,028
APSI & Ex PTQr/BW	-0,334	0,001	APSI & Ex PTQI/BW	-0,223	0,035
APSI & Ex APr	-0,326	0,002	MLSI & Ex API	-0,222	0,035
MLSI & FI TWr	-0,315	0,003	MLSI & Ex TWI	-0,221	0,036
APSI & Ex TWr	-0,310	0,003	APSI & FI API	-0,219	0,038
OSI & FI ACCr	0,309	0,003	MLSI & Ex ACCI	0,214	0,043
MLSI & FI APr	-0,307	0,003	OSI & Ex ACCI	0,211	0,046
APSI & FI PTQr/BW	-0,305	0,003	MLSI & FI ACCI	0,208	0,049
APSI & Ex ACCr	0,296	0,005	OSI & Ex DCCI	0,204	0,054
MLSI & Ex APr	-0,292	0,005	MLSI & FI TWI	-0,191	0,072
MLSI & FI PTQr/BW	-0,280	0,008	APSI & Ex API	-0,188	0,077
MLSI & Ex TWr	-0,277	0,008	APSI & FI TWI	-0,187	0,078
MLSI & Ex PTQr/BW	-0,275	0,009	APSI & FI PTQI/BW	-0,182	0,086
APSI & FI ACCr	0,267	0,011	OSI & FI ACCI	0,166	0,117
MLSI & Ex ACCr	0,264	0,012	MLSI & Ex DCCI	0,155	0,144
OSI & Ex DCCr	0,257	0,015	APSI & Ex ACCI	0,152	0,154
MLSI & FI ACCr	0,249	0,018	APSI & Ex TWI	-0,149	0,162
OSI & FI DCCr	0,238	0,024	APSI & FI ACCI	0,124	0,246
APSI & FI DCCr	0,232	0,028	OSI & FI DCCI	0,107	0,313
APSI & Ex DCCr	0,226	0,032	MLSI & FI DCCI	0,100	0,350
MLSI & Ex DCCr	0,222	0,036	APSI & Ex DCCI	0,093	0,382
MLSI & FI DCCr	0,182	0,087	APSI & FI DCCI	0,080	0,451

OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita

wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

O umiarkowanej sile i ujemną korelację wykazano pomiędzy ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy (OSI) ocenianego przy oczach otwartych a całkowitą wykonaną pracą (TW_r) mięśni zginaczy stawu kolanowego prawego podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 300°/s (R= -0,413; p=0,001). Najslabszą korelację dla stawu kolanowego lewego wykazano pomiędzy boczno-przyśrodkowym wskaźnikiem stabilności postawy (MLSI) a wartością mocy średniej (API) generowanej przez mięśnie zginacze podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 300°/s (R= -0,213; p=0,044). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 26.

Tabela 26. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała ocenianej na platformie Biodex Balance System SD przy oczach otwartych

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
OSI & FI TWr	-0,413	0,001	OSI & Ex TWI	-0,415	0,001
OSI & Ex TWr	-0,370	0,001	OSI & FI TWI	-0,413	0,001
OSI & Ex APr	-0,352	0,001	OSI & Ex API	-0,388	0,001
OSI & FI APr	-0,349	0,001	OSI & FI PTQI/BW	-0,384	0,001
OSI & Ex PTQr/BW	-0,318	0,002	OSI & FI API	-0,373	0,001
OSI & FI DCCr	0,314	0,003	OSI & Ex PTQI/BW	-0,363	0,001
OSI & FI PTQr/BW	-0,300	0,004	OSI & Ex DCCI	0,284	0,007
APSI & FI TWr	-0,275	0,009	OSI & FI ACCI	0,248	0,018
MLSI & FI TWr	-0,260	0,013	APSI & FI TWI	-0,244	0,021
MLSI & FI APr	-0,252	0,017	MLSI & FI PTQI/BW	-0,237	0,024
MLSI & Ex APr	-0,237	0,024	OSI & Ex ACCI	0,235	0,026
MLSI & Ex TWr	-0,234	0,027	APSI & FI PTQI/BW	-0,226	0,032
MLSI & FI PTQr/BW	-0,223	0,035	MLSI & Ex TWI	-0,223	0,034
APSI & FI DCCr	0,223	0,035	APSI & Ex TWI	-0,221	0,036
APSI & Ex TWr	-0,219	0,038	MLSI & FI TWI	-0,216	0,041
MLSI & FI DCCr	0,213	0,043	MLSI & FI API	-0,213	0,044
APSI & Ex PTQr/BW	-0,209	0,048	APSI & FI API	-0,203	0,055
OSI & Ex DCCr	0,202	0,056	APSI & FI ACCI	0,194	0,067
OSI & FI ACCr	0,202	0,057	MLSI & Ex API	-0,193	0,068
APSI & FI APr	-0,200	0,059	APSI & Ex ACCI	0,187	0,078
APSI & Ex APr	-0,197	0,063	APSI & Ex DCCI	0,184	0,082
APSI & FI PTQr/BW	-0,184	0,082	APSI & Ex API	-0,182	0,086
MLSI & FI ACCr	0,183	0,085	APSI & Ex PTQI/BW	-0,181	0,088
MLSI & Ex PTQr/BW	-0,179	0,091	MLSI & Ex PTQI/BW	-0,173	0,102
OSI & Ex ACCr	0,172	0,105	OSI & FI DCCI	0,172	0,105
APSI & Ex DCCr	0,140	0,189	MLSI & Ex ACCI	0,162	0,127
APSI & FI ACCr	0,125	0,241	MLSI & FI DCCI	0,160	0,132
APSI & Ex ACCr	0,105	0,325	MLSI & FI ACCI	0,149	0,161
MLSI & Ex DCCr	0,077	0,473	MLSI & Ex DCCI	0,144	0,175
MLSI & Ex ACCr	0,073	0,492	APSI & FI DCCI	0,106	0,318

OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą, ujemną korelację wykazano pomiędzy ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy (OSI) ocenianego przy oczach zamkniętych a całkowitą wykonaną pracą (TWr) mięśni zginaczy stawu kolanowego prawego podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 300°/s (R= -0,433; p=0,001). Najsilniejszą i ujemną korelacją dla stawu kolanowego lewego

wykazano pomiędzy ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy (OSI) ocenianego przy oczach zamkniętych a całkowitą wykonaną pracą (TWI) mięśni prostowników ($R = -0,429$; $p = 0,001$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 27.

Tabela 27. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała ocenianej na platformie Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
OSI & FI TWr	-0,433	0,001	OSI & Ex TWI	-0,429	0,001
APSI & FI TWr	-0,409	0,001	OSI & Ex API	-0,408	0,001
OSI & Ex APr	-0,390	0,001	OSI & Ex PTQI/BW	-0,407	0,001
OSI & Ex PTQr/BW	-0,388	0,001	OSI & FI TWI	-0,369	0,001
OSI & Ex TWr	-0,385	0,001	OSI & FI PTQI/BW	-0,362	0,001
OSI & FI APr	-0,345	0,001	MLSI & Ex PTQI/BW	-0,341	0,001
MLSI & FI TWr	-0,343	0,001	OSI & FI API	-0,338	0,001
APSI & Ex TWr	-0,341	0,001	MLSI & Ex API	-0,338	0,001
MLSI & Ex APr	-0,337	0,001	MLSI & Ex TWI	-0,336	0,001
APSI & Ex PTQr/BW	-0,336	0,001	MLSI & FI PTQI/BW	-0,314	0,003
OSI & FI PTQr/BW	-0,321	0,002	APSI & Ex TWI	-0,311	0,003
APSI & Ex APr	-0,316	0,002	MLSI & FI API	-0,308	0,003
MLSI & FI APr	-0,314	0,003	MLSI & FI TWI	-0,289	0,006
APSI & FI APr	-0,314	0,003	APSI & Ex PTQI/BW	-0,288	0,006
APSI & FI DCCr	0,308	0,003	APSI & FI PTQI/BW	-0,286	0,006
MLSI & Ex PTQr/BW	-0,303	0,004	APSI & FI TWI	-0,281	0,007
APSI & FI PTQr/BW	-0,299	0,004	APSI & Ex API	-0,278	0,008
MLSI & Ex TWr	-0,295	0,005	APSI & FI API	-0,248	0,018
MLSI & FI PTQr/BW	-0,290	0,006	OSI & Ex ACCI	0,244	0,021
OSI & FI DCCr	0,275	0,009	APSI & Ex ACCI	0,228	0,031
MLSI & FI DCCr	0,238	0,024	MLSI & Ex ACCI	0,212	0,045
OSI & FI ACCr	0,216	0,041	OSI & FI DCCI	0,168	0,113
OSI & Ex ACCr	0,199	0,060	OSI & Ex DCCI	0,151	0,156
APSI & Ex ACCr	0,185	0,081	APSI & FI DCCI	0,144	0,174
APSI & FI ACCr	0,182	0,086	MLSI & FI DCCI	0,141	0,185
OSI & Ex DCCr	0,170	0,110	MLSI & FI ACCI	0,133	0,210
MLSI & FI ACCr	0,150	0,159	APSI & Ex DCCI	0,114	0,284
MLSI & Ex DCCr	0,146	0,169	MLSI & Ex DCCI	0,113	0,289
APSI & Ex DCCr	0,131	0,220	OSI & FI ACCI	0,107	0,314
MLSI & Ex ACCr	0,010	0,927	APSI & FI ACCI	0,101	0,342

OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

4.6 Ocena zależności pomiędzy równowagą ciała ocenioną w teście TUG a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM

Najsilniejszą, ujemną korelację wykazano pomiędzy testem TUG a średnią wartością mocy (APr) generowanej przez mięśnie prostowniki stawu kolanowego prawego podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 180°/s ($R = -0,549$; $p = 0,001$). Najsłabszą i dodatnią korelację dla stawu kolanowego lewego wykazano pomiędzy testem TUG a czasem akceleracji przy ruchu zgięcia ($R = 0,377$; $p = 0,001$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli w tabeli 28.

Tabela 28. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała w teście TUG

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
TUG & Ex APr	-0,549	0,001	TUG & Fl API	-0,589	0,001
TUG & Fl APr	-0,522	0,001	TUG & Fl TWI	-0,564	0,001
TUG & Ex PTQr/BW	-0,511	0,001	TUG & Ex PTQl/BW	-0,557	0,001
TUG & Fl TWr	-0,503	0,001	TUG & Ex API	-0,529	0,001
TUG & Ex TWr	-0,490	0,001	TUG & Fl PTQl/BW	-0,528	0,001
TUG & Fl PTQr/BW	-0,454	0,001	TUG & Ex ACCl	0,494	0,001
TUG & Ex ACCr	0,452	0,001	TUG & Ex TWI	-0,449	0,001
TUG & Fl ACCr	0,444	0,001	TUG & Fl DCCl	0,434	0,001
TUG & Ex DCCr	0,441	0,001	TUG & Ex DCCl	0,419	0,001
TUG & Fl DCCr	0,329	0,001	TUG & Fl ACCl	0,377	0,001

TUG- Time Up ang Go Test; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCl- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCl- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą, ujemną korelację wykazano pomiędzy testem TUG a całkowitą wykonaną pracą dla mięśni zginaczy stawu kolanowego lewego (TWl) podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 300°/s ($R = -0,566$; $p = 0,001$). Najsłabszą i dodatnią korelację wykazano pomiędzy testem TUG a parametrem akceleracji dla mięśni zginaczy stawu kolanowego prawego (ACCr) ($R = 0,225$; $p = 0,001$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 29.

Tabela 29. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała w teście TUG

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
TUG & Ex APr	-0,523	0,001	TUG & FI TWI	-0,566	0,001
TUG & Ex TWr	-0,511	0,001	TUG & Ex TWI	-0,559	0,001
TUG & FI TWr	-0,504	0,001	TUG & FI PTQI/BW	-0,547	0,001
TUG & Ex PTQr/BW	-0,487	0,001	TUG & Ex PTQI/BW	-0,538	0,001
TUG & FI APr	-0,486	0,001	TUG & FI API	-0,532	0,001
TUG & FI PTQr/BW	-0,453	0,001	TUG & Ex API	-0,531	0,001
TUG & FI DCCr	0,388	0,001	TUG & Ex ACCI	0,343	0,001
TUG & Ex ACCr	0,352	0,033	TUG & FI DCCI	0,334	0,001
TUG & Ex DCCr	0,319	0,002	TUG & Ex DCCI	0,293	0,005
TUG & FI ACCr	0,225	0,001	TUG & FI ACCI	0,227	0,032

TUG- Time Up ang Go Test; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

4.7 Ocena zależności pomiędzy równowagą ciała ocenioną skalą Berg a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM

Korelację o umiarkowanej sile wykazano pomiędzy skalą Berg a wartością mocy średniej generowanej przez mięśnie prostowniki stawu kolanowego prawego podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 180°/s (R= 0,580; p=0,001). Umiarkowaną, ujemną korelację wykazano pomiędzy skalą Berg a parametrem deceleracji podczas ruchu prostowania (R= -0,403; p=0,001). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 30.

Tabela 30. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała w skali Berg

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
Skala Berg & Ex APr	0,580	0,001	Skala Berg & Fl API	0,557	0,001
Skala Berg & Ex PTQr/BW	0,537	0,001	Skala Berg & Fl TWI	0,534	0,001
Skala Berg & Ex TWr	0,534	0,001	Skala Berg & Ex PTQI/BW	0,502	0,001
Skala Berg & Fl APr	0,529	0,001	Skala Berg & Ex API	0,491	0,001
Skala Berg & Fl TWr	0,522	0,001	Skala Berg & Fl PTQI/BW	0,476	0,001
Skala Berg & Fl PTQr/BW	0,424	0,001	Skala Berg & Ex TWI	0,430	0,001
Skala Berg & Ex ACCr	-0,388	0,001	Skala Berg & Ex DCCI	-0,403	0,001
Skala Berg & Ex DCCr	-0,370	0,001	Skala Berg & Ex ACCI	-0,391	0,001
Skala Berg & Fl ACCr	-0,358	0,001	Skala Berg & Fl DCCI	-0,355	0,001
Skala Berg & Fl DCCr	-0,245	0,020	Skala Berg & Fl ACCI	-0,349	0,001

PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQI/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą, dodatnią i istotnie statystyczną korelację wykazano pomiędzy skalą Berg a całkowitą wykonaną pracą mięśni prostowników prawego stawu kolanowego (TWr) podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 300°/s (R= 0,572; p=0,001). Najslabszą i ujemną korelację wykazano pomiędzy równowagą ciała ocenianą przy pomocy skali Berg a parametrem akceleracji lewego stawu kolanowego dla mięśni prostowników (R= -0,228; p=0,031). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 31.

Tabela 31. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała w skali Berg

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
Skala Berg & Ex TWr	0,572	0,001	Skala Berg & Fl TWI	0,543	0,001
Skala Berg & Ex Apr	0,569	0,001	Skala Berg & Ex Apl	0,526	0,001
Skala Berg & Ex PTQr/BW	0,530	0,001	Skala Berg & Ex TWI	0,523	0,001
Skala Berg & Fl TWr	0,521	0,001	Skala Berg & Fl Apl	0,514	0,001
Skala Berg & Fl Apr	0,475	0,001	Skala Berg & Ex PTQI/BW	0,487	0,001
Skala Berg & Fl PTQr/BW	0,456	0,001	Skala Berg & Fl PTQI/BW	0,435	0,001
Skala Berg & Ex ACCr	-0,396	0,029	Skala Berg & Fl DCCI	-0,318	0,002
Skala Berg & Fl DCCr	-0,388	0,001	Skala Berg & Ex DCCI	-0,240	0,023
Skala Berg & Fl ACCr	-0,230	0,001	Skala Berg & Ex ACCI	-0,228	0,031
Skala Berg & Ex DCCr	-0,227	0,001	Skala Berg & Fl ACCI	-0,143	0,178

PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; APl- średnia moc dla lewej kończyny; ACCl- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCl- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

4.8 Ocena zależności pomiędzy poziomem zmęczenia a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego w grupie osób z SM

Najsilniejszą, ujemną i istotną statystycznie korelację wykazano pomiędzy skalą FSS a wartością średniej mocy (APr) dla stawu kolanowego prawego dla mięśni prostowników podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 180°/s (R= -0,550; p=0,001). O słabej sile i dodatnią korelację wykazano pomiędzy skalą FSS a czasem deceleracji dla mięśni zginaczy stawu kolanowego lewego (R= 0,359; p=0,001). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 32.

Tabela 32. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
Skala FSS & Ex APr	-0,550	0,001	Skala FSS & Ex PTQl/BW	-0,503	0,001
Skala FSS & Ex TWr	-0,526	0,001	Skala FSS & Ex API	-0,491	0,001
Skala FSS & Ex PTQr/BW	-0,481	0,001	Skala FSS & Ex ACCl	0,485	0,001
Skala FSS & Fl PTQr/BW	-0,469	0,001	Skala FSS & Fl PTQl/BW	-0,461	0,001
Skala FSS & Ex DCCr	0,459	0,001	Skala FSS & Fl API	-0,445	0,001
Skala FSS & Ex ACCr	0,424	0,001	Skala FSS & Ex TWl	-0,428	0,001
Skala FSS & Fl TWr	-0,412	0,001	Skala FSS & Ex DCCl	0,424	0,001
Skala FSS & Fl APr	-0,406	0,001	Skala FSS & Fl ACCl	0,412	0,001
Skala FSS & Fl ACCr	0,320	0,001	Skala FSS & Fl TWl	-0,400	0,001
Skala FSS & Fl DCCr	0,299	0,001	Skala FSS & Fl DCCl	0,359	0,001

Skala FSS- Fatigue Severity Scale- skala ciężkości/ stopnia zmęczenia; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; APl- średnia moc dla lewej kończyny; ACCl- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCl- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą i ujemną korelację wykazano pomiędzy poziomem zmęczenia ocenianego przy pomocy skali FSS a szczytowym momentem siły względem masy ciała dla stawu

kolanowego lewego (PTQr/BW) podczas ruchu prostowania przy prędkości kątowej 300°/s (R=-0,517; p=0,001). Najslabszą korelację wykazano pomiędzy skalą FSS a czasem deceleracji (DCCr) dla mięśni prostowników stawu kolanowego prawego (R= 0,226; p=0,033). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 33.

Tabela 33. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
Skala FSS & Ex PTQr/BW	-0,503	0,001	Skala FSS & Ex PTQl/BW	-0,517	0,001
Skala FSS & Ex Apr	-0,436	0,001	Skala FSS & Ex TWl	-0,486	0,001
Skala FSS & Ex TWr	-0,433	0,001	Skala FSS & Ex Apl	-0,455	0,001
Skala FSS & Ex ACCr	0,392	0,001	Skala FSS & Fl PTQl/BW	-0,445	0,001
Skala FSS & Fl PTQr/BW	-0,371	0,001	Skala FSS & Fl TWl	-0,419	0,001
Skala FSS & Fl DCCr	0,346	0,001	Skala FSS & Fl Apl	-0,385	0,001
Skala FSS & Fl ACCr	0,318	0,002	Skala FSS & Ex DCCI	0,327	0,002
Skala FSS & Fl TWr	-0,287	0,006	Skala FSS & Fl ACCl	0,282	0,007
Skala FSS & Fl Apr	-0,271	0,010	Skala FSS & Ex ACCl	0,281	0,007
Skala FSS & Ex DCCr	0,226	0,033	Skala FSS & Fl DCCI	0,259	0,014

Skala FSS- Fatigue Severity Scale- skala ciężkości/ stopnia zmęczenia; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; Apr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; Apl- średnia moc dla lewej kończyny; ACCl- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

4.9 Ocena zależności pomiędzy poziomem zmęczenia a równowagą ciała w grupie osób z SM

O umiarkowanej sile i dodatnią korelację wykazano pomiędzy skalą FSS a ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy (OSI) ocenianej przy oczach otwartych u osób z SM (R= 0,525; p=0,001). O słabej sile korelacji wykazano pomiędzy skalą FSS a boczno-przyśrodkowym wskaźnikiem stabilności postawy (MLSI) (R= 0,382; p=0,001) oraz przednio-tylnym wskaźnikiem stabilności postawy (APSI) (R= 0,348; p=0,001). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 34.

Tabela 34. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS a równowagą ciała ocenianą za pomocą platformy Biodex Balance System SD przy oczach otwartych

Para zmiennych	n	R	p
Skala FSS & OSI	90	0,525	0,001
Skala FSS & APSI	90	0,348	0,001
Skala FSS & MLSI	90	0,382	0,001

Skala FSS- Fatigue Severity Scale- skala ciężkości/ stopnia zmęczenia; OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą, dodatnią i istotną statystycznie korelację wykazano pomiędzy skalą FSS a ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy (OSI) ocenianej przy oczach zamkniętych u osób z SM ($R= 0,465$; $p=0,001$). Najslabszą korelację stwierdzono pomiędzy skalą FSS a boczno-przyśrodkowym wskaźnikiem stabilności postawy (MLSI) ($R= 0,286$; $p=0,006$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 35.

Tabela 35. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS a równowagą ciała ocenianą za pomocą platformy Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych

Para zmiennych	n	R	p
Skala FSS & OSI	90	0,465	0,001
Skala FSS & APSI	90	0,367	0,001
Skala FSS & MLSI	90	0,286	0,006

Skala FSS- Fatigue Severity Scale- skala ciężkości/ stopnia zmęczenia; OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Najsilniejszą, dodatnią i istotną statystycznie korelację wykazano pomiędzy poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS a testem TUG u osób z SM ($R= 0,618$; $p=0,001$) Najsilniejszą i ujemną korelację stwierdzono pomiędzy skalą FSS a skalą Berg u osób z SM ($R= -0,678$, $p=0,001$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 36.

Tabela 36. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS a równowagą ciała ocenianą za pomocą testu TUG i skali Berg

Para zmiennych	n	R	p
Skala FSS & TUG	90	0,618	0,001
Skala FSS & skala Berg	90	-0,678	0,001

Skala FSS- Fatigue Severity Scale- skala ciężkości/ stopnia zmęczenia; TUG- Time Up & Go test; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

4.10 Ocena sprawności funkcjonalnej osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS

Ocena prędkości i dystans chodu

Średnia prędkość chodu z prędkością dowolną w teście 10MWT u osób z SM w grupie B1 (EDSS ≤ 3) wynosiła 0,98 m/s, w grupie G1 (EDSS 3,5) 0,83 m/s, w grupie G2 (EDSS 4) 0,70 m/s, w grupie G3 (EDSS 4,5) 0,6 m/s, w grupie G4 (EDSS 5,0) 0,46 m/s w grupie G5 (EDSS 5,5) 0,40 m/s. Różnica średniej prędkości chodu pomiędzy grupami była istotna statystycznie ($p=0,001$) (tabela 15). Chód z maksymalną prędkością w teście 10MWT zawierał się w zakresie od 1,14 m/s w grupie B1 do 0,46 m/s w grupie G5. Różnice były istotne statystycznie. Prędkość dowolna chodu w teście 25FWT zawierała się w zakresie od 0,95 m/s w grupie B1 do 0,49 m/s w grupie G5. Różnice były istotne statystycznie ($p=0,001$). Osoby z grupy G1 w teście 6MWT przeszły dystans 326,61 metrów. Najkrótszy dystans pokonały osoby z grupy G5 136,13 metrów. Różnice średnich wartości były istotne statystyczne pomiędzy wszystkimi grupami (tabela 37, suplement tabela 9).

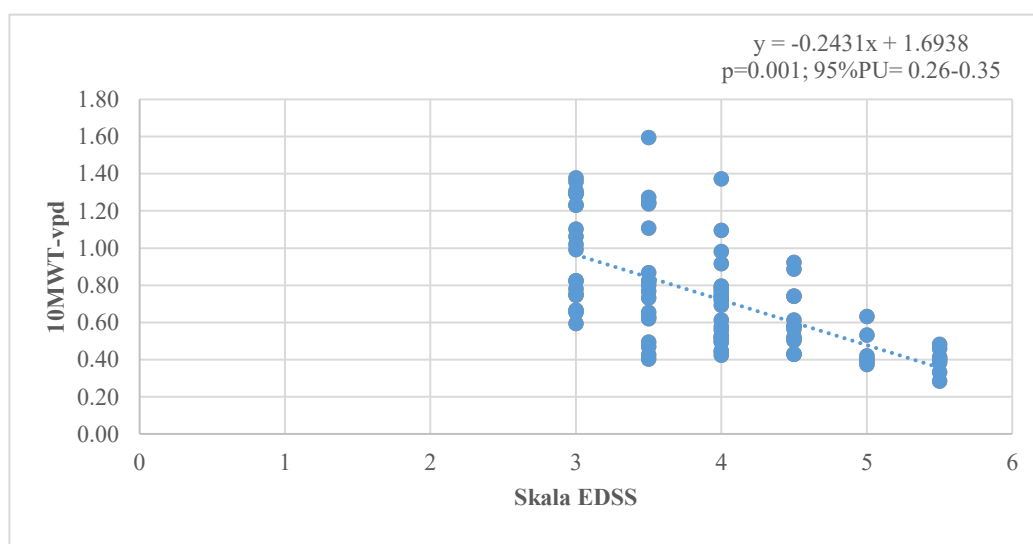
Tabela 37. Prędkość i dystans chodu u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS

	Punkcja w skali EDSS						p
	n=70						
	B1 (EDSS 3); n=20	G1 (EDSS 3,5); n=18	G2 (EDSS 4) n=24	G3 (EDSS 4,5) n=14	G4 (EDSS 5) n=6	G5 (EDSS 5,5) n=8	
	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	
10MWT- vpd [m/s]	0,98±0,27	0,83±0,34	0,70±0,23	0,60±0,16	0,46±0,10	0,40±0,06	0,001
10MWT- vpm [m/s]	1,14±0,37	0,93±0,43	0,81±0,32	0,70±0,25	0,51±0,12	0,46±0,10	0,001
25FWT- vpd [m/s]	0,95±0,31	0,75±0,34	0,64±0,25	0,57±0,19	0,44±0,10	0,38±0,07	0,001
25FWT- vpm [m/s]	1,12±0,45	0,85±0,45	0,71±0,26	0,71±0,37	0,50±0,14	0,49±0,19	0,001
6MWT [m]	425,80±77,53	326,61±96,70	276,33±60,55	244,64±83,35	154,17±31,24	136,13±31,23	0,001

vpd- prędkość dowolna; vpm- prędkość maksymalna; X(SD)- średnia arytmetyczna; B1- osoby z SM EDSS≤3; G1-osoby z punktacją 3,5 w skali EDSS; G2- osoby z punktacją 4 w skali EDSS; G3- osoby z punktacją 4,5 w skali EDSS; G4- osoby z punktacją 5 w skali EDSS; G5- osoby z punktacją 5,5 w skali EDSS; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego Kruskala-Wallisa

Identyfikacja zależności pomiędzy prędkością chodu a skalą EDSS w grupie osób z SM na podstawie regresji liniowej

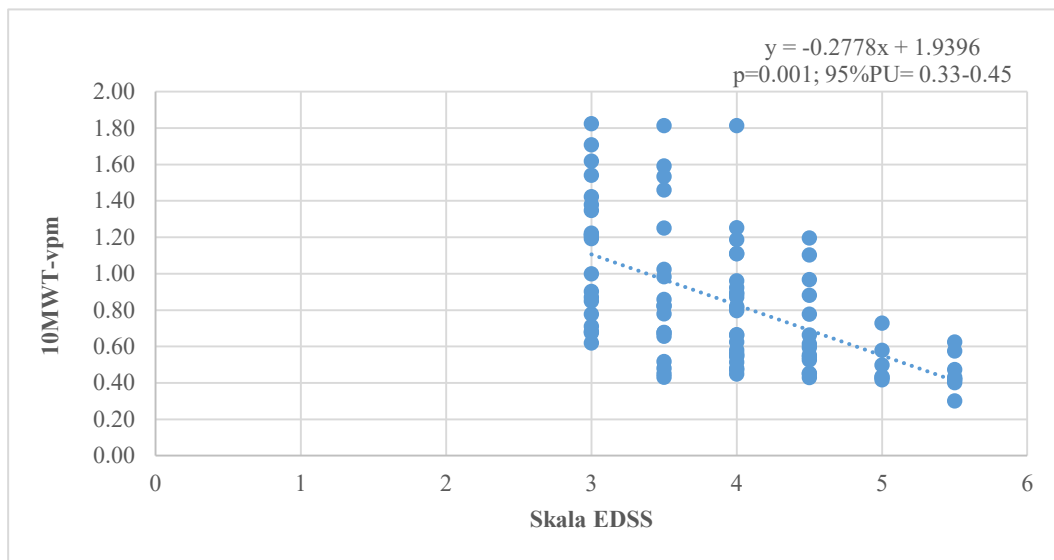
Na podstawie analizy regresji liniowej wykazano że wraz z obniżeniem poziomu niepełnosprawności o jeden stopień w skali EDSS, prędkość chodu z prędkością dowolną w teście 10MWT obniża się o 0,24 m/s (rycina 3).



Rycina 3. Zależność pomiędzy prędkością dowolną w teście 10MWT a skalą EDSS w grupie osób z SM

p – współczynnik istotności statystycznej, 95%PU – 95-procentowy przedział ufności; y- równanie regresji liniowej/zmienna zależna; x- zmienna niezależna

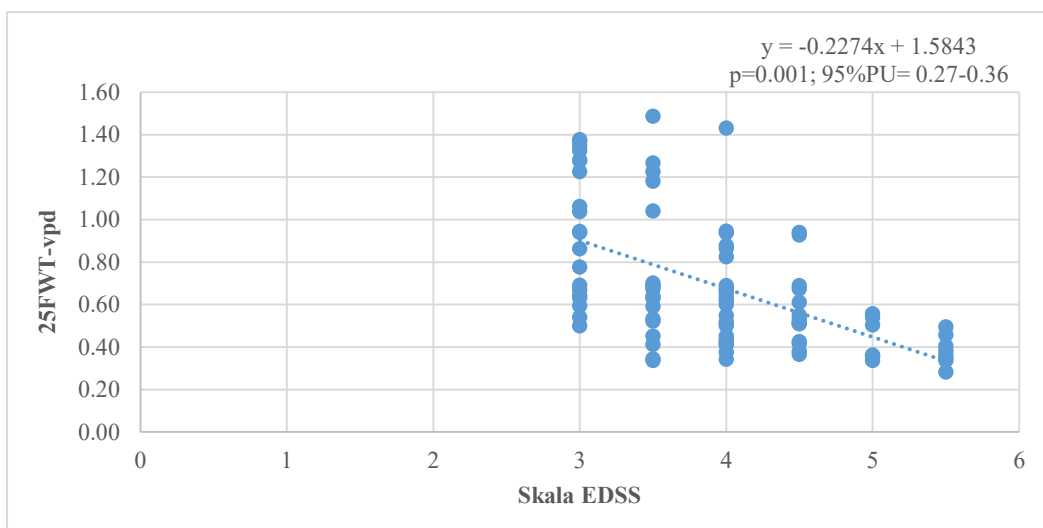
Zmienne dotyczące prędkości maksymalnej w teście 10-metrowym zostały przedstawione na wykresie rozrzutu z liniowym dopasowaniem i 95%PU. Wykazano, że obniżenie poziomu sprawności funkcjonalnej w skali EDSS o jeden poziom w zakresie od 3 do 5 to obniżenie prędkości maksymalnej chodu o 0,28 m/s (rycina 4).



Rycina 4. Zależność pomiędzy prędkością maksymalną w teście 10MWT a skalą EDSS w grupie osób z SM

p – współczynnik istotności statystycznej, 95%PU – 95-procentowy przedział ufności; y- równanie regresji liniowej/zmienna zależna; x- zmienna niezależna

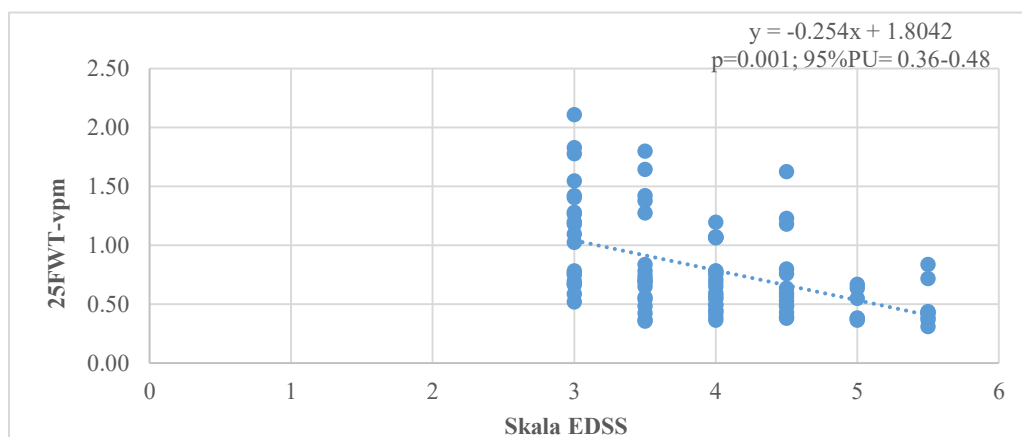
Na podstawie analizy regresji liniowej wykazano, że obniżenie poziomu sprawności funkcjonalnej w skali EDSS o jeden stopień w zakresie od 3 do 5 to obniżenie prędkości dowolnej chodu w teście 25FWT o 0,23 m/s (rycina 5).



Rycina 5. Zależność pomiędzy prędkością dowolną w teście 25FWT a skalą EDSS w grupie osób z SM

p – współczynnik istotności statystycznej, 95%PU – 95-procentowy przedział ufności; y- równanie regresji liniowej/zmienna zależna; x- zmienna niezależna

Na podstawie analizy regresji liniowej wykazano, że wraz z obniżeniem poziomu sprawności funkcjonalnej w skali EDSS o jeden poziom w zakresie od 3 do 5, prędkość maksymalna chodu w teście 25FWT obniża się o 0,25 m/s (rycina 6).



Rycina 6. Zależność pomiędzy prędkością maksymalną w teście 25FWT a skalą EDSS w grupie osób z SM

p – współczynnik istotności statystycznej, 95%PU – 95-procentowy przedział ufności; y- równanie regresji liniowej/zmienna zależna; x- zmienna niezależna

Ocena siły mięśniowej dla mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 180°/s

Szczytowy moment siły dla prawego stawu kolanowego przy prędkości kątowej 180°/s w grupie B1 (EDSS ≤ 3) dla mięśni prostowników wyniósł 56,61% (95%PU 44,58-68,64), w grupie G1 (EDSS 3,5) 46,12% (95%PU 36,67-55,57), w grupie G2 (EDSS 4) 39,78% (95%PU 33,12-46,44), w grupie G3 (EDSS 4,5) 36,13% (95%PU 26,57-45,69), w grupie G4 (EDSS 5) 32,13% (95%PU 20,28-43,98) oraz w grupie G5 (EDSS 5,5) 39,06% (95%PU 30,61-47,52). Różnice były istotne statystycznie (p=0,001). Średnia wartość całkowitej wykonanej pracy dla prawego stawu kolanowego (APr) dla mięśni prostowników zawierała się w zakresie od 78,81W w grupie B1 (EDSS≤3) do 37,13W w grupie G4 (EDSS 5). Różnice były istotne statystycznie (p=0,001). Najdłuższy czas akceleracji dla mięśni zginaczy posiadały osoby w grupie G5 (EDSS 5,5)- 230m/s. Najkrótszy czas deceleracji ruchu kończyny posiadały osoby z grupy B1 (EDSS 3)- 145m/s (tabela 38, suplement tabela 10).

Tabela 38. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 180 °/s u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS

		Punkcja w skali EDSS						
		n=70						
		B1 (3;n=20)	G1 (3,5;n=18)	G2 (4;n=24)	G3 (4,5;n=14)	G4 (5;n=6)	G5 (5,5; n=8)	p
		X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	
PTQr/BW [%]	Fl	28,80±17,75	24,90±11,99	17,63±7,93	16,56±8,76	16,55±7,42	14,01±8,88	0,001
	Ex	56,61±25,70	46,12±19,00	39,78±15,78	36,13±16,56	32,13±11,30	39,06±10,11	0,001
TWr [J]	Fl	98,73±101,06	100,23±86,51	39,15±49,07	23,59±46,47	33,57±43,71	16,68±26,67	0,001
	Ex	253,44±116,19	224,50±134,99	166,36±90,23	171,68±96,51	127,78±74,26	180,55±131,04	0,001
APr [W]	Fl	29,73±32,01	24,34±21,83	11,07±13,52	5,82±11,54	9,55±12,26	4,56±7,88	0,001
	Ex	78,81±42,34	68,14±37,77	48,03±27,07	44,27±25,88	37,13±21,02	42,89±18,43	0,001
ACCr [ms]	Fl	219,00±359,87	143,33±37,10	206,25±208,47	203,57±70,45	165,00±30,17	230,00±119,28	0,001
	Ex	78,50±37,03	92,22±42,78	105,00±41,28	125,71±48,94	123,33±52,41	111,25±41,90	0,001
DCCr [ms]	Fl	145,50±66,37	152,22±90,00	204,17±139,34	207,86±170,80	161,67±57,76	162,50±42,00	0,001
	Ex	146,50±54,41	150,00±41,44	174,17±45,68	172,14±44,58	165,00±30,82	175,00±60,24	0,001

PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; X±SD- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; B1- osoby z SM EDSS≤3; G1-osoby z punktacją 3,5 w skali EDSS; G2- osoby z punktacją 4 w skali EDSS; G3- osoby z punktacją 4,5 w skali EDSS; G4- osoby z punktacją 5 w skali EDSS; G5- osoby z punktacją 5,5 w skali EDSS; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego Kruskala-Wallis

Ocena siły mięśniowej dla mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 180°/s

Średnia moc dla lewego stawu kolanowego (API) przy prędkości kątowej 180°/s dla osób w grupie B1 (EDSS ≤ 3) dla mięśni zginaczy wykazała wartość 27,93W (95%PU 21,51-34,34), w grupie G1 (EDSS 3,5) 24,79W (95%PU 17,93-31,75), w grupie G2 (EDSS 4) 19,28W (95%PU 15,26-23,31), w grupie G3 (EDSS 4,5) 19,83W (95%PU 11,35-28,31), w grupie G4 (EDSS 5) 13,92W (95%PU 4,73-23,10), w grupie G5 (EDSS 5,5) 9,38W (95%PU 4,46-14,31). Różnice były istotne statystycznie (p=0,001). Całkowita wykonana praca dla stawu kolanowego lewego (TWl) dla mięśni zginaczy zawierała się w przedziale od 97,52J dla osób w grupie B1 (EDSS≤3) do 1,50J w grupie G5 (EDSS 5,5). Różnice były istotne statystycznie (p=0,001). Wartości parametru akceleracji mięśni prostowników dla stawu kolanowego lewego zawierał się w przedziale od 88 m/s dla grupy B1 (EDSS 3) do 186,25 m/s dla grupy osób posiadających w skali EDSS 5,5 punktu (p=0,001) (tabela 39, suplement tabela 11).

Tabela 39. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 180°/s u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS

		Punktacja w skali EDSS						
		n=70						
		B1 (3;n=20)	G1 (3,5;n=18)	G2 (4;n=24)	G3 (4,5;n=14)	G4 (5;n=6)	G5 (5,5; n=8)	p
		X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	
PTQI/ BW [%]	Fl	27,93±13,71	24,79±13,80	19,28±9,53	19,83±14,68	13,92±8,75	9,38±5,89	0,001
	Ex	57,68±22,80	50,27±21,07	39,82±15,37	39,99±20,03	37,05±16,44	25,13±12,30	0,001
TWI [J]	Fl	97,52±92,92	82,03±70,56	55,03±75,16	39,28±61,94	17,45±18,16	1,50±1,36	0,001
	Ex	271,4±110,81	241,59±104,32	186,72±103,55	186,58±113,45	154,40±77,15	117,05±166,44	0,001
API [W]	Fl	27,86±28,01	23,68±21,02	15,57±20,63	10,96±19,39	4,38±4,79	0,34±0,32	0,001
	Ex	81,25±39,07	68,84±33,82	55,11±31,15	50,20±33,89	44,05±24,64	22,90±20,80	0,001
ACCI [ms]	Fl	153,00±87,18	158,33±64,74	190,83±73,36	175,71±58,40	220,00±68,12	175,00±40,00	0,001
	Ex	88,00±45,60	91,11±46,13	121,25±51,36	116,43±41,44	128,33±61,78	186,25±50,12	0,001
DCCI [ms]	Fl	133,00±33,58	121,67±36,01	186,67±145,95	218,57±189,57	158,33±39,71	262,50±112,35	0,001
	Ex	137,50±38,78	142,78±39,97	176,25±73,83	164,29±40,90	176,67±38,30	170,00±28,78	0,001

PTQI/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; API- średnia moc dla prawej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla prawej kończyny; FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostowania kończyny; X(SD)- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; B1- osoby z SM EDSS≤3; G1-osoby z punktacją 3,5 w skali EDSS; G2- osoby z punktacją 4 w skali EDSS; G3- osoby z punktacją 4,5 w skali EDSS; G4- osoby z punktacją 5 w skali EDSS; G5- osoby z punktacją 5,5 w skali EDSS; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego Kruskala-Wallis

Ocena siły mięśniowej dla mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 300°/s

Szczytowy moment siły względem masy ciała dla prawego stawu kolanowego (PTQr/BW) dla mięśni prostowników przy prędkości kątowej 300°/s dla osób z grupy B1 (EDSS ≤ 3) wyniósł 50,71% (95%PU 40,81-60,61), w grupie G1 (EDSS 3,5) wykazał wartość 42,24% (95%PU 30,40-54,30), dla osób z grupy G2 (EDSS 4) 38,09% (95%PU 33,35-42,82), dla osób z grupy G3 (EDSS 4,5) 39,11% (95%PU 30,63-47,59), w grupie G4 (EDSS 5) 31,27% (95%PU 24,02-38,52) oraz w grupie G5 (EDSS 5,5) 30,15% (95%PU 25,54-34,76). Różnice były istotne statystycznie (p=0,001). W parametrach całkowitej wykonanej pracy oraz średniej mocy dla mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego wyraźnie zaznacza się tendencja spadkowa siły mięśni (tabela 40, suplement tabela 12).

Tabela 40. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 300°/s u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS

		Punktacja w skali EDSS						
		n=70						
		B1 (3;n=20)	G1 (3,5;n=18)	G2 (4;n=24)	G3 (4,5;n=14)	G4 (5;n=6)	G5 (5,5; n=8)	p
		X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	
PTQr/ BW [%]	Fl	31,41±16,14	27,20±14,76	21,73±8,16	24,53±12,62	18,45±6,79	11,59±7,08	0,001
	Ex	50,71±21,14	42,24±14,56	38,09±11,22	39,11±14,68	31,27±6,91	30,15±5,51	0,001
TW _r [J]	Fl	207,47±228,91	180,10±179,18	79,18±87,49	79,39±126,60	58,78±67,15	7,01±5,80	0,001
	Ex	632,42±312,25	542,30±302,74	429,68±219,87	488,29±288,87	336,27±146,58	253,29±159,44	0,001
AP _r [W]	Fl	37,97±52,14	21,64±22,13	7,26±8,55	13,58±22,42	40,62±78,49	0,69±0,58	0,001
	Ex	90,15±50,74	69,66±41,84	52,45±26,74	56,01±38,80	55,70±29,66	27,04±18,84	0,001
ACCr [ms]	Fl	174,00±72,43	186,67±38,65	219,58±55,28	229,29±59,16	201,67±17,22	227,50±87,63	0,001
	Ex	94,50±30,52	97,78±27,34	133,33±27,77	132,86±39,50	145,00±46,37	138,75±43,57	0,001
DCCr [ms]	Fl	145,50±43,95	143,33±51,45	196,67±131,17	192,86±163,54	160,00±37,95	202,50±45,59	0,001
	Ex	154,50±38,32	152,22±32,99	175,42±31,48	161,43±32,07	166,67±32,04	175,00±45,04	0,001

PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TW_r- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; AP_r- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; X±SD- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; B1- osoby z SM EDSS≤3; G1-osoby z punktacją 3,5 w skali EDSS; G2- osoby z punktacją 4 w skali EDSS; G3- osoby z punktacją 4,5 w skali EDSS; G4- osoby z punktacją 5 w skali EDSS; G5- osoby z punktacją 5,5 w skali EDSS;; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego Kruskala-Wallisa

Ocena siły mięśniowej dla mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 300°/s

Szczytowy moment siły względem masy ciała dla lewego stawu kolanowego (PTQl/BW) dla mięśni zginaczy zawierał się w przedziale od 31,48% w grupie B1 (EDSS ≤ 3) do 12,70% w grupie G5 (EDSS 5,5). Różnice były istotne statystycznie (p=0,001). Parametr całkowitej wykonanej pracy zarówno dla mięśni zginaczy i prostowników dla lewego stawu kolanowego przy prędkości kątowej 300°/s wyraźnie wykazywał spadek siły mięśni w stosunku do rosnącej punktacji w skali EDSS (p=0,001) (tabela 41, suplement tabela 13).

Tabela 41. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 300°/s u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS

		Punktacja w skali EDSS						
		n=70						
		B1 (3;n=20)	G1 (3,5;n=18)	G2 (4;n=24)	G3 (4,5;n=14)	G4 (5;n=6)	G5 (5,5; n=8)	p
		X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	
PTQI/BW [%]	Fl	31,48±12,83	30,30±11,68	22,90±8,99	25,41±12,82	19,58±9,55	12,70±9,91	0,001
	Ex	52,18±16,19	43,50±14,61	39,85±12,74	37,27±15,04	35,20±11,86	29,96±15,25	0,001
TWI [J]	Fl	256,4±200,28	206,22±178,51	136,53±175,58	98,79±135,16	35,43±31,55	26,24±37,75	0,001
	Ex	732,80±209,20	651,99±297,89	564,44±280,65	497,69±307,44	423,23±215,72	302,28±218,56	0,001
API [W]	Fl	40,29±47,37	23,26±19,92	16,62±18,57	10,01±15,89	35,55±75,74	3,01±4,21	0,001
	Ex	97,54±34,96	82,82±42,25	69,19±38,53	55,79±43,06	69,77±30,39	36,99±28,67	0,001
ACCI [ms]	Fl	189,50±67,39	201,11±55,29	211,67±50,88	230,00±98,14	221,67±54,56	190,00±25,63	0,001
	Ex	100,50±34,26	110,56±41,08	126,25±37,74	123,57±32,49	125,00±52,82	123,75±41,04	0,001
DCCI [ms]	Fl	142,00±35,18	130,56±31,90	185,83±118,58	199,29±157,99	156,67±29,44	195,00±47,21	0,001
	Ex	152,00±35,92	133,33±22,75	167,50±30,96	160,00±28,28	161,67±33,12	165,00±29,76	0,001

PTQI/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWI- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; API- średnia moc dla prawej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla prawej kończyny; FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; X(SD)- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; B1- osoby z SM EDSS≤3; G1-osoby z punktacją 3,5 w skali EDSS; G2- osoby z punktacją 4 w skali EDSS; G3- osoby z punktacją 4,5 w skali EDSS; G4- osoby z punktacją 5 w skali EDSS; G5- osoby z punktacją 5,5 w skali EDSS; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego Kruskala-Wallisa

Stabilometryczna ocena równowagi ciała w grupach osób z SM przy oczach otwartych

Wartość ogólnego wskaźnika stabilności postawy (OSI) przy oczach otwartych wzrastała wraz ze stopniem zaawansowania choroby i wyniosła kolejno: dla grupy G1 1,60±0,70 (95%PU 1,25-1,95), dla grupy G2 1,90±0,57 (95%PU 1,66-2,14), dla grupy G3 1,98±0,71 (95%PU 1,57-2,39), dla grupy G4 2,62±0,82 (95%PU 1,76-3,47). Odnotowano minimalny spadek wartości wskaźnika OSI dla osób posiadających 5,5 punktu w skali EDSS (2,21±0,87(95%PU 1,48-2,94). Różnice były istotne statystycznie (p=0,001)(tabela 42, suplement tabela 14).

Tabela 42. Równowaga ciała, badana na platformie Biodex Balance System SD u osób z SM przy oczach otwartych w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS

	Punktacja w skali EDSS						p
	n=70						
	B1 (3;n=20)	G1 (3,5;n=18)	G2 (4;n=24)	G3 (4,5;n=14)	G4 (5;n=6)	G5 (5,5; n=8)	
	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	
OSI	0,90±0,75	1,60±0,70	1,90±0,57	1,98±0,71	2,62±0,82	2,21±0,87	0,001
APSI	0,88±0,70	1,27±0,53	1,53±0,45	1,49±0,71	1,90±0,80	1,50±0,86	0,001
MLSI	0,94±0,70	1,36±0,53	1,40±0,51	1,38±0,44	1,55±0,64	1,43±0,50	0,001

OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; X±SD średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; Q1- kwartył dolny; Q2- mediana; Q3- kwartył górny; B1- osoby z SM EDSS≤3; G1-osoby z punktacją 3,5 w skali EDSS; G2- osoby z punktacją 4 w skali EDSS; G3- osoby z punktacją 4,5 w skali EDSS; G4- osoby z punktacją 5 w skali EDSS; G5- osoby z punktacją 5,5 w skali EDSS; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego Kruskala-Wallisa

Stabilometryczna ocena równowagi ciała w grupach osób z SM przy oczach zamkniętych

Wartość ogólnego wskaźnika stabilności postawy (OSI) zawierała się w przedziale od 1,35±1,04 w grupie osób B1 (EDSS ≤ 3) do 4,15±2,19 w grupie G5 (EDSS 5,5). Różnice były istotne statystycznie (p=0,001). Wartość boczno-przyśrodkowego wskaźnika stabilności postawy (MLSI) w grupie B1 (EDSS ≤ 3) wykazała wartość 1,10±0,81 (95%PU 0,72-1,48), w grupie G1 (EDSS 3,5) 1,83±0,65 (95%PU 1,50-2,15), w grupie G2 (EDSS 4) 1,79±0,66 (95%PU 1,51-2,07), w grupie G3 (EDSS 4,5) 1,96±0,83 (95%PU 1,49-2,44), w grupie G4 (EDSS 5) 2,65±2,03 (95%PU 0,52-4,79) oraz w grupie G5 (EDSS 5,5) 3,04±2,36 (95%PU 1,07-5,02). Różnice były istotne statystycznie (p=0,001)(tabela 43, suplement tabela 15).

Tabela 43. Równowaga ciała, badana na platformie Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS

	Punktacja w skali EDSS						p
	n=70						
	B1 (3;n=20)	G1 (3,5;n=18)	G2 (4;n=24)	G3 (4,5;n=14)	G4 (5;n=6)	G5 (5,5; n=8)	
	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	
OSI	1,35±1,04	2,49±0,98	2,67±0,99	2,99±1,28	3,25±1,20	4,15±2,19	0,001
APSI	1,17±0,89	1,93±0,90	2,12±1,03	2,17±1,05	2,58±1,27	2,49±1,25	0,001
MLSI	1,10±0,81	1,83±0,65	1,79±0,66	1,96±0,83	2,65±2,03	3,04±2,36	0,001

OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; X±SD średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; Q1- kwartył dolny; Q2- mediana; Q3- kwartył górny; B1- osoby z SM EDSS≤3; G1-osoby z punktacją 3,5 w skali EDSS; G2- osoby z punktacją 4 w skali EDSS; G3- osoby z punktacją 4,5 w skali EDSS; G4- osoby z punktacją 5 w skali EDSS; G5- osoby z punktacją 5,5 w skali EDSS; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego Kruskala-Wallisa

Równowaga ciała, badana za pomocą testu TUG i skali Berg u osób z SM

Średni czas wykonania testu TUG w grupie B1 (EDSS ≤ 3) wynosił 9,48 s, w grupie G1 (EDSS 3,5) 12,52 s, w grupie G2 (EDSS 4) 14,22 s, w grupie G3 (EDSS 4,5) 17,42 s, w grupie G4 (EDSS 5) 21,36 s oraz w grupie G5 (EDSS 5,5) 23,90 s. Różnice były istotne statystycznie. Punktacja w skali Berg była malejąca i zawierała się w przedziale od 46,36 pkt dla grupy B1 (EDSS ≤ 3) do 27,50 w grupie G5 (EDSS 5,5). Różnice były istotne statystycznie ($p=0,001$) (tabela 44, suplement tabela 16).

Tabela 44. Równowaga ciała w teście TUG i skali Berg u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS

Punktacja w skali EDSS							
n=70							
	B1 (3;n=20)	G1 (3,5;n=18)	G2 (4;n=24)	G3 (4,5;n=14)	G4 (5;n=6)	G5 (5,5; n=8)	p
	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD	
TUG [s]	9,48±2,38	12,52±5,02	14,22±5,14	17,42±9,69	21,36±7,38	23,90±5,00	0,001
Skala Berg [pkt]	46,36±5,98	41,78±7,89	40,75±6,99	35,21±4,92	33,17±5,12	27,50±7,94	0,001

TUG- test Time Up&Go; X±SD- średnia arytmetyczna; odchylenie standardowe; B1- osoby z SM EDSS ≤ 3 ; G1-osoby z punktacją 3,5 w skali EDSS; G2- osoby z punktacją 4 w skali EDSS; G3- osoby z punktacją 4,5 w skali EDSS; G4- osoby z punktacją 5 w skali EDSS; G5- osoby z punktacją 5,5 w skali EDSS; n- liczebność grupy; p- wynik testu statystycznego Kruskala-Wallisa

4.11 Ocena zależności poziomu niepełnosprawności osób z SM opisanym w skali EDSS a sprawnością funkcjonalną w zakresie chodu, siły mięśniowej i równowagi ciała

Ocena sprawności funkcjonalnej w zakresie chodu

Istotnie ujemną i silną korelację wykazano pomiędzy skalą EDSS a 6-minutowym testem marszowym u osób z SM ($R= -0,771$; $p=0,001$). Najsilniejszą, ujemną i istotną statystycznie korelację pomiędzy skalą EDSS wykazano dla prędkości dowolnej uzyskanej w teście 10MWT ($R= -0,661$; $p=0,001$). Dla testu 25FWT najsilniejszą korelację wykazano dla prędkości dowolnej ($R= -0,592$; $p=0,001$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 45.

Tabela 45. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a prędkością dowolną i maksymalną oraz wytrzymałością chodu

Para zmiennych	n	R	p
EDSS & 6MWT	90	-0,771	0,001
EDSS & 10MWT-vpd	90	-0,661	0,001
EDSS & 10MWT -vpm	90	-0,599	0,001
EDSS & 25FWT - vpd	90	-0,592	0,001
EDSS & 25FWT - vpm	90	-0,498	0,001

EDSS- rozszerzona skala stopnia niepełnosprawności; vpd- prędkość dowolna, vpm- prędkość maksymalna; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Ocena sprawności funkcjonalnej w zakresie siły mięśniowej

Najsilniejszą i ujemną korelację wykazano pomiędzy skalą EDSS a parametrem całkowitej wykonanej pracy stawu kolanowego lewego (TWl) podczas ruchu zginania podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 180°/s (R= -0,514; p=0,001). Najsilniejszą korelację dla stawu kolanowego prawego wykazano pomiędzy skalą EDSS a wartością średniej mocy generowanej (APr) przez mięśnie prostowniki (R= -0,411; p=0,001). Najśłabszą korelację stwierdzono pomiędzy skalą oceny stopnia niepełnosprawności (EDSS) a czasem deceleracji mięśni zginaczy stawu kolanowego prawego (R= 0,212; p=0, 001). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 46.

Tabela 46. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
EDSS & Ex APr	-0,411	0,001	EDSS & FI TWl	-0,514	0,001
EDSS & Ex ACCr	0,384	0,001	EDSS & FI API	-0,513	0,001
EDSS & FI APr	-0,380	0,001	EDSS & Ex API	-0,473	0,001
EDSS & FI TWr	-0,367	0,001	EDSS & FI PTQl/BW	-0,465	0,001
EDSS & Ex PTQr/BW	-0,355	0,001	EDSS & Ex PTQl/BW	-0,449	0,001
EDSS & FI PTQr/BW	-0,354	0,001	EDSS & Ex ACCl	0,443	0,001
EDSS & Ex TWr	-0,354	0,001	EDSS & FI DCCl	0,429	0,001
EDSS & FI ACCr	0,297	0,001	EDSS & Ex TWl	-0,426	0,001
EDSS & Ex DCCr	0,284	0,001	EDSS & Ex DCCl	0,368	0,001
EDSS & FI DCCr	0,212	0,001	EDSS & FI ACCl	0,280	0,007

EDSS- rozszerzona skala stopnia niepełnosprawności; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCl- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCl- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex-

extension- ruch wyprostu kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej

Najsilniejszą i dodatnią korelację wykazano pomiędzy skalą EDSS a czasem akceleracji dla mięśni prostowników stawu kolanowego prawego podczas skurczu izokinetycznego przy prędkości kątowej 300°/s (R= 0,462; p=0,001). Najsilniejszą, ujemną i istotną statystycznie korelację stwierdzono pomiędzy skalą EDSS a parametrem całkowitej wykonanej pracy dla lewego stawu kolanowego (TWl) podczas ruchu zginania (R= -0,461; p=0,001). Nie wykazano istotnie statystycznie korelacji dla czasu deceleracji dla prawego stawu kolanowego dla mięśni prostowników (R= 0,177; p=0,094) oraz dla parametru akceleracji dla stawu kolanowego lewego podczas ruchu zginania (R= 0,127; p=0,234). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 47.

Tabela 47. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego

Para zmiennych	n=90		Para zmiennych	n=90	
	R	p		R	p
EDSS & Ex ACCr	0,462	0,001	EDSS & FI TWl	-0,461	0,001
EDSS & Ex APr	-0,425	0,001	EDSS & Ex TWl	-0,450	0,001
EDSS & Ex PTQr/BW	-0,409	0,001	EDSS & FI PTQl/BW	-0,440	0,001
EDSS & FI TWr	-0,403	0,001	EDSS & Ex API	-0,432	0,001
EDSS & FI PTQr/BW	-0,392	0,001	EDSS & Ex PTQl/BW	-0,429	0,001
EDSS & Ex TWr	-0,383	0,001	EDSS & FI API	-0,426	0,001
EDSS & FI APr	-0,368	0,001	EDSS & FI DCCI	0,358	0,001
EDSS & FI DCCr	0,343	0,001	EDSS & Ex ACCI	0,246	0,019
EDSS & FI ACCr	0,242	0,021	EDSS & Ex DCCI	0,232	0,028
EDSS & Ex DCCr	0,177	0,094	EDSS & FI ACCI	0,127	0,234

EDSS- rozszerzona skala stopnia niepełnosprawności; PTQr/BW- szczytowy moment siły dla prawej kończyny/masa ciała; TWr- całkowita wykonana praca dla prawej kończyny; APr- średnia moc dla prawej kończyny; ACCr- czas akceleracji ruchu dla prawej kończyny; DCCr- czas deceleracji dla prawej kończyny; PTQl/BW- szczytowy moment siły dla lewej kończyny/masa ciała; TWl- całkowita wykonana praca dla lewej kończyny; API- średnia moc dla lewej kończyny; ACCI- czas akceleracji ruchu dla lewej kończyny; DCCI- czas deceleracji dla lewej kończyny FL- flexion- ruch zgięcia kończyny; Ex- extension- ruch wyprostu kończyny; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej

Ocena sprawności funkcjonalnej w zakresie równowagi ciała przy oczach otwartych

Najsilniejszą i dodatnią korelację stwierdzono pomiędzy skalą EDSS a ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy (OSI) ocenianego przy oczach otwartych w grupie osób z SM (R= 0,537; p=0,001). Najsłabszą korelację wykazano pomiędzy skalą EDSS a boczno-

przyśrodkowym wskaźnikiem stabilności postawy (MLSI) w grupie osób z SM ($R= 0,274$; $p=0,009$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 48.

Tabela 48. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a równowagą ciała ocenianą za pomocą platformy Biodex Balance System SD przy oczach otwartych

Para zmiennych	n	R	p
EDSS & OSI	90	0,537	0,001
EDSS & APSI	90	0,339	0,001
EDSS & MLSI	90	0,274	0,009

EDSS- rozszerzona skala stopnia niepełnosprawności; OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Ocena sprawności funkcjonalnej w zakresie równowagi ciała przy oczach zamkniętych

Najsilniejszą, dodatnią i istotną statystycznie korelację wykazano pomiędzy skalą oceny stopnia niepełnosprawności (EDSS) a ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy (OSI) ocenianej na platformie Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych u osób z SM ($R=0,501$; $p=0,001$). O umiarkowanej sile i dodatnią korelację stwierdzono pomiędzy skalą EDSS a przednio-tylnym wskaźnikiem stabilności postawy (APSI) u osób z SM ($R= 0,409$; $p=0,001$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 49.

Tabela 49. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a równowagą ciała ocenianą za pomocą platformy Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych

Para zmiennych	n	R	p
EDSS & OSI	90	0,501	0,001
EDSS & APSI	90	0,409	0,001
EDSS & MLSI	90	0,338	0,001

EDSS- rozszerzona skala stopnia niepełnosprawności; OSI- ogólny wskaźnik stabilności postawy; APSI- przednio-tylny wskaźnik stabilności postawy; MLSI- boczno-przyśrodkowy wskaźnik stabilności postawy; n- liczebność grupy; R – współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

Ocena sprawności funkcjonalnej w zakresie równowagi ciała w teście TUG i skali Berg

Najsilniejszą i dodatnią korelację wykazano pomiędzy stopniem niepełnosprawności opisanym w skali EDSS a testem TUG ($R= 0,647$; $p=0,001$). Najsłabszą i ujemną korelację

wykazano pomiędzy skalą EDSS a skalą równowagi Berg ($R = -0,606$; $p = 0,001$). Wyniki korelacji przedstawiono w tabeli 50.

Tabela 50. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a równowagą ciała ocenianą w teście TUG i skali Berg

Para zmiennych	n	R	p
EDSS & TUG	90	0,647	0,001
EDSS & skala Berg	90	-0,606	0,001

EDSS- rozszerzona skala stopnia niepełnosprawności; TUG- Time Up & Go test, n- liczebność grupy; R- współczynnik korelacji Spearmana p- współczynnik istotności statystycznej;

5. Dyskusja

Wśród czynników determinujących poziom sprawności funkcjonalnej osób z SM jako najważniejszy wskazuje się siłę mięśni kończyn dolnych. Obniżenie funkcji mięśni kończyn dolnych obejmujące siłę dynamiczną, siłę izometryczną, moc czy siłę „explozywną” na istotny związek z chodem osób z SM co wykazano w wielu badaniach. Niektóre badania pokazują, że zmniejszona siła mięśni kończyn dolnych, szczególnie słabszej nogi, negatywnie wpływa na wydajność chodzenia, równowagę, wchodzenie po schodach i umiejętność siadania i stania [307].

Głównym celem badania było poszerzenie wiedzy o sprawności funkcjonalnej osób z SM z uwzględnieniem poziomu niepełnosprawności oraz ocena zależności pomiędzy siłą mięśni kończyn dolnych osób z SM a ich równowagą, chodem i poziomem zmęczenia.

Pierwotnie założono, że osoby w początkowym etapie choroby, posiadające ocenę 3 i poniżej w rozszerzonej skali niepełnosprawności, różnią się istotnie od osób zdrowych w zakresie siły mięśniowej, prędkości i wytrzymałości chodu oraz równowagi ciała. W badaniach własnych potwierdzono, że osoby z SM i małą lub umiarkowaną niepełnosprawnością w porównaniu do osób zdrowych posiadają istotnie niższą siłę mięśni kończyn dolnych w zakresie wszystkich parametrów siły ocenianej w skurczu izokinetycznym. Istotnie niższe parametry wykazano w średniej wartości szczytowego momentu siły względem masy ciała i całkowitej pracy zarówno w ruchu zgięcia jak i wyprostu w stawie kolanowym. Wyraźnemu pogorszeniu uległy również "koordynacyjne" parametry, czyli czas pobudzania do skurczu jak i czas hamowania. Przy prędkości kątovej $300^{\circ}/s$ dla stawu kolanowego prawego wszystkie parametry siły mięśni zginaczy i prostowników wykazały się istotnie niższe niż u osób z grupy kontrolnej. Czas pobudzania i hamowania ruchu kończyny dolnej był istotnie krótszy u osób zdrowych w porównaniu z osobami z grupy badanej.

Ramari i wsp, dokonując analizy 17 badań naukowych, wykazali, że istnieje związek pomiędzy siłą mięśni zginaczy i prostowników a miarami wydolności funkcjonalnej kończyn dolnych. Badacze wykazali, że siła mięśni zginaczy i prostowników związana jest z prędkością dowolną i maksymalną chodu oraz z funkcjonalną mobilnością najczęściej badaną za pomocą testu TUG [307]. Scott i Hughes badając osoby z SM oceniali siłę mięśni prostowników stawu kolanowego. Autorzy wykazali, że wartość szczytowego momentu siły względem masy ciała osiąga wartości istotnie niższe u osób z SM w porównaniu do zdrowych kontroli [143]. Ramari i wsp, oceniali izokinetyczną siłę mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego za

pomocą dynamometru Biodex System 3 u 28 kobiet z SM ze średnim stopniem niepełnosprawności EDSS= 2,5 w porównaniu do 21 zdrowych kontroli. Badacze wykazali, że osobom z SM łatwiej jest kontrolować ruch wyprostu w stawie kolanowym i, że to mięśnie prostowniki są silniejsze niż mięśnie zginacze. Dodatkowo, w badaniach wykazano, że osoby z SM posiadają istotnie niższą siłę mięśni zginaczy i prostowników w porównaniu do grupy zdrowych kontroli [308]. W badaniach własnych również wykazano, że osoby będące w początkowym stadium SM (EDSS \leq 3) lepiej kontrolują ruch wyprostu niż ruch zgięcia oraz, że siła mięśni zginaczy i prostowników już na początkowym etapie choroby jest istotnie niższa w porównaniu do osób z grupy zdrowych kontroli. Broekmans i wsp, oceniali izokinetyczną siłę mięśni prostowników kończyn dolnych za pomocą dynamometru Biodex System 3 przy prędkości kątowej 60°/s oraz 180°/s. Badacze uwzględnili rekrutowane osoby z SM wg. skali stopnia niepełnosprawności EDSS. Do badań zakwalifikowano 52 osoby z SM, ze średnim stopniem niepełnosprawności od 1,5 do 6,5, które następnie zostały przydzielone do dwóch grup. Pierwszą grupę stanowiły osoby z małym stopniem niepełnosprawności (3,6 \pm 0,1), a drugą grupę stanowiły osoby z umiarkowanym stopniem niepełnosprawności (5,5 \pm 0,1). Autorzy wykazali, że maksymalny izokinetyczny moment siły dla mięśni prostowników oceniany przy prędkości kątowej 60°/s i przy 180°/s u osób z umiarkowanym stopniem niepełnosprawności jest istotnie niższy niż u osób z małym stopniem niepełnosprawności [309]. W badaniach własnych również wykazano, że osoby z SM wraz z nasileniem się objawów choroby osiągają istotnie niższe wyniki w pomiarze siły mięśni prostowników przy prędkości kątowej 180°/s niż osoby w początkującym stadium SM. Armstrong i wsp, badali siłę mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego za pomocą izokinetycznego dynamometru Cybex II System. Badania dotyczyły porównania siły mięśni osób z SM do osób zdrowych. Grupa badana były osoby z SM, które posiadały ocenę w skali EDSS 5 lub mniej [259]. Dokonywano pomiaru siły izokinetycznej dla mięśni prostowników i zginaczy przy prędkościach kątowych, 70°/sek, 135°/sek, 190°/sek, 230°/sek oraz 275°/sek. Wykazano, że zarówno wartości szczytowego momentu siły względem masy ciała dla mięśni zginaczy i prostowników u osób z SM były istotnie niższe w porównaniu do wyników grupy kontrolnej we wszystkich badanych prędkościach kątowych. Dodatkowo wykazano, że najniższe wartości parametru szczytowego momentu siły względem masy ciała występują przy zastosowaniu największej prędkości kątowej (275°/s) u osób z SM [259]. W badaniach własnych wykazano, że średnia wartość szczytowego momentu siły względem masy ciała u osób z SM posiada najniższe wartości przy prędkości kątowej niższej (180°/s) dla mięśni zginaczy prawego stawu kolanowego w porównaniu do wyższej prędkości kątowej (300°/sek), natomiast dla mięśni prostowników

prawego i lewego stawu kolanowego najniższe i istotne średnie wartości szczytowego momentu siły względem masy ciała u osób z SM odnotowano dla wyższej prędkości kątowej w porównaniu z niższą prędkością kątową. Należy podkreślić, że Armstrong w swoich badaniach oceniał całą grupę osób z SM w tym osoby z małym, umiarkowanym i znacznym poziomem niepełnosprawności oraz nie badał istotnie ważnych parametrów jak całkowita wykonana praca, średnia moc oraz czas pobudzania i hamowania ruchu kończyny dolnej. W badaniu własnym dokonano oceny siły w wydzielonych ze względu na poziom niepełnosprawności grupach oraz uzyskano szczegółowe oceny izokinetycznych parametrów siły mięśni prostowników i zginaczy stawów kolanowych w tym parametry koordynacyjne.

Jørgensen oceniał izokinetyczną siłę mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego u osób z SM w porównaniu z dopasowaną grupą kontrolną. Badania wykazały, że osoby z SM charakteryzowały się osłabioną siłą mięśni kończyn dolnych w porównaniu do osób zdrowych. Osłabienie było najbardziej wyraźne podczas maksymalnych, umiarkowanych i dużych prędkości kątowych podczas ruchu. Badacze wykazali jednocześnie, że odpowiedni progresywny trening oporowy jest w stanie znacznie poprawić siłę mięśni zginaczy i prostowników kończyn dolnych u osób z SM [152].

Wens i wsp, oceniali siłę mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego za pomocą dynamometru izokinetycznego System 3, Biodex, (ENRAF-NONIUS, New York, USA). Badaniem objęto 34 osoby z SM z oceną od 5 do 6 w skali stopnia niepełnosprawności (EDSS) oraz 18 zdrowych osób. Autorzy badali jedynie izometryczną siłę mięśni i wykazali, że osoby z SM posiadają istotnie niższe wartości parametru szczytowego momentu siły względem masy ciała dla mięśni prostowników stawu kolanowego niż osoby z grupy kontrolnej [310]. Güner i wsp, przeprowadzili badania do których kwalifikowano osoby z SM posiadające ocenę od 4 do 6 punktów w skali EDSS oraz osoby zdrowe. Siłę mięśni prostowników stawu kolanowego autorzy oceniali za pomocą dynamometru KinCOM III. Badacze wykazali, że wartość parametru szczytowego momentu siły względem masy ciała dla osób z SM jest o 45% istotnie niższa niż u zdrowych kontroli ($p=0,05$) [311]. W badaniach własnych wykazano, że w grupie osób z SM i niepełnosprawnością ocenioną na 3 w skali EDSS średnia wartość szczytowego momentu siły mięśni zginaczy stawu kolanowego oceniana przy prędkości kątowej $180^{\circ}/s$ jest o 41% niższa niż w grupie osób zdrowych. Jeszcze większą różnicę wykazano dla mięśni prostowników stawu kolanowego, różnica względem osób zdrowych wynosiła 58,6 %. Yahia i wsp, badali siłę mięśni prostowników stawu kolanowego za pomocą dynamometru Cybex II. Do badania zakwalifikowano 20 osób z SM, które posiadały punktację w skali EDSS od 1 do 6. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że ocena izokinetyczna mięśni

prostowników stawu kolanowego posiada istotnie niższe wartości niż u osób z grupy kontrolnej [246]. Parametr szczytowego momentu siły względem masy ciała był oceniany także przez Gomez-Illian i wsp. Badacze również wykazali, że wartości szczytowego momentu siły względem masy ciała dla mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego pomiędzy badanymi osobami z SM a grupą osób zdrowych osiągają istotnie niższe wyniki [261]. W badaniach własnych wykazano, że siła mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego przy prędkości kątowej $180^{\circ}/s$ w parametrze szczytowego momentu siły względem masy ciała istotnie spada wraz z nasileniem niepełnosprawności. Średnia wartości szczytowego momentu siły u osób z oceną EDSS 3,5 była nieomal dwukrotnie wyższa w porównaniu do osób z oceną EDSS 5,5. Podobną tendencję spadkową wraz z niższą oceną sprawności w skali EDSS dla momentu siły wykazano dla mięśni prostowników. Należy zaznaczyć, że osoby posiadające 5,5 punktu w skali EDSS uzyskały wyższą wartość średniego momentu siły niż osoby posiadające ocenę 4,5 i 5 punktu w skali EDSS. Mogło to wynikać z małej liczebności grup osób z ocenami EDSS 4,5 i powyżej. Wpływ czynników zewnętrznych na wynik badania był minimalizowany poprzez organizację badania, ale nie można wykluczyć wpływu indywidualnych predyspozycji uczestników wynikających z dobowego rytmu wydolności i sprawności psychofizycznej. Podobne tendencje spadkowe i wzrostowe stwierdzono we wszystkich parametrach oceniających siłę mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego. Badania własne wykazały, że przy prędkości kątowej $300^{\circ}/s$ wartość szczytowego momentu siły względem masy ciała dla mięśni zginaczy dla osób posiadających 3,5 w skali EDSS jest istotnie wyższa niż u osób posiadających 5,5 w skali EDSS. Średnia wartość szczytowego momentu siły względem masy ciała dla mięśni prostowników przy prędkości kątowej $300^{\circ}/s$ również wykazała istotną tendencję spadkową. Przeprowadzone badanie szczegółowo ilustruje zmianę i zmniejszanie siły mięśni kończyn dolnych osób z SM w kolejnych okresach choroby i niepełnosprawności. Stopniowe pogarszanie to nie tylko ubytek siły, ale i koordynacji nerwowo-mięśniowej wykazane poprzez wydłużenie czasu pobudzenia i hamowania mięśniowego podczas skurczu izokinetycznego. U osób z SM zaobserwowano duży spadek parametrów siły mięśni zginaczy stawu kolanowego, co może być związane z ogólnym spadkiem siły mięśni kończyn dolnych i niższej proporcji siły zginaczy w porównaniu do siły prostowników. Przyczyna mogła również wynikać z trudności skoordynowania ruchu podczas oceny izokinetycznej. Łatwiej było osobom z SM kontrolować ruch wyprostu w porównaniu z ruchem zgięcia w stawie kolanowym. Niemniej jednak wynik badania jest ważną informacją dla programu fizjoterapii w zakresie ćwiczeń oporowych i akcentowaniu w nich koordynacji między grupami mięśniowymi.

Wyniki dotychczasowych badań, w których oceniano siłę mięśni kończyn dolnych osób z SM w większości odnosiły się do grup w dużym zakresie niepełnosprawności. Jørgensen w 2017 roku opublikował metaanalizę, której celem była ocena siły mięśniowej osób z SM. Na podstawie wyników 38 wyłącznych do analizy publikacji wykazano, że siła mięśni i moc są istotnie słabsze u osób z SM w porównaniu do osób zdrowych, a upośledzenie siły mięśni jest najbardziej wyraźne podczas umiarkowanych i szybkich, dynamicznych skurczów mięśni kończyn dolnych. Stopień niepełnosprawności osób objętych oceną mieścił się w przedziale od 2 do 6 w skali EDSS. Na podstawie analizy regresji linowej autor wykazał większe upośledzenie siły przy wyższych poziomach niepełnosprawności [152]. Güner ocenił siłę prostowników i zginaczy stawów kolanowych w grupie 29 osób z SM. Grupę podzielono na osoby ze stopniem niepełnosprawności $> 4,5$ punktu w skali EDSS i ≤ 4 . Oceniono siłę izokinetyczną mięśni przy prędkości kątovej $60^\circ/s$ oraz parametry czasowe i przestrzenne chodu. Autorzy wykazali istotną różnicę w zakresie siły mięśniowej oraz kompensacyjne zmiany wzorca chodu badanych. Jednocześnie podkreślano, że protokoły rehabilitacji dla pacjentów z SM powinny obejmować indywidualny program treningu siłowego [311].

Wyniki badań własnych są zgodne z cytowanymi badaniami i są ważnym uzupełnieniem stanu wiedzy o sprawności funkcjonalnej osób z SM. Wyniki uzyskano w licznej i zróżnicowanej w zakresie niepełnosprawności grupie osób z SM. Wyniki szczegółowo opisują parametry siły w kolejnych okresach niepełnosprawności osób chodzących. Dostarczają nową wiedzę w zakresie parametrów koordynacyjnych siły mięśni podczas oceny izokinetycznej.

Badanie chodu jest czułym narzędziem w diagnostyce funkcjonalnej osób z chorobami neurologicznymi, a ocena prędkości chodu jest jedną z najczęściej stosowanych. Prędkość chodu nie jest uwzględniana w ocenie niepełnosprawności w skali EDSS. Należy zaznaczyć, że prędkość chodu jest silnie skorelowana z niezależnością funkcjonalną, aktywnością i poziomem uczestnictwa. Niski poziom aktywności i uczestnictwa to niska prędkość chodu. W badaniu postawiono pytanie czy sprawność motoryczna w zakresie prędkości chodu osób z małym stopniem niepełnosprawności jest istotnie niższa niż u osób zdrowych. Pierwotnie zakładano, że badanie obejmie osoby z ocenami 1, 2 i 3 w skali EDSS, ale w podczas rekrutacji okazało się, że wśród osób włączonych do badania najniższą oceną była ocena 3 w skali EDSS. Wykazano, że dowolna i maksymalna prędkość chodu mierzona testem 10MWT już na początkowych etapach choroby, gdzie nie obserwuje się wyraźnych zaburzeń funkcjonalnych i czynnościowych, jest istotnie mniejsza niż u osób zdrowych. Prędkość dowolna chodu w teście 10MWT była o 27% mniejsza u osób z SM w porównaniu do prędkości osób

zdrowych. Prędkość chodu maksymalna była niższa o 18,6%. W badaniach Yahia i wsp, oceniano prędkość dowolną chodu za pomocą urządzenia Bessou. Do badania zakwalifikowano 20 osób z SM (EDSS $2,80 \pm 0,99$) oraz 20 zdrowych osób w grupie kontrolnej. Badacze wykazali, że dowolna prędkość chodu osób z SM istotnie statystycznie niższa od prędkości chodu osób zdrowych [246]. Z kolei Feys oceniał prędkość dowolną i maksymalną chodu używając 10MWT, jednak nie porównywał uzyskanych wyników do osób zdrowych. Do badań zakwalifikowało się 102 osoby z SM z punktacją w skali EDSS $\leq 6,5$ (średnio $4,3 \pm 1,6$ punktu). Badacze wykazali, iż prędkość dowolna i maksymalna w grupie osób z SM wynosi odpowiednio dla prędkości dowolnej $1,04 \pm 0,38$ m/s a dla prędkości maksymalnej $1,34 \pm 0,52$ m/s [312]. W badaniach własnych wykazano, że średnia wartość prędkości dowolnej i maksymalnej jest niższa niż w badaniach Feys. Osoby posiadających 4 punkty w skali EDSS chodziły z prędkością dowolną $0,70 \pm 0,2$ m/s a maksymalną $0,81 \pm 0,3$ m/s. Martin i wsp, przeprowadzili ocenę prędkości dowolnej chodu w teście 10MWT w trzech podgrupach: grupa pierwsza to osoby ze stwierdzonym SM z minimalnymi objawami piramidowymi, posiadające punktację w skali EDSS od 1-2,5, grupa druga to osoby ze stwierdzonym SM, które w badaniu neurologicznym nie wykazywały żadnych objawów (EDSS 0), trzecia grupa to osoby zdrowe, dobrane do grup osób z SM pod względem wieku i płci. Badania wykazały, że obie grupy osób z SM posiadały istotnie niższe wartości prędkości chodu w teście 10MWT niż osoby z grupy kontrolnej. Stwierdzono również, istotne różnice w prędkości chodu pomiędzy osobami z minimalnymi objawami piramidowymi, a grupą osób z SM bez występujących objawów klinicznych [160]. W publikacji Dalgas oceniano prędkość chodu dowolną i maksymalną w teście 10MWT osób z SM (EDSS średnio 3,8), osób po udarze mózgu oraz w grupie osób zdrowych. Badacze wykazali, że zarówno osoby z SM jak i po przebyłym udarze mózgu posiadały znacznie niższą prędkość chodu niż osoby z grupy kontrolnej [313]. Z badań własnych wynika, że prędkość chodu dowolna i maksymalna w teście 10MWT istotnie się zmniejsza zarówno u osób będących w początkowym etapie SM jak i na jej późniejszych etapach określonych za pomocą stopnia niepełnosprawności w skali EDSS. Wyniki badania własnego dostarczyły szczegółowych danych obrazujących zmianę, stopniowe zmniejszanie prędkości chodu dowolnej i maksymalnej osób z SM. Osoby z niskim poziomem niepełnosprawności chodziły istotnie wolniej od osób zdrowych. W kolejnych etapach choroby wyznaczonych poziomem niepełnosprawności EDSS prędkość chodu zmniejszała się a różnice były istotne statystycznie. Za pomocą analizy regresji liniowej wykazano, że obniżenie prędkości dowolnej chodu w teście 10MWT o 0,24 m/s i prędkości maksymalnej o 0,28 m/s to zmiana oceny w skali EDSS o 1 punkt w skali EDSS. Wyniki badania nie pozwalają na podjęcie

dyskusji nad pytaniem czy zwiększenie prędkości chodu o 0,24 m/s pozwoli na zmniejszenie stopnia niepełnosprawności. Można jedynie wnioskować o rutynowe stosowanie oceny prędkości chodu osób z SM a w tym odnoszenie się do prędkości uzyskiwanych w podgrupach jako wartości typowej dla możliwości funkcjonalnych chorych w kolejnych etapach niepełnosprawności. Wyniki to również bardzo istotna informacja dla klinicystów oraz dla potrzeb diagnostyki funkcjonalnej i fizjoterapii osób z SM.

Badania Wagner i wsp, dotyczące prędkości maksymalnej chodu w teście 25FWT wykazały, że osoby z SM posiadające średnią punktację 3 w skali EDSS posiadają istotnie mniejszą prędkość maksymalną chodu niż osoby z grupy kontrolnej i wynoszą odpowiednio 1,29 m/s dla osób z SM oraz 1,85 m/s dla osób zdrowych [314]. W badaniach własnych wykazano, że prędkość maksymalna chodu oceniona w 25FWT u osób z SM w początkowym okresie choroby ($EDSS \leq 3$) była niższa w porównaniu do badań Wagner i wyniosła 1,12 m/s i jest o 39,8% niższa w porównaniu do osób zdrowych. W kolejnych okresach choroby podobnie jak w ocenie za pomocą 10MWT prędkość chodu zarówno podczas chodu swobodnego jak i z maksymalną prędkością systematycznie spada. Również podobnie jak w ocenie prędkości chodu w teście 10MWT na podstawie analizy regresji liniowej wykazano, że obniżenie oceny w skali EDSS o jeden punkt to zmniejszenie prędkości maksymalnej chodu w teście 25FWT o 0,25 m/s. Z kolei badania Fritz i wsp, opisują prędkość dowolną chodu w teście 25FWT dla grupy 29 osób z SM posiadających średnią punktację w skali EDSS 4. Z badań autorów wynika, że średnia prędkość dowolna w grupie osób z SM wynosi 1,40 m/s natomiast w grupie kontrolnej 1,87 m/s [315]. W badaniach własnych wykazano podobne prędkości chodu osób z SM jak i w grupie kontrolnej. Wykazano na podstawie analizy regresji liniowej, że w badanej grupie obniżenie oceny w skali EDSS o jeden punkt to zmniejszenie prędkości dowolnej chodu w teście 25FWT o 0,22m/s. Wykazano także, że prędkość dowolna w teście 25FWT dla osób posiadających 4 punkty w skali EDSS jest o 60,3% niższa od prędkości dowolnej w grupie osób zdrowych.

Badania Phan-Ba i wsp, analizują stopień niepełnosprawności określony w skali EDSS i średniej prędkości chodu w teście 25FWT. Badacze podzielili zakwalifikowane osoby z SM na 3 podgrupy. Pierwszą z nich stanowiły osoby posiadające punktację w skali EDSS od 0-2 punkty, drugą grupę stanowiły osoby z punktacją 2,5-3,5 w skali EDSS natomiast trzecią podgrupę stanowiły osoby z punktacją 4-6 w skali EDSS. Wszystkie podgrupy były porównywane między sobą a także do grupy kontrolnej. Z badań autorów wynika, że średnia prędkość dowolna chodu w pierwszej podgrupie wynosi 1,96 m/s, w drugiej podgrupie 1,80m/s, natomiast w trzeciej 1,18 m/s. Grupa kontrolna osiągnęła średnią prędkość chodu 1,96 m/s

[316]. Z badań własnych wynika, iż zarówno prędkość dowolna jak i maksymalna w teście 25FWT istotnie maleje wraz ze wzrostem punktacji w skali EDSS. Wyniki oceny prędkości chodu w dwóch zastosowanych testach są bardzo zbieżne. Test 25FWT jest rekomendowany do oceny chodu osób z SM, ale również często stosowany jest test 10MWT. Wyniki własne oraz cytowane badania nie są w pełni zgodne w zakresie prędkości chodu osób z SM z uwzględnieniem poziomu niepełnosprawności. Powinny być wykonane populacyjne badania w dużych grupach chorych z uwzględnieniem poziomu niepełnosprawności oraz podziałem ze względu na wiek i płeć chorych. Ze względu na inne czynniki mogące wpływać na wynik testów należy uwzględnić zakres prędkości chodu typowy dla poziomu niepełnosprawności osób z SM.

Aktywność człowieka w zakresie podstawowych i złożonych czynności uzależniona jest od funkcji chodu w zakresie jego wydolności, czyli dystansu jaki może być pokonany przez chorego. Pokonywanie określonej odległości dla osób z SM jest istotnie ważnym elementem życia codziennego jak i jakości ich życia. Ograniczenie wydolności i wydajności chodu to ograniczenie możliwości przemieszczania się i pokonywania dystansu. Niepełnosprawne osoby stają się zależne od sytuacji, pomocy ortopedycznych lub pomocy osób trzecich. Bardzo istotnym elementem badania funkcjonalnego osób z SM jest ocena wytrzymałości poprzez ocenę dystansu chodu. W badaniu wykorzystano 6 MWT. Savci w swoich badaniach założył hipotezę, że przebyty przez osoby z SM w teście 6MWT dystans chodu istotnie różni się od grupy kontrolnej zdrowych osób. Do badania zakwalifikowano 30 osób z SM (średnia wartość EDSS 4, zakres od 1 do 6). Autorzy potwierdzili założenie, wykazali, że średni pokonany dystans chodu u osób z SM wynosił 380,2 m ($\pm 158,4$) a w grupie kontrolnej 614 m ($\pm 69,42$ m). Różnica była istotna statystycznie [292]. W badaniach własnych wykazano, że osoby posiadające 4 punkty w skali EDSS pokonują istotnie krótszy dystans chodu niż osoby z grupy kontrolnej oraz istotnie krótszy dystans w porównaniu do badań Savci i wsp. Z kolei badania Wagner i wsp, wykazują, że osoby z SM posiadające średnią punktację 3 w skali EDSS pokonują dystans 466,7 m ($\pm 133,9$) a osoby z grupy kontrolnej 634,5 m ($\pm 66,5$). Różnica była istotna statystycznie [314]. W badaniach własnych wykazano, że osoby z SM i niskim poziomem niepełnosprawności (EDSS 3) pokonują istotnie krótszy dystans chodu w porównaniu do grupy kontrolnej zdrowych osób. Badacze Hadouri i wsp, także oceniali dystansu chodu osób z SM w porównaniu do osób zdrowych. Do badania zakwalifikowano 45 osób z SM posiadających średnią punktację w skali EDSS 4,5 punktu. Do grupy kontrolnej (zdrowych osób) zakwalifikowało się 24 osoby. Badacze wykazali, że osoby posiadające średnią punktację w skali EDSS 4,5 pokonały dystans 349m, a osoby z grupy kontrolnej

przeszły 630m [317]. Należy jednak podkreślić, że autorzy wartość EDSS podali jako średnią badanej grupy. W badaniu własnym wykazano, że osoby posiadające ocenę 4,5 w skali EDSS pokonały znacznie krótszy w porównaniu do wyników Hadouri dystans chodu. Jest to również mniej niż opisano w skali EDSS. Badacze Wetzel i wsp, zbadali grupę 64 osób z SM i podzielili je na dwie podgrupy względem skali EDSS. Pierwszą grupę stanowiły osoby posiadające lekką niepełnosprawność EDSS>4, natomiast drugą grupę stanowiły osoby posiadające duży stopień niepełnosprawności EDSS 4-6,5. Autorzy badań wykazali, że osoby posiadające lekki stopień niepełnosprawności w grupie kobiet średnio pokonują 380,1±156,0 m, natomiast w grupie mężczyzn 459,5±133,8 m. Kobiety z SM o dużym stopniu niepełnosprawności pokonują dystans 175,0±99,2 m, natomiast mężczyźni 237,0±122,4 m [318]. W badaniach własnych wykazano, że wydolność i dystans chodu oceniane w 6MWT, podobnie jak w zakresie prędkości chodu tracą sprawność wraz z nasileniem niepełnosprawności. Założenie o istotnej różnicy w porównaniu do osób zdrowych już na poziomie małej i umiarkowanej niepełnosprawności zostało potwierdzone. Wyniki cytowanych badań oraz wyniki własne pozostają w rozbieżności względem opisu poziomów niepełnosprawności w rozszerzonej skali EDSS. Osoby z oceną 4 w EDSS powinny przejść samodzielnie bez asysty lub odpoczynku dystans około 500 m, osoby z oceną 4,5 powinny przejść około 300 m, z oceną 5 około 200 metrów a z oceną 5,5 100 metrów. W własnym badaniu jednorodna grupa osób z oceną 4 przeszła 276 m, 4,5 244 metry, z oceną 5 154 metry a z oceną 5,5 136 metry. Wydzielone grupy nie były liczne, ale jednorodne pod względem oceny EDSS co wyróżnia je na tle cytowanych badań. Ta ważna obserwacja może sugerować konieczność zweryfikowania opisu poziomu niepełnosprawności osób z SM w skali EDSS w zakresie wydolności chodu.

Zaburzenia równowagi i koordynacji są kolejnymi ważnymi objawami w SM. Przebieg choroby charakteryzuje się niepełną regeneracją czynnościową a co za tym idzie, zaburzenia równowagi na kolejnym etapach SM będą się pogarszały. Wykazano, że wiele czynników wpływa na zachowanie prawidłowej równowagi u osób z SM, a w szczególności stabilizacja centralna, czyli zdolność do kontrolowania tułowia w odpowiedzi na wychwiania wywołane ruchem kończyn lub innymi czynnikami środowiskowymi [319]. Lanzetta i wsp, wykazali, że osoby z SM posiadają wyraźnie zmniejszoną stabilizację centralną w porównaniu do osób zdrowych [320]. Ocena stabilometrycznej równowagi ciała oceniana na platformie Biodex Balance System SD była przedmiotem niewielu badań naukowych. Autorzy Ghait i wsp, wykonali analizę ogólnego wskaźnika stabilności postawy (OSI), przednio-tylnego wskaźnika (APSI) oraz boczno-przyśrodkowego wskaźnika stabilności postawy (MLSI) na badanej grupie osób z SM w porównaniu do zdrowej grupy kontrolnej, jedynie przy próbie przy oczach

otwartych. Do badania zakwalifikowali 15 osób z SM oraz 15 osób zdrowych do grupy kontrolnej. Badacze niestety nie określili jaką punktację w skali EDSS posiadają osoby z grupy badanej. Podali jedynie informację o tym, iż są to osoby, które są w stanie stać i chodzić bez użycia pomocy ze strony osób trzecich czy też przy pomocy sprzętu ortopedycznego. Badanie składało się z dwóch części; pierwsza dotyczyła oceny równowagi przed przystąpieniem do głównego 2-miesięcznego treningu równowagi, natomiast druga część badania składała się z ponownej oceny parametrów OSI, APSI i MLSI po 2 miesięcznym treningu. Badacze wykazali, że osoby z SM przed przystąpieniem do 2 miesięcznego treningu równowagi posiadali wysokie wyniki we wszystkich ocenianych parametrach równoważnych w porównaniu do grupy zdrowych osób. Po programie treningowym badacze zaobserwowali nieznaczny spadek parametrów równowagi w grupie osób SM. W stosunku do grupy badanej nie stwierdzono istotnie statystycznych zależności pomiędzy badanymi parametrami równowagi zarówno przed podjęciem programu treningowego jak i po jego zakończeniu. Badacze wykazali także, że osoby z SM posiadają zdecydowanie niższy poziom równowagi we wszystkich badanych wskaźnikach OSI, APSI i MLSI w porównaniu do grupy zdrowych kontroli [321]. Z kolei Atteya i wsp, za pomocą Biodex Balance System SD przeprowadzili stabilometryczną ocenę równowagi ciała 50 osób z SM ($EDSS < 5$). Badacze podzielili zakwalifikowane do badania osoby na dwie grupy. Grupę pierwszą stanowiły osoby z rzutowo-remisyjną postacią SM, a drugą grupę stanowiły osoby z postacią wtórnie postępującą SM. Grupę kontrolną stanowiło 20 osób zdrowych. Badacze wykazali, że zarówno osoby z postacią rzutowo-remisyjną i wtórnie postępującą posiadają istotnie wyższe wyniki we wszystkich badanych parametrach stabilności postawy w porównaniu do grupy zdrowych kontroli [322]. W badaniach własnych wykazano, że osoby z SM posiadają istotnie wyższe wyniki w stabilometrycznej ocenie równowagi ciała na Biodex Balance System SD we wszystkich badanych parametrach w porównaniu do grupy kontrolnej. Wyższe parametry opisujące wychwiania środka pola podparcia ciała informują o gorszej równowadze. Zwiększenie pola środka nacisku (COP), wydłużenie amplitudy wychwiania COP w kierunku przednio-tylnym i boczno-przyśrodkowym oraz zwiększenie drogi i prędkości przemieszczania COP ciała to zbliżanie się do marginesu stabilnością stania i w konsekwencji upadku. Równowaga oceniana za pomocą stabilometrii była, jak się spodziewano istotnie gorsza u osób z SM już w okresie niskiej niepełnosprawności oraz w kolejnych etapach. Badanie wykonano tylko z oczami otwartymi ze względu na zbyt trudne zadanie jakim mogło być wyłączenie analizatora wzrokowego i duże ryzyko upadku.

Ocenę równowagi przy pomocy testu TUG oceniali badacze Fritz i wsp. Autorzy oceniali równowagę ciała u 29 osób z SM (EDSS=4) i porównywali wynik do grupy zdrowych kontroli. W badaniach wykazano, że średni czas wykonania testu TUG u osób z SM wynosił $7,7 \pm 2,3$ sekundy, a u osób z grupy kontrolnej $5,8 \pm 1,1$ sekundy ($p=0,0003$) [315]. W badaniach własnych wykazano, że osoby z SM posiadające ocenę 4 w skali EDSS pokonują test TUG w znacznie dłuższym czasie niż osoby z SM w badaniu Fritz i wsp. Stwierdzono istotne statystycznie różnice pomiędzy czasem przejścia w teście TUG pomiędzy grupą badaną a kontrolną. Podobnie jak w badaniach Fritz, wykazano, że osoby z SM potrzebują znacznie więcej czasu na wykonanie testu TUG niż osoby zdrowe ($p=0,001$). W badaniach własnych wykazano, że zwiększenie niepełnosprawności to wydłużenie czasu wykonania testu TUG a tym samym zwiększone ryzyko upadku. się objawy choroby, tym znacząco wydłuża się czas wykonania testu TUG. Z kolei badacze Sebastião i wsp, wśród 47 osób z SM (średnia wartość EDSS=4) zbadali czas wykonania testu TUG. Badacze wykazali, że osoby z SM potrzebują $9,0 \pm 4,9$ s na wykonanie testu [282]. Z badań własnych wynika, że osoby posiadające 4 punkty w skali EDSS wykonują test znacznie dłużej ($14,22 \pm 5,14$ s). Kalron i wsp, na grupie 285 osób również oceniali równowagę i funkcjonalną mobilność testem TUG. Zakwalifikowane osoby do badania posiadały średnią ocenę w skali EDSS=3,5. Wynik testu TUG dla całości badanej grupy wyniósł $9,3 \pm 5,1$ s [323]. W badaniach własnych wykazano, że osoby posiadające ocenę w skali EDSS=3,5, wykonują test TUG dłużej w porównaniu do wyników badań Karlon i wsp. Badacze, dokonali także podziału badanych osób z SM na cztery podgrupy: grupę pierwszą stanowiło 76 osób z bardzo łagodnym przebiegiem choroby, grupę drugą stanowiło 177 osób z łagodnym przebiegiem choroby, grupę trzecią stanowiło 52 osoby z umiarkowanym SM, natomiast grupę czwartą stanowiło 40 osób z postacią ciężką SM. Stwierdzono, istotnie statystyczną różnicę pomiędzy wszystkimi czterema podgrupami ($p<0,001$) z wyjątkiem bardzo łagodnej i łagodnej postaci SM. Wyniki w grupie bardzo łagodnej wynosiły $7,4 \pm 4,1$ s, w grupie łagodnej $8,3 \pm 2,8$ s, w grupie z umiarkowanym SM wynosiły $10,3 \pm 4,6$ s, natomiast w grupie z ciężkim SM wynosiły $14,5 \pm 8,2$ s [323]. W badanych własnych wykazano, że osoby z SM wraz ze wzrostem nasilenia się objawów choroby, wykonują test TUG znacznie dłużej w porównaniu do wyników badań Karlon i wsp. Pomędzy wszystkimi grupami wykazano istotnie statystyczną zależność na poziomie $p=0,001$. Wyniki oceny w teście TUG są zgodne z normatywnymi przyjętymi dla osób zdrowych. Wynik poniżej 10 sekund charakteryzujący osoby o prawidłowej sprawności funkcjonalnej i małym ryzyku upadków uzyskały osoby z SM i oceną 3 w skali EDSS. Wynik testu TUG w przedziale od 11 do 19 sekund charakteryzuje osoby samodzielnie wychodzące z domu, samodzielnie w większości czynności dnia

codziennego, ale wymagające z powodu podwyższonego ryzyka upadków pogłębionej ocena ryzyka upadku. W tej grupie znalazły się osoby z oceną od 3,5 do 4,5 w EDSS z wynikiem testu w rozpiętości od 12 do 17 sekund. Wynik testu TUG trafnie obrazuje osoby z oceną EDSS 5 i 5,5, które uzyskały czas powyżej 19 sekund czyli osoby o znacznie ograniczonej sprawności funkcjonalnej, które muszą korzystać z zaopatrzenia ortopedycznego. Jest to grupa dużego ryzyka upadków.

Test TUG jest oceną obejmującą wstawanie, chód, obrót, powrót do siadu. Jest to prosta, skuteczna ocena sprawności funkcjonalnej oraz ryzyka upadków, ale po wykryciu zwiększonego ryzyka ocena równowagi wymaga doprecyzowania. Wskazanie słabej składowej równowagi funkcjonalnej jest możliwe za pomocą obejmującego 14 zadań testu Berg Balance Scale. Ocenę równowagi za pomocą Berg Balance Scale na osobach z SM wykonali badacze Learmonth i wsp. Autorzy zakwalifikowali do badania 24 osoby z SM posiadające w skali EDSS ocenę od 5 do 6,5. Ogólny średni wynik dla całości zbadanej grupy w skali Berg Balance Scale wynosi 46 punktów [270]. W badaniach własnych stwierdzono, że osoby z SM posiadające ocenę 5,0 i 5,5 w skali EDSS uzyskały 27 i 33 punkty co była znacznie niższym wynikiem w porównaniu do badań Learmonth. Azad za pomocą Berg Balance Scale oceniał równowagę ciała 50 osób z SM (EDSS = 3,5 - 6). Średni uzyskany wynik dla grupy badanej wyniósł 38 punktów [324] co jest zbliżonym wynikiem do uzyskanego w własnym badaniu. W badaniach własnych wykazano, że wraz ze wzrostem stopnia niepełnosprawności wynik w skali Berg znacząco się obniża. Brichetto przeprowadził badania nad oceną skuteczności nowatorskiej metody treningu wizualnego sprzężenia zwrotnego przy pomocy Nintendo Wii Balance Board w porównaniu do tradycyjnych metod rehabilitacji opartych na poprawie równowagi u osób z SM. W celu oceny równowagi badacze zastosowali Berg Balance Scale. Uzyskane wyniki w skali Berg Balance Scale dla obu grup zwiększył się [325].

W badaniach własnych wykazano, że osoby z SM posiadające niski poziom niepełnosprawności posiadają istotnie niższą punktację w skali Berg w porównaniu do osób zdrowych oraz, że wraz z nasileniem się objawów choroby punktacja w skali Berg znacząco maleje, co wskazuje na duży regres sprawności funkcjonalnej osób z SM wraz z rosnącym stopniem niepełnosprawności. Skala Berg Balance Scale jest kolejnym istotnym narzędziem diagnostycznym oceniającym poziom równowagi u osób z SM na wszystkich etapach choroby. W badaniach własnych założono, że sprawność funkcjonalna osób z SM posiadających mały i umiarkowany stopień niepełnosprawności jest istotnie niższa w porównaniu do sprawności funkcjonalnej osób zdrowych. Uzyskano odpowiedź na postawione w pracy pytanie badawcze. Wykazano, że osoby z SM posiadające mały i umiarkowany stopień niepełnosprawności

chodzą z istotnie niższą prędkością, mają niższą wydolność, gorszą równowagę ciała i niższą siłę mięśniową w porównaniu do osób zdrowych. Przyczyna tak dużej różnicy może nie wynikać z nasilenia objawów neurologicznych, a raczej z obniżonej aktywności ruchowej osób z SM [326]. Jest to bardzo ważna informacja w kontekście oceny funkcjonalnej osób z SM jak i programowania rehabilitacji. Monitorowanie sprawności funkcjonalnej osób z SM powinno być prowadzone już po wystąpieniu pierwszych objawów i powinno być prowadzone systematycznie. Osoby z SM powinny być objęte programem fizjoterapii i fizjoprofilaktyki której celem jest utrzymanie poziomu sprawności i niedopuszczenie do utraty potencjału motorycznego z powodu wycofania się z aktywności. Fizjoprofilaktyka w okresie małej niepełnosprawności osób z SM to również edukacja w zakresie form i intensywności aktywności ruchowej, to wdrożenie chorego do systematycznego i monitorowanego treningu.

Kolejnym założeniem pracy jest stwierdzenie, że prędkość chodu, wydolność, równowaga ciała oraz odczucie zmęczenia osób z SM są zależne od siły mięśni kończyn dolnych oraz że sprawność funkcjonalna obniża się wraz z zmniejszeniem siły mięśniowej kończyn dolnych. W badaniach własnych wykonano szereg korelacji, które dają odpowiedź na postawione w pracy pytanie. Prędkość chodu dowolna i maksymalna skorelowana z siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego wykazała, że wzrostowi prędkości chodu towarzyszy wzrost siły mięśniowej. Badania własne potwierdziły, że osoby posiadające mały i umiarkowany stopień niepełnosprawności (EDSS<3) posiadają istotnie większą prędkość chodu oraz siłę mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego w porównaniu z osobami z SM będących na późniejszym etapie choroby. Korelacje wykonane pomiędzy testem 6MWT a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego wykazują również silne zależności. Przebyty dystans chodu jest wyraźnie krótszy u osób z SM posiadających duże zaburzenia w funkcjonowaniu w porównaniu do osób z SM będących na początkowym etapie choroby. Korelacje równowagi ciała i siły mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego również dają odpowiedź na postawione w pracy pytanie badawcze. Równowaga oceniana na platformie Biodex Balance System SD wykazała, że poszczególne parametry stabilności postawy ulegają wzrostowi, czyli pogorszeniu równowagi u osób z SM przy jednoczesnym spadku siły mięśniowej. Wykazano również, że parametry „koordynacyjne” (czas akceleracji i deceleracji ruchu kończyny) wydłużają się. Może to oznaczać, że wraz z nasileniem się objawów choroby równowaga ciała ulega pogorszeniu, a czas potrzebny do pobudzania i hamowania ruchu kończyny dolnej wydłuża się. Podobne korelacje wykazano przy ocenie funkcjonalnej mobilności testem TUG osób z SM. Badania własne wykazały, że osoby z SM posiadające oceną EDSS≤3 posiadają wyraźnie krótszy czas wykonania testu TUG niż osoby będące w

zaawansowanym stadium choroby. Wykazano również, że wraz ze wzrostem czasu potrzebnego do wykonania testu TUG, siła mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego maleje. Podobne korelacje wykazano dla równowagi ocenianej za pomocą Berg Balance Scale. Im punktacja w skali Berg jest wyższa, tym parametry siły mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego wzrastają. Oznacza to, że osoby z SM posiadające mały i umiarkowany stopień niepełnosprawności posiadają wyższą punktację w skali Berg oraz siłę mięśni niż osoby będące w późniejszym stadium choroby.

Wetzel i wsp, porównywali osoby z SM z lekkim i umiarkowanym stopniem niepełnosprawności w zakresie pokonanego dystansu w 6MWT oraz przeprowadzili analizę korelacji pomiędzy skalą EDSS a przebytym dystansem chodu. Autorzy wykazali, że istnieje istotna i ujemna korelacja pomiędzy skalą EDSS a 6MWT i wynosi $R=-0,558$ ($p=0,001$) [318]. Publikacja Wetzel jest jedynym badaniem mówiącym o korelacji pomiędzy skalą EDSS a 6MWT. W badaniach własnych także została przeprowadzona analiza korelacji pomiędzy skalą EDSS a dystansem chodu w 6MWT. Z badań własnych wynika, że wraz ze wzrostem stopnia niepełnosprawności i nasilenia się objawów choroby, pokonany dystans chodu jest wyraźnie krótszy. W badaniach własnych najistotniejszą korelacją wydaje się być korelacja pomiędzy skalą stopnia niepełnosprawności a 6MWT, 10MWT w prędkości dowolnej i maksymalnej oraz w teście 25FWT w prędkości dowolnej. Wyniki badań jasno wykazują, że wraz ze wzrostem punktacji w skali EDSS wymienione wyżej parametry maleją. Podobnie wysokie korelacje wykazano pomiędzy skalą EDSS a testem TUG i skalą Berg. Stwierdzono, istotnie dodatnią korelację i silną dla testu TUG. Wykazano, że przy wzroście skali EDSS wynik testu TUG także wzrasta ($R=0,647$; $p=0,001$).

W badaniach własnych wykonano również korelację pomiędzy równowagą osób z SM ocenianą w skali Berg a poziomem niepełnosprawności w skali EDSS. Wykazano, ujemną istotną i silną zależność pomiędzy skalą Berg a stopniem niepełnosprawności. Im skala EDSS rośnie tym punktacja w skali Berg maleje, co oznacza znaczne upośledzenie równowagi oraz konieczność korzystania z pomocy ortopedycznych lub osób trzecich. Korelacje pomiędzy skalą EDSS a ogólnym wskaźnikiem stabilności postawy, przednio-tylnym wskaźnikiem stabilności postawy oraz boczno-przyśrodkowym wskaźnikiem stabilności postawy wykazały istotne dodatnie, ale umiarkowane korelacje. Wykazano, że wraz ze wzrostem stopnia niepełnosprawności istotnie wzrastają wyniki ogólnego wskaźnika stabilności postawy, przednio-tylnego wskaźnika oraz boczno przyśrodkowego wskaźnika stabilności postawy, co wskazuje na pogorszenie się równowagi u osób z SM. Niestety dostępna literatura nie posiada

danych pomiędzy wymienionymi wyżej parametrami. Istnieje wysoka potrzeba przeprowadzenia dalszych badań.

Zmęczenie jest jednym z najczęstszych pierwszych objawów w wielu chorobach przewlekłych jak i w SM. To również jeden z najmniej poznanych objawów SM. Z badań własnych wynika, że zmęczenie koreluje istotnie dodatnio i ujemnie z siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego. Przy prędkości 180°/s najsilniejszą korelacją dla stawu kolanowego prawego jest zależność pomiędzy skalą FSS a parametrem średniej mocy dla mięśni prostowników. Wykazano, że poziom zmęczenia wzrasta podczas, gdy wartość mocy średniej generowanej przez mięśnie prostowniki istotnie maleje. Z kolei najsilniejszą korelacją dla jest zależność pomiędzy zmęczeniem w skali FSS a parametrem szczytowego momentu siły względem masy ciała. Również wykazano, że poziom zmęczenia wzrasta, podczas gdy szczytowy moment siły względem masy ciała podczas ruchu prostowania maleje. W badaniach własnych wykazano także, że odczucie zmęczenia osób z SM silnie, istotnie i dodatnio koreluje z równowagą ciała ocenianą zarówno w teście TUG jak i skali Berg oraz parametrem ogólnego wskaźnika stabilności postawy mierzonego przy oczach otwartych uzyskanym w badaniu stabilometrycznym. Wykazano, że jeżeli poziom odczucia zmęczenia wzrasta to wartość wskaźników opisujących równowagę pogarsza się. Wyniki badań własnych są jednymi z pierwszych w których wykazano zależność równowagi ciała osób z SM od zmęczenia ocenianego w skali FSS.

Wyniki badań własnych dostarczyły odpowiedzi na zadane w pracy pytanie badawcze dotyczące poziomu sprawności motorycznej osób z SM w zakresie prędkości chodu, wytrzymałości izokinetycznej siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego oraz równowagi ciała w odniesieniu do poziomu niepełnosprawności opisanej w skali EDSS. Wykazano, że wraz ze wzrostem stopnia niepełnosprawności opisanego w skali EDSS średnie wartości prędkości dowolnej i maksymalnej ocenianej w testach 10MWT i 25FWT maleją. Pokonany dystans w teście 6MWT na kolejnych etapach choroby również maleje. Parametry równowagi ciała ocenianej za pomocą Biodex Balance System SD przy oczach otwartych i zamkniętych istotnie wzrastają wraz ze stopniem zaawansowania choroby opisanym w skali EDSS. Czas potrzebny do wykonania testu TUG wzrasta a uzyskane średnie wyniki punktowe w skali Berg istotnie maleją. Parametry siły mięśni zginaczy i prostowników maleją przy prędkości kątowej 180°/s i 300°/s wraz z nasileniem się objawów choroby. Wyraźnemu pogorszeniu uległy również "koordynacyjne" parametry, czyli czas akceleracji i deceleracji ruchu kończyny. W badaniach własnych wykazano, że zastosowane pomiary prędkości

dowolnej i maksymalnej chodu, wydolności fizycznej, równowagi ciała oraz siły mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego są czułymi i istotnymi miarami służącymi do globalnej oceny sprawności funkcjonalnej osób z SM. Bardzo ważnym jest, aby już na początkowych etapach choroby wprowadzać szczegółową diagnostykę osób z SM opartą na wyżej wymienionych pomiarach, gdyż są one bardzo istotne zarówno dla osoby z SM jak i dalszego przebiegu choroby.

Szczegółowa ocena sprawności motorycznej osób z SM zarówno z małym, umiarkowanym jak i dużym stopniem niepełnosprawności opisanym w skali EDSS jest bardzo ważnym aspektem zarówno dla lekarzy, fizjoterapeutów jak i dla osób chorujących dla SM. Przyjmuje się, że osoby z SM posiadające mały stopień niepełnosprawności nie wykazują istotnych ubytków w sprawności funkcjonalnej w porównaniu do zdrowych osób. Badania własne wykazały, że już na początkowym etapie choroby osoby z SM ($EDSS \leq 3$) posiadają znacząco niższy poziom sprawności funkcjonalnej w porównaniu do osób zdrowych. Osoby z SM chodzą wolniej, mają niższą wydolność i pokonują niższy dystans chodu, posiadają niższą siłę mięśni oraz gorszą równowagę. Składa się to na ryzyko obniżenia aktywności chorych. Istotne obniżenie sprawności funkcjonalnej nie wynika z nasilenia objawów chorobowych a raczej obniżeniem aktywności ruchowej osób z SM. Dlatego już na początkowym etapie choroby potrzebna jest szczegółowa diagnostyka funkcjonalna osób z SM oraz wprowadzenie programu rehabilitacyjnego lub treningu czynnościowego ukierunkowanego na sprawność funkcjonalną. Fizjoterapia oparta o szczegółową diagnostykę funkcjonalną powinna obejmować chorych już w początkowym okresie choroby. Powinna być formą adptowanej aktywności ruchowej uwzględniającej ograniczenia wynikające z choroby. Szczególną rolę powinien pełnić trening oporowy. Badania wykazały, że siła mięśniowa ulega istotnemu pogorszeniu już w początkowym etapie choroby a później sukcesywnie spada. Wykazano równocześnie silną zależność chodu i równowagi ciała od siły mięśni kończyn dolnych. Korzystny wpływ na sprawność osób z SM ćwiczeń oporowych wykazano w licznych badaniach, więc wprowadzenie treningu oporowego w wczesnej fazie wydaje się konieczne. Szczegółowa analiza siły mięśni w warunkach skurczu izokinetycznego wykazała strukturę utraty siły głównie w zakresie składowej koordynacyjnej, czyli wydłużenia czasu pobudzenia mięśni do skurczu oraz wydłużenia czasu hamowania. Charakterystyczne był również znaczne zmniejszenie siły mięśni zginaczy stawu kolanowego. Analiza własna może być ważną informacją do planowania ćwiczeń oporowych, które powinny odbywać się w formie skurczu dynamicznego, z małym obciążeniem, liczbą powtórzeń w pełnej kontroli nad jakością ruchu. Utrzymanie siły mięśniowej to również lepsze warunki do rehabilitacji chodu zarówno

w zakresie szybkości jak i podstawy codziennej aktywności, czyli wydolności i dystansu chodu. W późniejszym etapie choroby, gdy obserwuje się umiarkowany i duży stopień niepełnosprawności dokładna diagnostyka sprawności funkcjonalnej ma jeszcze większe znaczenie. Im bardziej zaawansowany przebieg choroby, nasilające się deficyty funkcjonalne i rosnąca niepełnosprawność tym prędkość dowolna i maksymalna chodu maleje, pokonanie dłuższego dystansu jest bardzo utrudnione lub w niektórych przypadkach niemożliwe, równowaga dynamiczna i statyczna znacząco się pogarsza, a siła mięśni kończyn dolnych spada. Uzyskane wyniki w badaniach własnych wykazują, że wykonywanie szczegółowych testów funkcjonalnych u osób z SM ma duże znaczenie nie tylko dla planowania procesu rehabilitacji, ale również kontroli jej efektów.

6. Wnioski

1. Sprawność motoryczna w zakresie dowolnej i maksymalnej prędkości chodu, wytrzymałości chodu, izokinetycznej siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego oraz równowagi ciała jest istotnie niższa u osób będących w początkowym etapie SM w porównaniu do osób zdrowych.
2. Sprawność chodu, wytrzymałość, równowaga ciała oraz poziom zmęczenia są zależne od siły mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego. Wraz z obniżeniem izokinetycznych parametrów siły obniża się prędkość chodu, dystans chodu i równowaga ciała osób z SM. Ocena siły mięśni kończyn dolnych u osób z SM powinna być składową oceny funkcjonalnej osób z SM, szczególnie w początkowych okresie choroby i niskim poziomie niepełnosprawności.
3. Sprawność motoryczna osób z SM obniża się wraz z nalileniem poziomu niepełnosprawności. Wykazane w badaniu wyniki wskazują na konieczność doprecyzowania opisu niepełnosprawności w skali EDSS w zakresie dystansu chodu. Uzupełnieniem opisu niepełnosprawności w skali EDSS powinna być ocena prędkości chodu i równowagi funkcjonalnej u osób z SM.

7. Piśmiennictwo

1. Maver A., Lavtar P., Ristić S., et al. *Identification of rare genetic variation of NLRP1 gene in familial multiple sclerosis*. Sci Rep, 2017; 7: 3715 doi:10.1038/s41598-017-03536-9.
2. Goldenberg M. *Multiple Sclerosis Review*. PT, 2012; 37(3): 175-184.
3. Huang W., Chen W., Zhang X. *Multiple sclerosis: Pathology, diagnosis and treatments (Review)*. Exp Ther Med, 2017;13(6):3163-3166. doi: 10.3892/etm.2017.4410
4. Koch-Henriksen N., Sørensen PS. *The changing demographic pattern of multiple sclerosis epidemiology*. Lancet Neurol. 2010; 9: 520-532.
5. Holloman JP, Ho CC, Hukki A, Huntley JL, et al. *The development of hematopoietic and mesenchymal stem cell transplantation as an effective treatment for multiple sclerosis*. Am J Stem Cells. 2013; 2(2): 95-107.
6. Simpson S., Blizzard L., Otahal P., et al. *Latitude is significantly associated with the prevalence of multiple sclerosis: a meta-analysis*. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2011;82(10):1132-1141.
7. Hernan M., Olek M., Ascherio A. *Geographic variation of MS incidence in two prospective studies of US women*. Neurology. 1999;53(8):1711-1718.
8. Hernán M., Zhang S., Lipworth L., et al. *Multiple Sclerosis and Age at Infection with Common Viruses*. Epidemiology 2001; 12(3):301-306.
9. Trapp B., Nave K.: *Multiple sclerosis: An immune or neurodegenerative disorder?* Annu Rev Neurosci. 2008;31: 247-269.
10. Compston A., Coles A. *Multiple sclerosis*. Lancet. 2008; 372(9648): 1502-1517.
11. Edwards L., Constantinescu C. *A prospective study of conditions associated with multiple sclerosis in a cohort of 658 consecutive outpatients attending a multiple sclerosis clinic*. Mult Scler. 2004;10(5):575-581.
12. Hatch M., Schaumburg C., Lane T., et al. *Endogenous remyelination is induced by transplant rejection in a viral model of multiple sclerosis*. J Neuroimmunol. 2009; 212(1-2): 74-81.
13. Loma I., Heyman R. *Multiple sclerosis: pathogenesis and treatment*. Curr Neuropharmacol. 2011; 9(3): 409-416.

14. Belbasis, L., Bellou, V., Evangelou, E., et al. *Environmental risk factors and multiple sclerosis: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses*. *Lancet Neurol.* 2015;14:263–273.
15. Malekzadeh A., Geer-Peeters W., Groot V., et al. *Fatigue in Patients with Multiple Sclerosis: Is It Related to Pro- and Anti-Inflammatory Cytokines?* *Dis Markers.* 2015. doi.org/10.1155/2015/758314.
16. Cendrowski W. *Ethnic aspects of multiple sclerosis in Central and Northern Poland*. *J Neurol Sci.* 1964;1(4): 390–393. doi:10.1016/0022-510x(64)90016-4.
17. Atlas: Multiple Sclerosis Resources in the World 2008. Geneva, Switzerland: World Health Organisation; 2008. <http://www.msif.org/about-ms/publicationsand-resources/>. 2013.
18. Lad S., Chapman C, Vaninetti M. et al. *Socioeconomic trends in hospitalization for multiple sclerosis*. *Neuroepidemiol.* 2010;35:93-99.
19. GBD 2015 Neurological Disorders Collaborator Group. *Global, regional, and national burden of neurological disorders during 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015*. *Lancet Neurol.* 2017;16:877–897.
20. Kingwell E., Zhu F., Marrie R., et al. *High incidence and increasing prevalence of multiple sclerosis in British Columbia, Canada: findings from over two decades (1991–2010)*. *J Neurol.* 2015;262:2352–2363.
21. Pugliatti M., Rosati G., Carton H., et al. *The epidemiology of multiple sclerosis in Europe*. *Eur. J. Neurol.*, 2006; 13: 700-722.
22. Talley C.. *The Emergence of Multiple Sclerosis, 1870-1950: A Puzzle of Historical Epidemiology*. *Perspec Biol Med.* 2005; 48(3), 383 395. doi:10.1353/pbm.2005.0079.
23. Dercum F., Gordon A. *The emergence of multiple sclerosis, 1870-1950: a puzzle of historical epidemiology*. *Am J Med Sci*, 2005;129:253.
24. Crafts L. *The early recognition of multiple sclerosis*. *JAMA* 69:1130–37.
25. Hoeber P. Commission of the ARNMD. In *Multiple sclerosis [disseminated sclerosis]*. Association for Research in Nervous and Mental Diseases, 1922:1:47–48. New York:
26. Schumacher G. *Multiple sclerosis*. *Postgrad Med* 1960;27: 569–580.
27. Evans C., Beland S., Kulaga S., et al. *Incidence and prevalence of multiple sclerosis in the Americas: a systematic review*. *Neuroepidemiol.* 2013; 40: 195-210.
28. Langer-Gould A., Brara S., Beaber B., et al. *Incidence of multiple sclerosis in multiple racial and ethnic groups*. *Neurology.* 2013; 80: 1734-1739.

29. Kingwell E, Marriott JJ, Gette N, Pringsheim T, Makhani N et al. Incidence and prevalence of multiple sclerosis in Europe: a systematic review. *BMC Neurology*. 2013; 13: 128.
30. https://www.msif.org/wp-content/uploads/2014/09/Global_economic_impact_of_MS.pdf
31. <https://www.msif.org/wp-content/uploads/2014/09/Atlas-of-MS.pdf>
32. Wallin M., Culpepper W., Nichols E., et al. *Global, regional, and national burden of multiple sclerosis 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study*. *Lancet Neurol*. 2019; 18(3):269-285. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30443-5](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30443-5)
33. Wallin M., Culpepper W. et al. *The prevalence of MS in the United States. A population-based estimate using health claims data*. *Neurology*. 2019;92(10): 1029-1040. DOI: <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000007035>.
34. Pearson J., Alla S., Clarke G., et al. *Multiple Sclerosis in New Zealand Māori*. *Mult. Scler*, 2014; 20: 1892–1895.
35. <https://www.msif.org/wp-content/uploads/2020/10/Atlas-3rd-Edition-Epidemiology-report-EN-updated-30-9-20.pdf>
36. Boiko A., Vorobeychik G., Paty D., et al. *Early onset multiple sclerosis: a long longitudinal study*. *Neurology*, 2002;59(7):1006-1010.
37. Holloman J., Ho C., Hukki A, Huntley J., et al. *The development of hematopoietic and mesenchymal stem cell transplantation as an effective treatment for multiple sclerosis*. *Am J Stem Cells*. 2013; 2(2): 95-107.
38. Leray, E., Moreau, T., Fromont, A., et al. *Epidemiology of multiple sclerosis*. *Revue Neurologique*, 2016;172(1), 3–13. doi:10.1016/j.neurol.2015.10.006.
39. Broła W., Fudala M., Flaga S., et al. *O potrzebie stworzenia polskiego rejestru chorych na stwardnienie rozsiane*. *Neuro. Neurochir. Pol.*, 2013; 47: 484-492.
40. Broła W., Sobolewski, P., Flaga, S., Fudala, M., & Jantarski, K. (2017). *Increasing prevalence and incidence of multiple sclerosis in Poland*. *PJNNS* 51(1), 82–85. doi:10.1016/j.pjnns.2016.11.005.
41. Cendrowski W. *Multiple sclerosis in a small urban community in central Poland*. *J. Neurol. Sci*. 1965;2(1):82–6.
42. Wender M, Pruchnik-Grabowska D, Hertmanowska H, Kowal P, Zielińska M, Namysł I, et al. *Epidemiology of multiple sclerosis in Western Poland – a comparison between prevalence rates in 1965 and 1981*. *Acta Neurol Scand* 1985;72(2):210–7.

43. Wender M, Pruchnik-Grabowska D, Hertmanowska H, Kowal P, Zielińska M, Namysł I, et al. *Epidemiology of multiple sclerosis in Western Poland – a comparison between prevalence rates in 1965 and 1981*. Acta Neurol Scand 1985;72(2):210–7.
44. Wender M., Kowal P., Pruchnik-Grabowska D., et al. *The clustering of multiple sclerosis in various administrative subunits of western Poland*. J Neurol. 1985;232(4):240-5.
45. Tapiccia-Tobczewska K., Brolab W., Fudalab M., et al. *Prevalence of multiple sclerosis in Poland*. Mult. Scler. Relat. Disord. 2018;21; 51-55.
46. Scalfari A., Knappertz V., Cutter G., et al. *Mortality in patients with multiple sclerosis*. Neurology, 2013; 81:184–192.
47. Williams T., van Staa T., Puri S., et al. *Recent advances in the utility and use of the General Practice Research Database as an example of a UK Primary Care Data resource*. Ther Adv Drug Saf 2012;3:89–99.
48. Amezcua L., Rivas E., Joseph S., et al. *Multiple Sclerosis Mortality by Race/Ethnicity, Age, Sex, and Time Period in the United States, 1999–2015*. Neuroepidemiol. 2018; 50(1-2), 35–40. doi:10.1159/000484213.
49. Kingwell E, van der Kop M, Zhao Y, et al. *Relative mortality and survival in multiple sclerosis: findings from British Columbia*. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2012;83:61–6.
50. Lunde H., Assmus J., Myhr K., et al. *Survival and cause of death in multiple sclerosis: a 60-year longitudinal population study*. J Neurol. Neurosurg Psychiatry, 2017; 88(8), 621–625. doi:10.1136/jnnp-2016-315238.
51. Fujinami RS, von Herath MG, Christen U, Whitton JL. *Molecular mimicry, bystander activation, or viral persistence: infections and autoimmune disease*. Clin Microbiol Rev. 2006; 19(1): 80-94.
52. Ascherio A. *Environmental factors in multiple sclerosis*. Expert Rev Neurother, 2013;13(12):3-9. <https://doi.org/10.1586/14737175.2013.865866>.
53. Bauernfeind F., Hornung V. *Of inflammasomes and pathogens—sensing of microbes by the inflammasome*. EMBO Mol. Med. 2013;5, 814-826.
54. Traugott U., Reinherz E., Raine C. *Multiple sclerosis. Distribution of T cells, T cell subsets and Ia-positive macrophages in lesions of different ages*. J Neuroimmunol 1983;4: 201-221.
55. Hu D., Ikizawa K., Lu L., et al. *Analysis of regulatory CD8 T cells in Qa-1-deficient mice*. Nat Immunol 2004;5: 516-523.

56. Charles M. Poser, Vesna V. *Diagnostic criteria for multiple sclerosis: an historical review Brinar*. Clin. Neurol. Neurosurg 2004; 106: 147–158.
57. Waraich M., Shah S. *The life and work of Jean-Martin Charcot (1825–1893): “The Napoleon of Neuroses.”* J. Intensive Care Soc. 2017;19(1), 48–49. doi:10.1177/1751143717709420.
58. Schumacher GA. *Multiple sclerosis*. Arch Neurol 1966;14:571–573.
59. Halina Bartosik-Psujek. *Algorytmy diagnostyczne i kryteria kwalifikacji do leczenia immunomodulacyjnego w stwardnieniu rozsianym*. Pol. Przegl. Neurol 2012;8(2):76–83.
60. Poser C., Paty D., Scheinberg L., et al. *New diagnostic criteria for multiple sclerosis: guidelines for research protocols*. Ann Neurol 1983;13:227–231.
61. McDonald W., Compston A., Edan G., et al. *Recommended diagnostic criteria for multiple sclerosis: guidelines from the International Panel on the diagnosis of multiple sclerosis*. Ann Neurol, 2001;50:121–127.
62. Polman C., Reingold S., Banwell B., et al. *Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2010 revisions to the McDonald criteria*. Ann Neurol, 2011;69:292–302.
63. Thompson A, Banwell B., Barkhof F., et al. *Diagnosis of multiple sclerosis: 2017 revisions of the McDonald criteria*. Lancet Neurol 2018;17:162–173.
64. <https://www.nationalmssociety.org/About-the-Society/News/Updated-McDonald-Criteria-Expected-to-Speed-the-Di>.
65. Kasprzycka W., Nieśpiałowska M., Jakubowska-Solarska B. *Parametry morfologii krwi w przebiegu stwardnienia rozsianego*. J Transfurs Med. 2019;12(3);109–116.
66. Von Stroch T., Lawyer T., Harris A. *Colloidal gold reaction in multiple sclerosis*. AMA Arch Neurol Psychiatry 1950;64:668-75.
67. Rammohan K. *Cerebrospinal fluid in multiple sclerosis*. Ann Indian Acad Neurol, 2009;12(4):246. doi:10.4103/0972-2327.58282.
68. Tourtellotte W., Parker J. *Multiple sclerosis: brain immunoglobulin-G and albumin*. Nature. 1967;214(5089):683-6.
69. Harter D., Yahr M., Kabat E. *Neurological diseases with elevation of cerebrospinal fluid gamma globulin: a critical review*. Trans Am Neurol Assoc. 1962;87:210-2.
70. Lowenthal A., Vansande M., Karcher D. *The differential diagnosis of neurological diseases by fractionating electrophoretically the CSF gamma-globulins*. J Neurochem. 1960;6:51-6.

71. Alvarez E., Piccio L., Mikesell R., et al. *CXCL13 is a biomarker of inflammation in multiple sclerosis, neuromyelitis optica, and other neurological conditions*. *Mult Scler.* 2013;19:1204-8.
72. Harris V., Donelan N., Yan Q., et al. *Cerebrospinal fluid fetuin-A is a biomarker of active multiple sclerosis*. *Mult Scler.* 2013; 19(11):1462-72.
73. Gaiottino J., Norgren N., Dobson R., et al. *Increased neurofilament light chain blood levels in neurodegenerative neurological diseases*. *PLoS One*, 2013;8(9):e75091.
74. Burman J., Zetterberg H., Fransson M., et al. *Assessing tissue damage in multiple sclerosis: a biomarker approach*. *Acta Neurol Scand*, 2014;130(2):81-9.
75. Giovannoni G. *Cerebrospinal fluid neurofilament: the biomarker that will resuscitate the 'Spinal Tap'*. *Mult Scler*, 2010;16(3):285-6.
76. Jarius S., Paul F., Aktas O., et al. *MOG encephalomyelitis: international recommendations on diagnosis and antibody testing*. *J NeuroT.*, 2018;3;15(1):134.doi: 10.1186/s12974-018-1144-2.
77. Matute-Blanch C., Montalban X., Comabella M. *Multiple Sclerosis, and Other Demyelinating and Autoimmune Inflammatory Diseases of the Central Nervous System*. *Handb Clin Neurol* 2017;146:67-84 doi: 10.1016/B978-0-12-804279-3.00005-8.
78. Enzinger C., Barkhof F., Ciccarelli O., et al. *Nonconventional MRI and microstructural cerebral changes in multiple sclerosis*. *Nat. Rev. Neurol*, 2015;11(12), 676–686. doi:10.1038/nrneurol.2015.194.
79. Filippi M., Rocca M., Ciccarelli O., et al. *MRI criteria for the diagnosis of multiple sclerosis: MAGNIMS consensus guidelines*. *Lancet Neurol.* 2016;15(3), 292–303. doi:10.1016/s1474-4422(15)00393-2.
80. Absinta M., Sati P., Reich D. *Zaawansowane badanie MRI i ocena stopnia zaawansowania stwardnienia rozsianego*. *Nat. Rev. Neurol*, 2016;12 (6), 358–368. doi: 10.1038 / nrneurol.2016.59.
81. Filippi M., Preziosa P., Banwell B., et al. *Show more Assessment of lesions on magnetic resonance imaging in multiple sclerosis: practical guidelines*. *Brain.* 2019;1;142(7):1858-1875. doi: 10.1093/brain/awz144.
82. Filippi M., Horsfield M., Morrissey S., et al. *Quantitative brain MRI lesion load predicts the course of clinically isolated syndromes suggestive of multiple sclerosis*. *Neurology* 1994;44:635–641.

83. Miller D., Barkhof F., Montalban X., et al. *Clinically isolated syndromes suggestive of multiple sclerosis, part I: natural history, pathogenesis, diagnosis, and prognosis.* Lancet Neurol 2005;4:281–288.
84. Ortiz G. Pacheco-Moisés F., Macías-Islas M., et al. *Role of the blood-brain barrier in multiple sclerosis.* Arch. Med. Res. 2014;45(8):687–697.
85. Minagar A., Alexander J. *Blood-brain barrier disruption in multiple sclerosis.* Mult. Scler.2003; 9, 540–549.
86. Gilmore C., Donaldson I., Bö L., et al. *Regional variations in the extent and pattern of grey matter demyelination in multiple sclerosis: a comparison between the cerebral cortex, cerebellar cortex, deep grey matter nuclei and the spinal cord.* J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry 2009;80, 182–187.
87. Petrova N., Carassiti D., Altmann D., et al. *Axonal loss in the multiple sclerosis spinal cord revisited.* Brain Pathol. 2017;28, 334–348.
88. Rocca M. Amato M., De Stefano N., et al. *Clinical and imaging assessment of cognitive dysfunction in multiple sclerosis.* Lancet Neurol. 14, 302–317 (2015).
89. Mahad D., Trapp B., Lassmann H. 2015. *Pathological mechanisms in progressive multiple sclerosis.* Lancet Neurol. 2015;14: 183–193.
90. Miller D., Chard D., Ciccarelli O. *Clinically isolated syndromes.* Lancet Neurol. 2012;11: 157–169.
91. Okuda D., Mowry E., Beheshtian A., et al. *Incidental MRI anomalies suggestive of multiple sclerosis: the radiologically isolated syndrome.* Neurology 2009;72:800–805.
92. Siva A., Saip S., Altintas A., et al. *Multiple sclerosis risk in radiologically uncovered asymptomatic possible inflammatory-demyelinating disease.* Mult Scler 2009;15:918–927.
93. Macdonald G. *Harrison's Internal Medicine, 17th edition.* - by A. S. Fauci, D. L. Kasper, D. L. Longo, E. Braunwald, S. L. Hauser, J. L. Jameson and J. Loscalzo. Intern Med. J. 2008;38(12), 932–932. doi:10.1111/j.1445-5994.2008.01837.x.
94. Weiner H. *A shift from adaptive to innate immunity: a potential mechanism of disease progression in multiple sclerosis.* J Neurol. 2008; 255 Suppl 1: 3-11.
95. Miller D. , Leary S. *Primary-progressive multiple sclerosis .* Lancet Neurol 2007 ; 6 : 903 – 12.
96. Lublin FD. *New multiple sclerosis phenotypic classification .* Eur Neurol 2014 ; 72 (Suppl 1): 1 – 5 .

97. Gelfand J. *Multiple sclerosis: diagnosis, differential diagnosis, and clinical presentation*. Handb Clin Neurol. 2014;122:269–290.
98. World Health Organization Atlas: Multiple Sclerosis Resources in the World, World Health Organization, 2008.
99. Sanders E. *Paraesthesiae in multiple sclerosis*. J Neurol. Sci. 1986;74(2-3):297–305. doi:10.1016/0022-510x(86)90115-2.
100. Leocani L., Martinelli V., Natali-Sora M. et al. *Somatosensory evoked potentials and sensory involvement in multiple sclerosis: comparison with clinical findings and quantitative sensory tests*. Mult. Scler. J. 2003;9(3), 275–279. doi:10.1191/1352458503ms908oa.
101. Merchut MP., Gruener G. *Quantitative sensory threshold testing in patients with multiple sclerosis*. Electromyogr. Clin. Neurofiziol. 1993;33(2):119-124.
102. Lhermitte J., Levy G., Nicolas M. *Les sensations de décharge électrique, symptôme précoce de la sclérose en plaques, clinique et pathogénie*. Press Medicale 1927; 35: 610–613. 16.
103. Lhermitte J. *Multiple sclerosis: Sensation of electrical discharge as early symptom*. Arch. Neurol. 1929; 22: 5–8.
104. Prosperini L., Castelli L. *Spotlight on postural control in patients with multiple sclerosis*. Degener. Neurol. Neuromuscul. Dis. 2018; 8: 25–34. doi: 10.2147/DNND.S135755.
105. Cameron M., Lord S. *Postural control in multiple sclerosis: implications for fall prevention*. Curr. Neurol. Neurosci. Rep. 2010;10(5):407–412.
106. Cattaneo D., Jonsdottir J. *Sensory impairments in quiet standing in subjects with multiple sclerosis*. Mult Scler, 2009;15(1):59-67 . doi: 10.1177/1352458508096874.
107. Dehailan Al., Paroxysmal A. *Dystonia as an initial presentation of multiple sclerosis posing a diagnostic challenge*. Neurosciences (Riyadh) 2019;24, 236–239.
108. Machado C., Amorim J., Rodrigues M.. et al. *Paroxysmal dystonia as a manifestation of multiple sclerosis*. Neurologist 2015;19:132–134.
109. Mehanna R., Jankovic J. *Movement disorders in multiple sclerosis and other demyelinating diseases*. J. Neurol. Sci. 2013;328:1–8.
110. Yilmaz S., Serdaroglu G., Gokben S. et al. *Paroxysmal dystonia as a rare initial manifestation of multiple sclerosis*. J. Child. Neurol. 2011;26:1564–1566.
111. Restivo D.,; Solaro C., Maimone D.. et al. *Pharyngeal painful tonic spasms: Paroxysmal painful swallowing*. Ann. Intern. Med. 2011; 155:649–650.

112. Aguirregomozcorta M., Ramió-Torrentà L., Gich J. et al. *Paroxysmal dystonia and pathological laughter as a first manifestation of multiple sclerosis*. *Mult. Scler.* 2008;14:262–265.
113. Shibasaki H., Kuroiwa Y. *Painful Tonic Seizure in Multiple Sclerosis*. *Arch. Neurol.* 1974; 30:47–51.
114. Osterman P., Westerberg C. *Paroxysmal attacks in multiple sclerosis*. *Brain* 1975;98:189–202.
115. Palasí A.,Martínez-Sánchez N., Bau L. et al. *Unilateral eyelid myokymia as a form of presentation of multiple sclerosis*. *Neurologia* 2013;28(3):187–189.
116. Hertz R., Espinosa J., Lucerna A., et al. *Multiple Sclerosis Presenting with Facial Twitching (Myokymia and Hemifacial Spasms)*. *Case Rep. Neurol. Med.* 2017, doi: 10.1155/2017/7180560
117. Twomey J., Espir M. et al. *Paroxysmal symptoms as the first manifestations of multiple sclerosis*. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 1980;43(4):296–304.
118. Zhang Y.,Fan S., Han F. et al. *Paroxysmal Symptoms as the First Manifestation of Multiple Sclerosis Mimicking a Transient Ischemic Attack: A Report of Two Cases*. *Front. Neurol.* 2017; 8:585. doi.org/10.3389/fneur.2017.00585
119. Brodsky M., Nazarian S., Orengo-Nania S., et al. *Optic Neuritis Study Group Multiple sclerosis risk after optic neuritis: final optic neuritis treatment trial follow-up*. *Arch Neurol.* 2008;65(6):727–732.
120. Shams P., Plant G. *Optic neuritis: a review*. *Int MS J.* 2009;16(3):82–89.
121. Optic Neuritis Study Group. *The clinical profile of optic neuritis. Experience of the Optic Neuritis Treatment Trial*. *Arch Ophthalmol* 1991;109:1673-1678.
122. *Optic Neuritis Study Group Visual function 15 years after optic neuritis: a final follow-up report from the optic neuritis treatment trial*. *Ophthalmology.* 2008;115(6):1079–1082.
123. Thompson A., Baranzini S., Geurts J. et al. *Multiple sclerosis*. *Lancet* 2018;391:1622–1636.
124. Reich D., Lucchinetti C., Calabresi P. *Multiple sclerosis*. *N Engl J Med* 2018;378:169–180.
125. Morel A., Bijak M., Miller E. et al. *Relationship between the increased haemostatic properties of blood platelets and oxidative stress level in multiple sclerosis patients with the secondary progressive stage*. *Oxyd. Med. Cell. Longev.*, 2015, <https://doi.org/10.1155/2015/240918>.

126. Langdon D. *Introduction to cognition and MS*. Cognition and MS, 2011;24(3):244-249.
127. Brissart H., Morele E., Baumann C. et al. *Cognitive impairment among different clinical courses of multiple sclerosis*. Neurol. Res., 2013;35(8):867-872.
128. Rao S. *Neuropsychology of multiple sclerosis*. Curr Opin Neurol 1995;8:216–220.
129. Amtmann D., Kim J., Chung H., et al. *Comparing CESD-10, PHQ-9, and PROMIS depression instruments in individuals with multiple sclerosis*. Rehabilitation Psychology, 2014;59(2):220–229. doi:10.1037/a0035919.
130. Chwastiak L., Ehde D. *Psychiatric issues in multiple sclerosis*. Psychiatr. Clin. North Am., 2007; 30(4):803-817.
131. Paparrigopoulos T., Ferentinos P., Kouzoupis A. et al. *The neuropsychiatry of multiple sclerosis: focus on disorders of mood, affect and behavior*. Int Rev Psychiatry 2010;22(1):14-21. doi: 10.3109/09540261003589323.
132. O'Connor A., Schwid S., Herrmann D., et al.: *Pain associated with multiple sclerosis: Systematic review and proposed classification*. Pain 2008;137(1):96–111.
133. Musat G., Musat A. *Multiple Sclerosis Presenting as an Anterior Semicircular Canal Benign Paroxysmal Positional Vertigo: Case Report*. Ear Nose Throat J. 2020, doi:10.1177/0145561319897983.
134. De Ridder D., Van Der Aa F., Debruyne J. et al. *Consensus guidelines on the neurologist's role in the management of neurogenic lower urinary tract dysfunction in multiple sclerosis*. Clin Neurol Neurosurg 2013;115(10):2033-2040.
135. Mayo M., Chetner M. *Lower urinary tract dysfunction in multiple sclerosis*. Urology 1992; 39(1): 67–70.
136. Christogianni A., Bibb R., Davis S., et al. *Temperature sensitivity in multiple sclerosis: an overview of its impact on sensory and cognitive symptoms*. Temperature. 2018;5(3):208–223. doi: 10.1080/ 23328940.2018.1475831.
137. Frohman T., Davis S., Beh S. et al. *Uhthoff's phenomena in MS - Clinical features and pathophysiology*. Nat Rev Neurol. 2013;9(9):535–540. doi: 10.1038/nrneurol.2013.98.
138. Bassi M., Falautano M., Cilia S., et al. *The coexistence of welland ill-being in persons with multiple sclerosis, their caregivers and health professionals*. J Neurol Sci. 2014; 15;337(1-2):67-73, doi: 10.1016/j.jns.2013.11.018
139. Dennison L., Moss-Morris R., Chalder T. *A review of psychological correlates of adjustment in patients with multiple sclerosis*. Clin Psychol Rev. 2009;29(2):141–153. doi: 10.1016/j.cpr.2008.12.001.

140. Hvid L., Suetta C., Nelsen J. et al. *Aging impairs the recovery in mechanical muscle function following 4 days of disuse*. *Exp. Gerontol.* 2014;52:1-8. doi: 10.1016/j.exger.2014.01.012.
141. Jette A. *Toward a common language for function, disability, and health*. *Phys. Ther.* 2006;86(5):726-734.
142. Butland R., Pang J., Gross E. et al. *Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease*. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1982;284:1607–1608. doi: 10.1136/bmj.284.6329.1607.
143. Scott S., Hughes A., Galloway S. et al. *Surface EMG characteristics of people with multiple sclerosis during static contractions of the knee extensors*. *Clin Physiol Funct Imaging* 2011;31(1):11-17. doi: 10.1111/j.1475-097X.2010.0972.x.
144. Chung L., Remelius J., Van Emmerik R. et al. *Leg power asymmetry and postural control in women with multiple sclerosis*. *Med. Sci Sports Exerc.* 2008;40(10):1717-1724. doi: 10.1249/MSS.0b013e31817e32a3.
145. Liu M., Anderson F., Pandy M. et al. *Muscles that support the body also modulate forward progression during walking*. *J Biomech.* 2006;39(14):2623–2630. doi: 10.1016/j.jbiomech.2005.08.017
146. Lambert C., Archer R., Evans W. *Muscle strength and fatigue during isokinetic exercise in individuals with multiple sclerosis*. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(10):1613–1619. doi: 10.1097/00005768-200110000-00001.
147. Fitzgerald L., Ryan M., Bartlett M. et al. *Muscle architecture, voluntary activation, and low-frequency fatigue do not explain the greater fatigue of older compared with young women during high-velocity contractions*. *PLoS One.*2020;15(11):e0234217. doi: 10.1371/journal.pone.0234217.
148. Thompson A. *Neurorehabilitation in multiple sclerosis: foundations, facts and fiction*. *Curr Opin Neurol* 2005;18(3):267–271. doi: 10.1097/01.wco.0000169743.37159.a0.
149. Porosinska A., Pierzchala K., Mentel M. et al. *Evaluation of postural balance control in patients with multiple sclerosis – effect of different sensory conditions and arithmetic task execution. A pilot study*. *Neurol Neurochir Pol* 2010;44(1):35–42. doi: 10.1016/s0028-3843(14)60405-9.
150. Motl R., McAuley E., Snook E. *Physical activity and multiple sclerosis: a metanalysis*. *Mult. Scler.* 2005;11(4):459-463, doi: 10.1191/1352458505ms1188oa.
151. Ponichtera J. *Concentric and eccentric isokinetic lower extremity strength in multiple sclerosis and able-bodied*. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1992;16(3):114–122.

152. Jørgensen M., Dalgas U., Wens I., et al. *Muscle strength and power in persons 450 with multiple sclerosis – A systematic review and meta-analysis*. J Neurol Sci 2017;15:225-241.
153. A. Perenc pd A.Kwolek. *Rehabilitacja w stwardnieniu rozsianym*. 2015: 23-32.
154. Royal College of Physicians. *The national audit of services for people with 495 multiple sclerosis* 2011:1–97.
155. Karst G., Venema D., Roehrs T., et al. *Center of pressure measures during standing tasks in minimally impaired persons with multiple sclerosis*. J Neurol Phys Ther 2005;29(4):170–180.
156. Gunn H., Markevics S., Haas B., et al. *Systematic Review: The Effectiveness of Interventions to Reduce Falls and Improve Balance in Adults With Multiple Sclerosis*. Arch Phys Med Rehabil. 2015;96(10):1898–1912. doi:10.1016/j.apmr.2015.05.018.
157. Nelson S., Di Fabio R., Anderson J. *Vestibular and sensory interaction deficits assessed by dynamic platform posturography in patients with multiple sclerosis*. Ann Otol Rhinol Laryngol 1995;104(1):62–68
158. Jackson R., Epstein C., De l'Aune W. *Abnormalities in posturography and estimations of visual vertical and horizontal in multiple sclerosis*. Am J Otol 1995; 16(1):88–93.
159. Soyuer F., Mirza M., Erkorkmaz U. *Balance performance in three forms of multiple sclerosis*. Neurol Res 2006;28(5):555–562, doi: 10.1179/016164105X49373.
160. Martin C., Phillips B., Kilpatrick T. et al. *Gait and balance impairment in early multiple sclerosis in the absence of clinical disability*. Mult Scler 2006;12(5):620–628. doi: 10.1177/1352458506070658.
161. Mazumder R., Murchison C., Bourdette D. et al. *Falls in people with multiple sclerosis compared with falls in healthy controls*. Plos One 2014;9(9):e107620, doi: 10.1371/journal.pone.0107620
162. Rougier P., Thoumie P., Cantalloube S. et al. *What compensatory motor strategies do patients with multiple sclerosis develop for balance control?* Rev Neurol (Paris) 2007;163(11):1054–1064, doi: 10.1016/s0035-3787(07)74178-4.
163. Huisinga J., Yentes J., Filipi M. et al. *Postural control strategy during standing is altered in patients with multiple sclerosis*. Neurosci Lett. 2012;524(2):124-128, doi: 10.1016/j.neulet.2012.07.020.
164. Remelius J., Hamill J., Kent-Braun J. et al. *Gait initiation in multiple sclerosis*. Motor Control. 2008;12(2):93–108.

165. Diener H., Dichgans J., Hulser P. et al. *The significance of delayed long-loop responses to ankle displacement for the diagnosis of multiple sclerosis*. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1984;57(4):336–342. 10, doi: 10.1016/0013-4694(84)90156-1.
166. Cameron M., Horak F., Herndon R. et al. *Imbalance in multiple sclerosis: a result of slowed spinal somatosensory conduction*. *Somatosens Mot Res*. 2008; 25(2): 113–122., doi: 10.1080/08990220802131127
167. Prosperini L., Fortuna D., Gianni C. et al. *The Diagnostic Accuracy of Static Posturography in Predicting Accidental Falls in People With Multiple Sclerosis*. *Neurorehabil Neural Repair*, 2013;27(1): 45–52. doi:10.1177/1545968312445638.
168. Novotona K., Sobisek L., Horakova D. et al. *Quantification of gait abnormalities in healthy-looking multiple sclerosis patients (with Expanded Disability Status Scale 0-1.5)*. *European Neurology* 2016;76(3-4):99-104.
169. Thoumie P., Lamotte D., Cantalloube S., et al.: *Motor determinants of gait in 100 ambulatory patients with multiple sclerosis*. *Mult Scler* 2005;11(4):485–491. 27.
170. Crenshaw S., Royer T., Richards J. et al. *Gait variability in people with multiple sclerosis*. *Mult Scler* 2006;12(5):613–619, doi: 10.1177/1352458505070609.
171. Hamilton F., Rochester L., Paul L. et al.: *Walking and talking: an investigation of cognitive-motor dual tasking in multiple sclerosis*. *Mult Scler* 2009;15(10):1215–1227, doi: 10.1177/1352458509106712.
172. Huisinga J., Schmid K., Filipi M. et al. *Gait mechanics are different between healthy controls and patients with multiple sclerosis*. *J Appl Biomech* 2013 Jun;29(3):303-311.
173. Comber L., Galvin R., Coote S. *Gait deficits in people with multiple sclerosis: a systematic review and metanalysis*. *Gait and Posture* 2017;51:25-35, doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.09.026.
174. Block V., Lizze A., Crabtree-Hartman E. et al. *Continuous daily assessment of multiple sclerosis disability using remote step count monitoring*. *J Neurol*. 2017;264(2): 316-326, doi: 10.1007/s00415-016-8334-6.
175. Neven A., Vanderstraeten A., Janssens D., et al. *Understanding walking activity in multiple sclerosis: step count, walking intensity and uninterrupted walking acitivity duration related to degree od disability*. *Neurol Sci*. 2016;37(9): 1483-1490, doi: 10.1007/s10072-016-2609-7.
176. Kurtzke J. *Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS)*. *Neurology*, 1983;33(11):1444-1452, doi: 10.1212/wnl.33.11.1444.

177. Roos P., Dingwell J. *Influence of simulated neuromuscular noise on movement variability and fall risk in a 3D dynamic walking model.* J Biomech., 2010;43(15):2929-2935, doi: 10.1016/j.jbiomech.2010.07.008.
178. Huisinga J., Filipi M., Schmid K. et al. *Is there a relationship between fatigue questionnaires and gait mechanics in persons with multiple sclerosis?* Arch Phys Med Rehabil, 2011;92(10):1594-1601, doi: 10.1016/j.apmr.2011.05.017.
179. Socie M., Boes M., Motl R. et al. *Monitoring spatiotemporal gait parameters during the 6-minute walk in people with multiple sclerosis.* Int J MS Care, 2014;37(4):311-316, doi: 10.1097/MRR.0000000000000074.
180. Broekmans T., Gijbels D., Eijnde B. et al. *The relationship between upper leg muscle strength and walking capacity in persons with multiple sclerosis.* Mult Scler. 2013;19(1):112-9, doi: 10.1177/1352458512444497.
181. Balantrapu S., Sandroff B., Jacob J. et al. *Motl Perceived Impact of Spasticity Is Associated with Spatial and Temporal Parameters of Gait in Multiple Sclerosis.* ISRN Neurology 2012, doi: 10.5402/2012/675431.
182. Jeng B., Sandroff B., Motl R. *Energetic cost of walking and spasticity in persons with multiple sclerosis with moderate disability.* NeuroRehabilitation. 2018;43(4):483-489, doi: 10.3233/NRE-182498.
183. Phadke C., Kunju J., Gouelle A. et al. *Impact of spasticity and cognitive dual-task on gait variability and asymmetry in adults with neurological disorders.* Arch Phys Med Rehabil. 2014;95(10):e86. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.
184. Ilg W., Timmann D. *Gait ataxia-specific cerebellar influences and their rehabilitation.* Mov Disord 2013;28(11):1566-1575, doi: 10.1002/mds.25558.
185. Wuehr M., Schniepp R., Ilmberger J. et al. *Speed-dependent temporospatial gait variability and long-range correlations in cerebellar ataxia.* Gait Posture 2013;37(2):214-218, doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.07.003.
186. Schniepp R., Wuehr M., Neuhaeusser M. et al. *Locomotion speed determines gait variability in cerebellar ataxia and vestibular failure.* Mov Disord, 2012;27(1):125-31, doi: 10.1002/mds.23978.
187. Perring S., Summers T. *Laboratory-free measurement of gait rhythmicity in the assessment of the degree of impairment and the effectiveness of rehabilitation in patients with vertigo resulting from vestibular hypofunction.* Physiol. Meas, 2007;28(6):697–705, doi: 10.1088/0967-3334/28/6/008.

188. Ilg W., Golla H., Thier P. et al. *Specific influences of cerebellar dysfunctions on gait.* Brain 2007;130(3):786-98, doi: 10.1093/brain/awl376.
189. Kos D., Kerckhofs E., Nagels G. et al. *Origin of fatigue in multiple sclerosis: review of the literature.* Neurorehabil Neural Repair, 2008;22(1):91–100, doi: 10.1177/1545968306298934.
190. Benedict R., Wahlig E., Bakshi R. et al. *Predicting quality of life in multiple sclerosis: accounting for physical disability, fatigue, cognition, mood disorder, personality, and behavior change.* J Neurol Sci, 2005;231(1-2):29-34, doi: 10.1016/j.jns.2004.12.09.
191. Gandevia S. *Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue.* Physiol Rev 2001;81(4):1725-89, doi: 10.1152/physrev.2001.81.4.1725.
192. Trojan D., Arnold D., Collet J. et al. *Fatigue in multiple sclerosis: association with disease-related, behavioural and psychosocial factors.* Mult Scler Sep 2007;13(8):985–95, doi: 10.1177/1352458507077175.
193. Staub F., Bogousslavsky J. *Is there such a thing as brain fatigue?* Rev Neurol 2001;157: 259–262.
194. Tartaglia M., Narayanan S., Francis S. et al. *The relationship between diffuse axonal damage and fatigue in multiple sclerosis.* Arch Neurol 2004;61(2): 201–207, doi: 10.1001/archneur.61.2.201.
195. Sepulcre J., Masdeu J., Goñi J. et al. *Fatigue in multiple sclerosis is associated with the disruption of frontal and parietal pathways.* Mult Scler 2009;15(3):337–44, doi: 10.1177/1352458508098373.
196. Marrie R., Fisher E., Miller D. et al. *Association of fatigue and brain atrophy in multiple sclerosis.* J Neurol Sci 2005;228(2):161–6, doi: 10.1016/j.jns.2004.11.046.
197. Skerrett TN, Moss-Morris R. *Fatigue and social impairment in multiple sclerosis: the role of patients' cognitive and behavioral responses to their symptoms.* J Psychosom Res Nov 2006;61(5):587–93.
198. Tedeschi G, Dinacci D, Lavorgna L, Prinster A, Savettieri G, Quattrone A, et al. *Correlation between fatigue and brain atrophy and lesion load in multiple sclerosis patients independent of disability.* J Neurol Sci Dec 15 2007;263(1–2): 15–9.
199. Perry M., Swain S., Kemmis-Betty S. et al. *Multiple sclerosis: summary of NICE guidance.* BMJ 2014;349:g5701, doi.org/10.1136/bmj.g5701.
200. Frohman E., Shah A., Eggenberger E., Metz L. et al. *Corticosteroids for multiple sclerosis: I. Application for treating exacerbations.* Neurotherapeutics. 2007;4(4):618-626.

201. Le Page E., Veillard D., Laplaud D. et al . *Oral versus intravenous high-dose methylprednisolone for treatment of relapses in patients with multiple sclerosis (COPOUSEP): a randomised, controlled, double-blind, non-inferiority trial*. *Lancet* 2015; 386(9997):974-81, doi: 10.1016/S0140-6736(15)61137-0.
202. Stevenson E., Alexander J., Yun J. et al. Chapter 16- *Mechanisms of blood–brain barrier disintegration in the pathophysiology of multiple sclerosis*. In: Minagar A (ed). *Multiple sclerosis* . London: Academic Press, 2016; 393– 413.
203. Hart F., Bainbridge J. *Current and Emerging Treatment of Multiple Sclerosis*. 2016;22(6):159-170.
204. Costello K., Halper J., Kalb R. et al. *The use of disease-modifying therapies in multiple sclerosis: principles and current evidence. A consensus paper by the Multiple Sclerosis Coalition* 2019,
http://www.nationalmssociety.org/NationalMSSociety/media/MSNationalFiles/Brochures/DMT_Consensus_MS_Coalition.pdf.
205. Scolding N., Barnes D., Cader S. et al. *Association of British Neurologists: revised (2015) guidelines for prescribing diseasemodifying treatments in multiple sclerosis* . *Pract Neurol* 2015;15(4):273-9, doi: 10.1136/practneurol-2015-001139.
206. *Multiple sclerosis in adults: management*. National Institute for Health and Care Excellence website. <http://nice.org.uk/guidance/cg186>, 2014.
207. Henze T, Rieckmann P, Toyka KV; *Multiple Sclerosis Therapy Consensus Group of the German Multiple Sclerosis Society*. *Symptomatic treatment of multiple sclerosis*. *Eur Neurol*. 2006;56(2):78-105.
208. <https://www.nationalmssociety.org/Treating-MS/Medications#section-2>.
209. Appelbaum F. *Hematopoietic-cell transplantation at 50*. *N. Engl*. 2007;357(15):1472-5, doi: 10.1056/NEJMp078166.
210. Griffith L., Pavletic S., Tyndalla A. et al. *Feasibility of allogeneic hematopoietic stem cell transplantation for autoimmune disease: position statement from a National Institute of Allergy and Infectious Diseases and National Cancer Institute-Sponsored International Workshop, Bethesda, MD, March 12 and 13, 2005*. *Biol. Blood Marrow Transplant*. 2005;11, 862–870, doi: 10.1016/j.bbmt.2005.07.09.
211. Mancardi G., Sorman M., Di Gioia M. et al. *Autologous haematopoietic stem cell transplantation with an intermediate intensity conditioning regimen in multiple sclerosis: the Italian multi-centre experience*. *Mult Scler* 2012; 18(6): 835-842, doi: 10.1177/13524585511429320.

212. Chen B., Zhou M., Ouy ang J. et al. *Long-term efficacy of autologous haematopoietic stem cell transplantation in multiple sclerosis at a single institution in China*. *Neurol Sci* 2012; 33(4): 881-886, doi: 10.1007/s10072-011-0859-y.
213. Burt R., Loh Y., Coh en B. et al. *Autologous non-myeloablative haemopoietic stem cell transplantation in relapsing-remitting multiple sclerosis: a phase I/II study*. *Lancet Neurol* 2009; 8(3): 244-253, doi: 10.1016/S1474-4422(09)70017-1.
214. Kowalik J. *Niepełnosprawność ruchowa, a jakość życia chorych na stwardnienie rozsiane poddanych rehabilitacji*. *PHiE* 2012;93(2):334- 340.
215. Korwin-Piotrowska K., Korwin-Piotrowska T. *Obraz siebie wśród pacjentów ze stwardnieniem rozsianym. W: Psychologiczne aspekty stwardnienia rozsianego*. Potemkowski A. (Red.). Wydawnictwo Medyczne Termedia, Poznań 2010; 83–89.
216. Benedict R., Zivadinov R. *Risk factors for and management of cognitive dysfunction in multiple sclerosis*. *Nat Rev Neurol* 2011;7(6):332–342, doi: 10.1038/nrneurol.2011.61.
217. Potagas C., Giogkaraki E., Koutsis G. et al. *Cognitive impairment in different MS subtypes and clinically isolated syndromes*. *J Neurol Sci* 2008;267(1-2)100–106, doi: 10.1016/j.jns.2007.10.002.
218. Brown R., Batchelor J. *Perceived Cognitive Difficulties and Cognitive Test Performance as Predictors of Employment Outcomes in People with Multiple Sclerosis*. *J Int Neuropsychol Soc* 2015;21(2):156–68.
219. Cadden M., Merritt V., Ukueberuwa D. et al. *B-59 Comprehensive Examination of Factors Contributing to Employment Status in Multiple Sclerosis*. *Arch Clin Neuropsychol* 2014;29:559.
220. Krokavcova M., Nagyova I., Van Dijk J. et al. *Self-rated health and employment status in patients with multiple sclerosis*. *Disabil Rehabil* 2010;32(21): 1742–1748, doi: 10.3109/09638281003734334.
221. Dorstyn D., Roberts R., Murphy G. et al. *Employment and multiple sclerosis: a meta-analytic review of psychological correlates*. *J Health Psychol* 2019;24(1):38–51, doi: 10.1177/1359105317691587.
222. Bishop M., Rumrill P. *Multiple sclerosis: Etiology, symptoms, incidence and prevalence, and implications for community living and employment*. *Work* 2015;52(4):725–734, doi: 10.3233/WOR-152200.
223. Rao S., Huber S., Bornstein A. *Emotional changes with multiple sclerosis and Parkinson's disease*. *J Consult Clin Psychol*. 1992;60(3):369-78. doi: 10.1037//0022-006x.60.3.369.

224. Murray TJ. *The history of multiple sclerosis*. In: Burkes JS, Johnson KP, editors. *Multiple sclerosis: diagnosis, medical management and rehabilitation*. New York: Demos Medical Publisher; 2000:1–32.
225. Barker-Collo S., Cartwright C., Read J. *Into the unknown: the experiences of individuals living with multiple sclerosis*. J Neurosci Nurs 2006;38(6):435–446.
226. Isaksson A., Ahlstrom G. *From symptom to diagnosis: illness experiences of multiple sclerosis patients*. J Neurosci Nurs 2006;38(4):229–237.
227. LaRocca N., Kalb R., Foley F. et al. *Assessment of psychosocial outcomes*. J Neurol Rehab 1993;7:109–16.
228. Hakim E., Bakheit A., Bryantoe T. et al. *The social impact of multiple sclerosis—a study of 305 patients and their relatives*. Disability and Rehabilitation, 2000;22(6):288-293, doi: 10.1080/096382800296755
229. Foong J. Ron M. Chapter 8 Neuropsychiatry: *Cognition and Mood Disorders*. Blue Books of Practical Neurology, 2003: 115-124.
230. McCabe M. *Mood and self-esteem of persons with multiple sclerosis following an exacerbation*. J Psychosom Res 2005;59(3):161–6, doi: 10.1016/j.jpsychores.2005.04.010.
231. Amato M., Zipoli V., Goretti B. et al. *Benign multiple sclerosis. Cognitive, psychological and social aspects in a clinical cohort*. J Neurol 2006;253(8):1054–9, doi: 10.1007/s00415-006-0161-8.
232. Korostil M., Feinstein A. *Anxiety disorders and their clinical correlates in multiple sclerosis patients*. Mult Scler 2007;13(1):67–72, doi: 10.1177/1352458506071161.
233. Janssens A., van Doorn P., de Boer J. et al. *Impact of recently diagnosed multiple sclerosis on quality of life, anxiety, depression and distress of patients and partners*. Acta Neurol Scand 2003;108(6):389–95, doi: 10.1034/j.1600-0404.2003.00166.x.
234. Kalb R. *The emotional and psychological impact of multiple sclerosis relapses*. J Neurol Sci 2007;256(1):29–33, doi: 10.1016/j.jns.2007.01.061.
235. Chiaravalloti N., Amato M., Bricchetto G. et al. *The emotional impact of the COVID-19 pandemic on individuals with progressive multiple sclerosis*. J Neurol. 2021; 268(5):1598-1607, doi:10.1007/s00415-020-10160-7 .
236. Julian L., Merluzzi N., Mohr D. *The relationship among depression, subjective cognitive impairment, and neuropsychological performance in multiple sclerosis*. Mult Scler 2007;13(1):81–6, doi: 10.1177/1352458506070255.

237. Joffe R., Lippert G., Gray T. et al. *Mood disorder and multiple sclerosis*. Arch Neurol 1987;44(4):376-378. doi:10.1001/archneur.1987.00520160018007.
238. Schiffer R., Wineman N., Weitkamp L. *Association between bipolar affective disorder and multiple sclerosis*. Am J Psychiatry 1986;143(1):94–105.
239. Ron M., Logsdail S. *Psychiatric morbidity in multiple sclerosis: a clinical and MRI study*. Psychol Med 1989;19(4):887–95, doi: 10.1017/s0033291700005602.
240. McDonald I., Compston A. *The symptoms and signs of multiple sclerosis*. In: Compston A, Confavreux C, Lassmann H, McDonald I, Miller D, Noseworthy J, Smith, Wekerle H, editors. *McAlpine's multiple sclerosis*. 4th ed. Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier Publishers; 2006. p. 321–332.
241. Putzki N., Fischer J., Gottwald K. et al. *Quality of life in 1000 patients with early relapsing remitting multiple sclerosis*. Eur J Neurol 2009;16(6):713–720, doi: 10.1111/j.1468-1331.2009.02572.x
242. Mayer S., Marshall R. Elsevier Health Sciences, 2020 Neurology E-Book: On Call Series. 2020;Chapter 21:307-332.
243. Ozkul C., Guclu-Gunduz C. Irkec G. et al. *Effect of muscle strength and balance on fatigue in patients with Multiple Sclerosis*. J Neurol Sci 2015;357(1):353, DOI:10.1016/j.jns.2015.08.1261
244. Guclu-Gunduz A. Ozkul C. Irkec C. et al. *Relationship between lower limb muscle strength and mobility in patients with multiple sclerosis*. J Neurol Sci 2017;381:757–944.
245. Kasser S., Jacobs J., Foley J. et al. *A Prospective Evaluation of Balance, Gait, and Strength to Predict Falling in Women With Multiple Sclerosis*. Arch Phys Med Rehabil. 2011;92(11):1840-1846, doi: 10.1016/j.apmr.2011.06.004.
246. Yahia A., Ghroubi S., Mhiri C. et al. *Relationship between muscular strength, gait and postural parameters in multiple sclerosis*. Ann Phys Rehabil Med. 2011;54(3):144-55, doi: 10.1016/j.rehab.2011.02.004.
247. Krupp L., Alvarez B., LaRocca L., et al. *Fatigue in Multiple Sclerosis*. Arch Neurol. 1998;45(4):435- 437. doi:10.1001/archneur.1988.0052028.
248. Al-Sobayel H., Al-Hugail H., AlSaif R. et al. (2016). *Validation of an Arabic version of Fatigue Severity Scale*. Saudi Medical Journal, 2016;37(1):73–78, doi: 10.15537/smj.2016.1.13055.

249. Armutlu K., Korkmaz N., Keser I. et al. *The validity and reliability of the Fatigue Severity Scale in Turkish multiple sclerosis patients*. *Int J Rehabil Res* 2007;30(1), 81–85, doi: 10.1097/MRR.0b013e3280146ec4.
250. Rietberg M., van Wegen E., Kwakkel G. *Measuring fatigue in patients with multiple sclerosis: Reproducibility, responsiveness and concurrent validity of three Dutch self-report questionnaires*. *Disabil Rehabil*. 2010;32(22):1870–1876, doi: 10.3109/09638281003734458.
251. Valko P., Bassetti C., Bloch K. et al. *Validation of the Fatigue Severity Scale in a Swiss Cohort*. *Sleep*, 2008;31(11):1601–1607, doi: 10.1093/sen/31.11.1601.
252. Bakalidou D., Skordilis E., Giannopoulos S. et al. *Validity and reliability of the FSS in Greek MS patients*. *SpringerPlus*, 2013;2(1): 304, doi: 10.1186/2193-1801-2-304.
253. Ottonello M., Pellicciari L., Giordano A. et al. *Rasch analysis of the fatigue severity scale in italian subjects with multiple sclerosis*. *J Rehabil Med*, 2016;48(7):597–603, doi: 10.2340/16501977-2116.
254. Kleinman L., Zodet M., Hakim Z. et al. *Psychometric evaluation of the fatigue severity scale for use in chronic hepatitis C*. *Qual Life Res*. 2000;9(5):499–508, doi: 10.1023/a:1008960710415.
255. Mattsson M., Moller B., Lundberg I. et al. *Reliability and validity of the fatigue severity scale in Swedish for patients with systemic lupus erythematosus*. *Scand J Rheumatol*. 2008;37(4):269–277, doi: 10.1080/03009740801914868.
256. Rosti-Otajärvi E., Hämäläinen P., Wiksten A. et al. *Validity and reliability of the Fatigue Severity Scale in Finnish multiple sclerosis patients*. *Brain Behav*. 2017(7): e00743, doi: 10.1002/brb3.743.
257. Smedal T., Beiske A., Glad S. et al. *Fatigue in multiple sclerosis: associations with health-related quality of life and physical performance*. *Eur J Neurol* 2011;18(1): 114–120, doi: 10.1111/j.1468-1331.2010.3090.x.
258. Lerdal A., Celius E., Moum T. *Fatigue and its association with sociodemographic variables among multiple sclerosis patients*. *Mult Scler*. 2003;9(5):509-514, doi: 10.1191/1352458503ms943oa.
259. Armstrong L., Winant D., Swasey P. et al. *Using isokinetic dynamometry to test ambulatory patients with multiple sclerosis*, *Phys. Ther*. 1983;63(8):1274–1279, doi: 10.1093/ptj/63.8.1274.
260. Moreno-Navarro P., Gomez-Illán R., Carpena-Juan C. et al. *Understanding the Deterioration of Gait, Postural Control, Lower Limb Strength and Perceived Fatigue*

- Across the Disability Spectrum of People with Multiple Sclerosis.* J Clin Med. 2020;9(5): 1385, doi: 10.3390/jcm9051385.
261. Gomez-Illan R., Reina R., Barbado D. et al. *Effects of Maximal Strength Training on Perceived-Fatigue and Functional Mobility in Persons with Relapsing-Remitting Multiple Sclerosis.* Medicina 2020;56(12):718 doi: <https://doi.org/10.3390/medicina56120718>.
 262. Sieljacks P., Søberg C., Michelsen A. et al. *Lower extremity muscle strength across the adult lifespan in multiple sclerosis: Implications for walking and stair climbing capacity.* Exp Gerontol. 2020;139:111025. doi:10.1016/j.exger.2020.111025.
 263. Mackey D., Robinovitch S. *Steadiness during quiet stance does not associate with ability to recover balance in older women.* Clin Biomech. 2005;20(8):776–783. doi:10.1016/j.clinbiomech.2005.05.002.
 264. Prosperini L., Gianni C., Fortuna D. et al. *Oral dalfampridine improves standing balance detected at static posturography in multiple sclerosis.* Mult Scler Int 2014;2014:802307. doi: 10.1155/2014/802307.
 265. Arifin N., Osman N., Abas W. *Intrarater test-retest reliability of static and dynamic stability indexes measurement using the Biodex stability system during unilateral stance.* J Appl Biomech. 2014;3(2):300-304, doi: 10.1123/jab.2013-0130.
 266. Hinman M. *Factors affecting reliability of the Biodex balance system: a summary of four studies.* J Sport Rehabil. 2000;9(3):240-252, doi: 10.1123/jsr.9.3.240.
 267. Eftekharsadat B., Babaei-Ghazani A., Mohammadzade, Met al. *Effect of virtual reality-based balance training in multiple sclerosis.* Neurol Res. 2015;37(6):539-544, doi:10.1179/1743132815y.000000001.
 268. Rozzi S., Lephart S., Sterner R. et al. *Balance training for persons with functionally unstable ankles.* JOSPT 1999;29(8):478-486, doi: 10.2519/jospt.1999.29.8.478.
 269. Cattaneo D., Jonsdottir J., Repetti S. *Reliability of four scales on balance disorders in persons with multiple sclerosis.* Disabil Rehabil. 2007;29:1920–5.
 270. Learmonth Y., Paul L., McFadyen A. *Reliability and clinical significance of mobility and balance assessments in multiple sclerosis.* Int J Rehabil Res. 2012;35(1):69–74, doi:10.1097/mrr.0b013e328350b65f.
 271. Berg K. *Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument.* Physiotherapy Canada, 1989;41(6):304–311, doi:10.3138/ptc.41.6.304.
 272. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. *Measuring balance in the elderly: Validation of an instrument.* Can J Public Health 1992;83(2):7 – S11.

273. Creel G., Light K., Thigpen MT. *Concurrent and construct validity of scores on the Timed Movement Battery*. Phys Ther 2001;81:789 – 798., doi: 10.1093/ptj/81.2.789.
274. Thorbahn L., Newton R. *Use of the Berg Balance Test to predict falls in elderly persons*. Phys Ther 1996;76(6): 576 – 583, doi: 10.1093/ptj/76.6.576.
275. Crow J., Harmeling B. *Development of a consensus and evidencebased standardised clinical assessment and record form for neurological inpatients: the Neuro Dataset*. Physiother, 2002;88(1):33–46, doi: 10.1016/s0031-9406(05)60527-5.
276. Paltamaa J., West H., Sarasoja T. et al. *Reliability of physical functioning measures in ambulatory subjects with MS*. Physiother Res Int 2005;10(2):93–109, doi: 10.1002/pri.30.
277. Downs S., Marquez J., Chiarelli P. (2013). *The Berg Balance Scale has high intra- and inter-rater reliability but absolute reliability varies across the scale: a systematic review*. J Physiother. 2013;59(2),93–99, doi:10.1016/s1836-9553(13)70161-9.
278. Gervasoni, E., Jonsdottir J., Montesano A. et al. *Minimal Clinically Important Difference of Berg Balance Scale in People With Multiple Sclerosis*. Arch Phys Med Rehabil. 2017;98(2):337–340.e2, doi:10.1016/j.apmr.2016.09.128.
279. Schlenstedt C., Brombacher S., Hartwigsen G. et al. *Comparison of the Fullerton Advanced Balance Scale, Mini-BESTest, and Berg Balance Scale to Predict Falls in Parkinson Disease*. Phys Ther. 2015;96(4):494–501, doi:10.2522/ptj.20150249.
280. Podsiadlo P., Richardson S. *The Timed “up and go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons*. J Am Geriatr Soc 1991;39(2):42-8,
281. Hafsteinsdottir T., Rensink M., Schuumans M. *Clinimetric properties of the Timed Up and Go Test for patients with stroke: a systematic review*. Top Stroke Rehabil 2014;21(3):197-210, doi: 10.1310/tsr2103-197.
282. Sebastião, E., Sandroff, B. M., Learmonth, Y. C., & Motl, R. W. (2016). *Validity of the Timed Up and Go Test as a Measure of Functional Mobility in Persons With Multiple Sclerosis*. Arch Phys Med Rehabil 2016; 97(7): 1072–1077. doi:10.1016/j.apmr.2015.12.031.
283. Nilsagard Y., Lundholm C., Gunnarsson L. et al. *Clinical relevance using timed walk tests and “timed up and go” testing in persons with multiple sclerosis*. Physiother Res Int. 2007;12(2):105-114. doi:10.1002/pri.358.
284. Sandroff B., Motl R., Sosnoff J. et al. *Further validation of the Six-Spot Step Test as a measure of ambulation in multiple sclerosis*. Gait Posture. 2015;41(1):222-227. doi:10.1016/j.gaitpost.2014.10.011.

285. Christopher A., Kraft E., Olenick H. et al. *The reliability and validity of the Timed Up and Go as a clinical tool in individuals with and without disabilities across a lifespan: a systematic review*. *Disabil Rehabil.* 2021;43(13):1799-1813, doi: 10.1080/09638288.2019.1682066.
286. Sztuce-Małasiewicz S. „*Metody oceny ryzyka upadków osób starszych*”. *Praktyczna fizjoterapia i rehabilitacja.* 2020;118. <https://www.praktycznafizjoterapia.pl/artukul/metody-oceny-ryzyka-upadkow-osob-starszych>.
287. Berg K., Maki B., Williams J. et al. *Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population*. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(11):1073-1080. doi:0003-9993(92)90174-U.
288. Cohen E., Potter K., Allen D. et al. *Selecting Rehabilitation Outcome Measures for People with Multiple Sclerosis*. *Int J MS Care.* 2015;17(4):181-189. doi:10.7224/1537-2073.2014-067.
289. Daly J., Roenigk K., Holcomb J. et al. *A randomized controlled trial of functional neuromuscular stimulation in chronic stroke subjects*. *Stroke* 2006; 37(1): 172–78, doi: 10.1161/01.STR.0000195129.95220.77.
290. Garber C., Friedman J. *Effects of fatigue on physical activity and function in patients with Parkinson's Disease*. *Neurology* 2003;60(7):1119–24, doi: 10.1212/01.wnl.0000055868.06222.ab.
291. Chetta A., Rampello A., Marangio E. et al. *Cardiorespiratory response to walk in multiple sclerosis patients*. *Respir Med* 2004; 98: 522–9, doi: 10.1016/j.rmed.2003.11.011.
292. Savci S., Inal-Ince S., Arikan H. et al. *Six minute walk distance as a measure of functional exercise capacity in multiple sclerosis*. *Disabil Rehabil* 2005; 27(22): 1365–71, doi: 10.1080/09638280500164479.
293. Goldman M., Marrie R., Cohen JA. *Evaluation of the six - minute walk in multiple sclerosis subjects and healthy controls*. *Mult Scler.* 2008;14(3):383 -90, doi: 10.1177/1352458507082607.
294. Kosak M., Smith T. *Comparison of the 2-, 6-, and 12-minute walk tests in patients with stroke*. *J Rehabil Res Dev.* 2005;42(1):103-107, doi: 10.1682/jrrd.2003.11.0171.
295. Fry D., Pfalzer L. *Reliability of four functional tests and rating of perceived exertion in persons with multiple sclerosis*. *Physiother Can.* 2006;58(3):212–20. doi: 10.3138/ptc.58.3.212.

296. Paltamaa J., Sarasoja T., Leskinen E. et al. *Measures of Physical Functioning Predict Self-Reported Performance in Self-Care, Mobility, and Domestic Life in Ambulatory Persons With Multiple Sclerosis*. Arch Phys Med Rehabil. 2007;88(12):1649–1657. doi:10.1016/j.apmr.2007.07.032 .
297. [https://www.nationalmssociety.org/For-Professionals/Researchers/Resources-for-MS-Researchers/Research-Tools/Clinical-Study-Measures/Ambulation-Index-\(AI\)](https://www.nationalmssociety.org/For-Professionals/Researchers/Resources-for-MS-Researchers/Research-Tools/Clinical-Study-Measures/Ambulation-Index-(AI)).
298. Schwid S., Goodman A., Mattson D. et al. *The measurement of ambulatory impairment in multiple sclerosis*. Neurology 1997;49(5):1419–1424, doi: 10.1212/wl.49.5.1419.
299. Kieseier B., Pozzilli C. *Assessing walking disability in multiple sclerosis*. Mult Scler 2012;18(7): 914–924, doi: 10.1177/1352458512444498.
300. Phan-Ba R., Pace A., Calay P. et al. *Comparison of the Timed 25-Foot and the 100-Meter Walk as Performance Measures in Multiple Sclerosis*. Neurorehabil Neural Repair, 2011;25(7):672-679. doi:10.1177/1545968310397204.
301. Willoughby E., Paty D. *Scales for rating impairment in multiple sclerosis: a critique*. Neurology 1988;38(11): 1793–1798, doi: 10.1212/wnl.38.11.1793.
302. Goodkin D., Cookfair D., Wende K. et al. *Inter- and intrarater scoring agreement using grades 1.0 to 3.5 of the Kurtzke Expanded Disability Status Scale (EDSS)*. Neurology 1992;42(4): 859–863, doi: 10.1212/wnl.42.4.859.
303. Hobart J., Freeman J., Thompson A. *Kurtzke scales revisited: the application of psychometric methods to clinical intuition*. Brain. 2000,123(5):1027-1040. 10.1093/brain/123.5.1027.
304. Amato M., Ponziani G. *Quantification of impairment in MS: discussion of the scales in use*. Mult Scler. 1999;5(4):216-219, doi: 10.1177/135245859900500404.
305. Ebers G., Heigenhauser L., Daumer M. et al. *Disability as an outcome in MS clinical trials*. Neurology. 2008;71(9): 624-631, doi:10.1212/01.wnl.0000313034.46883.16.
306. https://www.naukowiec.org/wiedza/statystyka/sila-korelacji--klasyfikacja_512.html
307. Cintia Ramari, Lars G Hvid, Ana Cristina de David, Ulrik Dalgas *The importance of lower-extremity muscle strength for lower-limb functional capacity in multiple sclerosis: Systematic review*. Ann Phys Rehabil Med. 2020 Mar;63(2):123-137.
308. Ramari C, Moraes AG, Tauil CB, et al. *Knee flexor strength and balance control 669 impairment may explain declines during prolonged walking in women with 670 mild multiple sclerosis*. Mult Scler Relat Disord 2018;20:181–5 5; doi.org/10.1016/j.msard.2018.01.024.

309. Broekmans T, Gijbels D, Eijnde BO, et al. *The relationship between upper leg muscle strength and walking capacity in persons with multiple sclerosis*. *Mult Scler* 2013;19:112–9.
310. Wens I, Dalgas U. et al. *Multiple Sclerosis Affects Skeletal Muscle Characteristics*. *PLoS ONE*,2014;9(9)e108158, doi:10.1371/journal.pone.0108158.
311. Güner S., Haghari P., Inanıcı F. et al. *Knee muscle strength in multiple sclerosis: relationship with gait Characteristics*. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(3): 809–813, doi: [10.1589/jpts.27.809.
312. Feys P., Bibby B., Romberg A. et al. *Within-day variability on short and long walking tests in persons with multiple sclerosis*. *J Neuro Sci*. 2014;338(1-2), 183–187, doi:10.1016/j.jns.2014.01.001.
313. Dalgas U., Severinsen K., Overgaard K. *Relations Between 6 Minute Walking Distance and 10 Meter Walking Speed in Patients With Multiple Sclerosis and Stroke*. *Arch Phys Med. Rehabil*, 2012;93(7):1167–1172, doi:10.1016/j.apmr.2012.02.026.
314. Wagner J., Kremer T., Van Dillen L. et al. *Plantarflexor Weakness Negatively Impacts Walking in Persons With Multiple Sclerosis More Than Plantarflexor Spasticity*. *Arch Phys Med. Rehabil*, 2014;95(7):1358-1365. doi:10.1016/j.apmr.2014.01.030.
315. Fritz N., Keller J., Calabresi P. et al. *Quantitative measures of walking and strength provide insight into brain corticospinal tract pathology in multiple sclerosis*. *NeuroImage: Clinical*, 2017;14:490–498. doi:10.1016/j.nicl.2017.02.006.
316. Phan-Ba R., Calay P., Grodent P. et al.(2012). *Motor Fatigue Measurement by Distance-Induced Slow Down of Walking Speed in Multiple Sclerosis*. *PLoS ONE*, 2012;7(4): e34744. doi:10.1371/journal.pone.0034744.
317. Hadouiri N., Monnet E., Gouelle A. et al. *Evaluation of Prolonged Walking in Persons with Multiple Sclerosis: Reliability of the Spatio-Temporal Walking Variables during the 6-Minute Walk Test*. *Sensors, Sensors (Basel.)* 2021;21(9):3075. doi:10.3390/s21093075.
318. Wetzell J., Fry D., Lucinda A. *Six-Minute Walk Test for Persons with Mild or Moderate Disability from Multiple Sclerosis: Performance and Explanatory Factors*. *Physiother Can*. Spring 2011;63(2):166-80. doi: 10.3138/ptc.2009-62.
319. Ahmed S., Moshera H., Nevin M. et al. *Efficacy of core stability versus task oriented trainings on balance in ataxic persons with multiple sclerosis. A single blinded randomized controlled trial*. *Mult Scler Relat Disord* 2021; doi: 10.1016/j.msard.2021.102866.

320. Lanzetta D., Cattaneo D., Pellegatta D. et al. *Trunk control in unstable sitting posture during functional activities in healthy subjects and patients with multiple sclerosis.* Arch. Phys. Med. Rehabil. 2004;85(2):279–283.
321. Ghait S., Elheneidi E., Shendy W. et al. *Evaluation of stability and postural control in patients with multiple sclerosis pre and post balance program on Biodex Balance System.* Int J Phys Res. 2019;7(2):2993-96. DOI: 10.16965/ijpr.2018.191.
322. Atteya A., Elwishy A., Kishk N. et al. *Assessment of postural balance in multiple sclerosis patients.* Egypt J Neurol Psychiatr Neurosurg. 2019 55:7 <https://doi.org/10.1186/s41983-018-0049-4>.
323. Kalron A., Dolev M., Givon U. *Further construct validity of the Timed Up-and-Go Test as a measure of ambulation in multiple sclerosis patients.* Eur J Phys Rehabil Med. 2017;53(6):841-847. doi:10.23736/s1973-9087.17.04599-3.
324. Azad A., Taghizadeh G., Khaneghini A. *Assessments of the Reliability of the Iranian Version of the Berg Balance Scale in Patients with Multiple Sclerosis.* Acta Neurol Taiwan. 2011;20(1):22-28.
325. Bricchetto G., Spallarossa P., de Carvahlo M., Battaglia M. *The effect of Nintendo® Wii® on balance in people with multiple sclerosis: a pilot randomized control study.* Mult Scler. 2013;19(9):1219–1221, DOI: 10.1177/1352458512472747.
326. LaRocca N. *Impact of walking impairment in multiple sclerosis.* Patient. 2011;4: 189-201, doi: 10.2165/11591150-000000000-00000.

Streszczenie/Abstract

Wstęp. Stwardnienie rozsiane (SM) należy do przewlekle postępujących chorób neurodegeneracyjnych. Ogniskowe zmiany zapalne w ośrodkowym układzie nerwowym powodują pojawieniem się wielu zaburzeń funkcjonalnych w tym niedowładów, zaburzeń napięcia mięśni, zaburzeń chodu, zaburzeń koordynacji i równowagi ciała, zaburzeń czucia i zaburzeń widzenia. Objawy SM prowadzą do ciężkiej niepełnosprawności, stopniowego ograniczania aktywności i ograniczania uczestnictwa. Ocena siły mięśni kończyn dolnych osób z SM była często oceniana w wielu badaniach natomiast ocena zależności pomiędzy siłą mięśni a chodem i równowagą ciała była celem kilku badań. Również niewiele badań koncentrowało się na ocenie sprawności funkcjonalnej osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS. Cel pracy jest była ocena zależności pomiędzy siłą mięśni kończyn dolnych a równowagą, chodem i poziomem zmęczenia u osób z SM.

Materiał i metoda. Przekrojowe badanie kohortowe przeprowadzono w okresie od stycznia 2019 roku do czerwca 2020 roku. Kryteria włączenia do grupy badanej: zgoda na udział w badaniu, rozpoznanie stwardnienia rozsianego zgodnie z kryteriami McDonald's, postać rzutowo-remisyjna SM, kobiety i mężczyźni, wiek od 18 do 60 lat, ocena w Rozszerzonej Skali Niepełnosprawności (EDSS) ≤ 6 , samodzielny chód lub chód z zaopatrzeniem ortopedycznym. Kryteria wyłączenia: zaburzenia funkcji poznawczych uniemożliwiających rozumienie pytań i poleceń podczas wszystkich przewidzianych w badaniu ocen, pogorszenie stanu zdrowia w okresie 30 dni przed terminem badania, nasilenie objawów (nawrót choroby) SM w okresie 30 dni przed terminem badania, zmiana leczenia farmakologicznego SM w okresie 30 dni przed terminem badania, leczenie toksyną botulinową w ciągu ostatnich 6 miesięcy przed terminem badania, napięcie spastyczne mięśni kończyn dolnych powyżej 1 plus w zmodyfikowanej skali Ashworth, inne niż SM choroby lub urazy mogące zaburzać chód lub równowagę ciała. Łącznie w badaniu wzięło udział 170 osób, 20 w badaniu pilotażowym i 150 w badaniu głównym. Do badania głównego zakwalifikowano 90 osób chorych na SM (grupa badana) oraz 60 osób zdrowych (grupa kontrolna). Osoby z SM podzielono na podgrupy zgodnie z nasileniem objawów chorobowych opisanych w skali EDSS. Badanie uzyskało zgodę Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Rzeszowskiego i zostało zarejestrowane badań w Australian New Zeland Clinical Trial Registry.

Oceniano siłę mięśni za pomocą platformy Biodex System 4 Pro, poziom równowagi za pomocą testu TUG i skali Berg oraz platformy Biodex Balance System SD (stanowisko Smart

Equi Test firmy Neurocom ze względu na swoje gabaryty oraz problemy techniczne musiało zostać zamienione), prędkość dowolną i maksymalną chodu w testach klinicznych 10MWT i 25FWT, wytrzymałość chodu testem 6MWT oraz poziom zmęczenia skalą FSS. Osoby uczestniczące w badaniu zostali poproszeni o wypełnienie autorskiego kwestionariusza ankiety.

Wyniki. Wykazano, że sprawność funkcjonalna osób z SM z umiarkowanym i małym stopniem niepełnosprawności istotnie statystycznie różni się od sprawności osób zdrowych. Prędkość chodu dowolna i maksymalna oraz dystans chodu w teście 6MWT w grupie osób będących w początkowym stadium SM ($EDSS \leq 3$) była istotnie niższa w porównaniu do grupy kontrolnej ($p=0,001$). Stwierdzono, że siła mięśni kończyn dolnych oceniana w skurczu izokinetycznym zarówno z prędkością kątową $180^\circ/s$ jak i $300^\circ/s$ była istotnie statystycznie niższa w grupie osób z SM ($EDSS \leq 3$) ($p=0,001$). Wykazano, że sprawność funkcjonalna osób z SM na kolejnych etapach choroby opisanych w skali EDSS istotnie różni się między sobą. Prędkość chodu dowolna i maksymalna w teście 10MWT i 25FWT oraz dystans chodu w teście 6MWT w grupie osób z EDSS 3,5 była istotnie wyższa niż u osób z EDSS 5,5 ($p=0,001$). Również siła mięśni kończyn dolnych oceniana przy pomocy dynamometru izokinetycznego Biodex System 4Pro przy prędkości kątowej $180^\circ/s$ i $300^\circ/s$ wykazała, że osoby będące na zaawansowanym etapie choroby (EDSS 5,5) posiadają istotnie niższą siłę mięśni prostowników i zginaczy niż osoby z EDSS 3,5 ($p=0,001$). Równowaga ciała oceniana przy pomocy Biodex Balance System SD przy oczach otwartych i zamkniętych wykazała, że wszystkie wskaźniki stabilności postawy rosną wraz ze wzrostem zaawansowania choroby. Wyniki analizy są istotne statystycznie ($p=0,001$). Stwierdzono, że czas wykonania testu TUG istotnie wzrastał wraz ze wzrostem punktacji w skali EDSS. Punktacja w skali Berg Balance Scale w grupie osób posiadających ocenę 5,5 w skali EDSS była istotnie niższa niż u osób z EDSS 3,5 ($p=0,001$). Analiza korelacji R rang Spearmana wykazała, że prędkość dowolna i maksymalna chodu istotnie koreluje z siłą mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego. W teście 10MWT wykazano, że wraz ze wzrostem prędkości dowolnej i maksymalnej, wartość mocy średniej generowanej przez mięśnie prostowniki prawego stawu kolanowego ocenianej przy prędkości kątowej $180^\circ/s$ również wzrasta ($p=0,001$). Wykazano, że najsilniejszą i istotną statystycznie korelacją przy prędkości kątowej $300^\circ/s$ jest zależność pomiędzy prędkością dowolną i maksymalną chodu ocenianą w teście 10MWT a parametrem całkowitej wykonanej pracy dla mięśni zginaczy stawu kolanowego lewego ($p=0,001$).

Wnioski. Wykazano, że sprawność funkcjonalna w zakresie prędkości dowolnej i maksymalnej wytrzymałości chodu, izokinetycznej siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego oraz równowagi ciała jest istotnie niższa u osób będących na początkowym etapie SM (EDSS

≤ 3) w porównaniu do grupy kontrolnej. Stwierdzono, że sprawność funkcjonalna istotnie maleje wraz z nasileniem się objawów choroby opisanych w skali EDSS.

Abstract

Introduction. Multiple sclerosis (MS) is a chronically progressive neurodegenerative disease. Focal inflammatory changes in the central nervous system cause the appearance of many functional disorders, including paresis, muscle tension disorders, gait disorders, disturbances in body coordination and balance, and sensory and visual disturbances. The symptoms of MS lead to severe disability, gradually limiting activity and participation. Lower extremity muscle strength in MS has been a common purpose of in many studies, while the relationship between lower extremity muscle strength in MS and gait, body balance and fatigue has not been fully elucidated. Also, only a few studies published so far have focused on a detailed assessment of the functional efficiency of patients with MS in subsequent periods of the disease as described in the EDSS scale. The aim of this study was to assess the relationship between the strength of the muscles of the lower extremities and balance, gait and the level of fatigue in people with MS.

Material and method. A cross-sectional study was conducted from January 2019 to June 2020. Inclusion criteria for the study group included: consent to participate in the study, diagnosis of multiple sclerosis according to McDonald's criteria, relapsing-remitting MS, women and men, age from 18 to 60 years, assessment on the Extended Disability Scale (EDSS) ≤ 6, independent walking or gait with orthopedic support. Exclusion criteria included: cognitive impairment that makes it impossible to understand the questions and instructions during all the assessments provided for in the study, deterioration of health within 30 days before the scheduled test date, severity of symptoms (relapse) of MS within 30 days before the test date, change of pharmacological treatment of MS within 30 days before the test date, treatment with botulinum toxin in the last 6 months before the test date, muscle spasticity of lower extremities greater than 1 plus on the modified Ashworth scale, diseases or injuries other than MS that may disrupt gait or body balance.

A total of 170 people participated in the study, 20 in the pilot study and 150 in the main study. 90 people with MS (study group) and 60 healthy people (control group) were qualified for the main study. People with MS were divided into subgroups according to the severity of symptoms described in the EDSS scale. The study was approved by the Bioethics Committee of the University of Rzeszów and was registered in the Australian New Zealand Clinical Trial Registry. Isokinetic muscle strength was assessed with the use of the Biodex System 4 Pro dynamometric measuring stand, body balance with the use of the TUG test, the Berg scale and

the Biodex Balance System SD platform, free and maximum speed of walking in the 10MWT and 25FWT tests, walking endurance using the 6MWT test and the level of fatigue with the FSS scale.

Results. It has been shown that the functional efficiency of people with MS with moderate and mild disability is statistically significantly different from that of healthy people. Free and maximum gait velocity and walking distance in the 6MWT test in the group of people in the initial stage of MS (EDSS \leq 3) were significantly lower compared to the control group ($p = 0.001$). It was found that the strength of the muscles of the lower limbs assessed in isokinetic contraction at the angular velocity of 180 °/s as well as of 300 °/s was statistically significantly lower in the group of people with MS (EDSS \leq 3) ($p = 0.001$).

It has been shown that the functional efficiency of people with MS at the subsequent stages of the disease described in the EDSS scale differs significantly. Free and maximum walking speed in the 10MWT and 25FWT test and the walking distance in the 6MWT test in the group of persons with EDSS 3.5 was significantly higher than in persons with EDSS 5.5 ($p = 0.001$). Also, the strength of the muscles of the lower extremities assessed in isokinetic contraction at an angular velocity of 180 °/s and 300 °/s showed that people in the advanced stage of the disease (EDSS 5.5) have significantly lower extensor and flexor muscle strength than people with EDSS 3.5 ($p = 0.001$). The stabilometric assessment of the body balance while standing with eyes open and closed showed that all indicators of posture stability increase with the advancement of the disease. The results of the analysis are statistically significant ($p = 0.001$). It was found that the time to perform the TUG test increased significantly with the increase in the EDSS score. The score in the Berg Balance Scale in the group of people with a score of 5.5 on the EDSS scale was significantly lower than in those with an EDSS of 3.5 ($p = 0.001$).

The analysis of the R rang Spearman's correlation showed that the free and maximum velocity of gait significantly correlated with the strength of the extensor and flexor muscles of the knee joint. It has been shown that with the increase of free and maximum velocity , the value of the average power generated by the extensor muscles of the right knee joint assessed at the angular speed of 180 °/s also increases ($p = 0.001$). It has been shown that the strongest and statistically significant correlation at the angular velocity of 300 °/s is the relationship between the free and the maximum gait velocity assessed in the 10MWT test and the total performed work parameter for the flexor muscles of the left knee joint ($p = 0.001$).

Conclusions. It has been shown that functional efficiency in terms of free velocity and maximum gait endurance, isokinetic strength of the knee extensor and flexors muscles and body

balance is significantly lower in patients in the initial stage of MS (EDSS \leq 3) in comparison to healthy ones. The functional efficiency of people with MS significantly decreases with the worsening of the symptoms of the disease described in the EDSS scale, and an important factor contributing to the reduction of the gait function of the body balance and fatigue is the weakening of the strength of the muscles of the lower extremities.

Key words: MS, functional efficiency, gait, balance, strength, fatigue.

Spis tabel

Tabela 1. Występowanie SM na 100 000 osób wg. WHO (dane z 2020 roku).	11
Tabela 2. Powszechne objawy SM.....	19
Tabela 3. Harmonogram badania	45
Tabela 4. Zapis wyników poszczególnych testów do badań własnych.....	55
Tabela 5. Charakterystyka grupy klinicznej.....	57
Tabela 6. Prędkość i dystansu chodu w podgrupie badanej B1 (EDSS \leq 3) SM i grupie kontrolnej	58
Tabela 7. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 180°/s w podgrupie badanej B1 (EDSS \leq 3) i grupie kontrolnej	59
Tabela 8. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 180°/s w podgrupie badanej B1 (EDSS \leq 3) i grupie kontrolnej	60
Tabela 9. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 300°/s w podgrupie badanej B1 (EDSS \leq 3) i grupie kontrolnej	61
Tabela 10. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 300°/s w podgrupie badanej B1 (EDSS \leq 3) i grupie kontrolnej	63
Tabela 11. Równowaga ciała, badana na Biodex Balance System SD przy oczach otwartych w grupie osób w początkowych okresach SM i grupie kontrolnej	64
Tabela 12. Równowaga ciała, badana na Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych w grupie osób w początkowych okresach SM i grupie kontrolnej	64
Tabela 13. Równowaga ciała, badana za pomocą testu TUG i skali Berg w grupie osób w początkowych okresach SM i grupie kontrolnej	65
Tabela 14. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością dowolną chodu w teście 10MWT	66
Tabela 15. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością maksymalną chodu w teście 10MWT	67
Tabela 16. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością dowolną chodu w teście 10MWT	68

Tabela 17. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością maksymalną chodu w teście 10MWT	69
Tabela 18. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością dowolną chodu w teście 25FWT	70
Tabela 19. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością maksymalną chodu w teście 25FWT.....	71
Tabela 20. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością dowolną chodu w teście 25FWT	72
Tabela 21. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a prędkością maksymalną chodu w teście 25FWT.....	73
Tabela 22. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a wytrzymałością chodu w teście 6MWT	74
Tabela 23. Wyniki analizy korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a wytrzymałością chodu w teście 6MWT	74
Tabela 24. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała ocenianej na platformie Biodex Balance System SD przy oczach otwartych.....	76
Tabela 25. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała ocenianej na platformie Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych	77
Tabela 26. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała ocenianej na platformie Biodex Balance System SD przy oczach otwartych.....	79
Tabela 27. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała ocenianej na platformie Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych	80

Tabela 28. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała w teście TUG ..	81
Tabela 29. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała w teście TUG ..	82
Tabela 30. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała w skali Berg	83
Tabela 31. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a równowagą ciała w skali Berg	83
Tabela 32. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (180°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS	84
Tabela 33. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy parametrami izokinetycznej (300°/s) siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego a poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS	85
Tabela 34. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS a równowagą ciała ocenianą za pomocą platformy Biodex Balance System SD przy oczach otwartych.....	86
Tabela 35. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS a równowagą ciała ocenianą za pomocą platformy Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych	86
Tabela 36. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy poziomem zmęczenia ocenianego za pomocą skali FSS a równowagą ciała ocenianą za pomocą testu TUG i skali Berg	87
Tabela 37. Prędkość i dystans chodu u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS.....	88
Tabela 38. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 180 °/s u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS	91
Tabela 39. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 180°/s u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS	92
Tabela 40. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego prawego przy prędkości kątowej 300°/s u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS	93
Tabela 41. Siła mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego lewego przy prędkości kątowej 300°/s u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS	94
Tabela 42. Równowaga ciała, badana na platformie Biodex Balance System SD u osób z SM przy oczach otwartych w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS	95

Tabela 43. Równowaga ciała, badana na platformie Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS	95
Tabela 44. Równowaga ciała w teście TUG i skali Berg u osób z SM w kolejnych okresach choroby opisanych w skali EDSS	96
Tabela 45. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a prędkością dowolną i maksymalną oraz wytrzymałością chodu	97
Tabela 46. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego	97
Tabela 47. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a siłą mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego prawego i lewego	98
Tabela 48. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a równowagą ciała ocenianą za pomocą platformy Biodex Balance System SD przy oczach otwartych	99
Tabela 49. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a równowagą ciała ocenianą za pomocą platformy Biodex Balance System SD przy oczach zamkniętych.....	99
Tabela 50. Wyniki korelacji R rang Spearmana pomiędzy stopniem niepełnosprawności ocenianej za pomocą skali EDSS a równowagą ciała ocenianą w teście TUG i skali Berg ..	100

Spis rycin

Rycina 1. Kwalifikacja pacjentów do badania pilotażowego	41
Rycina 2. Kwalifikacja pacjentów do badania głównego	43
Rycina 3. Zależność pomiędzy prędkością dowolną w teście 10MWT a skalą EDSS w grupie osób z SM.....	88
Rycina 4. Zależność pomiędzy prędkością maksymalną w teście 10MWT a skalą EDSS w grupie osób z SM.....	89
Rycina 5. Zależność pomiędzy prędkością dowolną w teście 25FWT a skalą EDSS w grupie osób z SM.....	89
Rycina 6. Zależność pomiędzy prędkością maksymalną w teście 25FWT a skalą EDSS w grupie osób z SM.....	90

Załączniki

Załącznik 1: Zgoda Komisji Bioetycznej na badania



KOMISJA BIOETYCZNA UNIWERSYTETU RZESZOWSKIEGO
UNIWERSYTET RZESZOWSKI
ul. Warszawska 26 A, 35-205 Rzeszów
tel. (017) 872 19 25

UCHWAŁA Nr 8/10/2018

Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Rzeszowskim

11/10/2018

Komisja Bioetyczna przy Uniwersytecie Rzeszowskim, działając na podstawie art. 29 ust. 3 pkt 2 ustawy z dnia 5 grudnia 1996 roku o zawodzie lekarza (Dz. U. z dnia 26 marca 1997 roku, Nr 28, poz.152), zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11 maja 1999 roku (Dz. U. Nr 47 poz. 480 z 1999 roku) w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania Komisji Bioetycznych, po zapoznaniu się z wnioskiem obejmującym również zgłoszenie badania oraz po wysłuchaniu dodatkowych informacji złożonych przez wnioskodawcę, w wyniku przeprowadzonej dyskusji i głosowania,

postanawia

projekt badawczy: „Ocena zależności pomiędzy siłą mięśniową, równowagą, chodem oraz poziomem zmęczenia u osób chorujących na stwardnienie rozsiane”

zaopiniować pozytywnie.

Uwagi: Uchwała jest ważna na okres objęty planem badań.

Do wiadomości:

Wnioskodawca

Mgr Gabriela Kołodziej, dr hab. n. kf. Mariusz Druźbicki, prof. UR; dr n. o zdr. Agnieszka Guzik

PRZEWODNICZĄCY
KOMISJI BIOETYCZNEJ UR

dr n. med. *Mariusz Dąbrowski*

Załącznik 2: Zgoda pacjenta na udział w badaniu

ŚWIADOMA ZGODA NA UDZIAŁ W BADANIU

Ja niżej podpisany/podpisana oświadczam, że przeczytałem/przeczytałam i zrozumiałem/ zrozumiałam powyższe informacje dotyczące badania klinicznego: „Ocena zależności pomiędzy siłą mięśniową, równowagą, chodem oraz poziomem zmęczenia u osób chorujących na stwardnienie rozsiane” oraz otrzymałem/otrzymałam, satysfakcjonujące mnie odpowiedzi na zadane pytania. Wyrażam dobrowolnie zgodę na udział w tym badaniu i jestem świadomy/świadoma, iż w każdej chwili mogę wycofać zgodę na udział w dalszej części badania klinicznego bez podania przyczyny.

Ponadto wyrażam zgodę na przetwarzanie danych w tym badaniu zgodnie z obowiązującym w Polsce prawem (Ustawa o Ochronie Danych Osobowych z 29.08.1997).

.....
Data i podpis badanego

Załącznik 3: Karta badania pacjenta

KARTA BADANIA PACJENTA

Część I:

1. Płeć:
 - a) Kobieta
 - b) Mężczyzna
2. Miejsce zamieszkania:
 - a) Miasto
 - b) Wieś
3. Wiek:
.....
4. Punktacja w skali EDSS:
.....
5. Postać SM:
.....
6. Kiedy postawiono diagnozę?:
.....
7. Średni czas trwania choroby:
.....
8. Czy przyjmuje Pan/Pani farmakoterapię?:
.....
9. Czy w tej chwili korzysta Pan/Pani z rehabilitacji?:
.....
10. Storna zajęta:
 - a) Prawa
 - b) Lewa

Część II:

Test	Prędkość dowolna (m/s)	Prędkość maksymalna (m/s)
10 MWT		
25-Foot Walk Test		
Testy z jedną próbą		
Time Up and Go Test (s):		
6 MWT (m):		

Załącznik 4: Materiały suplementarne