

Uniwersytet Rzeszowski Wydział Medyczny

’’Wpływ nadciśnienia tętniczego na regulację równowagi ciała’’

Autor: Waldemar Kosiba

Praca doktorska

Promotor: dr hab. prof. UR Sławomir Snela
Rzeszów 2015

Serdeczne podziękowania dla Pana Profesora Sławomira Sneli za zaangażowanie, wyrozumiałość i cenne uwagi, bez których praca ta by nie powstała.

Pracę tę dedykuję mojej rodzinie, a w szczególności Tacie za jego wkład w naszą edukację.

Spis treści

WYKAZ SKRÓTÓW	3
1. WSTĘP	5
2. WPROWADZENIE	6
2.1 Kontrola pionowej postawy ciała	6
2.2 Biomechanika utrzymywania postawy ciała	7
2.3 Nadciśnienie tętnicze	12
2.3.1 Definicja i epidemiologia	12
2.3.2 Wpływ nadciśnienia na układ równowagi	13
2.3.2.1 Nadciśnienie a zmiany w mózgu	13
2.3.2.2 Nadciśnienie a zmiany w narządzie wzroku	17
2.3.2.3 Nadciśnienie a zmiany w narządzie przedsionkowym	18
2.3.2.4 Nadciśnienie a zmiany w mięśniach	19
2.3.2.5 Wpływ starzenia się na nadciśnienie i równowagę ciała	21
2.3.2.6 Nadciśnienie a rozwój demencji i ich wpływ na równowagę	22
2.4 Rola platformy stabilometrycznej w ocenie regulacji postawy ciała	23
3. CEL PRACY I HIPOTEZY BADAWCZE	26
4. MATERIAŁ I METODY	27
4.1 Protokół badania	27
4.2 Grupa badana i kontrolna	31
4.3 Analiza statystyczna	32
5. WYNIKI	34
5.1 Wyniki uzyskane na platformie stabilometrycznej w badaniu I	34
5.2 Wyniki uzyskane na platformie stabilometrycznej w badaniu II po 3 miesiącach	47
5.3 Parametry stabilometryczne uzyskane w grupie osób, które osiągnęły poprawę wartości ciśnienia tętniczego w trakcie badania	58
5.4 Wpływ leków na wyniki uzyskane podczas badania na platformie stabilometrycznej	60
5.5 Wskaźnik asymetrii kończyn	66
6. OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW	69
7. WNIOSKI	78
8. STRESZCZENIE	79
9. SUMMARY	82
10. PIŚMIENNICTWO	85

WYKAZ SKRÓTÓW

ACEI	- inhibitory układu renina-angiotensyna
ANP	- przedsionkowy peptyd natriuretyczny
AP	- ruch rzutu środka ciężkości w kierunku przednio-tylnym
ARB	- inhibitor receptora dla angiotensyny II
ASA	- kwas acetylosalicylowy
ATP	- adenozyno-5'-trójfosforan
BB	- bloker receptora β -adrenergicznego
BMI	- wskaźnik masy ciała
BNP	- mózgowy peptyd natriuretyczny
CA	- leki z grupy blokerów kanału wapniowego
COG	- środek ciężkości ciała
COM	- środek masy ciała
COP	- rzut środka ciężkości ciała na podstawę
COPl	- parametry stabilometryczne uzyskane dla lewej kończyny dolnej
COPp	- parametry stabilometryczne uzyskane dla prawej kończyny dolnej
CTK	- ciśnienie tętnicze
CTKroz	- rozkurczowe ciśnienie tętnicze
CTKsk	- skurczowe ciśnienie tętnicze
D	- leki diuretyczne
EC	- test z oczami zamkniętymi
EO	- test z oczami otwartymi
ESC	- Europejskie Towarzystwo Kardiologiczne
F	- leki obniżające poziom cholesterolu z grupy fibratów
GS	- obszar granicy stabilności postawy
HDL	- frakcja cholesterolu o dużej gęstości
HF	- częstotliwość poruszania się COP
K	- kobieta
LDL	- frakcja cholesterolu o małej gęstości
LKD	- lewa kończyna dolna
LW	- liczba wychyleń COP
M	- mężczyzna
MA	- średnie wychylenie (amplituda) COP

MB - obszar marginesu bezpieczeństwa postawy
MaxAP - maksymalne wychylenie w kierunku przednio-tylnym
MaxAPB - zakres tylnego marginesu bezpieczeństwa
MaxAPF - zakres przedniego marginesu bezpieczeństwa
MaxML - maksymalne wychylenia w kierunku pośrodkowo-bocznym
MF - średnia częstotliwość COP
ML - ruch COP w kierunku pośrodkowo-bocznym
MRI - rezonans magnetyczny
MV - prędkość średnia podczas przemieszczenia COP
NATPOL PLUS - ‘Nadciśnienie tętnicze w Polsce plus zaburzenia lipidowe i cukrzyca’; badanie przeprowadzone w 2002r.
PKD - prawa kończyna dolna
PC - płaszczyzna czołowa ruchu ciała
PS - płaszczyzna strzałkowa ruchu ciała
PTNT - Polskie Towarzystwo Nadciśnienia Tętniczego
S - leki obniżające poziom cholesterolu z grupy statyn
SA - wielkość zakreślonego pola powierzchni przez COP w mm²
SD - odchylenie standardowe
SP - długość drogi, jaką przebywa rzut środka ciężkości ciała na podłoże (COP)
TC - cholesterol całkowity
TG - trójglicerydy
TR 5 mm - czas przebywania COP w okręgu o promieniu 5mm
W - obszar wychwiał
WMHs - zmiany hiperintensywne substancji białej mózgu,
WOBASZ - ‘Wieloośrodkowe Badanie Stanu Zdrowia Ludności’ w latach 2003-2005

1. WSTĘP

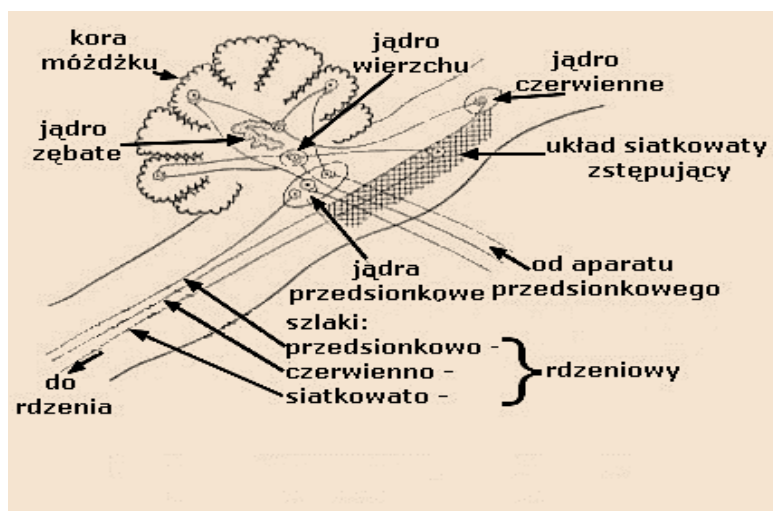
Człowiek swobodnie stojący na dwóch kończynach dolnych kontroluje pozycję pionową ciała poprzez nieznaczne przemieszczenia środka ciężkości ciała (center of gravity - COG) w płaszczyźnie strzałowej i czołowej. Utrzymywanie równowagi odbywa się poprzez ciągłe wykonywanie ruchów korygujących, przywracających właściwe położenie środka ciężkości ciała względem płaszczyzny podparcia. Stopniowa stabilizacja postawy ciała następuje około 8 roku życia, a przyjęcie prawidłowej i w pełni stabilnej sylwetki dokonuje się w okresie dojrzewania organizmu [1]. Za stosunkowo stabilny przedział wieku uważa się okres między 15 a 65 rokiem życia, kiedy rozrzut rzutu środka ciężkości na płaszczyznę podparcia jest najmniejszy, a jego zmiany stosunkowo niewielkie. Kontrola pionowej postawy ciała polega na zastosowaniu odpowiednich strategii ruchowych związanych z przywróceniem i utrzymaniem równowagi w przypadku chwilowej jej utraty. Stabilność postawy zależy więc od szybkości z jaką układ nerwowy potrafi wykryć i skorygować zakłócenie stabilności oraz wykonać program ruchowy przeciwdziałający utracie równowagi. Umiejętność skutecznej i szybkiej kompensacji działania bodźców destabilizujących podczas regulacji równowagi ulega stopniowemu osłabieniu pod wpływem nadciśnienia. Podwyższone ciśnienie tętnicze krwi zakłóca napływające do ośrodkowego układu nerwowego informacje, co zaburza kontrolę i korektę położenia środka ciężkości przez zmianę położenia ciała. Złożona struktura układu równowagi powoduje, że upośledzenie funkcji jednej jego składowej jest przez dłuższy czas skutecznie kompensowane przez pozostałe i nie zawsze od początku wiąże się z jej kliniczną manifestacją. Wystąpienie nadciśnienia upośledza działanie układu sterującego lub wykonawczego, co znajduje swoje odbicie w zmianach stabilności postawy i może przyspieszać pojawienie się pierwszych symptomów utraty kontroli nad równowagą ciała oraz pogarszać ją wraz z wiekiem. Czas ekspozycji na podwyższone wartości ciśnienia tętniczego krwi w połączeniu z indywidualnymi cechami osobniczymi przekłada się na różny obraz zaburzeń równowagi. Źle kontrolowane nadciśnienie tętnicze wpływa na układ równowagi zaburzając ukształtowany na przestrzeni całego życia wzorzec stabilnej postawy ciała, przez co prowadzi do wcześniejszej utraty jej kontroli. Posturografia statyczna jest obiektywną metodą oceny stanu czynnościowego narządu równowagi człowieka, w której obserwuje się przemieszczania się rzutu środka ciężkości badanej osoby podczas swobodnego stania na platformie stabilometrycznej.

2. WPROWADZENIE

2.1 Kontrola pionowej postawy ciała

W trakcie rozwoju filogenetycznego człowiek zyskał wyprostowaną pozycję ciała i chód dwunożny. Wpłynęło to na przesunięcie położenia środka ciężkości ciała i zmniejszenie powierzchni podparcia, a w następstwie zmniejszenie stabilności postawy ciała [2]. Kontrola pionowej pozycji ciała przebiega w sposób autonomiczny i nieświadomy poprzez mechanizmy odruchowe równoważąc przemieszczanie się środka ciężkości ciała.

Stabilna postawa ciała wymaga analizy bodźców z trzech układów sensorycznych: wzrokowego, prioprioreceptywnego i przedsionkowego [3]. Informacje o zmianie położenia środka ciężkości ciała analizowane są przez ośrodkowy układ nerwowy, a w odpowiedzi aktywowane są ośrodki układu ruchu, przez co następuje korekcja postawy ciała. Narząd wzroku ocenia ustawienie oczu i głowy w stosunku do otoczenia. Receptory czucia głębokiego, przez rejestrację stopnia napięcia mięśni kontrolujących ruchomość stawów oraz pomiar nacisku stóp na podłoże, informują o ustawieniu poszczególnych części ciała w stosunku do siebie i do podłoża [4]. Układ przedsionkowy informuje o przyspieszeniach, których doznaje głowa na skutek działania sił zewnętrznych [5]. Integracja impulsów nerwowych z wymienionych układów odbywa się dzięki połączeniom jąder przedsionkowych z mózdzkiem, narządem przedsionkowym, motoneuronami rdzenia kręgowego, jądrami nerwów okoruchowych, korą mózgową, jądrami przedsionkowymi strony przeciwnej oraz układem siatkowatym [6]. Poprzez szlak przedsionkowo-rdzeniowy boczny, przedsionkowo-rdzeniowy przyśrodkowy oraz siatkowo-rdzeniowy jądra przedsionkowe regulują napięcie i odruchy mięśniowe [7]. Aktywacja włókien nerwowych szlaku przedsionkowo-rdzeniowego bocznego powoduje pobudzenie motoneuronów prostowników oraz hamowanie motoneuronów zginaczy po tej samej stronie, natomiast szlak przedsionkowo-rdzeniowy przyśrodkowy, kończący się na poziomie szyjnych segmentów rdzenia kręgowego, bierze udział w koordynacji odruchów szyjno-predsionkowo-okoruchowych [8]. Układ przedsionkowy poprzez odruchy przedsionkowo-oczne stabilizuje spojrzenie, a poprzez odruchy przedsionkowo-rdzeniowe wpływa na czynność mięśni szkieletowych. Jego wpływ na mięśnie podlega kontroli mózdzku, który reguluje zakres odpowiedzi na zadziałany bodziec oraz stanowi ośrodek koordynacji ruchów, zbierający informacje ze wszystkich somatoreceptorów ciała (ryc.1).



Rycina 1. Połączenia zapewniające współdziałanie mózdzku i narządu równowagi. Koordynatorem pobudzeń z narządu przedsionkowego, rdzenia kręgowego, mózdzku, kory mózgowej oraz wzgórka górnego blaszki czworaczej jest układ siatkowaty [9]. Jądra przedsionkowe poprzez połączenia nerwowe z jądrami motorycznymi

mięśni gałek ocznych zapewniają odruchową regulację ich ustawienia i orientację w przestrzeni. Szlaki zstępujące przekazują informację korygującą zaburzenie równowagi do narządów efektorowych.

Podstawą aktywności ruchowej, służącej utrzymaniu stabilnej, pionowej postawy ciała są odruchy. Uzyskanie i utrzymanie pozycji pionowej możliwe jest dzięki odruchom prostowania, a integracja tych odruchów ma miejsce na poziomie mostu i śródmózgowia. Odruchy równowagi powstają na wyższych piętrach centralnego systemu nerwowego i są integrowane na poziomie kory mózgowej, do której docierają informacje z jąder podkorowych i mózdzku. Polegają one na wykonywaniu odpowiednich, korekcyjnych ruchów głowy, kończyn i tułowia przeciwdziałając utracie równowagi [10,11].

2.2 Biomechanika utrzymywania postawy ciała

Ocenę kontroli stabilności postawy można rozpatrywać w trzech kategoriach: biomechanicznej, koordynacyjnej oraz organizacyjnej. Ocena biomechaniczna koncentruje się na sprawności narządu ruchu. Swobodne stanie w pozycji wyprostowanej traktuje się jako coś naturalnego, niewymagającego wysiłku i zaangażowania. Złożoność procesu kontroli równowagi dostrzegana jest dopiero w przypadku jej upośledzenia, kiedy pojawia się niestabilność, która w skrajnych przypadkach prowadzi do upadku. Z tego powodu głównym celem naukowców stało się wczesne wykrywanie deficytu równowagi, szczególnie u osób w starszym wieku, u których upadek wiąże się ze znacznym pogorszeniem jakości życia [12,13].

W literaturze spotykamy określenie równowagi posturalnej wymiennie stosowane ze stabilnością. Równowaga to pewien określony stan układu posturalnego, który charakteryzuje pionowa orientacja ciała osiągnięta dzięki zrównoważeniu działających na ciało sił oraz ich momentów. Tak zdefiniowana równowaga opisuje stan narządu ruchu w warunkach statycznych. Równowagę zapewnia układ nerwowy poprzez sterowanie odruchami odpowiednich grup mięśniowych nazywanych mięśniami posturalnymi lub antygrawitacyjnymi. Stabilność jest szerszym pojęciem i oznacza zdolność do odzyskiwania stanu równowagi, czyli aktywnego przywracania typowej pozycji ciała utraconej w wyniku zadziałania czynników destabilizujących. Wrażliwość postawy na działanie bodźców destabilizujących określa się mianem stabilności funkcjonalnej. Upośledzenie stabilności spowodowane chorobą lub starzeniem się organizmu jest zaliczane do zmian strukturalnych. Stabilność strukturalna odnosi się więc do oceny jakości sterowania postawą i najczęściej badamy ją w warunkach swobodnego stania przy otwartych i zamkniętych oczach [14]. Za wyznacznik stabilności postawy stojącej przyjmuje się położenie rzutu środka ciężkości ciała na podstawę (center of pressure – COP) względem granic pola podparcia. Ciągła kontrola, na różnych poziomach układu nerwowego, jego położenia zapewnia stabilną postawę. Sygnały sensoryczne docierają z układów: przedsionkowego, wzrokowego, proprioceptywnego oraz z mechanoreceptorów skóry. W oparciu o te sygnały możemy mówić o zewnętrznym układzie referencyjnym, na który składają się pole grawitacyjne i bodźce wzrokowe oraz wewnętrznym, czyli receptorach mięśniowych, ścięgowych, stawowych i skórnych [15]. Centralny system nerwowy w oparciu o informacje o wzajemnym położeniu części ciała w przestrzeni, monitoruje odchylenia od stanu równowagi i przekazuje zwrotnie do mięśni sygnały korygujące równowagę.

Poszczególne układy sensoryczne realizują swoje zadanie w oparciu o inne sygnały i w różny sposób wpływają na postawę. Układ przedsionkowy ocenia położenie głowy względem kierunku działania siły grawitacji. Wzrok uczestniczy w orientacji przestrzennej, a przez wyspecjalizowane zespoły neuronów wrażliwych na pionową i poziomą orientację bodźców, dostarcza informacji o położeniu ciała [16]. Istotny wpływ na jakość kontroli równowagi ma prędkość przewodnictwa sygnałów w układzie nerwowym. Reakcje posturalne przebiegają z pewnym opóźnieniem, tzw. czasem latencji. Jest to różnica czasowa pomiędzy zadziałaniem bodźca zakłócającego a początkiem reakcji ruchowej przywracającej stabilną pozycję ciała.

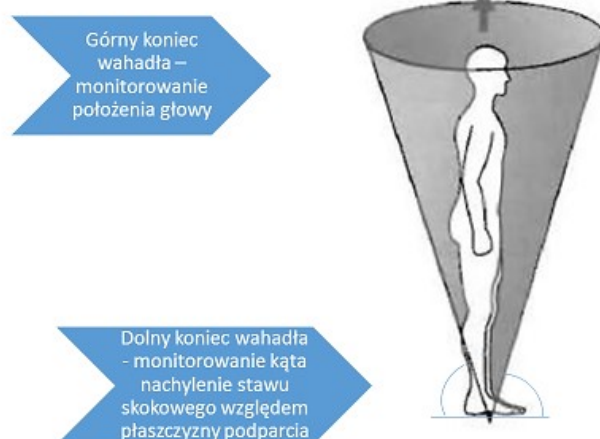
Wyróżniamy trzy strategie odzyskiwania równowagi:

- stawu skokowego, kiedy niewielkie zaburzenie równowagi u osoby stojącej na sztywnym podłożu powoduje sekwencję reakcji rozpoczynającą się od skurczu mięśni stawu skokowego.
- stawu biodrowego - u osób stojących na wąskim podłożu sekwencja reakcji zaczyna się od aktywności mięśni ud i tułowia, przenosząc się w dół na mięśnie kończyn dolnych. Zaangażowane w nią są głównie mięśnie zginające i prostujące staw biodrowy, a w mniejszym stopniu mięśnie kontrolujące czynność stawu skokowego. W efekcie następuje zgięcie stawów biodrowych i pochylenie tułowia do przodu.
- strategia kroku – w przypadku zadziałania silnego bodźca destabilizującego wykonanie kroku zapobiega upadkowi.

Rodzaj pojawiającej się strategii zależy od wielkości powierzchni podstawy, stopnia wychyleń środka ciężkości oraz prędkości kątowej tych wychyleń. W strategii stawu skokowego podstawową akcją przywracającą równowagę postawy stojącej jest zmiana napięcia mięśnia trójgłowego łydki i piszczelowego przedniego pod wpływem zmiany kąta stawu skokowego [17]. Odruch na rozciąganie mięśnia przeciwdziała dalszemu rozciąganiu mięśni stabilizujących staw skokowy i pojawia się najszybciej. Jednak jako pojedynczy mechanizm nie ma większego znaczenia funkcjonalnego, ponieważ reakcja ta nie jest adekwatna do siły działającego bodźca destabilizującego. Znacznie wolniej przebiega reakcja w odpowiedzi na bodźce zakłócające, sygnalizowane przez narząd przedsionkowy, czy bodźce wzrokowe. Jest jednak dokładniejsza i dostarcza ważnych informacji, w oparciu o które następuje odpowiedź korygująca zakłócenie stabilności.

Złożoność systemu równowagi pozwala na zwiększenie prawdopodobieństwa utrzymania stabilnej postawy [18]. Z biomechanicznego punktu widzenia ciało składa się z wielosegmentowego łańcucha kinematycznego, który w warunkach statycznych przypomina odwrócone wahadło (ryc.2). Środek ciężkości rzutuje się na poziomie drugiego kręgu krzyżowego. Celem stabilności mechanicznej postawy stojącej jest utrzymanie COG w centrum pola podparcia (ryc.3). W czasie spokojnego stania każda aktywność organizmu np. oddychanie czy toniczna aktywność mięśni antygrawitacyjnych powoduje niewielkie zakłócenia równowagi obserwowane jako odchylenia COG od jego normalnego położenia. Kierunek i szybkość tych wychwiał ma charakter chaotyczny i dzieje się poza naszą świadomością, a układ nerwowy koryguje je dopiero gdy odchylenie COG przekroczy pewną wartość progową.

Wartość ta zależy od prawidłowego działania poszczególnych układów zaangażowanych w kontrolę równowagi ciała, ich progów czułości (wzorców wyuczonych podczas życia) oraz opóźnień transmisji sygnałów w układzie nerwowym.

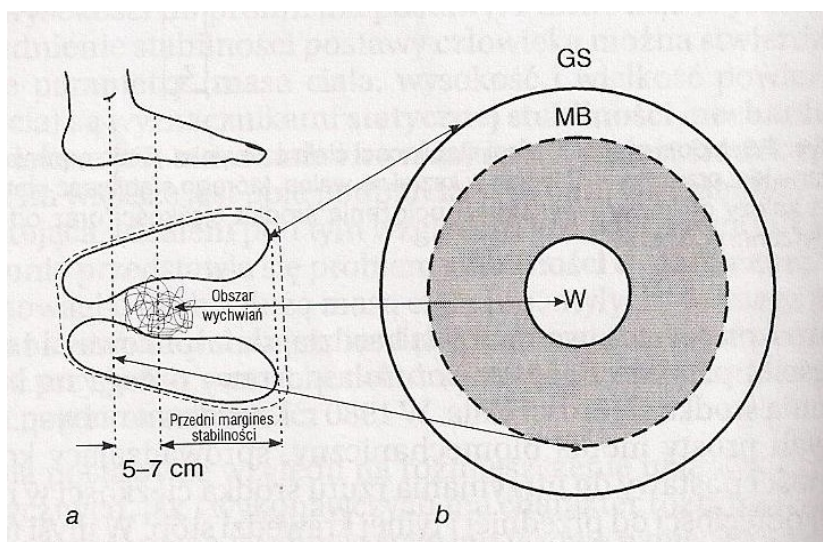


Rycina 2. Najprostszym modelem postawy stojącej jest model wahadła odwróconego. W tym ujęciu stabilność w pozycji pionowej zachowana jest poprzez bezpośrednie monitorowanie kąta nachylenia wahadła względem płaszczyzny podparcia. Odchylenia postawy od pionu sygnalizowane są u człowieka jako zmiany napięcia i długości mięśni,

zmiany kątów stawowych i rozkładu nacisku na powierzchni stóp, co wraz z informacjami z narządu przedsionkowego i wzroku, pozwala na ocenę położenia ciała w przestrzeni.
[materiał własny]

W posturografii statycznej ocenę równowagi przeprowadza się najczęściej na podstawie analizy drobnych, mimowolnych ruchów środka ciężkości ciała w czasie spokojnego stania. Ruchy te mogą być rejestrowane za pomocą platform wyposażonych w czujniki elektryczne mierzące siły i momenty nacisku stóp na podłoże. Na podstawie zebranych danych komputer wylicza położenie środka nacisku stóp na podłoże (COP), który w warunkach statycznych jest rzutem ogólnego środka ciężkości ciała na płaszczyznę podparcia [19]. Szczegółowe analizy sygnału COP wykazały, że główną jego składową są przemieszczenia COG (97%), a pozostałą część stanowią dodatkowe szybkozmienne składowe związane z aktywną kontrolą równowagi [20]. Obydwa sygnały posturograficzne COP i COG można rejestrować jednocześnie wykorzystując połączenie systemu videokomputerowego i platformy tensometrycznej. Otrzymaną różnicę pomiędzy zapisami COP i COG stanowi sygnał sterujący odpowiedzialny za utrzymywanie stabilnej postawy.

Dwuwymiarowy zapis przebytej drogi przez COP w badaniu na platformie stabilometrycznej nazywany jest posturogramem lub statokineziogramem. Kierunek wychwiał oznacza się jako X w płaszczyźnie strzałkowej (PS) i Y w płaszczyźnie czołowej (PC).



Rycina 3. a) W czasie spokojnego stania rzut środka ciężkości znajduje się około 4-5 cm do przodu od linii łączącej kostki boczne obu stawów skokowych.

Za powierzchnię podparcia przyjmuje się pole wyznaczone powierzchnią stóp.

b) Rzeczywistą granicę stabilności postawy

oddziela od granicy mechanicznej, czyli krawędzi stóp (GS), obszar nazywany marginesem bezpieczeństwa (MB). Wielkość tego marginesu uzależniona jest od wydolności układu utrzymywania równowagi. Zwiększenie tego marginesu bezpieczeństwa pozwala na wcześnie wykrycie zakłócenia równowagi, a tym samym daje więcej czasu na odpowiedź ruchową przywracającą równowagę [14].

Wyznacznikiem statycznej stabilności mechanicznej ciała człowieka są jego masa, wysokość i wielkość powierzchni podparcia. Dokładność z jaką utrzymywany jest COG w tym położeniu jest czułym wskaźnikiem jakości kontroli postawy. Pogorszenie stabilności wiąże się zwykle ze zwiększeniem zakresu wychwiał. Model heurystyczny kontroli pionowej postawy ciała zakłada, że układ nerwowy kontroluje stabilność poprzez kontrolę położenia COG. Niewielkie odchylenie COG od położenia referencyjnego, poprzez automatyczne korekty posturalne, powoduje jedynie minimalne jego przemieszczenia (strategia odzyskiwania równowagi stawu skokowego i biodrowego). Jeżeli jednak COG znajdzie się w obszarze marginesu bezpieczeństwa korekta położenia COG następuje poprzez realizację prostego programu ruchowego zwanego strategią kroku [21,22]. Proces odzyskiwania równowagi zachodzi więc w sposób sekwencyjny i zależy od charakterystyki zakłócającego bodźca.

2.3 Nadciśnienie tętnicze

2.3.1 Definicja i epidemiologia

Ciśnienie tętnicze (CTK) jest wynikiem nacisku, jaki krew wywiera na ściany tętnic. Jest zależne od pracy serca, sprężystości ścian naczyń oraz objętości i gęstości krwi. Zwiększenie ryzyka powikłań sercowo-naczyniowych, związane z podwyższonym ciśnieniem tętniczym, ma charakter ciągły i rozpoczyna się już od wartości ciśnienia uznawanych za tzw. „wysokie prawidłowe” [23]. Podstawą rozpoznania nadciśnienia tętniczego jest prawidłowo wykonany pośredni pomiar ciśnienia tętniczego. Podział nadciśnienia tętniczego w zależności od uzyskanych wartości zawarto w tabeli 1. Nadciśnienie tętnicze z uwagi na ścisły związek z ryzykiem poważnych incydentów i zgonów sercowo-naczyniowych stanowi chorobę o charakterze społecznym [24]. Według Polskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego (PTNT) nadciśnienie tętnicze rozpoznajemy, jeśli:

- 1) średnie wartości CTK (wyliczone na podstawie co najmniej dwóch pomiarów dokonanych podczas co najmniej dwóch różnych wizyt), są równe lub wyższe niż 140 mmHg dla ciśnienia skurczowego (CTKsk) i/lub 90 mmHg dla ciśnienia rozkurczowego (CTKroz).
- 2) średnie wartości CTK (wyliczone z dwóch pomiarów dokonanych podczas jednej wizyty), są równe lub wyższe niż 180 mmHg dla CTKsk i/lub 110 mmHg dla CTKroz, po wykluczeniu czynników podwyższających wartości ciśnienia, na przykład: lęku, bólu, spożycia alkoholu.
- 3) na podstawie wiarygodnych danych z wywiadu lub dokumentacji pacjenta (wartości CTK lub fakt zażywania leków hipotensyjnych) [25].

Tabela 1. Podział nadciśnienia tętniczego według Polskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego.

Stopień nadciśnienia	Skurczowe (mmHg)	i / lub	Rozkurczowe (mmHg)
Optymalne	< 120	i	< 80
Prawidłowe	120 – 129	i / lub	80 – 84
Wysokie prawidłowe	130 – 139	i / lub	85 – 89
Nadciśnienie tętnicze 1. stopnia	140 – 159	i / lub	90 – 99
Nadciśnienie tętnicze 2. stopnia	160 – 179	i / lub	100 – 109
Nadciśnienie tętnicze 3. stopnia	≥ 180	i / lub	≥ 110
Izolowane nadciśnienie tętnicze skurczowe	≥ 140	i	<90

Nadciśnienie tętnicze jest głównym problem zdrowotnym na świecie. Szacuje się, że około 1 miliard osób na świecie choruje na nadciśnienie, a około 7 milionów umiera rocznie z jego powodu. Nadciśnienie częściej występuje w krajach rozwiniętych, ale obecnie również kraje rozwijające się notują wzrost zachorowań. Związane jest to z wydłużeniem życia, otyłością oraz negatywnymi zmianami nawyków żywieniowych [26]. Rozpowszechnienie nadciśnienia tętniczego w Polsce, oceniane na podstawie aktualnych kryteriów diagnostycznych PTNT, wynosi 32% całej populacji do 80 rż., w tym u kobiet (K): 29% i u mężczyzn (M): 35%, a włącznie z osobami najstarszymi sięga 34%. Na nadciśnienie tętnicze choruje w naszym kraju 10,5 mln osób. Wśród nich 3,1 mln nie wie, że ma nadciśnienie, a jedynie 2,7 mln jest skutecznie leczonych. Wykrywanie i kontrola nadciśnienia tętniczego są istotnie gorsze u mężczyzn niż u kobiet [27]. Częstość występowania nadciśnienia tętniczego w Polsce rośnie z wiekiem. U osób w wieku ponad 80 lat u prawie $\frac{3}{4}$ populacji stwierdza się nadciśnienie. Wykrywalność, czyli odsetek osób z nadciśnieniem tętniczym, które są świadome choroby, oceniono w badaniu NATPOL PLUS w 2002 r. na 66% (K: 73%, M: 60%) [28]. Podobne dane uzyskano w badaniu WOBASZ, w którym nadciśnienie nie było wcześniej wykryte u 28% kobiet i 45% mężczyzn [29]. W połowie ubiegłej dekady w Polsce leczyło się 56% spośród ogółu chorych z nadciśnieniem tętniczym (K: 63%, M: 48%). W 2011r. wykrywalność nadciśnienia tętniczego nie uległa istotnej poprawie i wynosiła 70%. Rozpowszechnienie nadciśnienia tętniczego w tym roku w Polsce było podobne jak w Czechach, Rumunii i Portugalii, o 8-9% większe niż w Turcji i we Włoszech, zaś o 3% mniejsze niż w Stanach Zjednoczonych [30,31].

2.3.2 Wpływ nadciśnienia na układ równowagi

2.3.2.1 Nadciśnienie a zmiany w mózgu

Przewlekłe nadciśnienie tętnicze predysponuje do remodelingu naczyniowego, w tym mózgowego, zaś najczęstszą przyczyną zawrotów głowy i zaburzeń równowagi są zmiany naczyniowe [32]. Szczyt zachorowań przypada na wiek 50-60 lat. Wykazano istotną zależność między zmianami w przepływie krwi w naczyniach szyjnych i kręgowych a poziomem uszkodzenia błędniaka, który jest jednym z głównych ośrodków układu równowagi. W badaniach Pośpiech i wsp. oraz Zajdel i Hydzik-Sobocińskiej

osoby z zaburzeniami naczyniowymi stanowiły najliczniejszą, bo 86 procentową grupę badanych [33,34].

W nadciśnieniu tętniczym naczynia mózgowe celem utrzymania stałego przepływu krwi adaptują się do wyższych wartości ciśnienia poprzez odpowiednią redukcję światła. We wczesnej fazie nadciśnienia tętniczego prędkość przepływu mózgowego nie różni się istotnie od wartości stwierdzanych u osób zdrowych. Przewlekłe trwające nadciśnienie tętnicze powoduje zaburzenia zależnej od śródbłonka relaksacji i napięcia spoczynkowego naczyń mózgowych. Poziom nadciśnienia tętniczego, zmniejszając prędkość przepływu mózgowego w tętnicy środkowej mózgu, w istotny sposób wpływa na wskaźnik pulsacji i wskaźnik oporowy. Są one wykładnikami obwodowego oporu naczyniowego w układzie naczyń mózgowych [35]. Zhang i wsp. wykazali, że długość trwania nadciśnienia tętniczego znacząco wpływa na te parametry przepływu mózgowego. W grupie pacjentów z nadciśnieniem tętniczym, którego okres trwania wynosił 5 lub więcej lat, średnia prędkość przepływu w tętnicy środkowej mózgu wykazała niższe wartości w porównaniu z osobami o krótszym czasie trwania choroby. Maksymalna skurczowa prędkość przepływu również była znacząco mniejsza w grupie osób z wywiadem nadciśnienia dłuższym niż 5 lat [36]. Hausdorff i wsp. sugerują, że związane z wiekiem zaburzenia kontroli równowagi u osób z nadciśnieniem są większe niż w grupie osób w podobnym wieku, ale bez wykrytego nadciśnienia. Pomimo, że w obu grupach parametry równowagi i chodu były relatywnie dobre, w grupie bez nadciśnienia stwierdzono niewielkie, lecz znacząco dodatnie różnice a kontrola postawy była w niej skuteczniejsza. Wzrost wartości CTK wiązał się z istotnym statystycznie pogorszeniem równowagi i zaburzeniami chodu np. w teście „wstań i idź” [37].

Z drugiej strony wiele kontrowersji budzi leczenie hipotensyjne osób w podeszłym wieku. Gwałtowne obniżanie średniego ciśnienia tętniczego krwi u osób z wieloletnim nadciśnieniem tętniczym, głównie w trakcie włączania leczenia, powoduje spadek przepływu mózgowego. Prowadzi to do hipoperfuzji mózgu i w konsekwencji zaburzeń równowagi. Nadmierny spadek ciśnienia może być powikłany utratą przytomności, upadkiem, czy zaburzeniami funkcji poznawczej. Z tego powodu rzadko osiąga się docelowe wartości ciśnienia tętniczego w tej grupie chorych [38,39]. Vorstrup i wsp. na modelach zwierzęcych wykazali możliwość przywrócenia prawidłowych zakresów autoregulacji w wyniku długotrwałej terapii hipotensyjnej [40]. Badania, w których analizowano zmiany przepływu mózgowego w trakcie powolnego i

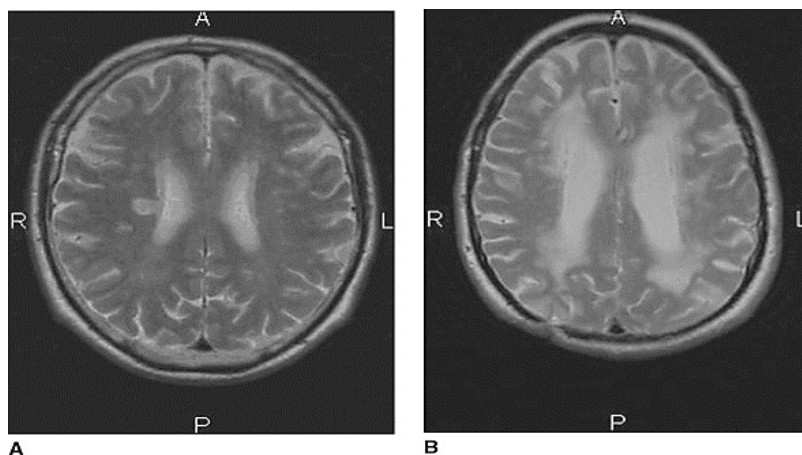
kontrolowanego obniżania ciśnienia, wskazują że normotensja u osób w podeszłym wieku może być uzyskana bez negatywnego wpływu na przepływ mózgowy i jego autoregulację. Po sześciu miesiącach efektywnego leczenia obserwowano wręcz znaczący wzrost prędkości przepływu mózgowego i podatności tętnic szyjnych [41].

Encefalopatia nadciśnieniowa, czyli uszkodzenie komórek mózgu w wyniku skoków ciśnienia tętniczego związana jest z nadmiernym krążeniem mózgowym krwi. Krążenie mózgowe charakteryzuje się małym oporem naczyniowym, przez co jest szczególnie podatne na skoki ciśnienia. W trakcie nagłego wzrostu ciśnienia tętniczego, może wystąpić podostry naczyniopochodny obrzęk mózgu prowadzący do nieodwracalnych zmian niedokrwiennych oraz obrzęku cytotoksycznego, szczególnie w okolicy struktur tylnego dołu czaszki [42]. Pulsacyjne fale wywołane nadciśnieniem tętniczym przemieszczają się z aorty na naczynia mózgowe ograniczone zamkniętą strukturą czaszki od zewnątrz. Powoduje to uszkodzenie mózgu pod postacią hiperintensywności istoty białej (WMHs) stwierdzanych w badaniu rezonansu magnetycznego (MRI). Encefalopatia uważana jest za mechanizm powodujący lakunarne WMHs w istocie białej pól potylicznych i tylnych obszarów pól ciemieniowych. W przeciwieństwie do głębokich podkorowych WMHs, które najczęściej mają pochodzenie niedokrwienne [43]. Zarówno wiek jak i nadciśnienie predysponują do wystąpienia WMHs i zaniku mózgu. Rosano i wsp. wykazali związek między zaburzeniami chodu, chorobami istoty białej i nadciśnieniem tętniczym. Stwierdzono znaczącą różnicę między pacjentami, którzy chorowali na nadciśnienie, a grupą kontrolną. Wartości ciśnienia tętniczego krwi i hipercholesterolemii w badanych grupach były podobne, ale w grupie z nadciśnieniem większy odsetek osób, niż w grupie kontrolnej, przeżył upadek w poprzednim roku. Podobnie jak w innych badaniach WMHs stwierdzone w rezonansie magnetycznym były częstsze u pacjentów z zaburzeniami chodu [44]. Połączenie WMHs oraz zaburzeń chodu wiązało się ze złym rokowaniem u tych chorych.

Patologiczne zmiany ścian naczyń pod postacią ich szkliwienia, stwardnienia i tworzenia się mikrotętniaków, prowadzą do przewlekłego niedokrwienia, następstwem czego jest demielinizacja oraz tworzenie się małych ognisk niedokrwiennych. Mikrotętniaki i osłabienie struktury ściany małych naczyń są przyczyną krwotoków wewnątrzmożgowych. W warunkach zwiększonego ciśnienia może dojść do pęknięcia malformacji naczyniowej, a nawet prawidłowego naczynia, co prowadzi do krwawienia i w tym mechanizmie uszkodzenia tkanki mózgowej. Szacuje się, że nawet połowa

przypadków udaru krwotocznego jest bezpośrednim następstwem nadciśnienia tętniczego [45].

Nadciśnienie tętnicze prowadzi do migotania przedsionków czy niewydolności serca. Stanowi również wtórnie niezależny czynnik ryzyka udaru mózgu (ryc.4). Ryzyko to u chorujących na nadciśnienie zwiększa się szczególnie u młodszych osób w wieku 45-54 lat.



Rycina 4. Nadciśnienie tętnicze to jedna z głównych przyczyn zmian miażdżycowych w tętnicach domózgowych i mózgowych odpowiedzialnych za wystąpienie udaru niedokrwiennego mózgu, manifestujących się zwykle połowicznym niedowładem i trwałym

pogorszeniem sprawności. Zmiany w dużych naczyniach prowadzą do udaru obejmującego rozległe obszary unaczynione przez główne tętnice mózgowe. Wieloletnie nadciśnienie tętnicze prowadzi również do arteriopatii nadciśnieniowej obejmującej drobne naczynia mózgowe. (A) Obraz MR pokazujący pojedynczy zawał lakunarny w prawej półkuli mózgu. (B) obraz MR T2-zależny pokazujący okołokomorowe obszary hiperintensywności istoty białej mózgu w przebiegu nadciśnieniowej mikroangiopatii naczyń mózgu [46].

Niekorzystne znaczenie prognostyczne dla ryzyka udaru mózgu mają nie tylko wysokie wartości skurczowego lub rozkurczowego ciśnienia tętniczego, ale także duża jego zmienność tj. wahania. Skurczowe ciśnienie tętnicze jest silniejszym czynnikiem ryzyka udaru mózgu w porównaniu z ciśnieniem rozkurczowym. Szacuje się, że redukcja ciśnienia skurczowego średnio o 10-12 mmHg lub ciśnienia rozkurczowego o 5-6 mmHg powoduje zmniejszenie ryzyka udaru mózgu o 40%. Obserwuje się, że nawet w przypadku chorych z ciśnieniem tętniczym w granicach wartości prawidłowych odnotowuje się dodatnią korelację wartości ciśnienia tętniczego z ryzykiem udaru [47].

2.3.2.2 Nadciśnienie a zmiany w narządzie wzroku

Trzy podstawowe grupy receptorów odpowiedzialnych za zbieranie informacji wykorzystywanych w procesie kontroli równowagi to:

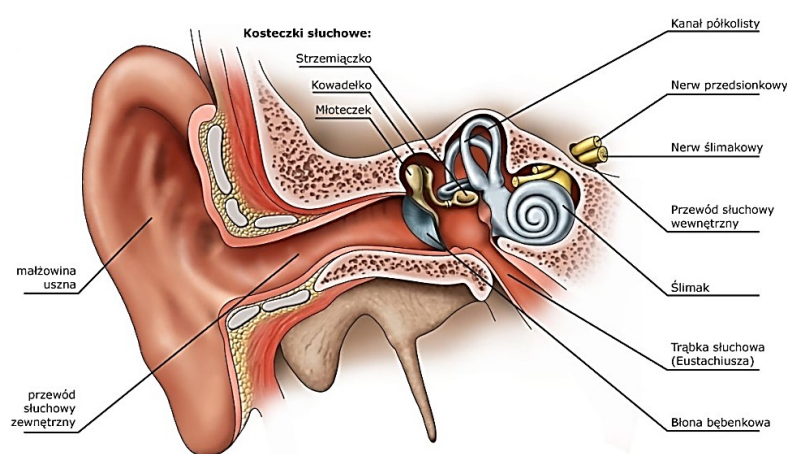
- wzrok,
- układ przedsionkowy,
- układ proprioreceptorów.

Sygnały odbierane przez te struktury są źródłem informacji o pozycji ciała oraz jego orientacji względem zewnętrznego i wewnętrznego układu odniesienia. Wzrok oraz system przedsionkowy są układami lokalnymi monitorującymi położenie głowy w przestrzeni. Proprioreceptory tworzą sieć czujników obejmujących całe ciało. Każda z tych struktur zbiera inny rodzaj informacji, inaczej wpływając na kontrolę równowagi. W układzie wzroku znajdują się wyspecjalizowane zespoły neuronów wrażliwych na pionową i poziomą orientację bodźców. Na tej podstawie ustalana jest prawidłowa orientacja ciała. Mikro- i makroangiopatia stanowią odległe powikłania nadciśnienia tętniczego, szczególnie źle kontrolowanego. Wywołane chorobą nadciśnieniową zmiany w obrębie narządu wzroku początkowo mają postać jedynie odcinkowego skurczu naczyń tętniczych. Zwężenie światła tętniczek siatkówkowych jest najbardziej stałym objawem przewlekłe podwyższonego ciśnienia tętniczego krwi [48]. Z czasem pojawiają się uszkodzenia ścian naczyń tętniczych i żylnych, w wyniku których dochodzi do przecieków naczyniowych. Załamanie bariery naczyniowo-siatkówkowej razem z zaburzeniami ogólnej hemodynamiki przyczyniają się do zmian w tkance siatkówki. W efekcie uszkodzenia naczyń, w siatkówce pojawiają się: wybroczyny, wysięki związane z przedostawaniem się z krwi lipidów lub z zawałem siatkówki oraz obrzęk siatkówki. W końcu może dojść do obrzęku tarczy nerwu wzrokowego. Jeśli nadciśnienie ma charakter długotrwały następuje przerost włókien warstwy mięśniowej, zeszkliwienie błony wewnętrznej i proliferacja śródbłonna [49]. Zmiany dotyczące wyłącznie ściany naczyń krwionośnych zwykle nie powodują pogorszenia widzenia. Przerwanie ciągłości naczyń w siatkówce z wybroczynami i obrzękiem, zwłaszcza, jeśli dochodzi do nich w najważniejszym dla widzenia obszarze siatkówki, jakim jest plamka, prowadzi do upośledzenia ostrości widzenia, wyginania się obserwowanych linii prostych i ubytków w polu widzenia. Najważniejszym sposobem zapobiegania retinopatii nadciśnieniowej i innym powikłaniom nadciśnienia tętniczego w oku jest konsekwentne leczenie samego nadciśnienia [50,51].

Zmiany w narządzie wzroku uwzględniały m.in. przekrojowe badania populacyjne prowadzone w ramach programu The Singapore Malay Eye Study. Na podstawie komputerowej analizy cyfrowej fotografii siatkówki wykazano, że podwyższone ciśnienie krwi współistnieje z szerokim spektrum zmian strukturalnych w obrębie naczyń siatkówki, a ilość obserwowanych zmian zwiększa się wraz ze wzrostem wartości ciśnienia tętniczego krwi. Pogorszenie wzroku stanowi niezależny czynnik, który znacząco upośledza kontrolę pionowej postawy ciała i wiąże się z pogorszeniem równowagi [52].

2.3.2.3 Nadciśnienie a zmiany w narządzie przedsionkowym

Układ przedsionkowy służy do właściwego utrzymywania położenia głowy względem kierunku działania siły ciężkości. Realizuje więc zadanie orientacji przestrzennej ciała człowieka [53]. Schemat jego budowy przedstawiono poniżej na rycinie 5.



Rycina 5. Narząd przedsionkowy zbudowany jest z trzech kanałów półkolistych położonych we wzajemnie prostopadłych płaszczyznach, w których znajdują się receptory (komórki włosowate) przekazujące informację o kierunku i szybkości ruchu głowy. Są to półkoliste twory wypełnione

śródcłonką ułożone prostopadle względem siebie. Przy obrocie głowy śródcłonka z powodu swej bezwładności przesuwa się wolniej, podczas gdy przewód półkolisty wykonuje ruch razem z głową. Następuje więc przesunięcie śródcłonki w stosunku do ścian przewodu, a wytworzony prąd podrażnia włoski nabłonka nerwowego. Każdy ruch głowy jest rejestrowany, a informacje o nim zostają przeniesione do ośrodkowego układu nerwowego [54].

Kryza nadciśnieniowa bezpośrednio uszkadza system ślimakowo-przedsionkowy powodując szum w uszach, zawroty głowy, a nawet utratę słuchu. W uchu wewnętrznym wykryto również receptory dla przedsionkowego peptydu natriuretycznego (ANP), którego zmiany stężenia obserwuje się w nadciśnieniu, a który również wykazuje wpływ na równowagę i słuch u ludzi [55]. ANP poprzez efekty nerkowe, hemodynamiczne i neurohormonalne zmniejsza objętość zewnątrzkomórkową i opór naczyniowy, a tym samym obniża ciśnienie tętnicze. Ponadto hamuje wzrost i proliferację komórek w sercu w odpowiedzi na wysokie ciśnienie [56]. Względny niedobór ANP, odzwierciedlony wahaniem jego stężenia w osoczu wykazano u ludzi spożywających duże ilości soli, z tzw. solo-wrażliwym nadciśnieniem oraz u dzieci rodziców chorujących na nadciśnienie. Wykazano również, że pacjenci z nadciśnieniem opornym mają niższy poziom ANP niż osoby z prawidłowym lub łagodnym nadciśnieniem. W badaniach genetycznych łączy się występowanie polimorfizmów genu ANP z występowaniem nadciśnienia w niektórych populacjach [57]. W badaniu Newton-Cheh et al. zmiany poziomu ANP (przedsionkowy peptyd natriuretyczny) i BNP (mózgowy peptyd natriuretyczny) związane były z podwyższonym ciśnieniem tętniczym oraz większym ryzykiem rozwoju nadciśnienia [58].

Nadciśnienie tętnicze poprzez zwiększony opór w tętnicach, wskutek sztywności i zwężenia naczyń, sprawia, że serce musi wykonywać większą pracę pompując krew w warunkach podwyższonego ciśnienia. Lewa komora ulega powiększeniu, a w konsekwencji zmniejszonego przepływu krwi, będącego wynikiem remodelingu naczyniowego oraz rozwijającej się miażdżycy w małych naczyniach serca, w pewnym momencie nie jest w stanie reagować na dalszy wzrost ciśnienia. Progresja choroby, a w szczególności pojawienie się wtórnych jego następstw, jak np. przerost lewej komory, stanowi odwracalny etap uszkodzeń narządowych spowodowanych nadciśnieniem tętniczym oraz czynnik ryzyka dla chorób serca i nerek. Pojawienie się tych powikłań wiąże się z kolei ze wzrostem poziomu peptydów natriuretycznych, przez co pośrednio może również wpływać na błędnik i równowagę [59].

2.3.2.4 Nadciśnienie a zmiany w mięśniach

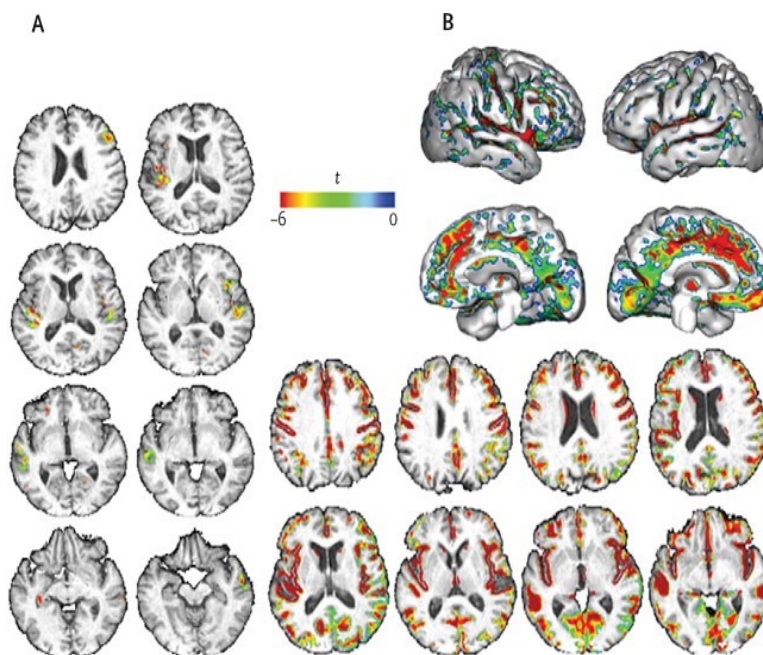
Istotą kontroli równowagi są specyficzne procesy pobudzania i rozluźniania mięśni posturalnych. Układ mięśniowo-szkieletowy poprzez współdziałanie mięśni,

ścięgien i stawów przeciwdziała wpływom środowiska i stanowi kolejny z elementów złożonego systemu kontroli równowagi [60]. Sieć receptorów czucia głębokiego – proprioreceptorów, zlokalizowanych m.in. w torebkach stawowych, więzadłach i mięśniach, jest czuła na odkształcenia mechaniczne tych struktur i przekazuje do mózgu informacje o szybkości ruchu, położeniu stawu oraz wielkości i lokalizacji sił działających na staw. Kerkhoff i wsp. ocenili związek pomiędzy nadciśnieniem i dolegliwościami ze strony układu mięśniowo-szkieletowego. Chorzy z nadciśnieniem częściej zgłaszali skargi związane z układem mięśniowo-szkieletowym bez związku na pleć. Natomiast przewlekłe dolegliwości z układu mięśniowo-szkieletowego były częstsze u mężczyzn z niekontrolowanym nadciśnieniem tętniczym [61]. W innym badaniu u pacjentów z nieleczonym pierwotnym nadciśnieniem tętniczym wykazano, że w komórkach mięśniowych zaburzony jest rozkład jonów sodu i wapnia, wskazujący na zmienioną przepuszczalność błony komórkowej. Zmienione stężenia jonów aktywują pompy jonowe, co prowadzi do zwiększenia obrotu adenozyno-5'-trójfosforanu (ATP). U pacjentów z nieleczonym nadciśnieniem w komórkach mięśni szkieletowych stwierdzono podwyższony obrót ATP, natomiast całkowity poziom ATP utrzymywany jest na normalnym poziomie kosztem fosfokreatyny [62]. Opisane zmiany w mięśniach mogą być przyczyną zaburzeń koordynacji między kończynami, prowadzić do zaburzeń chodu oraz być markerem obniżonej stabilności i tym samym zwiększonego ryzyka upadku.

Wraz z czasem trwania nadciśnienia tętniczego postępują również zmiany degeneracyjne i zanikowe w układzie nerwowym powodując słabszy przepływ impulsów nerwowych [63]. Z wiekiem zmniejsza się masa mięśniowa oraz ilości motoneuronów w rogach przednich rdzenia kręgowego. W efekcie tych zmian, reakcja na bodźce ulega zakłóceniu i mechanizmy kontroli równowagi człowieka działają z opóźnieniem. Od 50 roku życia człowiek traci około 1-2 % masy mięśniowej rocznie. W następstwie atrofii mięśni i gromadzenia w nich tłuszczu zmianom ulegają także cechy fizyczne mięśni, jak elastyczność i kurczliwość, a szybkość odpowiedzi na działający bodziec maleje poprzez wydłużenie fazy skurczu i rozkurczu [64]. Częstość występowania nadciśnienia tętniczego rośnie wraz z wiekiem, a jego wpływ nakłada się na zmiany wynikające ze starzenia się organizmu.

2.3.2.5 Wpływ starzenia się na nadciśnienie i równowagę ciała

Odsetek pacjentów skarżących się na drżenia, zaburzenia równowagi i zawroty głowy rośnie wraz z wiekiem i jest wyższy u osób z rozpoznaniem nadciśnienia [37]. Około 30% osób w wieku ponad 65 lat upada co najmniej raz w roku, co szczególnie w populacji osób starszych prowadzi do ograniczenia aktywności, a tym samym zwiększenia potrzeb i kosztów opieki zdrowotnej [65]. Zmiany w procesie starzenia się człowieka postępują stopniowo, a procesy kompensacyjne dość długo wyrównują i maskują ubytki dzięki procesom przystosowawczym układu nerwowego (ryc.6). Jednak większe wymagania w stosunku do układu równowagi, spowodowane dodatkowym obciążeniem jakie powoduje nadciśnienie, przekraczają jego granice kontroli i pojawia się niestabilność [66]. Sugeruje się, że im wyższe wartości ciśnienia skurczowego, tym większy stopień utraty równowagi i zaburzeń chodu. Zaś bardziej precyzyjna kontrola ciśnienia tętniczego wpływa na poprawę parametrów równowagi i chodu. Powyższe zależności udowodniono dla skurczowego ciśnienia tętniczego, natomiast dla ciśnienia rozkurczowego nie wykazano takiego związku [37].



Rycina 6. Zmniejszenie objętości istoty szarej mózgu koreluje z wyższymi wartościami ciśnienia skurczowego krwi (A) i wiekiem (B). Nadciśnienie tętnicze daje podobne zmiany w mózgu jak te wynikające ze starzenia się organizmu. Osoby starsze w czasie wychylania w dowolnym kierunku wykonują ten ruch znacznie wolniej i w sposób mniej kontrolowany niż osoby młode [67].

Układ równowagi starzeje się wraz z człowiekiem i z upływem lat postępuje pogorszenie koordynacji i niezdolność ruchu. Niezdolność jest bez wątpienia przyczyną upośledzenia kontroli położenia środka ciężkości ciała, co często skutkuje upadkiem. Spowolnienie ruchowe, tak typowe dla późnego wieku, jest mechanizmem kompensacyjnym, minimalizującym skutki niezdolności [68]. Wiek jest również tym czynnikiem, który redukuje wykorzystanie zakresu użytkowanej anatomicznej powierzchni podparcia w dwóch płaszczyznach ruchu człowieka (strzałkowej i czołowej). W miarę starzenia się postawa ciała ulega pochyleniu, co powoduje przesunięcie COG w nowe, mniej stabilne położenie. Nadciśnienie tętnicze przyspiesza biologiczny proces starzenia mózgu, tak więc można spodziewać się, że zaburzenia równowagi w grupie chorujących osób pojawią się wcześniej [69].

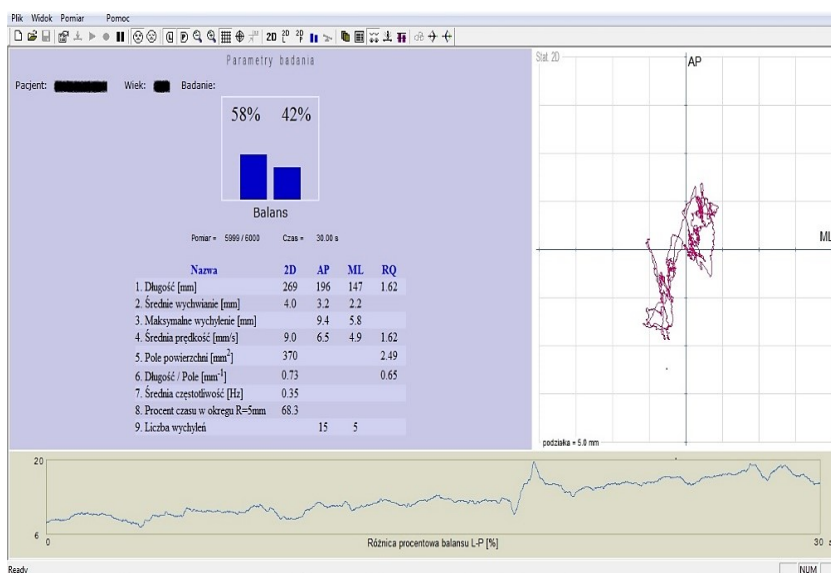
2.3.2.6 Nadciśnienie a rozwój demencji i ich wpływ na równowagę

Związek nadciśnienia i demencji jest złożony i wydaje się również zależeć od wieku. Im dłuższa jest ekspozycja na nadciśnienie, tym większe ryzyko pojawienia się demencji w starszym wieku [70]. Według Elias i wsp. w grupie relatywnie sprawnych osób wydolność mechanizmów równowagi i chodu w zastosowanych testach neuropsychologicznych są znacznie ograniczone u osób z nadciśnieniem tętniczym [71]. Zaburzenia czynności poznawczych u chorych z podwyższonymi wartościami ciśnienia tętniczego są prawdopodobnie wynikiem niedokrwienia i zaburzeń mikrokrążenia mózgowego [72]. U osób z długotrwałym nadciśnieniem tętniczym obserwuje się zmiany zwyrodnieniowe w naczyniach ośrodkowego systemu nerwowego, co prowadzi do ich zwężenia i pogorszenia perfuzji mózgu [73]. Koncepcja zaburzeń na poziomie kory czuciowo-motorycznej została również zaproponowana dla pacjentów, u których przyczyny dolegliwości nie mogą być wyjaśnione przez choroby układu mięśniowo-szkieletowego, mózdzku lub zaburzenia pozapiramidowe. W badaniach neuroobrazowych zaburzenia równowagi o nieznanym przyczynie u osób starszych wiązane są z atrofią mózgu, atrofią istoty białej oraz izolowanymi zmianami w moście mózgu [74,75]. Podobne zmiany obserwuje się w przebiegu nadciśnienia, a podwyższone wartości skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego prowadzą do otępienia i wiążą się ze zwiększonym ryzykiem pogorszenia funkcji poznawczych [76].

2.4 Rola platformy stabilometrycznej w ocenie regulacji postawy ciała

Dla człowieka typową postawę wyprostną charakteryzuje pionowe ustawienie osi ciała względem niewielkiej płaszczyzny podparcia. Taka orientacja oraz wielosegmentowa budowa ciała i mała powierzchnia pola podparcia powodują, że nawet w warunkach statycznych postawa stojąca człowieka jest niestabilna [77].

Posturografia statyczna jest obiektywną metodą oceny stanu czynnościowego narządu równowagi człowieka, w której obserwuje się przemieszczania się rzutu środka ciężkości badanej osoby na płaszczyznę podstawy [78]. Badany stoi na platformie z umieszczonymi w narożnikach czujnikami tensometrycznymi rejestrującymi centralny nacisk stóp na podłoże (odwzorowujący rzut środka ciężkości na płaszczyznę podstawy), a także jego przemieszczenia w osi strzałkowej X tj. lewo-prawo i czołowej Y tj. przód-tył (ryc.7).



Rycina 7. Rzut środka nacisku stóp na podłoże jest rejestrowany jako punkt oraz jako parametr dynamiczny zmieniający położenie w jednostce czasu. Wyniki badania przedstawiane są w postaci wykresów zwanych statokinezygramem i stabilogramem. [materiał własny].

Statokinezygram ukazuje ruch rzutu środka ciężkości na podstawie w układzie współrzędnych, w którym oś x odnosi się do wychyleń w kierunku prawo-lewo, a oś y do wychyleń w kierunku przód-tył. Stabilogram przedstawia położenie rzutu środka ciężkości na podstawie jako funkcję czasu, przy czym osobno rozpatrywany jest ruch w kierunku prawo-lewo (ML), a osobno w kierunku przód-tył (AP). Suma sił działających na osobę stojącą podczas badania równa się zero, z wyłączeniem sił grawitacji i sił działania układu równowagi. Trafniejszym określeniem jest „stanie swobodne”,

ponieważ ciało jest w równowadze chwilowej w następstwie skomplikowanych procesów dynamicznych sterowanych przez układ nerwowy [79]. Metodą analizy poprawności działania układu równowagi jest badanie poziomych wychwiał ciała w funkcji czasu. Praktycznie można to zrealizować dwoma sposobami: mierząc przemieszczenia środka masy (COM) albo przemieszczenia punktu przyłożenia wypadkowej sił reakcji podłoża COP. Oba wspomniane sygnały bywały często niesłusznie uważane za opisujące to samo zjawisko. COP jednak stanowi sumę położenia rzutu COM oraz punktu przyłożenia wypadkowej sił sterujących odpowiedzialnych za utrzymanie równowagi [80-82]. W płaszczyźnie strzałkowej siły te powodowane są aktywnością mięśni współpracujących ze stawami skokowymi, natomiast w płaszczyźnie czołowej działaniem odwodźcicieli i przywodźcicieli stawów biodrowych. Jednym z objawów pogorszenia kontroli równowagi jest wzrost parametrów kołysania, obserwowany podczas spokojnego stania [83]. Ocenę ilościową parametrów kołysania otrzymujemy przy zastosowaniu platform balansowych. Dane uzyskiwane podczas badania na platformie stabilometrycznej dotyczą odchyłń środka ciężkości od położenia zerowego, wyliczonego matematycznie na podstawie wzrostu i wagi pacjenta.

Najczęstsze parametry analizowane w trakcie np. 30-sekundowego badania to:

- SP - długość drogi, jaką przebywa rzut środka ciężkości ciała na podłoże (COP)
- SA - wielkość zakreślonego pola powierzchni przez COP w mm²
- MA - średnie wychylenie (amplituda) COP w płaszczyźnie X i Y
- MV - prędkość średnia podczas przemieszczenia COP
- LW - liczba wychyleń COP
- MF – średnia częstotliwość COP
- TR - czas przebywania COP w okręgu o promieniu 5mm
- MaxAP i MaxML – maksymalne wychylenia COP w płaszczyźnie X i Y
- MaxAPF i MaxAPB - zakres przedniego i tylnego marginesu bezpieczeństwa.

Ponadto można ocenić poszczególne parametry oddzielnie dla każdej kończyny dolnej oraz kierunek w którym następuje wychylenie (przednio-tylny czy pośrodkowo-boczny) czy procentowe obciążenie prawej i lewej stopy. W pomiarach wykonywanych na platformie dwupłytovej zapewniona jest całkowita niezależność pomiarów parametrów kończyny dolnej prawej od kończyny lewej [84]. Badanie można przeprowadzić w zwykłych warunkach, a także w warunkach sztucznego zakłócania czy wręcz wyłączania jednej ze składowych układu kontroli postawy. Parametry oceny środka ciężkości różnią

się bowiem w zależności od tego, czy badanie przeprowadza się przy oczach otwartych czy zamkniętych, na powierzchni twardej, stałej czy też na gąbczastej piance, która znacznie niweluje bodźce pochodzące od proprioreceptorów stóp. Platformy balansowe służą nie tylko do oceny statycznej położenia rzutu środka ciężkości pacjenta, ponieważ ich rolą jest również ocena parametrów dynamicznych, jak np. zachowanie się środka ciężkości podczas imitacji potknięcia. Wówczas platforma spełnia rolę „symulatora upadku” poprzez zmianę położenia swojej płaszczyzny w trakcie jednej z kolejnych prób np. przechodzenia pacjenta przez przeszkodę [85]. Wyniki pomiarów uzyskiwanych na platformach jednopłytowych nie są równoważne z wynikami pomiarów uzyskiwanych na platformach dwupłytowych. Platformy jednopłytowe nie zapewniają bowiem separacji pomiarów dla obu kończyn dolnych [86].

3. CEL PRACY I HIPOTEZY BADAWCZE

Podstawowym założeniem pracy była ocena wpływu nadciśnienia tętniczego na kontrolę równowagi w oparciu o obiektywną metodę rejestracji przemieszczania się rzutu środka ciężkości ciała na płaszczyznę podparcia podczas swobodnego stania na platformie stabilometrycznej. Uzasadnieniem podjęcia badania były omówione we wprowadzeniu wpływy nadciśnienia na poszczególne składowe układy równowagi u starszych osób. Przeprowadzone badania miały na celu ocenę wpływu nadciśnienia tętniczego na regulację równowagi u osób poniżej 65 roku życia. Istniejący stan wiedzy w zakresie tematu badań oparty jest na badaniach u osób w wieku powyżej 65 roku życia, a w dostępnej literaturze nie znaleziono danych o zaburzeniach równowagi u osób z nadciśnieniem w młodszym wieku. Podwyższone wartości ciśnienia tętniczego pogarszając kontrolę równowagi ciała powinny przekładać się na wartości parametrów poruszania się COP i przez to odzwierciedlać stan funkcjonalny układu nerwowego w aspekcie zapewnienia stabilnej postawy ciała. Można przewidywać, że różne poziomy kontroli ciśnienia tętniczego podczas stania swobodnego wywołają zróżnicowane reakcje układu nerwowego, przejawiające się w zmianie parametrów stabilometrycznych. Główną uwagę poświęcono analizie uzyskanych wartości parametrów stabilometrycznych pod kątem oceny zakłóceń kontroli równowagi człowieka spowodowanych chorobą nadciśnieniową.

Postawiono następujące hipotezy badawcze:

- 1) Nadciśnienie tętnicze pogarsza kontrolę równowagi ciała.
- 2) Wyższe wartości ciśnienia tętniczego pogarszają regulację równowagi ciała.
- 3) Poprawa kontroli nadciśnienia tętniczego do zalecanego poziomu poniżej 140/90 mmHg wiąże się z poprawą parametrów stabilometrycznych.

4. MATERIAŁ I METODY

4.1 Protokół badania

Przeprowadzone badanie było typem badania niekomercyjnego, o charakterze tzw. próby otwartej.

Kryteria włączenia do badania to:

- osoby w wieku 40-64 lat z rozpoznaniem nadciśnieniem tętniczym wg. Polskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego (PTNT),
- brak chorób współistniejących mogących wpływać na zaburzenia równowagi,
- rozpoznana choroba nadciśnieniowa, leczona lub nie, bez związku z uzyskiwanymi wartościami ciśnienia tętniczego w chwili badania.

Kryteria wyłączenia, dyskwalifikujące od udziału w badaniu stwierdzone w wywiadzie lub badaniu lekarskim to:

- nadciśnienie wtórne w stosunku do:
 - 1) chorób nerek; 2) chorób gruczołów wydzielania wewnętrznego, w tym:
 - a) hiperaldosteronizmu pierwotnego
 - b) zespołu Cushinga
 - c) guza chromochłonnego
 - d) nadczynności lub niedoczynności tarczycy
 - e) nadczynności przytarczyc
 - f) zespołu rakowiaka
 - g) akromegalii
 - 3) koarktacji aorty; 4) stanu przedrzucawkowego lub rzucawki; 5) ostrego stresu – w wyniku oparzenia, odstawienie alkoholu u osób uzależnionych, psychogennej hiperwentylacji, hipoglikemii, po dużych zabiegach operacyjnych; 6) zespołu obturacyjnego bezdechu sennego; 7) zwiększonej objętość płynu wewnątrznaczyniowego; 8) chorób układu nerwowego, szczególnie:
 - a) stanów zwiększonego ciśnienia wewnątrzczaszkowego
 - b) zespołu Guillaina i Barrego [87].
- różnica ciśnienia skurczowego powyżej 20 mmHg, zmierzona na obu ramionach, a ciśnienia rozkurczowego powyżej 10 mmHg (konieczność wykluczenia choroby tętnic).
- samoistne upadki w wywiadzie (ponad 1)
- zaburzenia chodu, problemy z utrzymaniem równowagi podczas chodzenia
- niemożliwa do skorygowania wada wzroku

- choroby układu sercowo-naczyniowego poza nadciśnieniem tętniczym (np. zaburzenia rytmu, niewydolność serca, udar mózgu, choroby naczyń obwodowych)
- cukrzyca
- choroby z pogranicza układu nerwowego i mięśniowego
- zaawansowane choroby układu ruchu uniemożliwiające sprawne poruszanie się
- hipotonia ortostatyczna
- upośledzenie umysłowe
- polifarmakoterapia - więcej niż 4 leki (z wyłączeniem leków przeciwnadciśnieniowych) lub leki psychotropowe
- leki p/bólowe dostępne bez recepty zażywane częściej niż dwa razy w tygodniu.
- Cięża

Grupę kontrolną stanowiły osoby zdrowe w wieku 42-60 lat, bez nałogów i przedwczesnej choroby sercowo-naczyniowej w wywiadzie rodzinnym (M poniżej 55 rż., K poniżej 65 rż.) oraz ze wskaźnikiem masy ciała (BMI) poniżej 30 kg/m².

Przed włączeniem do badania dokonywano pomiaru ciśnienia tętniczego na obu kończynach górnych za pomocą certyfikowanego aparatu automatycznego Omron M6 Comfort (HEM-7221-E8) (ryc. 8).

Pomiar przeprowadzano wg. kryteriów ustalonych przez Polskie Towarzystwo Nadciśnienia Tętniczego, po 5 minutach odpoczynku. Przed badaniem na platformie stabilometrycznej, pacjenta poddawano próbie Romberga, a równowagę na platformie oceniano tylko u osób, które uzyskały ujemny wynik próby. W pracy wykorzystano platformę stabilometryczną CQ Stab2P w wersji dwupatformowej firmy CQ Elektronik System.



Rycina 8. Ciśnieniomierz użyty w badaniu wybrany z listy aparatów z oceną ich wiarygodności [88].



Rycina 9. Ustawienie ciała badanej osoby podczas badania na platformie♦ [materiał własny]

Łączny czas badania wynosił 1 minutę. Były to 2 testy po 30 sekund: jeden przy oczach otwartych, drugi przy zamkniętych, w takiej samej pozycji badanego tj. w postawie stojącej z kończynami górnymi opuszczonymi swobodnie wzdłuż ciała. Ustawienie stóp na platformie było zgodne z wymogami instrukcji działania sprzętu (ryc. 9). Ponowne badanie na platformie stabilometrycznej przeprowadzano po 3 miesiącach, a schemat badania był identyczny jak poprzednio. Badanie przeprowadzano o względnie stałych porach w godzinach między 15 a 18. Osoby z grupy kontrolnej poddane zostały badaniu jednorazowo. W czasie pomiędzy badaniami pacjent wykonywał domowe pomiary ciśnienia tętniczego, a wyniki notował w otrzymanej książeczce (ryc.10). Zaleceniem domowym w badaniu były pomiary CTK dwa razy w ciągu doby (rano i wieczorem przed jedzeniem i przyjęciem leków) co najmniej jeden raz w tygodniu. Łącznie przez trzy miesiące pacjent miał odnotować co najmniej 24 wyniki. Opcjonalnym zaleceniem było aby na początku badania i przed każdą wizytą w gabinecie wykonywać pomiary codziennie przez 7 dni [89].

Data		Ciśnienie tętnicze		Ciśnienie tętnicze		Ciśnienie tętnicze		Ciśnienie tętnicze	
MM	HH	MM	HH	MM	HH	MM	HH	MM	HH
11/15	58	11/16	57						
11/17	58	11/18	57						
11/19	58	11/20	57						
11/21	58	11/22	57						
11/23	58	11/24	57						
11/25	58	11/26	57						
11/27	58	11/28	57						
11/29	58	11/30	57						
12/1	58	12/2	57						
12/3	58	12/4	57						
12/5	58	12/6	57						
12/7	58	12/8	57						
12/9	58	12/10	57						
12/11	58	12/12	57						
12/13	58	12/14	57						
12/15	58	12/16	57						
12/17	58	12/18	57						
12/19	58	12/20	57						
12/21	58	12/22	57						
12/23	58	12/24	57						
12/25	58	12/26	57						
12/27	58	12/28	57						
12/29	58	12/30	57						
12/31	58	1/1	57						
1/2	58	1/3	57						
1/4	58	1/5	57						
1/6	58	1/7	57						
1/8	58	1/9	57						
1/10	58	1/11	57						
1/12	58	1/13	57						
1/14	58	1/15	57						
1/16	58	1/17	57						
1/18	58	1/19	57						
1/20	58	1/21	57						
1/22	58	1/23	57						
1/24	58	1/25	57						
1/26	58	1/27	57						
1/28	58	1/29	57						
1/30	58	1/31	57						
2/1	58	2/2	57						
2/3	58	2/4	57						
2/5	58	2/6	57						
2/7	58	2/8	57						
2/9	58	2/10	57						
2/11	58	2/12	57						
2/13	58	2/14	57						
2/15	58	2/16	57						
2/17	58	2/18	57						
2/19	58	2/20	57						
2/21	58	2/22	57						
2/23	58	2/24	57						
2/25	58	2/26	57						
2/27	58	2/28	57						
2/29	58	2/30	57						
3/1	58	3/2	57						
3/3	58	3/4	57						
3/5	58	3/6	57						
3/7	58	3/8	57						
3/9	58	3/10	57						
3/11	58	3/12	57						
3/13	58	3/14	57						
3/15	58	3/16	57						
3/17	58	3/18	57						
3/19	58	3/20	57						
3/21	58	3/22	57						
3/23	58	3/24	57						
3/25	58	3/26	57						
3/27	58	3/28	57						
3/29	58	3/30	57						
3/31	58	4/1	57						

Rycina 10. W przeprowadzonym badaniu, w ciągu 3 miesięcy, pacjenci notowali średnio 80 pomiarów. Z otrzymanych wyników, dla każdego z osobna, wyliczono wartości średnie skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego (z wyłączeniem pomiarów uzyskanych pierwszego dnia) [materiał własny].

♦ Szczególne podziękowania dla dr Justyny Drzał-Grabiec za udostępnienie platformy do badania

W razie utrzymujących się wartości ciśnienia tętniczego powyżej 140/90 mmHg w kilku pomiarach, pacjent kontaktował się z lekarzem, tj. jednocześnie autorem pracy, telefonicznie lub umawiał na wizytę kontrolną celem modyfikacji leczenia. W ankiecie pacjenta umieszczano informacje o zażywanych lekach, paleniu tytoniu i częstotliwości wysiłku fizycznego oraz dostępne z dokumentacji wyniki lipidogramu. Wzrost i waga były mierzone przed badaniem. Pomiary i badanie na platformie wykonał autor pracy.

Próba Romberga przeprowadzana była każdorazowo przed badaniem na platformie stabilometrycznej. Wykonywano ją w następujący sposób: badanemu polecano aby stanął (najlepiej bez obuwia) z nogami złączonymi „stopa przy stopie”, uniósł przed siebie obie ręce do poziomu i po chwili zamknął oczy. Obserwowanie osoby badanej trwało kilkanaście sekund, w czasie których zwracano uwagę na mniej lub bardziej wyraźne chwieanie się pacjenta lub wręcz padanie w określoną stronę. Pacjent cały czas był asekurowany przed upadkiem. Należy pamiętać że u osób zdrowych występuje fizjologiczne odchylenie ciała od pionu o około 3-5 stopni.

Wyniki i interpretacja:

- Wynik prawidłowy - pacjent stoi przy otwartych i zamkniętych oczach.
- Próba dodatnia - pacjent stoi przy otwartych oczach, a upada (musi się podeprzeć, żeby nie stracić równowagi) gdy ma zamknięte.

Uwagi:

- Próby nie można wykonać gdy pacjent nie może ustać przy otwartych oczach - wskazuje to na zespoły mózdkowe lub przedsionkowe.
- Pacjent po zamknięciu oczu zaczyna się kiwać w przód i tył ale nie pada: zespół mózdkowy
- Próba daje wynik ujemny w chorobach mózdku [90].

4.2 Grupa badana i kontrolna

Badaniem objęto 114 osób: 67 kobiet i 47 mężczyzn w wieku 43-62 lat (średnia wieku $52,1 \pm 7$ lat), z rozpoznanym nadciśnieniem tętniczym, bez chorób współistniejących mogących wpływać na równowagę ciała. Grupę kontrolną stanowiły osoby w wieku 42-60 lat (średnia wieku 51 ± 5 lat), w tym 60 kobiet i 40 mężczyzn. Średni wzrost osób w grupie badanej wyniósł: 166,7 cm (z odchyleniem standardowym $SD \pm 8,6$ cm), a średnia masa badanych: 74,5 kg ($SD \pm 14,7$ kg). Poziom wskaźnika BMI wyniósł $26,7 \text{ kg/m}^2$ ($SD \pm 4,5 \text{ kg/m}^2$). Pacjentów podzielono w zależności od poziomu kontroli ciśnienia tętniczego (wg. PTNT) na dwie grupy: grupa I z ciśnieniem skurczowym (CTKsk) poniżej 140 mmHg (35 osób z dobrze kontrolowanym nadciśnieniem) i grupa II z ciśnieniem skurczowym równym lub powyżej 140 mmHg (79 osób ze źle kontrolowanym nadciśnieniem). Były to proporcje podobne do uzyskanych w badaniach NATPOL 2002 i 2011 dotyczących kontroli nadciśnienia w populacji polskiej. Nie stwierdzono różnic pod względem ilości cholesterolu całkowitego (TC), frakcji cholesterolu o dużej gęstości (HDL), frakcji cholesterolu o małej gęstości (LDL), trójglicerydów, a także płci, BMI i wieku w obu badanych grupach (tab.2).

Tabela 2. Charakterystyka badanych osób z podziałem na grupy w zależności od uzyskanego średniego ciśnienia tętniczego.

	CTK < 140/90 (n=35)	CTK > 140/90 (n=79)	OR (95% CI) dla CTK > 140/90	P
TC [mmol/l]; $\bar{x} \pm SD$	5.3 ± 0.8	5.5 ± 1.3	1.15 (0.78 - 1.7)	0.468
HDL [mmol/l]; $\bar{x} \pm SD$	1.5 ± 0.6	1.3 ± 0.4	0.43 (0.17 - 1.07)	0.067
LDL [mmol/l]; $\bar{x} \pm SD$	3 ± 0.7	3.4 ± 1.1	1.4 (0.87 - 2.25)	0.153
TG [mmol/l]; $\bar{x} \pm SD$	1.6 ± 0.9	2.1 ± 2.4	1.31 (0.83 - 2.04)	0.15
BMI [kg/m ²]; $\bar{x} \pm SD$	27.1 ± 4.2	26.9 ± 4.5	0.99 (0.89 - 1.09)	0.801
Wiek [lata]; $\bar{x} \pm SD$	52.6 ± 7.6	52.3 ± 8.1	0.9954 (0.9416 - 1.0523)	0.871
Płeć; K (%)	18 (61)	49 (62)	1.04 (0.43 - 2.51)	0.939

Z pośród przebadanych osób najliczniejszą grupę stanowiły te, które nie paliły papierosów – 60%. Osoby, które paliły mniej niż 20 papierosów dziennie stanowiły 31% badanych, natomiast powyżej 20 papierosów dziennie paliło 9% badanych. Większość uczestników badania (76%) nie ćwiczyła regularnie tj. 3 razy w tygodniu.

Ponad połowa badanych osób (54%) była leczona za pomocą 1-2 leków. Osoby leczone co najmniej 3 lekami stanowiły 33% badanych, natomiast tylko dietą leczyło się 13% przebadanej grupy. Średnie wartości ciśnienia tętniczego zmierzone podczas całego cyklu badań wśród uczestników przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wartości ciśnień u badanych osób podczas pierwszego oraz drugiego badania na platformie stabilometrycznej.

Badanie	Średnie wartości ciśnienia tętniczego [mmHg]	SD	Wartości minimalne ciśnienia tętniczego [mmHg]	Wartości maksymalne ciśnienia tętniczego [mmHg]
I badanie CTK skurczowe	147,16	14,63	114	200
I badanie CTK rozkurczowe	85,54	6,23	66	100
II badanie CTK skurczowe	140,42	15,62	109	169
II badanie CTK rozkurczowe	80,42	7,86	67	100

4.3 Analiza statystyczna

W analizie statystycznej wykorzystano:

- Test Wilcoxona (test Z) - czasem nazywany testem znakowanych rang lub testem kolejności par. Należy do grupy testów nieparametrycznych. Jest wykorzystywany dla porównania ze sobą dwóch (tylko dwóch) grup zależnych, czyli dwóch zmiennych pomiarowych. Warunkiem przeprowadzenia testu Wilcoxona jest możliwość rangowania różnic pomiędzy pierwszą i drugą zmienną (pomiarom). W skali porządkowej można wyliczyć różnicę poziomu dwóch zmiennych, dlatego test ten może być wykorzystany dla zmiennych liczonych na tej skali. W przypadku skal ilościowych wykorzystywany jest, jeżeli rozkłady tych zmiennych nie są zbliżone do rozkładu normalnego.
- Test Kruskala-Wallisa (test K-W) - sprawdzający różnice występujące w więcej niż 2 grupach w przypadku zmiennych niezależnych. Na wybór testu nieparametrycznego zdecydowano się ze względu na niespełnienie założeń testów

parametrycznych dla zmiennych niezależnych, o zgodności rozkładów wszystkich badanych zmiennych z rozkładem normalnym.

- Test rho-Spearmana - korelacja ta traktowana jest jako korelacja nieparametryczna, co stanowi odpowiednik parametrycznej korelacji r-Pearsona. W przypadku korelacji rho-Spearmana wyniki są najpierw poddane rangowaniu, co pozwala przeanalizować związek pomiędzy zmiennymi mierzonymi na skali porządkowej (nie tylko ilościowej). W przypadku tej korelacji nie ma znaczenia, czy analizowane zmienne mają rozkłady zbliżone do normalnego. Z tego powodu korelacja rho-Spearmana traktowana jest jako korelacja nieparametryczna. Współczynnik korelacji rho-Spearmana (przyjmuje wartości od -1 do +1) jest bardziej odporny na przypadki odstające w próbie. Rangowanie wyników sprawia, że wartości rozbieżne nie są odstającymi. Mają one najniższą bądź najwyższą rangę, aczkolwiek wartość odstawiania danej obserwacji od zbioru wyników traci na znaczeniu.

Poziom istotności p przyjęto dla wartości $p < 0,05$:

- $p < 0,05$ oznacza wyniki istotne statystycznie,
- $p < 0,005$ wyniki wysoce istotne statystycznie,
- $p < 0,001$ wyniki bardzo istotne statystycznie.

5. WYNIKI

5.1 Wyniki uzyskane na platformie stabilometrycznej w badaniu I

Analiza testem Kruskala-Wallisa wykazała w pierwszym badaniu istotne statystycznie różnice pomiędzy badanymi osobami z ciśnieniem skurczowym powyżej 140/90 mmHg (grupa II), z ciśnieniem skurczowym poniżej 140/90 mmHg (grupa I) oraz grupą kontrolną. Wyniki dla testu z oczami otwartymi przedstawiono w tabeli 4.

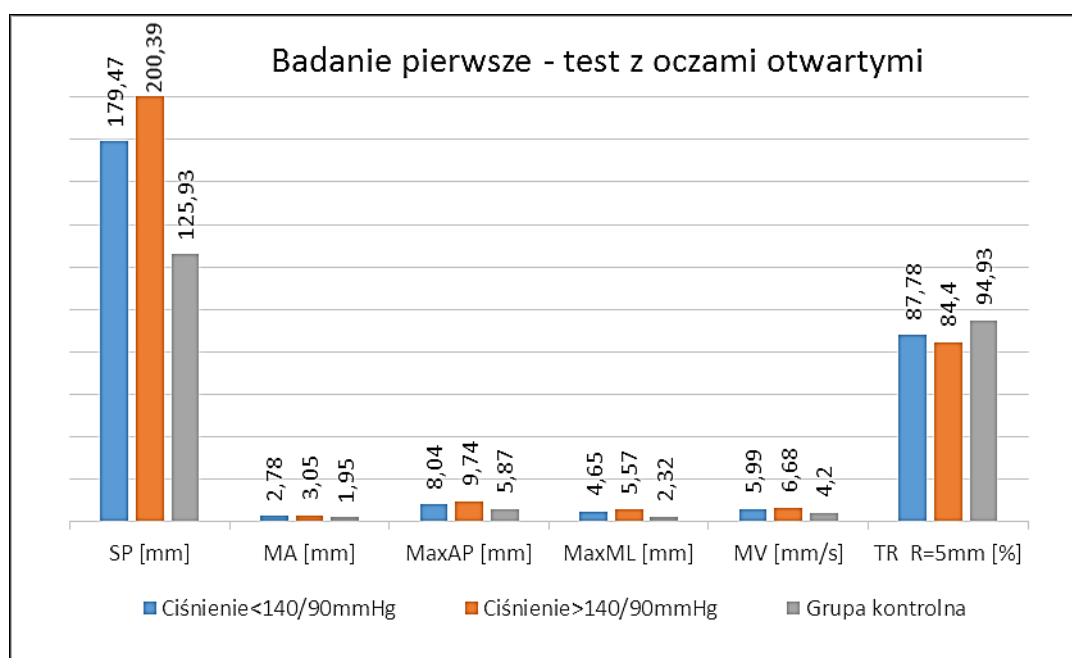
Parametr próby Romberga, wyliczony podczas badania na platformie stabilometrycznej dla parametru SP i MV najlepiej prezentował się w grupie kontrolnej i wyniósł: 1,2; w grupie z ciśnieniem tętniczym poniżej 140/90 mmHg: 1,51; a w grupie z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg: 1,38. Pole powierzchni zakreślone przez COP pod kontrolą wzroku było trzykrotnie większe w grupie z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg niż w grupie kontrolnej: 228 vs 73 mm². Pośredni wynik osiągnęła grupa z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg, był on jednak dwukrotnie większy niż w grupie kontrolnej. Łączna liczba wychyleń w kierunku przednio-tylnym w grupie kontrolnej wyniosła: 10,3±5,3; w grupie I: 13,3±8,2 i w grupie II: 14,5±7,4.

Tabela 4. Porównanie parametrów uzyskanych podczas pierwszego badania na platformie stabilometrycznej w teście z oczami otwartymi w grupach chorych z nadciśnieniem i grupie kontrolnej. W tabeli przedstawiono jedynie wyniki, które uzyskały istotność statystyczną. Poziom istotności podano w ostatniej kolumnie, czerwonym kolorem zaznaczono wyniki bardzo istotne statystycznie.

Parametr stabilometryczny	Badanie pierwsze grupy badane	Średni wynik dla testu z oczami otwartymi	SD	Wynik testu K-W	Poziom istotności
SP-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	179,47	61,7	88,29	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	200,39	80,9		
	Kontrolna	125,93	9,73		
SPAP-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	137,44	51,8	94,77	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	155,12	66,5		
	Kontrolna	91,08	9,79		
SPML-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	87,75	28,6	41,14	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	94,46	40,2		
	Kontrolna	67,53	8,71		

Parametr stabilometryczny	Badanie pierwsze grupy badane	Średni wynik dla testu z oczami otwartymi	SD	Wynik testu K-W	Poziom istotności
MA-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,78	1,32	32,46	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	3,05	1,77		
	Kontrolna	1,95	0,83		
MAAP-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,28	1,29	22,12	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	2,43	1,32		
	Kontrolna	1,73	0,83		
MAML-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	1,16	0,71	44,53	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	1,34	1,25		
	Kontrolna	0,61	0,36		
MaxAP-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	8,04	3,62	28,66	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	9,74	6,37		
	Kontrolna	5,87	2,68		
MaxML-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	4,65	3,67	48,04	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	5,57	6,34		
	Kontrolna	2,32	1,32		
MV-EO [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	5,99	2,06	89,22	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	6,68	2,7		
	Kontrolna	4,2	0,33		
MVAP-EO [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	4,58	1,72	95,93	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	5,17	2,21		
	Kontrolna	3,03	0,33		
MVML-EO [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,93	0,95	40,52	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	3,15	1,34		
	Kontrolna	2,26	0,29		
SA-EO [mm ²]	Ciśnienie<140/90mmHg	162,47	119	57,35	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	228,43	292		
	Kontrolna	73	32,5		
TR-EO R=5mm [%]	Ciśnienie<140/90mmHg	87,78	16,1	29,92	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	84,4	19,2		
	Kontrolna	94,93	7,94		
LWAP-EO	Ciśnienie<140/90mmHg	13,34	8,27	12,81	0,002
	Ciśnienie>140/90mmHg	14,52	7,48		
	Kontrolna	10,35	5,38		
RQSP	Ciśnienie<140/90mmHg	1,51	0,65	11,98	0,002
	Ciśnienie>140/90mmHg	1,38	0,52		
	Kontrolna	1,2	0,24		
RQMV	Ciśnienie<140/90mmHg	1,51	0,65	11,98	0,002
	Ciśnienie>140/90mmHg	1,38	0,52		
	Kontrolna	1,2	0,24		

W pierwszym badaniu w teście z oczami otwartymi, najdłuższą drogę COP przebył w grupie z CTK powyżej 140/90 mmHg: 200 ± 80 mm, potem z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg: 179 ± 61 mm, a najkrótszą w grupie kontrolnej: 125 ± 9 mm. Podobnie rozkładały się wyniki dla średniej amplitudy COP dla tych grup i wyniosły odpowiednio: $3 \pm 1,7$ mm; $2,78 \pm 1,3$ mm; $1,95 \pm 0,8$ mm, oraz średniej prędkości poruszania się COP tj.: 6,68; 5,99 i 4,2 mm/s w grupie kontrolnej. Istotność statystyczną wymienione parametry osiągnęły w obu płaszczyznach. Również maksymalne wychylenia COP w obu płaszczyznach prezentowały taki sam rozkład, dla kierunku przednio-tylnego wyniosły odpowiednio: 9,7; 8,0 i 5,87 mm, natomiast dla kierunku bocznego maksymalne wychylenia COP wyniosły: 5,5; 4,6 i 2,3 mm. Procentowy czas przebywania środka ciężkości w okręgu o promieniu 5 mm w teście z oczami otwartymi wyniósł dla grupy kontrolnej 94,9 %, grupy I i II prezentowały podobne wyniki: 87 % i 84 % (ryc. 11).



Rycina 11. Porównanie parametrów stabilometrycznych uzyskanych w badaniu wyjściowym w teście z oczami otwartymi w grupach z nadciśnieniem i grupie kontrolnej.

Z kolei w teście z oczami zamkniętymi pole powierzchni zakreślone przez COP największe było w grupie I: 363 mm^2 , potem w II: 354 mm^2 . Grupa kontrolna prezentowała ponad trzykrotnie mniejsze wartości: $99,6 \text{ mm}^2$.

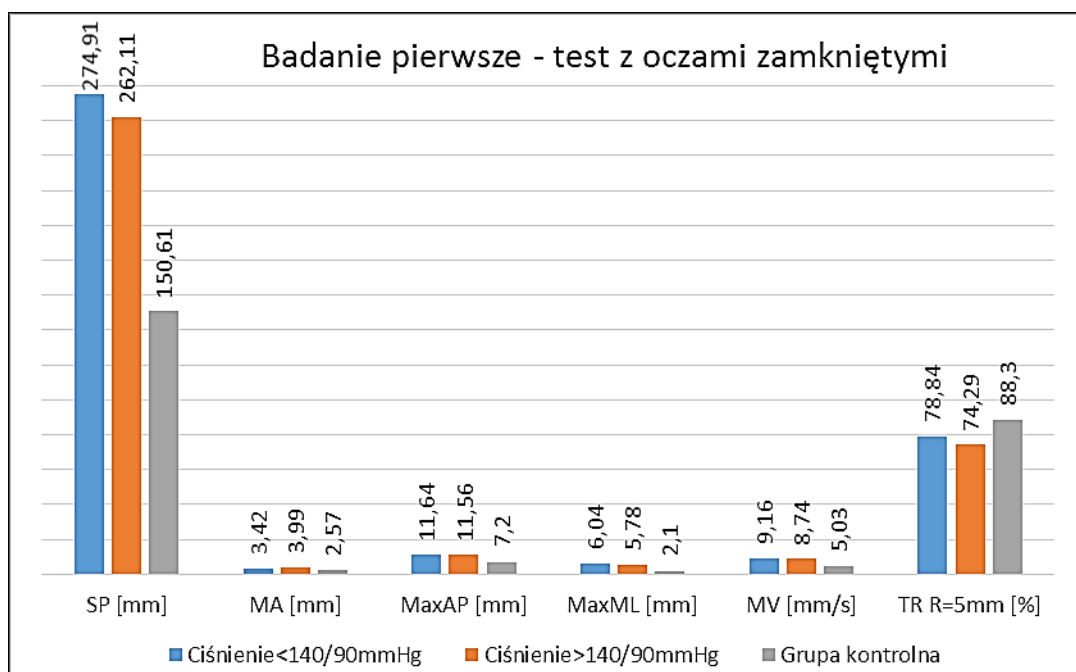
Liczba wychyleń w kierunku przednio-tylnym bez kontroli wzroku najmniejsza była w grupie kontrolnej: 13, potem w grupie II: 17 i w grupie I: 19. W teście z oczami zamkniętymi poziom istotności statystycznej uzyskały również parametry przedniego i tylnego zakresu marginesu bezpieczeństwa. Dla przedniego marginesu bezpieczeństwa w grupie kontrolnej zakres ten wyniósł: $6,2 \pm 4,78$, w grupie osób z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg: $9,32 \pm 4,74$ a w grupie z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg: $10,16 \pm 10,8$. Z kolei wartości dla tylnego zakresu marginesu bezpieczeństwa wyniosły dla grupy kontrolnej: $5,35 \pm 3,83$, grupy z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg: $9,27 \pm 5,74$ i grupy z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg: $8,97 \pm 5,12$. Wartości parametrów przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Porównanie parametrów uzyskanych podczas pierwszego badania na platformie stabilometrycznej w teście z oczami zamkniętymi w grupach chorych z nadciśnieniem i grupie kontrolnej. W tabeli przedstawiono jedynie wyniki, które uzyskały istotność statystyczną. Poziom istotności podano w ostatniej kolumnie, czerwonym kolorem zaznaczono wyniki bardzo istotne statystycznie.

Parametr stabilometryczny	Badanie pierwsze grupy badane	Średni wynik dla testu z oczami zamkniętymi	SD	Wynik testu K-W	Poziom istotności
SP-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	274,91	163	98,81	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	262,11	111		
	Kontrolna	150,61	28,3		
SPAP-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	230,06	149	96,35	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	219,99	100		
	Kontrolna	118,45	29,5		
SPML-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	106,28	59,4	45,45	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	99,49	46,9		
	Kontrolna	68,98	10,6		
MA-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	3,42	2,13	25,62	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	3,99	3,17		
	Kontrolna	2,57	2,05		
MAAP-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,8	1,5	23,7	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	3,22	2,22		
	Kontrolna	2,34	2,01		
MAML-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	1,39	1,41	27,97	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	1,64	2,44		
	Kontrolna	0,69	0,58		
MaxAP-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	11,64	11	44,02	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	11,56	5,74		
	Kontrolna	7,2	4,78		

Parametr stabilometryczny	Badanie pierwsze grupy badane	Średni wynik dla testu z oczami zamkniętymi	SD	Wynik testu K-W	Poziom istotności
MaxML-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	6,04	9,33	44,39	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	5,78	8,43		
	Kontrolna	2,1	1,39		
MV-EC [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	9,16	5,45	98,36	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	8,74	3,71		
	Kontrolna	5,03	0,94		
MVAP-EC [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	7,68	4,95	96,59	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	7,34	3,34		
	Kontrolna	3,95	0,98		
MVML-EC [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	3,54	1,97	46,53	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	3,32	1,57		
	Kontrolna	2,3	0,36		
SA-EC [mm ²]	Ciśnienie<140/90mmHg	363,22	503	47,37	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	354,28	561		
	Kontrolna	99,64	70,8		
TR-EC R=5mm [%]	Ciśnienie<140/90mmHg	78,84	25,9	28,61	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	74,29	29,9		
	Kontrolna	88,3	20,6		
LWAP-EC	Ciśnienie<140/90mmHg	19,13	9,66	10,54	0,005
	Ciśnienie>140/90mmHg	17,8	10,6		
	Kontrolna	13,38	8,34		
MaxAPF-EC	Ciśnienie<140/90mmHg	10,16	10,8	37,17	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	9,32	4,74		
	Kontrolna	6,2	4,78		
MaxAPB-EC	Ciśnienie<140/90mmHg	8,97	5,12	36,98	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	9,27	5,74		
	Kontrolna	5,35	3,83		

W teście z oczami zamkniętymi łączna przebyta droga przez COP była najdłuższa w grupie z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg, potem u osób z CTK powyżej 140/90 mmHg, a najkrótsza podobnie jak w teście z oczami otwartymi, w grupie kontrolnej. Wyniki odpowiednio wyniosły: 274; 262 i 150 mm. Identyfikacyjnie rozłożyły się dane dla tego parametru oddzielnie dla każdego kierunku poruszania się COP. Średnia amplituda, tak jak w teście z oczami otwartymi, najmniejsza była w grupie kontrolnej: 2,5 mm; potem w grupie I: 3,4 mm i grupie II: 3,99 mm (ryc.12).



Rycina 12. Porównanie parametrów stabilometrycznych uzyskanych w badaniu wyjściowym w teście z oczami zamkniętymi w grupach z nadciśnieniem i grupie kontrolnej.

Maksymalne wychylenia środka ciężkości w badaniu z zamkniętymi oczami w obu płaszczyznach prezentowały się podobnie. Najstabilniej prezentowała się grupa kontrolna w kierunku przyśrodkowo-bocznym: 2,1 mm, jak również w kierunku przednio-tylnym: 7,2 mm. Osoby z nadciśnieniem uzyskały takie same wyniki w kierunku AP: 11,6 mm, natomiast w kierunku ML nieznacznie większe wartości osiągnęła grupa z CTK poniżej 140/90mmHg: 6 ± 9 mm w porównaniu do osób z CTK powyżej 140/90mmHg: $5,78 \pm 8,4$ mm. Po wyłączeniu kontroli wzroku szybkość wychwiania COP była wyższa w grupie I niż II, a najmniejsza w grupie kontrolnej. Wyniki uzyskane na platformie odpowiednio wyniosły: $9,16 \pm 5,4$; $8,74 \pm 3,7$; $5,0 \pm 0,9$ mm/s. W okręgu o promieniu 5 mm w teście z oczami zamkniętymi COP przebywał w grupie kontrolnej: $88,3 \pm 20,6$ % czasu badania, w grupie I: $78,8 \pm 25,9$ %, a w grupie II: $74,2 \pm 29,9$ %. Platforma dwupłytowa pozwoliła na uzyskanie wyników niezależnie dla każdej kończyny dolnej. W analizie przeprowadzonej dla kończyny dolnej lewej, w badaniu wyjściowym, w teście z oczami otwartymi najkrótszą długość przebytej drogi przez poruszający się CPP osiągnęła grupa kontrolna: 144 mm, potem grupa I: 196 mm, a najdłuższą okazała się droga w grupie II: 225 mm. Podobnie rozłożyły się wyniki dla tego parametru w obu płaszczyznach ruchu, odpowiednio w płaszczyźnie strzałkowej: 113,9;

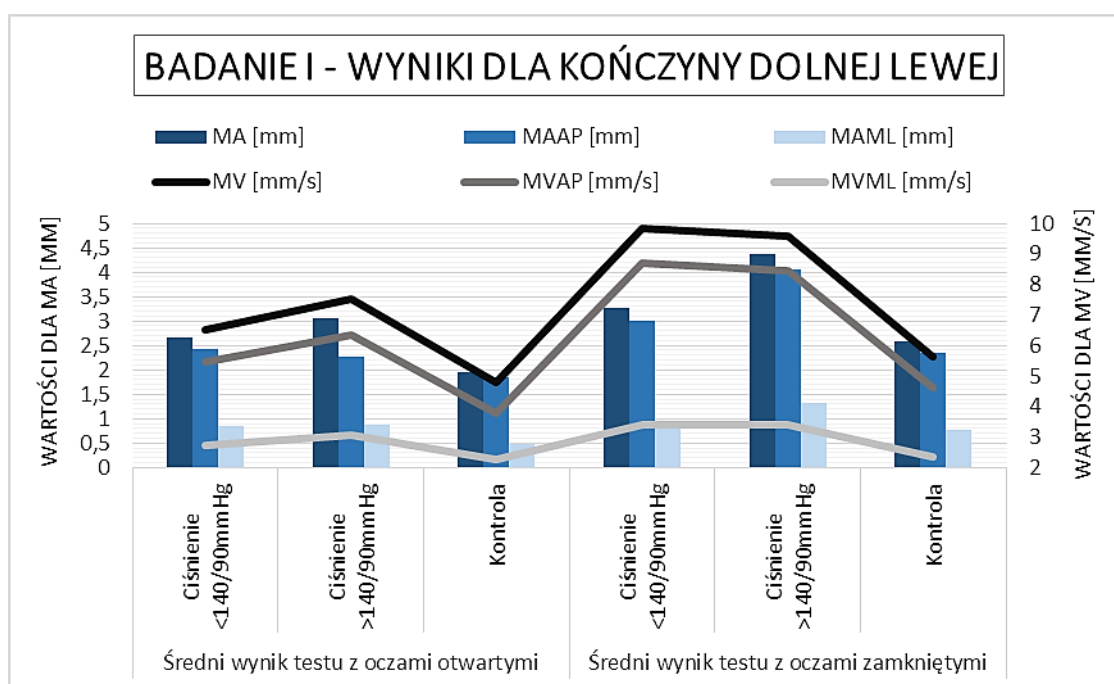
163,2 i 190,09 mm oraz w płaszczyźnie czołowej: 67,6; 81,9 i 92,1 mm w grupie z ciśnieniem źle kontrolowanym. Najmniejsze wartości pola powierzchni określonego przez COP w tym teście odnotowano również w grupie kontrolnej: 66,33 mm², a największe w grupie z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg: 171,33 mm². Podczas badania z oczami zamkniętymi parametr przebytej długości drogi prezentował się najlepiej w grupie kontrolnej: 168,38 mm, a podobnie w grupie I i II, odpowiednio: 295,16 i 287,32 mm. Pole powierzchni było w grupie I o 119 mm² a w grupie II o 210 mm² większe od wyników zarejestrowanych dla grupy kontrolnej. Z kolei maksymalna długość wychyleń w kierunku AP dla kończyny lewej w grupach osób z nadciśnieniem była podobna i wyniosła o 5 wychyleń więcej od grupy kontrolnej (tab. 6).

Tabela 6. Porównanie parametrów uzyskanych dla kończyny dolnej lewej podczas pierwszego badania na platformie stabilometrycznej w obu testach z oczami otwartymi i zamkniętymi w poszczególnych grupach chorych z nadciśnieniem i grupie kontrolnej. W tabeli przedstawiono jedynie wyniki, które uzyskały istotność statystyczną. Czerwonym kolorem zaznaczono wyniki bardzo istotne statystycznie.

PIERWSZE BADANIE							
Parametry stabilometryczne dla lewej kończyny dolnej	Grupy badane	Średni wynik testu z oczami otwartymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności	Średni wynik testu z oczami zamkniętymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności
SP [mm]	Ciśnienie <140/90 mmHg	196,03	54,08	<0,001	295,16	71,66	<0,001
	Ciśnienie >140/90 mmHg	225,11			287,32		
	Kontrolna	144,17			168,38		
SPAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	163,28	55,68	<0,001	261	71,21	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	190,09			253,17		
	Kontrolna	113,97			139,11		
SPML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	81,97	25,25	<0,001	101,41	38,08	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	92,12			102,32		
	Kontrolna	67,6			71,12		
MA [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,66	23,58	<0,001	3,27	25,48	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	3,05			4,37		
	Kontrolna	1,95			2,59		
MAAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,43	20,56	<0,001	3,01	26,48	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,83			4,05		
	Kontrolna	1,86			2,36		

PIERWSZE BADANIE							
Parametry stabilometryczne dla lewej kończyny dolnej	Grupy badane	Średni wynik testu z oczami otwartymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności	Średni wynik testu z oczami zamkniętymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności
MAML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	0,85	27,1	<0,001	0,92	18,22	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	0,88			1,32		
	Kontrolna	0,49			0,76		
MaxAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	8,97	22,23	<0,001	12,26	40,76	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	11,55			13,66		
	Kontrolna	6,66			7,73		
MaxML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	3,17	31,48	<0,001	3,85	27,58	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	3,54			3,93		
	Kontrolna	1,76			2,16		
MV [mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	6,53	54,94	<0,001	9,85	71,22	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	7,51			9,58		
	Kontrolna	4,8			5,62		
MVAP [mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	5,45	55,53	<0,001	8,7	71,54	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	6,33			8,44		
	Kontrolna	3,8			4,64		
MVML [mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,74	25,46	<0,001	3,38	37,89	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	3,07			3,41		
	Kontrolna	2,25			2,37		
SA [mm ²]	Ciśnienie <140/90mmHg	118,59	35,96	<0,001	211,75	37,46	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	171,33			302,12		
	Kontrolna	66,33			92,11		
TR R=5mm [%]	Ciśnienie <140/90mmHg	86,52	23,45	<0,001	80,79	25,85	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	83,49			73,11		
	Kontrolna	93,59			85,73		
LWAP	Ciśnienie <140/90mmHg	15,06	11,71	0,003	20,63	7,94	0,019
	Ciśnienie >140/90mmHg	14,57			16,59		
	Kontrolna	10,95			13,98		
LWML	Ciśnienie <140/90mmHg	8,44	15,93	<0,001	13,16	19,31	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	10,51			12,34		
	Kontrolna	6,5			7,64		

Średnia prędkość poruszania się COP dla kończyny dolnej lewej w obu testach z oczami otwartymi i zamkniętymi najmniejsza była ponownie w grupie kontrolnej niezależnie od płaszczyzny poruszania się COP. Najszybsze ruchy COP, w teście z oczami otwartymi, podczas spokojnego stania na platformie prezentowała grupa ze średnim ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg, niezależnie od płaszczyzny ruchu. Największe wartości w tej grupie osiągnął wymieniony parametr w teście z oczami zamkniętymi. Osoby z nadciśnieniem zbliżone wartości uzyskały dla parametru MVML w obu testach oraz dla parametru MAML w teście z oczami otwartymi (ryc. 13).



Rycina 13. Parametry średniej amplitudy (MA) i średniej prędkości wychwiał (MV) uzyskane dla kończyny dolnej lewej podczas pierwszego badania w zależności od poziomu kontroli nadciśnienia, rodzaju testu i płaszczyzny ruchu rzutu środka ciężkości.

Długość przebytej drogi w teście pod kontrolą wzroku dla kończyny dolnej prawej wyniosła w grupie I: 178,41 mm, II: 196 mm, a w grupie kontrolnej 130,14 mm. Po wyłączeniu kontroli wzroku wyniki te prezentowały się odpowiednio: 262,69; 259,59 i 155,24 mm. Podobny rozkład wyników w tym teście uzyskano dla tego parametru w każdej z płaszczyzn (tab.7).

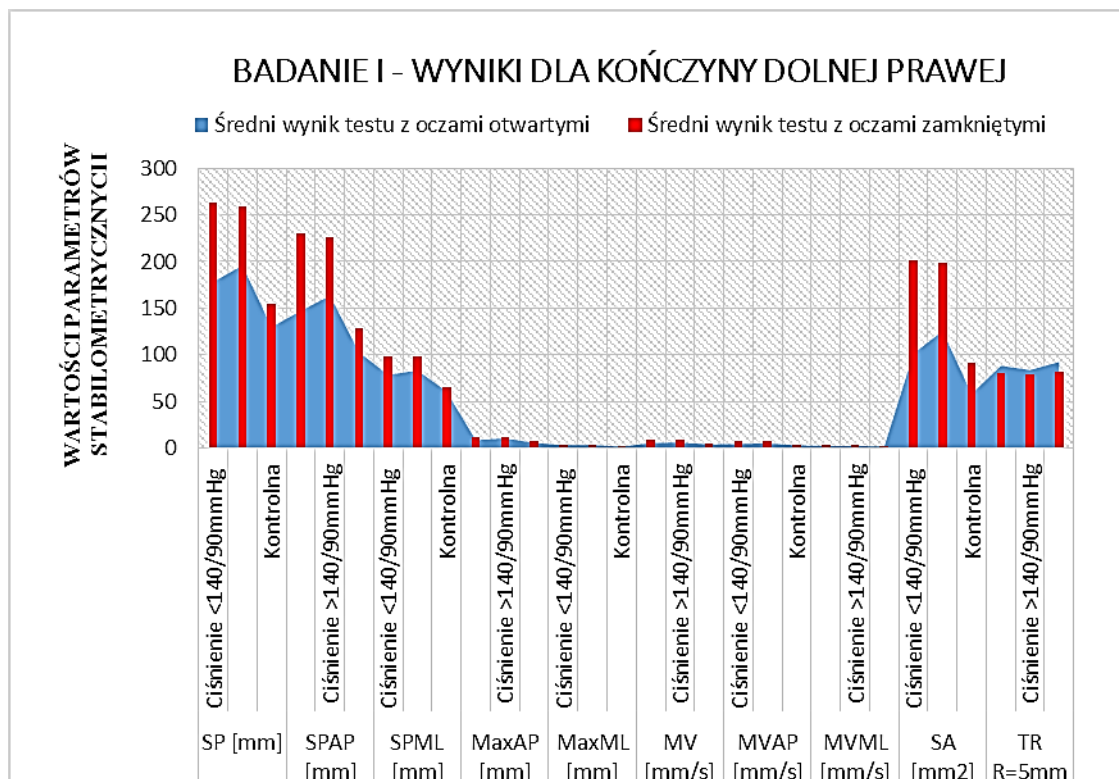
Tabela 7. Porównanie parametrów uzyskanych dla kończyny dolnej prawej podczas pierwszego badania na platformie stabilometrycznej w obu testach z oczami otwartymi i zamkniętymi w poszczególnych grupach chorych z nadciśnieniem i grupie kontrolnej. W tabeli przedstawiono jedynie wyniki, które uzyskały istotność statystyczną. Czerwonym kolorem zaznaczono wyniki bardzo istotne statystycznie.

PIERWSZE BADANIE							
Parametry stabilometryczne dla prawej kończyny dolnej	Grupy badane	Średni wynik testu z oczami otwartymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności	Średni wynik testu z oczami zamkniętymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności
SP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	178,41	49,76	<0,001	262,69	70,49	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	196			259,59		
	Kontrolna	130,14			155,24		
SPAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	147,41	50,15	<0,001	229,56	66,65	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	163,67			226,16		
	Kontrolna	103,15			128,79		
SPML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	78,66	30,33	<0,001	98	44,66	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	83,8			98,66		
	Kontrolna	60,97			66,14		
MA [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,55	17,68	<0,001	3,35	10,1	0,006
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,8			3,31		
	Kontrolna	1,98			2,95		
MAAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,31	15,6	<0,001	3,05	9,01	0,011
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,54			2,96		
	Kontrolna	1,85			2,71		
MAML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	0,84	24,62	<0,001	1,11	11,54	0,003
	Ciśnienie >140/90mmHg	0,95			1,1		
	Kontrolna	0,56			0,97		
MaxAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	8,99	24,1	<0,001	12,42	25,05	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	10,96			12,43		
	Kontrolna	6,01			7,54		
MaxML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	3,56	29,62	<0,001	4,29	23,05	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	3,78			4,47		
	Kontrolna	1,97			2,47		
MV [mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	5,94	48,86	<0,001	8,75	71,18	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	6,53			8,65		
	Kontrolna	4,34			5,17		

PIERWSZE BADANIE							
Parametry stabilometryczne dla prawej kończyny dolnej	Grupy badane	Średni wynik testu z oczami otwartymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności	Średni wynik testu z oczami zamkniętymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności
MVAP [mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	4,92	50,09	<0,001	7,65	66,09	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	5,45			7,54		
	Kontrolna	3,45			4,29		
MVML [mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,62	31,21	<0,001	3,27	45,26	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,8			3,29		
	Kontrolna	2,03			2,2		
SA [mm ²]	Ciśnienie <140/90mmHg	101,63	27,54	<0,001	200,72	18,97	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	125,77			199,18		
	Kontrolna	58,63			91,21		
TR R=5mm [%]	Ciśnienie <140/90mmHg	88,54	16,4	<0,001	80,68	8,69	0,013
	Ciśnienie >140/90mmHg	83,99			78,69		
	Kontrolna	92,69			82,54		
LWAP	Ciśnienie <140/90mmHg	13,94	15,19	0,001	16,5	14,76	0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	13,28			18,59		
	Kontrolna	9,61			12,84		
LWML	Ciśnienie <140/90mmHg	11,53	30,4	<0,001	12,66	27,78	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	9,85			12,8		
	Kontrolna	6,08			7,52		

Pole powierzchni zakreślone przez COP dla prawej kończyny dolnej w teście z oczami zamkniętymi w grupie kontrolnej było o prawie 100 mm² mniejsze niż w grupach z nadciśnieniem; odpowiednio: 155 mm² oraz 262 i 259 mm² (ryc. 14). Wolniejsze prędkości poruszania się COP prezentowały grupy badane w teście z oczami otwartymi w płaszczyźnie czołowej, niż w płaszczyźnie strzałkowej. Różnica w wartościach tego parametru pomiędzy płaszczyznami w tym teście wyniosła prawie 2 mm/s, a największa była w grupie II w płaszczyźnie strzałkowej. Osoby z nadciśnieniem w teście z oczami zamkniętymi dla prawej kończyny dolnej osiągnęły podobne wyniki MV. Najwolniej poruszał się COP w grupie kontrolnej niezależnie od rodzaju testu i kierunku ruchu.

Najmniejsze wartości maksymalnych wychyleń COP dla tej kończyny uzyskano w teście z oczami otwartymi w płaszczyźnie czołowej ruchu, odpowiednio w grupie kontrolnej 1,97 mm, grupie I: 3,56 mm i II: 3,78 mm. Osoby z nadciśnieniem, bez kontroli wzroku, prezentowały podobne wartości niezależnie od płaszczyzny ruchu.

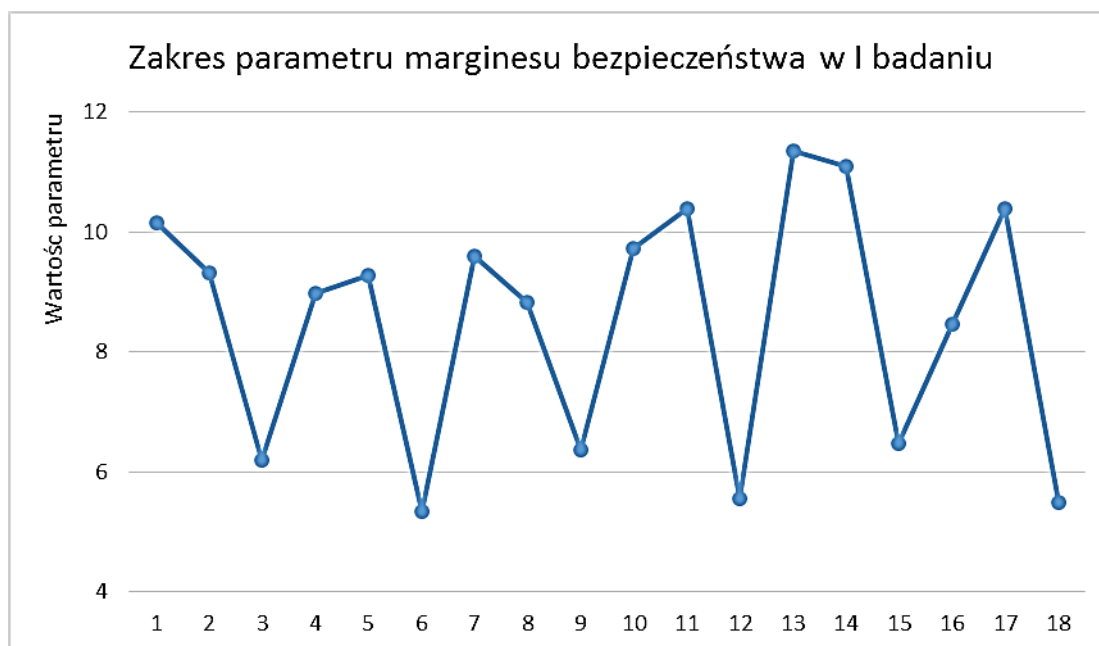


Rycina 14. Porównanie trzech głównych parametrów stabilometrycznych uzyskanych w badaniu pierwszym niezależnie dla kończyny dolnej prawej w zależności od rodzaju testu i poziomu kontroli nadciśnienia.

Zakres przedniego marginesu bezpieczeństwa w teście z oczami zamkniętymi w grupie kontrolnej wyniósł: $6,2 \pm 4,78$, w grupie z ciśnieniem powyżej 140/90mmHg: $9,32 \pm 4,74$, a w grupie z ciśnieniem poniżej 140/90mmHg: $10,16 \pm 10,8$. Najmniejsze wartości dla tylnego zakresu marginesu bezpieczeństwa uzyskano również w grupie kontrolnej: $5,35 \pm 3,83$, potem w grupie z ciśnieniem poniżej 140/90mmHg: $8,97 \pm 5,12$ i w grupie z ciśnieniem powyżej 140/90mmHg: $9,27 \pm 5,74$.

Przedni margines bezpieczeństwa dla kończyny dolnej lewej w teście bez kontroli wzroku najmniejszy zakres osiągnął w grupie kontrolnej: $6,47 \pm 5,13$. Dla obu grup osób z nadciśnieniem tętniczym wyniki były podobne i wyniosły średnio: 11.

Zakres tylny prezentował szerszy rozkład wyników i wyniósł dla grupy kontrolnej: $5,5 \pm 3,84$, grupy osób z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg: $8,47 \pm 5,3$, a u osób z ciśnieniem tętniczym powyżej 140/90 mmHg: $10,38 \pm 8,63$ (ryc.15). Podobne wyniki na poziomie istotności statystycznej $p < 0,001$ uzyskano dla kończyny dolnej prawej w tym teście, odpowiednio dla grupy I: $9,7 \pm 5,3$; II: $10,3 \pm 8,63$ i kontrolnej: $5,5 \pm 3,84$. Wyniki mierzone osobno dla kończyn dolnych w teście z oczami otwartymi nie przekroczyły progu istotności statystycznej.



Rycina 15. Zakres wartości uzyskanych dla parametru marginesu bezpieczeństwa w badaniu I. Przedstawiono wartości całkowite i uzyskane niezależnie dla kończyn dolnych w zależności od grupy badanej i rodzaju testu na platformie stabilometrycznej: EO- z oczami otwartymi, EC- z oczami zamkniętymi.

5.2 Wyniki uzyskane na platformie stabilometrycznej w badaniu II po 3 miesiącach

Po trzech miesiącach przeprowadzono kontrolne badanie na platformie stabilometrycznej wśród osób chorujących na nadciśnienie tętnicze, a uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Analiza testem Kruskala-Wallisa wykazała istotne statystycznie różnice dla przedstawionych w tabeli parametrów stabilogramu.

W teście z oczami otwartymi krótszą drogę COP przebył w grupie z CTK poniżej 140/90 mmHg niż u osób z CTK powyżej 140/90 mmHg, odpowiednio: $140,3 \pm 28$ vs. $170,9 \pm 56$ mm. Podobnie prezentowały się wyniki dla obu grup badanych dla średniej amplitudy: $2,23 \pm 1,3$ vs. $2,61 \pm 1$ mm, średniej prędkości poruszania się COP: $4,7 \pm 0,9$ vs. $5,7 \pm 1,9$ mm/s oraz powierzchni zakreślonej przez COP: 94 ± 70 vs. 134 ± 86 mm². Również dłużej w okręgu 5 mm, odpowiadającym polu podparcia, przebywał COP w grupie I: 92 % niż w II: 88 %. Najmniejsze wartości dla tych parametrów uzyskano w grupie kontrolnej (tab.8).

Tabela 8. Porównanie parametrów uzyskanych podczas drugiego badania na platformie stabilometrycznej w teście z oczami otwartymi w grupach chorych z nadciśnieniem i grupie kontrolnej. W tabeli przedstawiono jedynie wyniki, które uzyskały istotność statystyczną. Poziom istotności podano w ostatniej kolumnie, czerwonym kolorem zaznaczono wyniki bardzo istotne statystycznie.

Parametr stabilometryczny	Badanie drugie grupy badane	Średnia	SD	Wynik testu K-W	Poziom istotności
SP-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	140,37	28,5	65,4	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	170,97	56,2		
	Kontrolna	125,93	9,73		
SPAP-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	107,59	27,9	63,55	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	134,81	56,2		
	Kontrolna	91,08	9,79		
SPML-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	69,49	10,9	26,05	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	80,81	20,2		
	Kontrolna	67,53	8,71		
MA-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,23	1,37	18,05	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	2,61	1,01		
	Kontrolna	1,95	0,83		
MAAP-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	1,85	1,32	11,64	0,003
	Ciśnienie>140/90mmHg	2,14	0,87		

Parametr stabilometryczny	Badanie drugiej grupy badane	Średnia	SD	Wynik testu K-W	Poziom istotności
	Kontrolna	1,73	0,83		
MAML-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	0,88	0,64	17,97	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	1,05	0,85		
	Kontrolna	0,61	0,36		
MaxAP-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	6,1	3,46	11,87	0,003
	Ciśnienie>140/90mmHg	7,34	3,12		
	Kontrolna	5,87	2,68		
MaxML-EO [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,8	1,58	15,58	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	3,52	2,62		
	Kontrolna	2,32	1,32		
MV-EO [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	4,72	0,95	66,23	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	5,77	1,98		
	Kontrolna	4,2	0,33		
MVAP-EO [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	3,59	0,93	64,24	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	4,49	1,87		
	Kontrolna	3,03	0,33		
MVML-EO [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,32	0,36	24,41	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	2,69	0,67		
	Kontrolna	2,26	0,29		
SA-EO [mm ²]	Ciśnienie<140/90mmHg	94,1	70,6	33,13	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	134,43	86,1		
	Kontrolna	73	32,5		
TR-EO R=5mm [%]	Ciśnienie<140/90mmHg	92,6	15	13,87	0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	88,68	13,1		
	Kontrolna	94,93	7,94		
RQSP	Ciśnienie<140/90mmHg	1,33	0,33	6,88	0,032
	Ciśnienie>140/90mmHg	1,37	0,46		
	Kontrolna	1,2	0,24		
RQMV	Ciśnienie<140/90mmHg	1,33	0,33	6,88	0,032
	Ciśnienie>140/90mmHg	1,37	0,46		
	Kontrolna	1,2	0,24		

W grupie I również uzyskano większe wartości w teście z zamkniętymi oczami, dla parametru przedstawiającego procent czasu przebywania COP w okręgu o średnicy 5

mm niż w grupie II i kontrolnej. W teście bez kontroli wzroku grupa osób z CTK poniżej 140 mmHg prezentowała największą liczbę wychyleń podczas badania w obu kierunkach ruchu COP, w porównaniu do grupy II i kontrolnej. Natomiast zakres tylnego marginesu bezpieczeństwa w tym teście wyniósł odpowiednio dla grupy osób z ciśnieniem tętniczym poniżej 140/90 mmHg: 6,24; dla grupy osób z ciśnieniem tętniczym powyżej 140/90 mmHg: 7,6 i 5,34 w grupie kontrolnej (tab. 9).

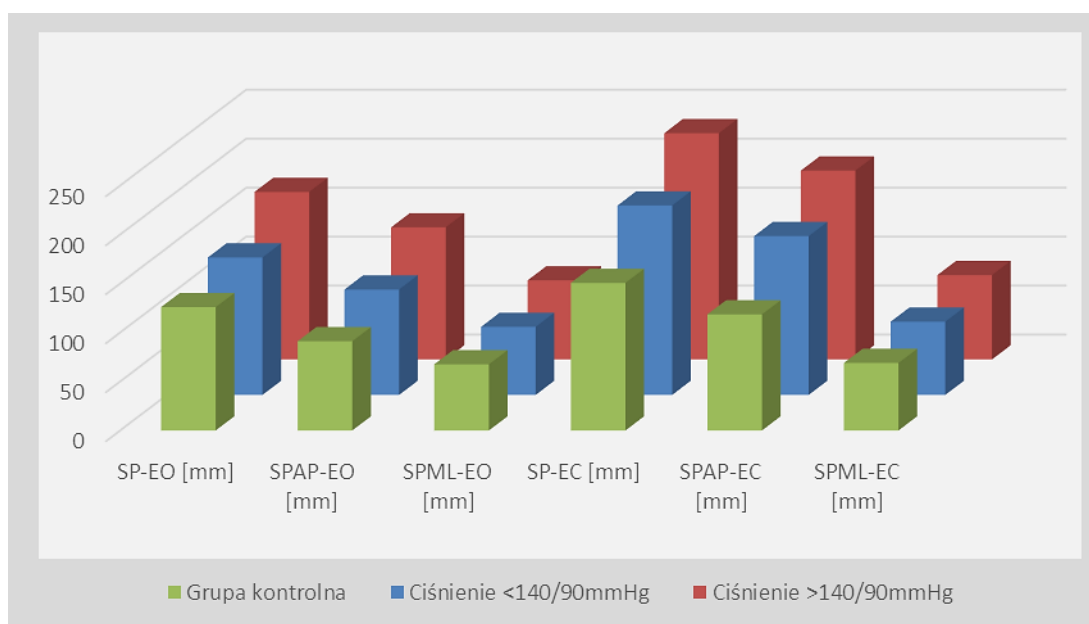
Tabela 9. Porównanie parametrów uzyskanych podczas drugiego badania na platformie stabilometrycznej w teście z oczami zamkniętymi w grupach chorych z nadciśnieniem i grupie kontrolnej. W tabeli przedstawiono jedynie wyniki, które uzyskały istotność statystyczną. Poziom istotności podano w ostatniej kolumnie, czerwonym kolorem zaznaczono wyniki bardzo istotne statystycznie.

Parametr stabilometryczny	Badanie drugie grupy badane	Średnia	SD	Wynik testu K-W	Poziom istotności
SP-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	193,37	60,8	56,39	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	230,95	113		
	Kontrolna	150,61	28,3		
SPAP-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	162,14	61,2	50,07	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	192,75	108		
	Kontrolna	118,45	29,5		
SPML-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	74,82	14	27,52	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	86,08	29,3		
	Kontrolna	68,98	10,6		
MA-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,4	1,37	14,02	0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	3,71	3,01		
	Kontrolna	2,57	2,05		
MAAP-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,11	1,31	11,43	0,003
	Ciśnienie>140/90mmHg	3,06	2,23		
	Kontrolna	2,34	2,01		
MAML-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	0,74	0,62	19,64	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	1,38	2,19		
	Kontrolna	0,69	0,58		
MaxAP-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	7,39	3,41	13,51	0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	9,34	4,57		
	Kontrolna	7,2	4,78		

Parametr stabilometryczny	Badanie drugie grupy badane	Średnia	SD	Wynik testu K-W	Poziom istotności
MaxML-EC [mm]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,37	1,27	18,89	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	3,65	6,44		
	Kontrolna	2,1	1,39		
MV-EC [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	6,45	2,03	55,89	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	7,57	3,56		
	Kontrolna	5,03	0,94		
MVAP-EC [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	5,4	2,04	50,08	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	6,41	3,58		
	Kontrolna	3,95	0,98		
MVML-EC [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	2,5	0,47	28,25	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	2,87	0,97		
	Kontrolna	2,3	0,36		
SA-EC [mm ²]	Ciśnienie<140/90mmHg	117,86	79,9	25,64	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	207,25	203		
	Kontrolna	99,64	70,8		
TR-EC R=5mm [%]	Ciśnienie<140/90mmHg	90,02	15,9	12,76	0,002
	Ciśnienie>140/90mmHg	77,28	27,2		
	Kontrolna	88,3	20,6		
LWAP-EC	Ciśnienie<140/90mmHg	18,49	8,65	11,06	0,004
	Ciśnienie>140/90mmHg	17,98	12,9		
	Kontrolna	13,38	8,34		
LWML-EC	Ciśnienie<140/90mmHg	15,1	8,02	6,05	0,049
	Ciśnienie>140/90mmHg	12,98	9		
	Kontrolna	12,32	8,82		
MaxAPB-EC	Ciśnienie<140/90mmHg	6,24	3,71	12,62	0,002
	Ciśnienie>140/90mmHg	7,6	5,77		
	Kontrolna	5,35	3,83		

Największe pole powierzchni w teście bez kontroli wzroku zakreslił, podczas badania na platformie stabilometrycznej, poruszający się rzut środka ciężkości w grupie osób z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg. Uzyskane wyniki były dwukrotnie większe niż w grupie osób z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg. W tym teście parametr długości

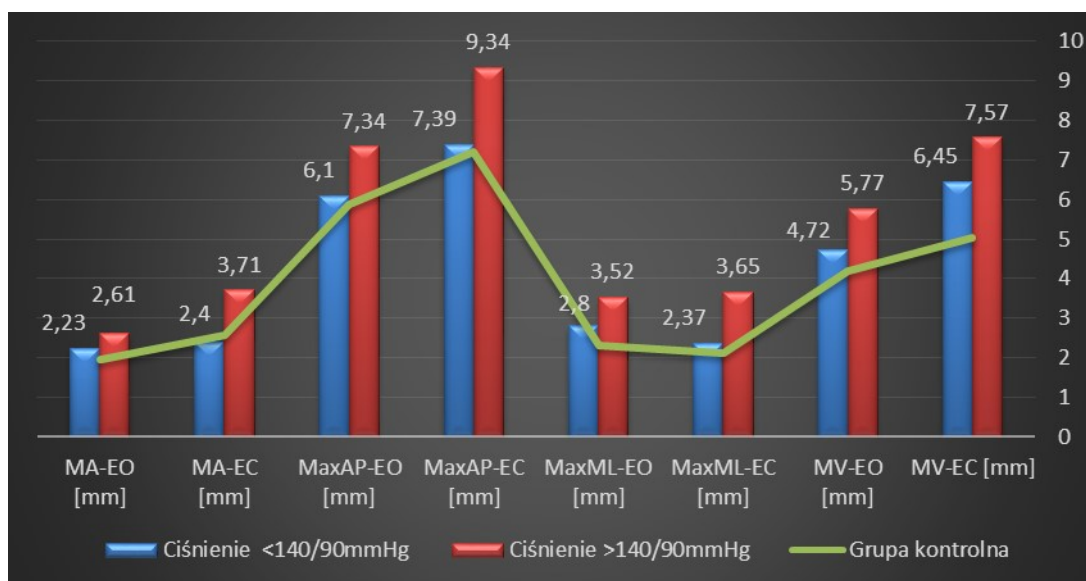
przebytej drogi również wykazał mniejsze wartości w grupie I niż w grupie II, a wyniki były o 43 i 80 mm większe niż w grupie kontrolnej. Statystycznie istotne różnice odnotowano w przeprowadzonym badaniu niezależnie dla każdej kończyny dolnej oraz badanej płaszczyzny. Większe wartości tego parametru uzyskano we wszystkich badanych grupach w teście z oczami zamkniętymi i kierunku przednio-tylnym poruszania się COP. Uzyskane wyniki przedstawiono na rycinie 16.



Rycina 16. Porównanie wyników parametru przebytej drogi uzyskanych w badaniu po trzech miesiącach w zależności od kontroli ciśnienia tętniczego w teście z oczami otwartymi (EO) i zamkniętymi (EC) oraz w obu kierunkach poruszania się COP.

Maksymalne wychylenia COP w kierunku przednio-tylnym oraz przyśrodkowo-bocznym, przy oczach zamkniętych, prezentowały się odpowiednio dla grupy I i kierunków AP: 7,39 oraz ML: 2,37 mm, dla grupy II w kierunku AP: 9,34 i ML: 3,65 mm. Po wyłączeniu kontroli wzroku również szybkość wychwiał COP była większa w grupie z CTK powyżej 140/90 mmHg niż w grupie z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg: $7,57 \pm 3,56$ vs. $6,45 \pm 2,0$ mm/s. Większe wartości tego parametru uzyskano w poszczególnych grupach badanych w kierunku AP niż ML (ryc. 17). Dla parametru średniej amplitudy wychwiał rzutu środka ciężkości, grupa kontrolna i osoby z ciśnieniem tętniczym poniżej 140/90 mmHg uzyskały zbliżone wyniki w tym teście.

Największe wartości zanotowano ponownie w grupie z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg.



Rycina 17. Porównanie parametrów średniej amplitudy (MA), maksymalnych wychyleń (MaxAP, MaxML) oraz średniej prędkości (MV) poruszania się środka ciężkości uzyskanych w badaniu po trzech miesiącach w zależności od kontroli ciśnienia tętniczego w teście z oczami otwartymi (EO) i zamkniętymi (EC). Zielona linia prezentuje wyniki dla grupy kontrolnej.

W badaniu kontrolnym po trzech miesiącach w teście z oczami zamkniętymi uzyskano większe wartości parametru przebytej drogi w obu kierunkach ruchu COP mierzonego oddzielnie dla lewej kończyny dolnej, niż w teście pod kontrolą wzroku. Podobne wyniki uzyskano dla tej kończyny dolnej i parametru szybkości wychwiał COP, a wśród osób z nadciśnieniem stabilniejszą postawę prezentowała grupa z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg. Ponadto w teście z oczami otwartymi mniejsze wyniki uzyskano również dla tej kończyny dolnej i parametru średniej amplitudy wychyleń COP, niż w teście z oczami zamkniętymi. Różnice jednak pomiędzy grupami z nadciśnieniem nie były tak wyraźne jak dla parametrów przebytej drogi i szybkości wychwiał (tab. 10). Analizując parametry uzyskane podczas II badania w obu testach w porównaniu do badania wyjściowego dla lewej kończyny dolnej mniejsze wartości otrzymano dla parametrów: długości drogi (SP), średniej prędkości (MV), średniej amplitudy (MA) i pola powierzchni (SA) zakreślonego przez COP.

Tabela 10. Porównanie parametrów uzyskanych dla lewej kończyny dolnej podczas drugiego badania na platformie stabilometrycznej w grupach chorych z nadciśnieniem i grupie kontrolnej. W tabeli przedstawiono jedynie wyniki, które uzyskały istotność statystyczną. Poziom istotności podano w ostatniej kolumnie, czerwonym kolorem zaznaczono wyniki bardzo istotne statystycznie.

BADANIE PO 3 MIESIĄCACH KONTROLI CIŚNIENIA TETNICZEGO							
Parametry stabilometryczne dla lewej kończyny dolnej	Grupy badane	Średni wynik testu z oczami otwartymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności	Średni wynik testu z oczami zamkniętymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności
SP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	164,86	35,43	<0,001	215,92	27,82	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	190,94			227,16		
	Kontrola	144,17			168,38		
SPAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	133,2	31,16	<0,001	183,29	28,03	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	157,79			283,35		
	Kontrola	113,97			139,11		
SPML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	74,33	15,93	<0,001	86,1	26,1	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	79,94			90,79		
	Kontrola	67,6			71,12		
MA [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,13	7,71	0,021	2,98	9,27	0,01
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,44			3,86		
	Kontrola	1,95			2,59		
MAAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	1,97	6,97	0,031	2,81	9,56	0,008
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,28			3,47		
	Kontrola	1,86			2,36		
MAML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	0,61	6,18	0,046	0,75	7,39	0,025
	Ciśnienie >140/90mmHg	0,68			1,17		
	Kontrola	0,49			0,76		
MV [mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	5,5	35,94	<0,001	7,2	33,44	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	6,37			8,16		
	Kontrola	4,8			5,62		
MVAP [mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	4,44	31,26	<0,001	6,11	27,9	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	5,27			6,61		
	Kontrola	3,8			4,64		

BADANIE PO 3 MIESIĄCACH KONTROLI CIŚNIENIA TĘTNICZEGO							
Parametry stabilometryczne dla lewej kończyny dolnej	Grupy badane	Średni wynik testu z oczami otwartymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności	Średni wynik testu z oczami zamkniętymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności
MVML [mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,48	15,83	<0,001	2,86	25,51	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,66			2,92		
	Kontrola	2,25			2,37		
SA [mm ²]	Ciśnienie <140/90mmHg	79,04	17,28	<0,001	129,55	17,45	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	101,33			169,37		
	Kontrola	66,33			92,11		

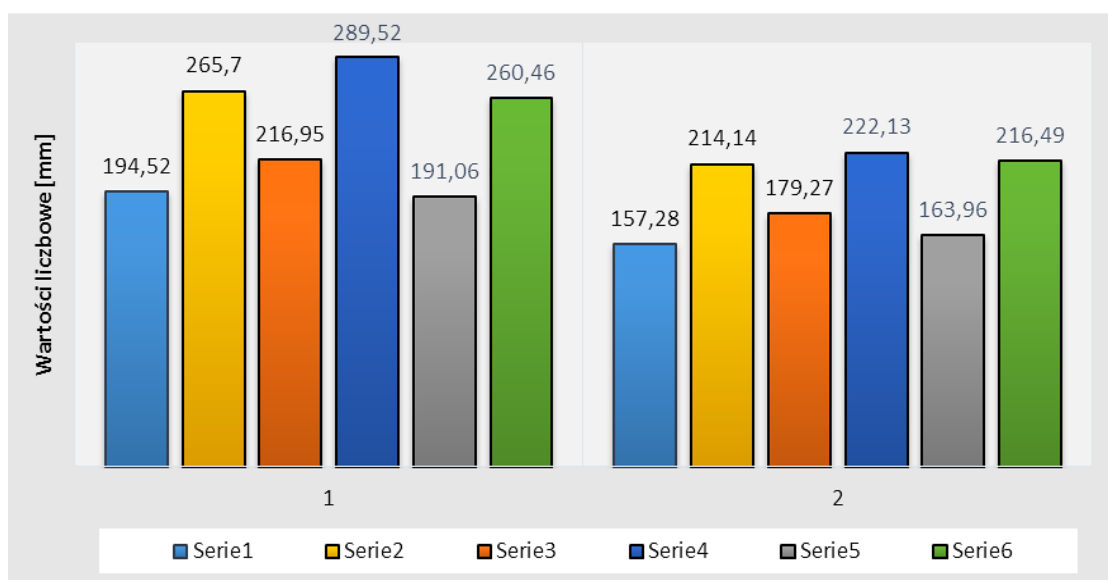
Podobnie prezentowały się wyniki dla prawej kończyny dolnej podczas testu z oczami otwartymi, jednak po wyłączeniu kontroli wzroku, poprawie w II badaniu uległy jedynie wartości parametrów przebytej drogi, średniej prędkości wychwiał oraz pola powierzchni zakreślonej przez poruszający się COP w obu grupach z nadciśnieniem (tab.7 i 11). Średnia amplituda wychwiał w tym teście zmniejszyła się jedynie w grupie z ciśnieniem tętniczym poniżej 140/90 mmHg. Większe wartości, zmierzone oddzielnie dla prawej kończyny dolnej, podobnie jak w badaniu pierwszym, uzyskano dla ruchu COP w kierunku przednio-tylnym niż boczny. Grupa badanych z ciśnieniem tętniczym powyżej 140/90 mmHg prezentowała największe wyniki w tym kierunku ruchu COP, odpowiednio 2,35 mm podczas testu z oczami otwartymi i 3,55 mm podczas testu z oczami zamkniętymi. Dla prawej kończyny dolnej zwiększył się czas przebywania rzutu środka ciężkości w okręgu o średnicy 5 mm. W grupie I, podczas badania z oczami otwartymi odnotowano taki sam czas przebywania COP w tym okręgu jak w grupie kontrolnej: 92 %, a w teście z oczami zamkniętymi nawet większy, odpowiednio: 85% vs. 82 %. Grupa II z CTK powyżej 140/90mmHg w badaniu z oczami zamkniętymi zanotowała po trzech miesiącach zmniejszenie tego parametru o 4%.

Tabela 11. Porównanie parametrów uzyskanych dla prawej kończyny dolnej podczas drugiego badania na platformie stabilometrycznej w grupach chorych z nadciśnieniem i grupie kontrolnej. W tabeli przedstawiono jedynie wyniki, które uzyskały istotność statystyczną. Czerwonym kolorem zaznaczono wyniki bardzo istotne statystycznie.

BADANIE PO 3 MIESIĄCACH KONTROLI CIŚNIENIA TETNICZEGO							
Parametry stabilometryczne dla prawej kończyny dolnej	Grupy badane	Średni wynik testu z oczami otwartymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności	Średni wynik testu z oczami zamkniętymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności
SP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	144,06	39,29	<0,001	190,96	53,17	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	180,06			237,16		
	Kontrola	130,14			155,24		
SPAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	116,16	38,38	<0,001	163,76	49,31	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	149,49			211,11		
	Kontrola	103,15			128,79		
SPML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	65,63	23,64	<0,001	73,96	28,47	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	76,73			86,97		
	Kontrola	60,97			66,14		
MA [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,17	12,6	0,002	2,65	11,87	0,003
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,54			3,87		
	Kontrola	1,98			2,95		
MAAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,01	12,23	0,002	2,48	11,53	0,003
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,35			3,55		
	Kontrola	1,85			2,71		
MAML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	0,63	8,95	0,011	0,74	7,28	0,026
	Ciśnienie >140/90mmHg	0,77			1,18		
	Kontrola	0,56			0,97		
MaxAP [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	6,4	16,1	<0,001	7,8	16,24	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	8,34			10,18		
	Kontrola	6,01			7,54		
MaxML [mm]	Ciśnienie <140/90mmHg	2	11,55	0,003	2,3	10,05	0,007
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,87			3		
	Kontrola	1,97			2,47		
MV [mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	4,8	39,33	<0,001	6,37	53,56	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	6			7,91		
	Kontrola	4,34			5,17		

BADANIE PO 3 MIESIĄCACH KONTROLI CIŚNIENIA TETNICZEGO							
Parametry stabilometryczne dla prawej kończyny dolnej	Grupy badane	Średni wynik testu z oczami otwartymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności	Średni wynik testu z oczami zamkniętymi	Wynik testu K-W	Poziom istotności
MVAP [mm/s]	Ciśnienie<140/90mmHg	3,87	37,77	<0,001	5,46	49,97	<0,001
	Ciśnienie>140/90mmHg	4,98			7,04		
	Kontrola	3,45			4,29		
MVML[mm/s]	Ciśnienie <140/90mmHg	2,19	24,16	<0,001	2,46	29,79	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	2,56			3,06		
	Kontrola	2,03			2,2		
SA [mm ²]	Ciśnienie <140/90mmHg	72	21,1	<0,001	92,18	17,64	<0,001
	Ciśnienie >140/90mmHg	96,17			158,13		
	Kontrola	58,63			91,21		
TR R=5mm [%]	Ciśnienie <140/90mmHg	92,67	15,59	<0,001	85,82	12,14	0,002
	Ciśnienie >140/90mmHg	87,21			74,59		
	Kontrola	92,69			82,54		
LWML	Ciśnienie <140/90mmHg	7,24	10,77	0,005	10	9,82	0,007
	Ciśnienie >140/90mmHg	9,32			11,46		
	Kontrola	6,08			7,52		

Po trzech miesiącach w teście z oczami otwartymi odnotowano zmniejszenie wartości w zakresie długości przebytej drogi o 37 mm. W teście z oczami zamkniętymi wartość tego parametru uległa zmniejszeniu o 51,5 mm. Poprawę wartości tego parametru uzyskano również dla każdej kończyny z osobna i niezależnie od kontroli wzroku (ryc. 18). Największa redukcja przebytej drogi przez rzut środka ciężkości w drugim badaniu dotyczyła kończyny dolnej lewej w teście z oczami zamkniętymi i wyniosła 67 mm. W obydwu badaniach dłuższą drogę przebył COP podczas testu z oczami zamkniętymi, a stabilniej, niezależnie od rodzaju testu, prezentowała się kończyna dolna prawa. Również uzyskane wartości dla parametru średniej amplitudy wychwiał COP dla prawej kończyny dolnej zmniejszyły się w stosunku do badania pierwszego i wyniosły 2,54 vs. 2,8 mm w grupie osób z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg. W grupie I wartości dla tej kończyny wyniosły 2,17 vs. 2,55 mm na początku badania.



Rycina 18. Porównanie wartości parametru przebytej drogi uzyskanych w obu badaniach z wyodrębnieniem wyników oddzielnie dla każdej kończyny dolnej w zależności od rodzaju testu (EO-oczy otwarte, EC-oczy zamknięte, L-lewa kończyna dolna, P-prawa kończyna dolna).

Wartości parametrów maksymalnych wychyleń w obu płaszczyznach w badaniu drugim także uległy poprawie. Średnia prędkość wychwiał COP w badaniu kontrolnym okazała się mniejsza: $5,3 \pm 1,68$ mm/s niż wyjściowo, gdzie wynosiła: $6,49 \pm 2,55$ mm/s. Czas przebywania COP w okręgu o promieniu 5 mm wydłużył się o 5 % podczas drugiego badania w teście z oczami otwartymi. Również wyniki dla każdej kończyny dolnej z osobna poprawiły się o 5 % w porównaniu z badaniem pierwszym. W teście z zamkniętymi oczami czas przebywania COP w tym okręgu zwiększył się o 7,4 %. Po wyłączeniu kontroli wzroku w badaniu drugim, po trzech miesiącach kontroli ciśnienia tętniczego osoby badane uzyskały zmniejszenie o ponad 50 % powierzchni zakreślonej przez poruszający się rzut środka ciężkości na płaszczyznę podstawy: 356 vs. 167 mm². Zmniejszył się również w tym teście zakres marginesu bezpieczeństwa, zarówno przedniego: 8,46 jak i tylnego: 6,99.

5.3 Parametry stabilometryczne uzyskane w grupie osób, które osiągnęły poprawę wartości ciśnienia tętniczego w trakcie badania

Z grupy osób z nadciśnieniem tętniczym do kolejnej analizy statystycznej wybrano te, u których po trzech miesiącach nastąpiła poprawa wartości ciśnienia tętniczego i w drugim badaniu średnie wartości ciśnienia tętniczego wyniosły poniżej 140/90 mmHg. W tej grupie badanych sprawdzono jak zmieniły się parametry stabilometryczne uzyskane w drugim badaniu w stosunku do wyjściowego (tab. 12). Osoby te stanowiły 31 % uczestników badania z rozpoznany nadciśnieniem tętniczym.

Tabela 12. Wyniki analizy testem Wilcoxona dla zmiennych, które osiągnęły poziom istotności statystycznej wśród osób, u których ciśnienie w pierwszym badaniu było większe niż 140/90 mmHg, a w drugim badaniu było zmniejszyło się poniżej 140/90 mmHg. Czerwonym kolorem zaznaczono parametry bardzo istotne statystycznie.

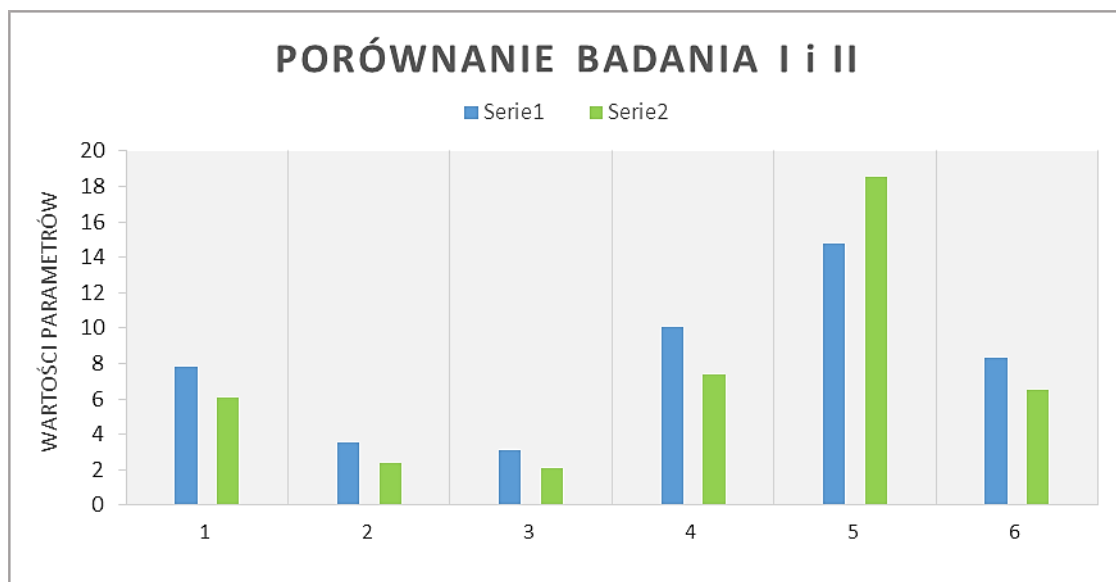
Parametry stabilometryczne	Badanie na platformie	Wartość średnia	SD	Wynik testu Z	Poziom istotności
SP-EO [mm]	Pierwsze	161	57,8	2,17	0,029
	Drugie	142,91	31,91		
MA-EC [mm]	Pierwsze	3,52	2,76	3,24	0,001
	Drugie	2,36	1,53		
SA-EC [mm ²]	Pierwsze	217,8	280,44	2,87	0,004
	Drugie	117,6	85,16		
LWAP-EC	Pierwsze	14,8	8,05	2,27	0,023
	Drugie	18,54	9,03		
MaxAP-EO [mm]	Pierwsze	7,8	5,06	2,07	0,038
	Drugie	6,09	3,75		
MaxAP-EC [mm]	Pierwsza	10,07	4,3	3,52	<0,001
	Drugie	7,37	3,81		
TR-EC R=5mm [%]	Pierwsze	78,44	29,57	3,53	<0,001
	Drugie	89,99	17,72		
MaxAPF-EC	Pierwsze	8,31	4,7	2,52	0,011
	Drugie	6,51	4,2		

W badaniu pod kontrolą wzroku wraz z poprawą kontroli CTK poprawie uległa wartość parametru przebytej drogi o 18 mm oraz maksymalnych wychyleń w kierunku AP. Po wyłączeniu kontroli wzroku poprawę uzyskano w zakresie wartości parametru powierzchni pola zakreślonego przez poruszający się COP (ryc.19). Łączny czas przebywania COP w okręgu o promieniu 5 mm, po normalizacji poziomu ciśnienia tętniczego, wydłużył się o 11,5%.



Rycina 19. Parametry stabilometryczne, które osiągnęły istotność statystyczną, w grupie osób u których po trzech miesiącach uzyskano normalizację ciśnienia tętniczego w stosunku do wyjściowych wysokich wartości ciśnienia (badanie I).

Większą ilość badanych parametrów, które uległy poprawie po obniżeniu średnich wartości ciśnienia tętniczego, zanotowano w badaniu na platformie stabilometrycznej w teście z oczami zamkniętymi. Jedynie wyniki maksymalnych wychyleń COP w kierunku przednio-tylnym zmniejszyły się w obu testach w tej grupie badanych. Również w tym kierunku poruszania się COP niższe wartości odnotowano dla parametru średniej amplitudy. Przeciwnie wyniki prezentował parametr całkowitej liczby wychyleń COP w kierunku przednio-tylnym w teście bez kontroli wzroku, którego wartość wzrosła w II badaniu po uzyskaniu dobrej kontroli ciśnienia (ryc. 20).

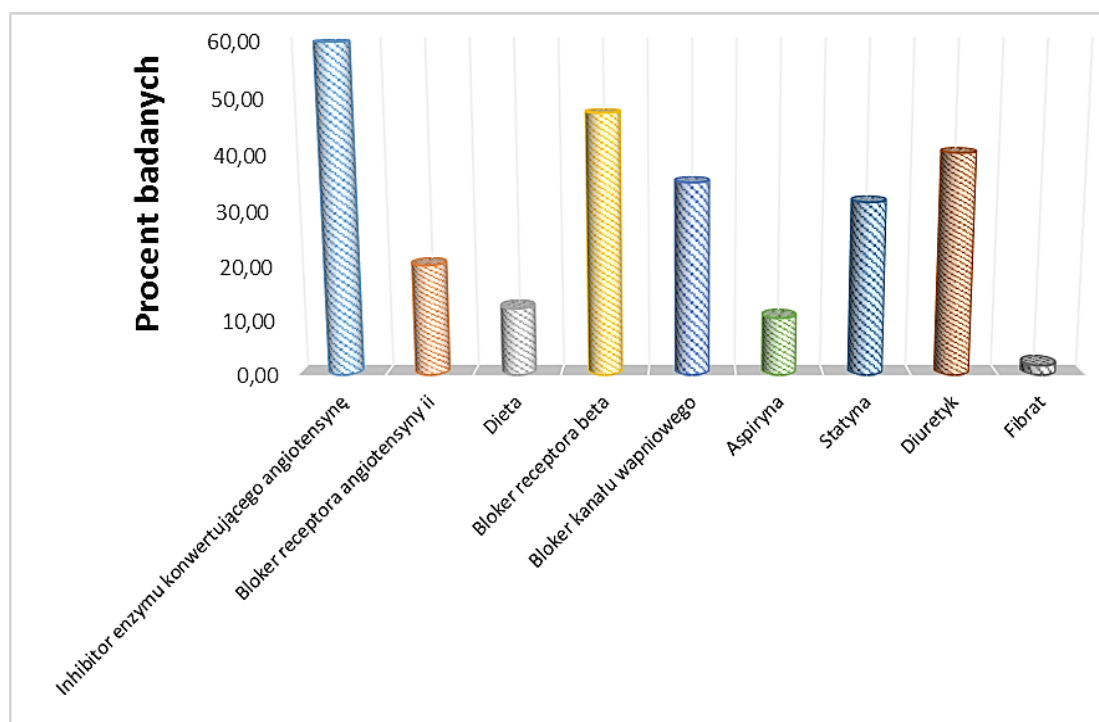


Rycina 20. Porównanie wyników w grupie osób, u których po trzech miesiącach uzyskano normalizację ciśnienia tętniczego w stosunku do wartości wyjściowych (badanie I), przekraczających poziom 140/90 mmHg.

Prawidłowa kontrola ciśnienia skutkowała również zmniejszeniem zakresu przedniego marginesu bezpieczeństwa w teście z oczami zamkniętymi. Wyższe wartości ciśnienia (powyżej 140/90 mmHg) w pierwszym badaniu wiązały się ze zwiększeniem zakresu tego marginesu o 1,8 mm. Największą istotność statystyczną odnotowano dla parametrów średniej amplitudy, czasu przebywania COP w okręgu o promieniu 5 mm oraz maksymalnych wychyleń w kierunku przednio-tylnym w teście z oczami zamkniętymi.

5.4 Wpływ leków na wyniki uzyskane podczas badania na platformie stabilometrycznej

Procentowy rozkład zażywanych grup leków wśród osób z nadciśnieniem przedstawiono na rycinie 21. Wykorzystując test rho-Spearmana wykazano jedynie słabą, w większości ujemną, zależność pomiędzy parametrami stabilometrycznymi a rodzajem przyjmowanych leków (tab. 13). Omówione parametry uzyskały istotność statystyczną na poziomie $p < 0,05$.



Rycina 21. Poszczególne grupy leków stosowane u badanych osób z nadciśnieniem w trakcie przeprowadzonego badania.

Tabela 13. Porównanie parametrów uzyskanych podczas badania na platformie stabilometrycznej u osób z nadciśnieniem w zależności od grupy zażywanych leków: inhibitory konwertazy angiotensyny (ACEI), sartany (ARB), β -blokery (BB), diuretyki (D), blokery kanału wapniowego (CA), kwas acetylosalicylowy (ASA), statyny (S), fibraty (F). W tabeli czerwonym kolorem zaznaczono wyniki, które uzyskały istotność statystyczną, $p < 0,05$.

Zmienna	Grupy przyjmowanych leków test rho-Spearmana							
	ACE	ARB	BB	D	CA	ASA	S	F
SP-EO [mm]	-0,31	0,07	-0,11	-0,32	-0,15	0,06	-0,09	0,13
SPAP-EO [mm]	-0,25	0,05	-0,11	-0,32	-0,15	0	-0,05	0,07
SPML-EO [mm]	-0,19	-0,01	-0,01	-0,12	-0,07	0,07	-0,05	0,12
MAML-EO [mm]	-0,13	0,23	0,1	0,1	-0,02	-0,05	0,09	-0,04
MaxML-EO [mm]	-0,07	0,13	0,12	0,04	-0,01	-0,03	0,23	-0,09
MV-EO [mm/s]	-0,26	0,06	-0,1	-0,28	-0,14	0,04	-0,06	0,11
MVAP-EO [mm/s]	-0,25	0,05	-0,11	-0,32	-0,15	0,01	-0,05	0,07
MVML-EO [mm/s]	-0,19	-0,01	0	-0,12	-0,07	0,06	-0,05	0,13
SA-EO [mm ²]	-0,19	0,18	-0,02	0	-0,05	-0,03	0,1	0,01
MF-EO [Hz]	0	-0,1	-0,08	-0,21	-0,02	0,16	-0,11	0,08
LWAP-EO	-0,02	-0,05	-0,03	-0,22	-0,03	0,07	-0,06	0,02
LWML-EO	0,09	-0,28	-0,14	-0,12	-0,04	0,04	-0,11	0,03
SPAP-EO-L [mm]	-0,3	0,08	-0,08	-0,33	-0,24	0,06	-0,1	0,12
SPML-EO-L [mm]	-0,36	0,07	-0,13	-0,21	-0,24	0	-0,14	0,14
MA-EO-L [mm]	-0,19	0,14	0	0,04	-0,2	-0,1	0,08	0,01
MAAP-EO-L [mm]	-0,17	0,12	-0,01	0,02	-0,2	-0,1	0,08	0,02
MAML-EO-L [mm]	-0,27	0,25	-0,04	0,05	-0,18	-0,16	0	-0,06
MaxAP-EO-L [mm]	-0,23	0,17	-0,08	-0,03	-0,17	-0,07	0,09	0,06
MaxML-EO-L [mm]	-0,28	0,21	0	-0,01	-0,19	-0,16	0,02	-0,02

Zmienna	Grupy przyjmowanych leków test rho-Spearmana							
	ACE	ARB	BB	D	CA	ASA	S	F
MV-EO-L [mm/s]	-0,34	0,1	-0,1	-0,33	-0,25	0,07	-0,11	0,16
MVAP-EO-L [mm/s]	-0,3	0,08	-0,08	-0,33	-0,24	0,07	-0,1	0,12
MVML-EO-L [mm/s]	-0,36	0,06	-0,13	-0,21	-0,24	0	-0,14	0,14
SA-EO-L [mm ²]	-0,28	0,23	-0,08	0,01	-0,22	-0,05	0,03	0,06
MF-EO-L [Hz]	0,04	-0,08	-0,07	-0,23	0,03	0,11	-0,13	0,04
TR-EO-L R=5mm [%]	0,18	-0,12	0	0,02	0,2	0,07	-0,1	-0,01
LWAP-EO-L	-0,01	-0,04	-0,01	-0,27	0,01	0,18	0,01	-0,01
LWML-EO-L	-0,08	-0,11	-0,09	-0,3	-0,02	0	-0,11	-0,02
SPML-EO-P [mm]	-0,2	0,04	-0,08	-0,03	-0,03	-0,12	-0,04	-0,04
MVML-EO-P [mm/s]	-0,2	0,04	-0,09	-0,03	-0,03	-0,11	-0,04	-0,03
SP-EC [mm]	-0,18	0	-0,03	-0,33	-0,04	0,06	-0,06	0,09
SPAP-EC [mm]	-0,14	-0,01	-0,09	-0,38	-0,04	0,04	-0,06	0,07
MAAP-EC [mm]	-0,07	-0,06	0,19	-0,08	0,07	-0,07	0,13	-0,1
MAML-EC [mm]	-0,19	0,01	0,06	0,05	-0,03	-0,07	-0,01	0,01
MaxAP-EC [mm]	-0,13	0,03	0,14	-0,18	-0,06	-0,07	0,09	-0,12
MaxML-EC [mm]	-0,19	0,07	0,1	0,06	-0,04	-0,13	0,14	0,04
MV-EC [mm/s]	-0,2	0,01	-0,05	-0,35	-0,06	0,06	-0,05	0,09
MVAP-EC [mm/s]	-0,15	-0,01	-0,09	-0,38	-0,05	0,04	-0,06	0,07
SA-EC [mm ²]	-0,19	0	0,08	-0,19	-0,06	-0,01	0,08	-0,02
LWAP-EC	-0,01	0	-0,06	-0,19	-0,11	0,14	-0,09	0,18
LWML-EC	0,22	-0,06	0,01	-0,1	0,14	0,15	0,11	0,03
SP-EC-L [mm]	-0,29	0,03	-0,09	-0,37	-0,12	0,06	-0,11	0,13
SPAP-EC-L [mm]	-0,25	0,01	-0,1	-0,39	-0,13	0,05	-0,12	0,11
SPML-EC-L [mm]	-0,25	0	-0,11	-0,25	-0,11	-0,03	-0,14	0,14
MA-EC-L [mm]	-0,06	-0,08	0,02	-0,2	-0,14	-0,15	0,1	-0,12
MAAP-EC-L [mm]	-0,05	-0,08	0,01	-0,19	-0,15	-0,14	0,11	-0,12
MAML-EC-L [mm]	-0,14	0,02	-0,05	-0,13	-0,14	-0,23	0	-0,09
MaxAP-EC-L [mm]	-0,12	-0,03	-0,02	-0,22	-0,2	-0,09	0,01	-0,1
MaxML-EC-L [mm]	-0,22	0,08	-0,03	-0,1	-0,13	-0,18	0	-0,05
MV-EC-L [mm/s]	-0,26	0,02	-0,11	-0,39	-0,14	0,05	-0,13	0,12
MVAP-EC-L [mm/s]	-0,27	0,02	-0,08	-0,37	-0,11	0,06	-0,1	0,12
MVML-EC-L [mm/s]	-0,28	0,02	-0,11	-0,25	-0,11	-0,02	-0,11	0,14
SA-EC-L [mm ²]	-0,24	-0,01	-0,04	-0,25	-0,15	-0,07	-0,02	0
MF-EC-L [Hz]	-0,07	-0,01	-0,07	-0,1	-0,01	0,28	-0,14	0,21
LWAP-EC-L	-0,04	-0,09	0,06	-0,08	0,02	0,23	-0,08	0,21
MaxML-EC-P [mm]	-0,14	0,15	0,06	-0,07	-0,08	-0,22	0,05	-0,16
MF-EC-P [Hz]	0	0,02	-0,15	-0,18	-0,1	0,15	-0,22	0,15
LWAP-EC-P	-0,04	0,01	-0,09	-0,29	-0,17	0,09	-0,21	0,18
ROSA-L	0,06	-0,21	0,01	-0,29	0,02	-0,12	-0,09	-0,14
ROMV-L	0,02	-0,16	0,02	-0,19	0,09	-0,01	-0,11	0,02

Najsilniejszą ujemną korelację z parametrem długości przebytej drogi w teście z oczami otwartymi prezentowały leki z grupy inhibitorów enzymu konwertującego angiotensynę (ACEI) oraz diuretyki, w tym ACEI korelowały z wartościami tego parametru niezależnie od kierunku poruszania się COP, a diuretyki jedynie z wartościami zmierzonymi w kierunku przednio-tylnym. Obydwie grupy leków prezentowały podobną ujemną zależność dla parametru średniej prędkości COP w teście z oczami otwartymi. Z kolei w badaniu z oczami zamkniętymi diuretyki silniej korelowały z tym parametrem niż ACEI. Wśród badanych przyjmujących diuretyk ujemną korelację wyników wykazał

również parametr całkowitej liczby wychyleń zmierzony dla lewej kończyny dolnej w kierunku AP niezależnie od rodzaju testu. Bez kontroli wzroku wyniki badań osób przyjmujących diuretyk wykazały słaby związek z parametrem przebytej drogi, a w porównaniu do testu z oczami otwartymi zaznaczył się on również w kierunku ML. Z kolei całkowita liczba wychyleń i ich maksymalny zasięg w teście bez kontroli wzroku wiązały się ze stosowaniem diuretyku w kierunku przednio-tylnym, a w kierunku pośrodkowo-bocznym z ACEI.

Leki z grupy inhibitorów receptora dla angiotensyny II (ARB) dodatnio korelowały z parametrem średniej amplitudy w kierunku ML. Przeciwną zależność prezentowała liczba wychyleń w kierunku AP, również w teście z oczami otwartymi. ARB dodatkowo w tym teście wykazały zależność z parametrami pola powierzchni oraz średniej amplitudy i maksymalnych wychyleń COP w kierunku ML zmierzonych dla lewej kończyny dolnej.

Stosowanie β -blokerów (BB) dodatnio korelowało jedynie z parametrem średniej amplitudy w kierunku AP w teście z oczami zamkniętymi.

Dla leków z grupy blokerów kanału wapniowego (CA) ujemną korelację uzyskano dla parametrów zmierzonych tylko dla lewej kończyny dolnej w teście z oczami otwartymi. Były to: długość przebytej drogi, średnia amplituda, średnia prędkość i pole powierzchni. Z kolei dodatnią korelację również dla tej kończyny prezentowały wyniki dla parametru czasu przebywania COP w polu o średnicy 5mm.

Leki obniżające poziom cholesterolu z grupy statyn (S) dodatnio korelowały z wartością maksymalnych wychyleń w kierunku ML w teście z oczami otwartymi, a ujemnie z liczbą wychyleń w kierunku AP i średnią częstotliwością poruszania się COP dla prawej kończyny dolnej przy oczach zamkniętych. Fibraty (F) w przeciwieństwie do statyn (druga grupa leków obniżających poziom cholesterolu) wykazały ujemny związek jedynie z całkowitą liczbą i średnią częstotliwością wychyleń dla lewej kończyny dolnej.

Przyjmowanie kwasu acetylosalicylowego (ASA) w badanej grupie wykazało ujemny związek z parametrami stabilometrycznymi dla lewej kończyny dolnej w teście z oczami zamkniętymi w kierunku ML dla parametrów średniej amplitudy i maksymalnych wychyleń COP. Dodatni związek wykazały parametry całkowitej liczby i średniej częstotliwości wychyleń w kierunku AP dla lewej kończyny dolnej i maksymalnych wychyleń dla prawej kończyny dolnej w teście bez kontroli wzroku.

W tabeli 14 przedstawiono wyniki pomiarów parametrów równowagi w zależności od rodzaju leczenia. Najkrótszą przebytą długość drogi w przeprowadzonym

badaniu odnotowano w grupie kontrolnej, potem u osób leczonych tylko dietą, a najdłuższą w grupie zażywającej co najmniej 3 leki hipotensyjne. Wyniki dla tego parametru tak samo prezentowały się w teście z oczami otwartymi jak i zamkniętymi. Podobne wyniki uzyskano dla parametru średniej amplitudy poruszania się COP. Maksymalne wychylenia COP w kierunku AP i ML najmniejsze wartości przyjmowały w grupie kontrolnej, największe w grupie leczonej co najmniej 3 lekami. Zbliżone wartości do grupy kontrolnej uzyskali badani z nadciśnieniem tętniczym leczonym dietą dla tego parametru w kierunku AP.

Tabela 14. Rodzaj leczenia a parametry uzyskane podczas badania na platformie stabilometrycznej. Czerwonym kolorem zaznaczono wyniki bardzo istotne statystycznie.

Zmienna	Leczenie	Średnia	SD	Wynik testu K-W	Poziom istotności
SP-EO [mm]	Tylko dieta	144,87	34,29	98,74	<0,001
	1-2 leków	190	71,39		
	Co najmniej 3 leki	222,22	85,72		
	Kontrolna	125,93	9,73		
MA-EO [mm]	Tylko dieta	2,25	0,8	35,86	<0,001
	1-2 leków	3,12	1,58		
	Co najmniej 3 leki	3,02	1,97		
	Kontrolna	1,95	0,83		
MaxAP-EO [mm]	Tylko dieta	6,36	2,05	32,18	<0,001
	1-2 leków	9,54	5,7		
	Co najmniej 3 leki	9,98	6,61		
	Kontrolna	5,87	2,68		
MaxML-EO [mm]	Tylko dieta	3,66	1,86	48,95	<0,001
	1-2 leków	5,28	5,43		
	Co najmniej 3 leki	6,03	7,05		
	Kontrolna	2,32	1,32		
MV-EO [mm/s]	Tylko dieta	4,82	1,14	99,89	<0,001
	1-2 leków	6,34	2,38		
	Co najmniej 3 leki	7,41	2,86		
	Kontrolna	4,2	0,33		
SA-EO [mm ²]	Tylko dieta	102,13	53,46	61,46	<0,001
	1-2 leków	216,48	235,65		
	Co najmniej 3 leki	242,59	324,93		
	Kontrolna	73	32,51		
MF-EO [Hz]	Tylko dieta	0,38	0,13	8,03	0,045
	1-2 leków	0,36	0,14		
	Co najmniej 3 leki	0,45	0,16		
	Kontrolna	0,41	0,21		
TR-EO R=5mm [%]	Tylko dieta	93,19	6,29	32,1	<0,001
	1-2 leków	83,26	19,53		
	Co najmniej 3 leki	85,68	18,97		
	Kontrolna	94,93	7,94		
LWAP-EO	Tylko dieta	12,87	5,87	19,48	<0,001
	1-2 leków	12,84	7,51		
	Co najmniej 3 leki	17	8,05		
	Kontrolna	10,35	5,38		

Zmienna	Leczenie	Średnia	SD	Wynik testu K-W	Poziom istotności
SP-EC [mm]	Tylko dieta	204,2	36,66	103,62	<0,001
	1-2 leków	263,73	142,46		
	Co najmniej 3 leki	293,95	116,38		
	Kontrolna	150,61	28,33		
MA-EC [mm]	Tylko dieta	2,49	0,87	28,65	<0,001
	1-2 leków	3,61	2,41		
	Co najmniej 3 leki	4,73	3,87		
	Kontrolna	2,57	2,05		
MaxAP-EC [mm]	Tylko dieta	9,99	4,11	45,51	<0,001
	1-2 leków	11,47	8,98		
	Co najmniej 3 leki	12,43	5,74		
	Kontrolna	7,2	4,78		
MaxML-EC [mm]	Tylko dieta	2,69	1,06	46,53	<0,001
	1-2 leków	7	11,08		
	Co najmniej 3 leki	5,22	4,44		
	Kontrolna	2,1	1,39		
MV-EC [mm/s]	Tylko dieta	6,8	1,22	103,15	<0,001
	1-2 leków	8,79	4,75		
	Co najmniej 3 leki	9,8	3,89		
	Kontrolna	5,03	0,94		
SA-EC [mm ²]	Tylko dieta	128	44,83	51,75	<0,001
	1-2 leków	338,76	433,83		
	Co najmniej 3 leki	479,76	753,72		
	Kontrolna	99,64	70,81		
TR-EC R=5mm [%]	Tylko dieta	89,77	9,29	31,79	<0,001
	1-2 leków	77,74	25,32		
	Co najmniej 3 leki	66,17	35,96		
	Kontrolna	88,3	20,6		
LWAP-EC	Tylko dieta	19,2	8,53	10,32	0,016
	1-2 leków	17,16	8,72		
	Co najmniej 3 leki	19,46	13,11		
	Kontrolna	13,38	8,34		
MaxAPF-EC	Tylko dieta	7,4	2,75	40,11	<0,001
	1-2 leków	9,66	8,3		
	Co najmniej 3 leki	10,24	5,44		
	Kontrolna	6,2	4,78		
MaxAPB-EC	Tylko dieta	9,13	4,05	37,2	<0,001
	1-2 leków	9,1	5,8		
	Co najmniej 3 leki	9,35	5,78		
	Kontrolna	5,35	3,83		
RQSP	Tylko dieta	1,46	0,35	13,05	0,005
	1-2 leków	1,43	0,66		
	Co najmniej 3 leki	1,38	0,44		
	Kontrolna	1,2	0,24		
RQMV	Tylko dieta	1,46	0,35	13,05	0,005
	1-2 leków	1,43	0,66		
	Co najmniej 3 leki	1,38	0,44		
	Kontrolna	1,2	0,24		

Prędkość poruszania się COP wzrastała wraz z liczbą zażywanych leków w obu testach tj. z oczami otwartymi i zamkniętymi. Znaczne różnice pomiędzy grupą kontrolną i osobami leczonymi dietą, a grupami leczonymi farmakologicznie odnotowano dla parametru pola powierzchni określonej przez środek ciężkości w badaniu pod kontrolą wzroku. Grupa leczona co najmniej trzema lekami prezentowała trzykrotnie większe wartości niż grupa kontrolna i dwukrotnie większe niż grupa leczona dietą. Najdłużej w okręgu o promieniu 5 mm COP utrzymywał się w grupie kontrolnej i leczonej dietą niezależnie od kontroli wzroku. Nie stwierdzono różnicy w całkowitej liczbie wychyleń w płaszczyźnie przednio-tylnej w grupie leczonej dietą i 1-2 lekami, a grupa leczona co najmniej trzema lekami prezentowała największą ich liczbę w tym kierunku. Wyłączenie kontroli wzroku nie spowodowało zmiany rozkładu wyników dla parametrów: łącznej długości przebytej drogi oraz średniej amplitudy. Wartości uległy zwiększeniu, ale nadal najmniejsze odnotowano w grupie kontrolnej. Pole powierzchni w tym teście, w grupie leczonej co najmniej trzema lekami, było ponad czterokrotnie większe niż w grupie kontrolnej. W grupie leczonej 1-2 lekami maksymalne wychylenia w kierunku ML w teście bez kontroli wzroku były największe, natomiast wychylenia w płaszczyźnie AP prezentowały rozkład jak dla testu z oczami otwartymi. Wyłączenie kontroli wzroku znacznie skróciło czas przebywania COP w okręgu o promieniu 5 mm w grupach leczonych lekami hipotensyjnymi. Grupa kontrolna i leczona dietą wypadły podobnie. Dodatkowo w tym teście istotność statystyczną przekroczyły wartości dla parametrów zakresu marginesu bezpieczeństwa zarówno przedniego jak i tylnego. Tylne zakres bezpieczeństwa prezentował podobne wyniki w grupie osób z nadciśnieniem niezależnie od rodzaju leczenia, ponownie grupa kontrolna osiągnęła znacznie mniejsze wyniki. Wyliczona próba Romberga dla długości przebytej drogi i średniej prędkości COP przekroczyła próg istotności statystycznej. Najstabilniej pod względem tych parametrów prezentowała się grupa kontrolna, potem leczona co najmniej 3 lekami, a pozostałe dwie grupy osiągnęły podobne wartości.

5.5 Wskaźnik asymetrii kończyn

Wyliczony wskaźnik asymetryczności (SI) ze wzoru $SI = \frac{COPp - COPl}{(COPp + COPl)/2} \times 100\%$ w grupie z ciśnieniem tętniczym poniżej 140/90 mmHg, niezależnie od kontroli wzroku,

wskazuje na średnio 11 % przewagę kończyny dolnej lewej w badaniu wyjściowym [91]. Podobne wartości wskaźnika asymetryczności uzyskano w tej grupie badanych po trzech miesiącach, jedynie w zakresie powierzchni zakreślonej przez COP, w teście z oczami zamkniętymi, przewaga ta była wyraźniejsza o 34 % względem kończyny dolnej prawej (tab.15).

Tabela 15. Wskaźnik asymetrii obliczony dla parametrów długości drogi (SP), średniej prędkości (MV) i pola powierzchni (SA) wychwiał w obu badaniach w grupie z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg.

Badanie I				Badanie II po 3 miesiącach			
parametr	kdp	kdl	wskaźnik asymetrii SI	parametr	kdp	kdl	wskaźnik asymetrii SI
SP-EO	178,41	196,03	-9%	SP-EO	144,06	164,86	-13%
SP-EC	262,69	295,16	-12%	SP-EC	190,96	215,92	-12%
MV-EO	5,94	6,53	-9%	MV-EO	4,8	5,5	-14%
MV-EC	8,75	9,85	-12%	MV-EC	6,37	7,2	-12%
SA-EO	101,63	118,59	-15%	SA-EO	72	79,04	-9%
SA-EC	200,72	211,75	-5%	SA-EC	92,18	129,55	-34%

Jeszcze mniejsze różnice uzyskano w badaniu kontrolnym po trzech miesiącach, w grupie z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg, gdzie wskaźnik asymetrii pomiędzy kończynami wyniósł średnio 4 % na korzyść kończyny dolnej lewej (tab.16). Zakładając, że dla większość badanych osób dominującą była prawa kończyna, można przyjąć, że w prezentowanym badaniu za stabilizację postawy częściej odpowiadała kończyna niedominująca [92].

Tabela 16. Wskaźnik asymetrii obliczony dla parametrów długości drogi (SP), średniej prędkości (MV) i pola powierzchni (SA) wychwiał w obu badaniach w grupie z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg.

Badanie I				Badanie II po 3 miesiącach			
parametr	kdp	kdl	wskaźnik asymetrii SI	parametr	kdp	kdl	wskaźnik asymetrii SI
SP-EO	196	225,11	-14%	SP-EO	180,06	190,94	-6%
SP-EC	259,59	287,32	-10%	SP-EC	237	227,16	4%
MV-EO	6,53	7,51	-14%	MV-EO	6	6,37	-6%
MV-EC	8,65	9,58	-10%	MV-EC	7,91	8,16	-3%
SA-EO	125,77	171,33	-31%	SA-EO	96,17	101,33	-5%
SA-EC	199,18	302,12	-41%	SA-EC	158,13	169,37	-7%

Wraz ze wzrostem asymetrii w utrzymaniu równowagi strategia stawu biodrowego zastępowana jest mechanizmami korekcyjnymi działającymi w obrębie stawu skokowego [93]. Większa liczba parametrów uległa poprawie w przeprowadzonym badaniu dla kończyny dolnej prawej. Wskaźnik asymetryczności w grupie kontrolnej wyniósł w teście z oczami otwartymi dla parametru SP i MV: 10 %, a dla SA: 12%. Dla testu z oczami zamkniętymi wartości wyniosły odpowiednio: SP i MV: 8 % i dla SA: 1%. Wyniki również w tej grupie wskazywały na niewielką przewagę kończyny dolnej lewej.

6. OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

Wzrost wartości większości parametrów uzyskanych podczas badania na platformie stabilometrycznej świadczy o mniejszej stabilności, pogorszeniu kontroli równowagi ciała i zwiększonym ryzyku upadków w przyszłości [94]. Parametrem mającym najlepiej udowodniony związek z pogorszeniem równowagi jest długość ścieżki (SP), czyli zarejestrowana przebyta droga przez rzut środka ciężkości na płaszczyznę podparcia [95-97]. W przeprowadzonym badaniu, niezależnie od kontroli wzroku i kierunku poruszania się, najkrótszą drogę przebył COP w grupie kontrolnej składającej się z osób bez nadciśnienia tętniczego. U osób z rozpoznaniem nadciśnienia długość przebytej drogi uległa wydłużeniu, a największe wartości zanotowano u tych chorych w teście z oczami zamkniętymi. Wyższe poziomy ciśnienia tętniczego łączyły się z wydłużeniem przebytej drogi przez COP, a w badaniu kontrolnym po trzech miesiącach wraz z poprawą kontroli ciśnienia tętniczego zmniejszeniu uległy również wartości tego parametru. Różnice zaznaczyły się również pomiędzy grupami z nadciśnieniem, a największą korzyść odniosła grupa z dobrze kontrolowanym ciśnieniem (średnie wartości poniżej 140/90 mmHg). W wyodrębnionej podgrupie osób, które znormalizowały poziom ciśnienia tętniczego, istotność statystyczną uzyskano dla tego parametru podczas badania z oczami otwartymi. Związane może to być z tym, że po wyłączeniu kontroli wzroku układ równowagi traci dodatkowy sygnał informujący o położeniu ciała w przestrzeni i pracuje pod większym obciążeniem i zarazem bardziej wydajnie. Wpływ nadciśnienia na równowagę zaznacza się zatem podczas słabszej kontroli ośrodka równowagi, gdy napływ informacji z narządu wzroku jest niezakłócony i przez to może być, u tych względnie zdrowych osób, nieodczuwany podczas codziennych czynności. Po trzech miesiącach nadal najsprawniejszą kontrolę ośrodka równowagi w pozycji stojącej prezentowała grupa kontrolna bez nadciśnienia tętniczego. Podobne wyniki przedstawił Kitabayashi i wsp. porównując równowagę osób młodych, starszych zdrowych i chorujących na zaburzenia równowagi, uzyskując wzrost wartości parametru SP w obu płaszczyznach w grupach osób starszych oraz chorych w porównaniu z grupą badanych zdrowych młodych [98].

Kolejnym parametrem wskazującym na pogorszenie kontroli równowagi jest średnia prędkość (MV) poruszania się COP. Większe prędkości wychwiał podczas spokojnego stania charakteryzują bardziej niepewną kontrolę równowagi ciała. W badaniu wyjściowym grupa kontrolna i osoby z dobrze kontrolowanym ciśnieniem

tętnicznym prezentowały mniejsze wartości parametru MV w teście z oczami otwartymi niezależnie od kierunku poruszania się COP, w porównaniu do osób ze średnim ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg. Podobne wyniki otrzymano w drugim badaniu po trzech miesiącach kontroli ciśnienia tętniczego, uzyskując dodatkowo zmniejszenie prędkości poruszania się COP w obu testach i płaszczyznach. W tym badaniu grupa z ciśnieniem dobrze kontrolowanym uzyskała wyniki zbliżone do grupy kontrolnej. Uzyskane dane potwierdzają hipotezę, że informacja o prędkości wychwiał środka ciężkości jest jedną z najdokładniejszych form informacji sensorycznych wykorzystywanych do stabilizacji postawy podczas spokojnego stania [99]. Pogorszenie kontroli równowagi łączy się z więc z wydłużeniem przebytej drogi przy większej prędkości poruszania się COP. U osób starszych pogorszenie parametru MV korelowało z zaburzeniami w obrębie kory mózgowej regulującej pracę mięśni kończyn dolnych podczas spokojnego stania [100]. Nadciśnienie tętnicze w moim badaniu wpływało na pogorszenie obydwu parametrów tym bardziej, im gorsza była farmakologiczna kontrola ciśnienia tętniczego. Condrón i wsp. zwracają uwagę na połączenie parametru MV z maksymalnymi wychyleniami środka ciężkości, szczególnie w kierunku pośrodkowo-bocznym, które według autora lepiej różnicuje osoby z zaburzeniami równowagi od zdrowych [101]. Badania własne również wskazują na podobną zależność w odniesieniu do uzyskiwanych wartości ciśnienia. Grupa osób, które nie osiągnęły poziomu średniego ciśnienia poniżej 140/90 mmHg po trzech miesiącach kontroli, poza większą prędkością poruszania się COP, prezentowała również największe wartości maksymalnych wychyleń, niezależnie od rodzaju testu. W badaniu nie wykazano przewagi określonego kierunku wychwiał, chociaż stabilniejszy był ruch COP w kierunku pośrodkowo-bocznym. W grupie osób, które po trzech miesiącach osiągnęły normalizację średnich wartości ciśnienia, zmniejszenie wartości parametru maksymalnych wychyleń uzyskano z kolei tylko w płaszczyźnie strzałkowej, niezależnie od kontroli wzroku. Normalizacja ciśnienia tętniczego krwi w moim badaniu wiązała się więc z największą poprawą w zakresie mniej stabilnego kierunku ruchu w badanej grupie osób. Niestabilność w zakresie równowagi w kierunku pośrodkowo-bocznym opisywana jest w literaturze najczęściej u osób w starszym wieku i często prowadzi do upadku. Pogorszenie stabilności postawy w tym kierunku tłumaczy się faktem, że typowa motoryka ludzka bazuje na lokomocji w płaszczyźnie strzałkowej i podczas naszego życia jest stale ćwiczona, a przez to odporniejsza na czynniki destabilizujące. Należałoby się więc spodziewać, że największe różnice wystąpią pomiędzy badanymi grupami właśnie w

płaszczyźnie czołowej. Naturalny brak ruchu w tej płaszczyźnie, utrwalony przez lata nieaktywności, może prowadzić do niekorzystnych zmian strategii posturalnych i przy współistnieniu nadciśnienia objawiać się niestabilnością już u młodszych ludzi [102]. Analogiczne wnioski prezentują inni badacze, którzy twierdzą, że pomiary w płaszczyźnie czołowej są lepszym wskaźnikiem zaburzeń równowagi niż w płaszczyźnie strzałkowej, a parametry poruszania się COP w kierunku pośrodkowo-bocznym mogą być czynnikiem prognostycznym upadków w przyszłości [103,104]. Zmniejszenie wartości parametru maksymalnych wychyleń w płaszczyźnie strzałkowej u osób, które poprawiły kontrolę ciśnienia tętniczego, wskazuje na wpływ nadciśnienia na kontrolę równowagi w płaszczyźnie wykorzystywanej podczas codziennego ruchu. Tłumaczyłoby to dlaczego osoby z niekontrolowanym wysokim ciśnieniem tętniczym nie uświadamiają sobie problemu podwyższonej niestabilności. W tej płaszczyźnie ruchu jest ona bowiem mniej podatna na czynniki destabilizujące i niezauważalna w życiu codziennym, jednak możliwa do stwierdzenia podczas badania na platformie stabilometrycznej. Z kolei zaburzenia w płaszczyźnie czołowej pojawiają się w późniejszym wieku i związane są z nakładającym się procesem starzenia organizmu człowieka [105].

Na pogorszenie kontroli równowagi podczas spokojnego stania na platformie stabilometrycznej wskazuje również średnia amplituda (MA) wychwiał COP [106]. W obu testach niezależnie od kontroli wzroku grupa osób z ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg prezentowała zwiększenie wartości tego parametru. Nie zaobserwowano przewagi określonego kierunku zaburzeń równowagi, chociaż nieco większe różnice pomiędzy grupami osób z nadciśnieniem i grupą kontrolną uzyskano w kierunku pośrodkowo-bocznym. Z kolei podgrupa osób, u których uzyskano normalizację ciśnienia w przeprowadzonym badaniu, prezentowała zmniejszenie wartości parametru średniej amplitudy w teście z oczami zamkniętymi oraz w kierunku przednio-tylnym. W przeciwieństwie do uzyskanych wyników w badaniach Abate i wsp. parametry mierzone w kierunku pośrodkowo-bocznym lepiej różnicowały osoby normotensyjne z chorymi na nadciśnienie, niż te odnotowane w kierunku przednio-tylnym. Pomimo częściej zgłaszanych skarg na zawroty głowy i zaburzenia równowagi w grupie osób z nadciśnieniem, w badaniu Abate i wsp. nie stwierdzono istotnych różnic w badaniu na platformie pomiędzy nimi a osobami zdrowymi [107]. Zaburzenia równowagi w kierunku pośrodkowo-bocznym korygowane są głównie poprzez wdrożenie strategii stawu biodrowego i świadczą o bardziej istotnym pogorszeniu kontroli niż zmiany w kierunku przednio-tylnym u osób starszych. Nadciśnienie tętnicze wywiera wpływ na obie

strategie odzyskiwania równowagi, a wraz z prawidłową kontrolą ciśnienia tętniczego są one bardziej efektywne, co skutkuje poprawą m.in. wartości średniej amplitudy COP.

Zwiększone wartości pola powierzchni określonego przez poruszający się podczas badania COP świadczy o mniej stabilnej postawie ciała i aktywnym działaniu układu równowagi, który stara się przywrócić położenie COP w granice pola podparcia. Wyniki mojego badania pokazują ponad trzykrotny wzrost wartości tego parametru w grupach z nadciśnieniem w porównaniu z osobami zdrowymi, niezależnie od kontroli wzroku. O połowę zmniejszyło się pole powierzchni w badaniu kontrolnym z oczami zamkniętymi w podgrupie chorych, u których uzyskano poprawę kontroli ciśnienia tętniczego w trakcie trwania badania. Wzrost wartości tego parametru ponownie spotykamy w literaturze w odniesieniu do osób starszych z zaburzeniami równowagi [108]. U osób w wieku 15-64 lat Elliott i wsp. sugerują wartości graniczne dla tego parametru przy oczach otwartych i zamkniętych, odpowiednio na poziomie: 150 mm² i 300 mm² [109]. W moim badaniu osoby z rozpoznaniem nadciśnienia przekroczyły te wartości w badaniu wyjściowym, a w badaniu kontrolnym wraz z poprawą kontroli nadciśnienia, ich wartości zmniejszyły się poniżej tak określonej normy.

W obrębie pola powierzchni określonej przez COP zawiera się parametr oceniający procentowy czas przebywania środka ciężkości w polu o promieniu 5 mm, który w przybliżeniu odpowiada polu podparcia. U osób młodszych pole podparcia powinno być względnie zbliżone do okręgu lub czworoboku. W tym zakresie mieszczą się oscylacje COP wokół punktu wyjścia, występujące fizjologicznie podczas spokojnego stania. Skrócenie czasu przebywania COP w polu podparcia świadczy o chwiejnej postawie, ponieważ układ kontroli równowagi nie jest w stanie szybko reagować na czynniki destabilizujące i przywracać jego wyjściowe położenie. U osób zdrowych w moim badaniu, COP przebywał w tym polu średnio 95 % czasu w teście z oczami otwartymi i 88 % z oczami zamkniętymi, co świadczy o spokojnej postawie stojącej i szybkim korygowaniu wychwiał przez układ równowagi. Osoby z nadciśnieniem tętniczym prezentowały mniej stabilną postawę, a czas przebywania COP w polu 5 mm skracał się wraz z gorszą kontrolą ciśnienia. Co ciekawe, największe korzyści w badaniu kontrolnym odniosły osoby z dobrą kontrolą ciśnienia, które w teście bez kontroli wzroku uzyskały wyniki lepsze niż grupa kontrolna, a ogólny czas przebywania COP w polu 5 mm wydłużył się średnio o 12 %. Na wynik ten miała zapewne wpływ podgrupa osób, u których po trzech miesiącach kontroli uzyskano normalizację ciśnienia tętniczego (31% badanych, u których wyjściowe średnie ciśnienie wynosiło powyżej 140/90 mmHg). W

wymienionej podgrupie poprawa wartości tego parametru wyniosła 11,5 %. Obniżenie poziomu ciśnienia tętniczego poprzez odciążenie układu kontrolującego równowagę skutkowało więc stabilizacją postawy stojącej. Wydłużeniu uległ również czas przebywania COP w polu 5 mm w teście z oczami zamkniętymi, mierzony dla prawej kończyny dolnej w grupie osób z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg. W grupie osób z podwyższonym ciśnieniem tętniczym po trzech miesiącach kontroli, parametr ten uległ zmniejszeniu w tym teście, co przemawia za pogorszeniem kontroli równowagi.

Poza polem podparcia wyróżniamy obszar graniczny, z którego COP może jeszcze powrócić do pozycji wyjściowej po zadziałaniu czynnika destabilizującego, nazwany marginesem bezpieczeństwa. Dzieje się to zwykle w wyniku złożonej strategii odzyskiwania równowagi, tzw. strategii kroku. Przekroczenie marginesu bezpieczeństwa prowadzi zwykle do upadku. Wzrost wartości tego parametru sugeruje, że w wyniku adaptacji do większych i częstszych wychwiał COP poza pole podparcia, układ równowagi powiększa obszar kontroli, przez co również uzyskuje więcej czasu na reakcje korygującą. Adaptacja ta często wiąże się z deformacją postawy stojącej i obniżeniem położenia środka ciężkości, a w skrajnych przypadkach objawia się chodem na szerokiej podstawie. W literaturze opisane zmiany dotyczą zazwyczaj osób w starszym wieku, które przejawiają znaczną niezdolność ruchu przy próbach maksymalnego wychylenia się w dowolnym kierunku, szczególnie do tyłu [110]. Z drugiej strony pogorszenie tylnej granicy stabilności opisywane u tych osób powoduje przemieszczenie środka ciężkości do przodu w stosunku do jego normalnego położenia i w tym mechanizmie zwiększenie przedniego zakresu marginesu bezpieczeństwa [111]. W przeprowadzonym badaniu poprawa w zakresie przedniego marginesu bezpieczeństwa, na poziomie istotności statystycznej w teście z oczami zamkniętymi, wystąpiła u osób, u których średnie ciśnienie po trzech miesiącach leczenia uległo normalizacji. Dla tylnego zakresu marginesu bezpieczeństwa, w badaniu kontrolnym z oczami zamkniętymi, najmniejsze wartości wyników prezentowały osoby zdrowe i z ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg. Nadciśnienie tętnicze, szczególnie nieprawidłowo kontrolowane, wpływa na układ równowagi niezależnie od jego naturalnego starzenia i prowadzi do zwiększenia zakresów obu marginesów bezpieczeństwa, celem lepszej kontroli postawy stojącej człowieka. Zmiany te można zaobserwować podczas badania na platformie stabilometrycznej jako wzrost wartości tych parametrów już we wcześniejszym wieku.

W łączności z wyżej opisanymi parametrami stabilometrycznymi pozostają wartości maksymalnych wychyleń w kierunku przednio-tylnym i pośrodkowo-bocznym.

Im mniejsze wartości przyjmują te parametry, tym sprawniej układ równowagi przywraca położenie COP do punktu wyjścia. Raymakers wskazuje na parametr maksymalnych wychyleń jako jeden z najlepiej różnicujących osoby z zaburzeniami równowagi, szczególnie w kierunku pośrodkowo-bocznym [112]. W przeprowadzonym przeze mnie wyjściowym badaniu, niezależnie od kierunku poruszania się rzutu środka ciężkości, najmniejsze wartości maksymalnych wychyleń COP prezentowała grupa kontrolna, a zwiększały się one w grupach z nadciśnieniem. Po trzech miesiącach kontroli ciśnienia tętniczego krwi uzyskano poprawę w zakresie tego parametru niezależnie od kierunku ruchu COP i kontroli wzroku. Jak wspomniano wcześniej u osób młodszych zaburzenia równowagi w płaszczyźnie strzałkowej mogą być słabiej odczuwane, ze względu na codzienny ruch ciała w tej płaszczyźnie. Wzrost wartości parametrów równowagi w tym kierunku świadczy, o zakłócaniu przez nadciśnienie pracy ośrodka kontrolującego postawę człowieka [113]. Koordynacja równowagi w kierunku przednio-tylnym wynika ze strategii stawu skokowego i bardziej angażuje układ mięśniowy niż w kierunku pośrodkowo-bocznym, gdzie zastosowanie ma strategia stawu biodrowego [114,115]. Nadciśnienie wpływając na układ mięśniowo-szkieletowy utrudnia zastosowanie tej strategii, co przekłada się na zwiększenie wartości parametrów stabilometrycznych w tym kierunku. Obniżenie ciśnienia tętniczego natomiast usprawnia układ wykonawczy i człowiek łatwiej odzyskuje równowagę. Część badaczy uważa, że strategia odzyskiwania równowagi jest bardziej złożonym mechanizmem, angażującym jednocześnie różne składowe układu mięśniowo-szkieletowego i nie może być tłumaczona strategiami pojedynczych stawów [116-119]. Tłumaczyłoby to wyniki uzyskane w poszczególnych grupach badanych, gdzie nadciśnienie wiązało się z pogorszeniem parametrów równowagi w obu kierunkach.

Ograniczeniem przedstawionego badania był niewątpliwie brak możliwości jednoznacznego wykluczenia wpływu leków na parametry stabilogramu. Dotyczy to zarówno działania pozytywnego, przede wszystkim plejotropowego działania na organizm ACEI, ARB i statyn, jak również negatywnego wynikającego z działań niepożądanych i interakcji lekowych [120-121]. Najliczniejsza grupa badanych osób zażywała inhibitor enzymu konwertującego angiotensynę - 60%, β -blokery - 47%, diuretyk - 40%, bloker kanału wapniowego - 35%, statynę - 30%, a inhibitor receptora angiotensyny II - 20%. Osoby leczone co najmniej trzema grupami leków hipotensyjnych uzyskały niższy wynik w próbie Romberga, podczas badania na platformie dla parametrów SP i MV, niż osoby leczone dietą lub dwoma lekami. Pewniejsza równowaga

u tych osób związana może być z wspomnianym wcześniej plejotropowym działaniem leków, ale przede wszystkim z lepszą kontrolą ciśnienia tętniczego. Z drugiej strony spodziewać się można, że polifarmakoterapia będzie pogarszać kontrolę postawy stojącej w wyniku działań niepożądanych i interakcji lekowych. W badaniu Lawlor i wsp. nie stwierdzono jednak istotnego wpływu polifarmakoterapii na objawowe zaburzenia równowagi wśród kobiet w wieku 60-79 lat [122]. Z leków mogących mieć niewielki związek z upadkami wskazano na leki psychiatryczne i przeciwdepresyjne. Istotniejszym okazał się być związek pomiędzy liczbą chorób przewlekłych a upadkami. Zwrócono uwagę, że już jedna choroba przewlekła zwiększa ryzyko upadku o 32% wśród grupy badanej, a choroby układu sercowo-naczyniowego, w tym także nadciśnienie tętnicze, wymienione były w pierwszej kolejności. Wyniki te pozostają w korelacji z moim badaniem, które wskazuje na potrzebę oceny równowagi u osób z rozpoznaniem nadciśnieniem, szczególnie źle kontrolowanym. Większa liczba przyjmowanych leków wynika z trudniejszej kontroli i często bardziej zaawansowanej choroby. Grupa leczona co najmniej trzema lekami w moim badaniu prezentowała znacznie gorszą kontrolę równowagi w zakresie większości parametrów w porównaniu do osób leczonych dietą lub 1-2 grupami leków.

Za brakiem wpływu leków na kontrolę równowagi przemawia również wyższa wartość parametrów stabilometrycznych uzyskanych w grupie chorych leczonej tylko dietą w porównaniu z grupą osób bez nadciśnienia. Od liczby przyjmowanych leków większy wpływ na regulację postawy stojącej wydaje się mieć poziom farmakologicznej kontroli ciśnienia. Podobne wyniki dotyczące wpływu leków na równowagę przedstawili badacze grupy Hartikainena czy Boylea. W ich badaniach leki przeciwpadaczkowe oraz leki obniżające ciśnienie krwi były słabo związane z upadkiem [123,124]. W metaanalizie 29 badań poszukujących powiązań wpływu leków na ryzyko upadku u osób po 60 rż. przeprowadzonej przez Leipziga okazało się, że jedynie digoksyna, leki antyarytmiczne z grupy IA wg. klasyfikacji Vaughana Williama oraz leki moczopędne wykazały słabą korelację z upadkami u osób starszych. Nie stwierdzono wpływu innych grup leków kardiologicznych i przeciwbólowych na utratę równowagi [125]. W przeprowadzonym przeze mnie badaniu wykazano również słabą korelację pomiędzy diuretykami a parametrami równowagi, co wydaje się jednak mieć związek z utratą wody i mniejszym wypełnieniem łożyska naczyniowego u tych osób, czyli samym efektem działania leku. Pozostałych wymienionych grup leków pacjenci w moim badaniu nie przyjmowali.

Analizując wpływ poszczególnych grup leków w teście rho-Spearmana wykazano jedynie słabą ujemną korelację z niektórymi parametrami równowagi. Leki obniżające ciśnienie krwi mogą powodować hipotensję, czyli spadek ciśnienia tętniczego poniżej 100/60 mmHg i w tym mechanizmie prowadzić do zawrotów głowy czy utraty równowagi. Osoby uczestniczące w badaniu nie zgłaszały takich działań niepożądanych podczas dotychczasowego leczenia.

Wraz ze wzrostem asymetrii obciążenia pomiędzy kończynami dolnymi podczas swobodnego stania, w utrzymaniu równowagi strategia stawu biodrowego zastępowana jest mechanizmami korekcyjnymi działającymi w obrębie stawu skokowego. Większa asymetria przekłada się na gorszą kontrolę równowagi. Kwolek i wsp. przedstawili metodę obliczania wskaźnika asymetrii obciążenia kończyn dolnych w oparciu o test dwóch wag, wykorzystując wagę zamontowaną w platformie stabilometrycznej. Otrzymane wyniki nacisku na prawą i lewą stronę ciała dzieli się przez siebie, a wynik prawidłowy jako iloraz wartości większej do mniejszej powinien zawierać się w granicach 1–1,15 [126-128]. W moim badaniu pomimo prezentowania tych pomiarów, łącznie z procentowym rozkładem obciążenia pomiędzy kończynami dolnymi i odpowiedniej czułości pomiarowej wagi, program komputerowy nie zapisywał tych wyników, wobec czego zastosowałem metodę obliczeniową oceny wskaźnika asymetrii. Wskaźnik asymetrii wyliczono wykorzystując wyniki uzyskane podczas badania na platformie oddzielnie dla każdej z kończyn dolnych dla parametrów: przebytej drogi, szybkości poruszania się i pola powierzchni zakreślonej przez COP, wg. wzoru: wskaźnik asymetrii = $\frac{COPp-COPl}{(COPp+COPl)/2} \times 100\%$. Ponad 20-30 % różnice w wynikach pomiędzy kończynami dolnymi wiążą się ze wzrostem balansowania, a wartości w okolicach 10 % przyjmuję się za prawidłowe [84,91]. Wskaźnik asymetrii w moim badaniu wskazywał na większą przewagę w obciążeniu lewej kończyny dolnej w grupie z prawidłowym ciśnieniem krwi, niż w grupie z ciśnieniem podwyższonym. Anker i wsp. zwracają uwagę, że kończyna bardziej obciążona w głównej mierze odpowiada za korygowanie i utrzymanie równowagi [129]. Na istotną różnicę w rozkładzie obciążenia pomiędzy kończynami dolnymi w obu grupach z nadciśnieniem, wskazywał parametr powierzchni zakreślonej przez COP. Utrzymujące się podwyższone wartości ciśnienia tętniczego wiązały się ze zmniejszeniem wskaźnika asymetrii i równomiernym obciążaniem kończyn dolnych podczas badania na platformie stabilometrycznej. Powiązane jest to zapewne z destabilizującym wpływem podwyższonego ciśnienia tętniczego krwi na

kontrolę równowagi. Wzrost poziomu ciśnienia tętniczego, szczególnie utrzymujący się przewlekłe pomimo leczenia farmakologicznego, w wyniku działania układu równowagi prowadzi do równomiernego obciążania kończyn dolnych celem stabilniejszego położenia środka masy ciała. Powoduje to poprawę stabilizacji postawy ciała pomimo stale działającego czynnika zakłócającego, jakim jest podwyższone ciśnienie tętnicze krwi. Może być to kolejną przyczyną, dlaczego osoby z wysokimi wartościami ciśnienia często nie odczuwają pogorszenia równowagi.

Nie można również wykluczyć wpływu nadwagi na uzyskane wyniki. W moim badaniu średnia wartość BMI wyniosła $26,7 \pm 4,4 \text{ kg/m}^2$, a u 70% badanych stwierdzono nieprawidłową masę ciała. Nie odnotowano jednak BMI powyżej 40 kg/m^2 , silnie korelującego z zaburzeniami równowagi [130,131].

W literaturze można odnaleźć badania, które pokazują, że wiek w połączeniu z płcią ma większy destabilizujący wpływ na układ kontroli równowagi u mężczyzn niż u kobiet. Różnice pomiędzy badanymi zaznaczają się już w grupie osób w wieku 36-50 lat, z dalszą progresją wraz z wiekiem [132]. Przeciwnie do tych wyników są rezultaty badania Hageman i wsp. oraz Wolfsona i wsp., którzy nie wykazali wpływu płci na równowagę u zdrowych starszych osób. W przeprowadzonym badaniu nieznacznie przeważała płeć żeńska (ok. 60% wszystkich badanych), co ma związek ze statystycznie częstszym występowaniem nadciśnienia tętniczego u kobiet w wieku poniżej 65 rż. w populacji polskiej [133,134].

7. WNIOSKI

1. Nadciśnienie tętnicze, szczególnie nieprawidłowo kontrolowane, którego wartości przekraczają 140/90 mmHg pogarsza kontrolę równowagi ciała. Jest to często nieodczuwane przez chorych, a możliwe do stwierdzenia w oparciu o badanie na platformie stabilometrycznej, jako zwiększenie wartości parametrów stabilometrycznych. Osoby te są częściej narażone na powikłania zaburzeń równowagi w postaci zawrotów głowy i upadków.
2. Wykrycie nadciśnienia tętniczego źle kontrolowanego, powinno być obok odpowiedniego leczenia farmakologicznego wspomagane terapią programu prewencji upadków i rehabilitacji.
3. Osoby z prawidłową kontrolą ciśnienia tętniczego odnoszą korzyści, nie tylko w prewencji zdarzeń sercowo-naczyniowych, ale również w utrzymaniu prawidłowej równowagi ciała.
4. Dobrze kontrolowane ciśnienie tętnicze może pomagać w zapobieganiu upadkom w starszym wieku.

8. STRESZCZENIE

W krajach uprzemysłowionych nadciśnienie dotyczy blisko połowy dorosłej populacji i pozostaje jednym z najszerzej rozpowszechnionych czynników ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego. Przewiduje się, że odsetek ten będzie się zwiększał w ciągu kolejnych lat, a wraz z nim będzie rosła liczba powikłań nadciśnienia, w tym zaburzeń równowagi. Na przestrzeni ostatnich dekad coraz więcej mówi się o konieczności bardziej intensywnej profilaktyki nadciśnienia, ponieważ w Polsce pomimo licznych programów walki z nadciśnieniem nadal jedynie ¼ leczonych osób ma dobrze kontrolowane ciśnienie tętnicze. Do priorytetów należy więc obecnie wczesne wykrywanie nadciśnienia i jego intensywne leczenie, ponieważ o ile brak leczenia w początkowym okresie często nie wiąże się z dolegliwościami, to w okresie późniejszym rozwijają się powikłania. Czas ekspozycji na podwyższone wartości ciśnienia tętniczego krwi w połączeniu z indywidualnymi cechami osobniczymi przekłada się na różny obraz zaburzeń równowagi.

Kontrola prawidłowej równowagi ciała człowieka wymaga współdziałania układu mięśniowo-szkieletowego, wzroku i narządu równowagi oraz stałego nadzoru ze strony centralnego systemu nerwowego. Podwyższone ciśnienie tętnicze krwi wpływa na wszystkie składowe złożonego układu równowagi. Ośrodkowy układ nerwowy kontroluje pozycję pionową ciała poprzez nieznaczne przemieszczenia środka ciężkości ciała w obrębie pola podparcia. Taką postawę cechuje prawidłowe napięcie mięśni oraz utrzymanie fizjologicznych krzywizn kręgosłupa. Korekta położenia środka ciężkości odbywa się poprzez zastosowanie odpowiednich strategii ruchowych związanych z przywróceniem i utrzymaniem równowagi w przypadku jej utraty. Wystąpienie nadciśnienia upośledza działanie układu sterującego, co często nie jest odczuwane przez chorych, a prowadzi do pojawienia się pierwszych symptomów utraty kontroli nad równowagą ciała, które można stwierdzić podczas badania na platformie stabilometrycznej. Do oceny statycznej, położenia rzutu środka ciężkości pacjenta, obserwuje się przemieszczanie rzutu środka ciężkości badanej osoby podczas swobodnego stania na platformie stabilometrycznej, a wyniki rejestruje się komputerowo. O stabilnej postawie świadczą stosunkowo niewielkie zmiany parametrów rzutu środka ciężkości na płaszczyznę podparcia.

Celem pracy była ocena wpływu nadciśnienia tętniczego na kontrolę równowagi w oparciu o obiektywną metodę rejestracji przemieszczania się rzutu środka ciężkości

ciała na płaszczyznę podparcia podczas swobodnego stania na platformie stabilometrycznej.

Postawiono następujące hipotezy badawcze:

- 1) Nadciśnienie tętnicze pogarsza kontrolę równowagi ciała.
- 2) Wyższe wartości ciśnienia tętniczego pogarszają regulację równowagi ciała.
- 3) Poprawa kontroli nadciśnienia tętniczego do zalecanego poziomu poniżej 140/90 mmHg wiąże się z poprawą parametrów stabilometrycznych.

W pracy wykorzystano platformę stabilometryczną CQ Stab2P w wersji dwuplatformowej firmy CQ Elektronik System. Na łączny czas badania składały się dwa testy po 30 sekund: jeden przy oczach otwartych, drugi przy zamkniętych, w takiej samej pozycji badanego, w postawie stojącej z kończynami górnymi opuszczonymi swobodnie wzdłuż ciała. Badanie kontrolne wykonano po trzech miesiącach domowej kontroli ciśnienia tętniczego z celem jego farmakologicznego wyrównania w czasie między badaniami.

Po spełnieniu kryteriów włączenia i wyłączenia badaniem objęto 114 osób: 67 kobiet i 47 mężczyzn w wieku 43-62 lat (średnia wieku $52,1 \pm 7$ lat), z rozpoznaniem nadciśnieniem tętniczym, bez chorób współistniejących mogących wpływać na równowagę ciała. Grupę kontrolną stanowiły osoby zdrowe w wieku 42-60 lat (średnia wieku 51 ± 5 lat), w tym 60 kobiet i 40 mężczyzn.

Chorzy ze źle kontrolowanym nadciśnieniem w moim badaniu częściej prezentowali pogorszenie badanych parametrów równowagi na platformie stabilometrycznej. Im wyższe były wartości ciśnienia tętniczego, tym większe wartości parametrów równowagi osiągnęto w badaniu na platformie stabilometrycznej. Już samo rozpoznanie nadciśnienia tętniczego, a w szczególności w połączeniu z jego nieprawidłową farmakologiczną kontrolą (średnie wartości ciśnienia tętniczego powyżej 140/90mmHg), istotnie wpływało na parametry równowagi podczas badania na platformie stabilometrycznej. Poprawa kontroli ciśnienia tętniczego już po trzech miesiącach skutkowała poprawą w badaniu kontrolnym parametru długości przebytej drogi w teście z oczami otwartymi oraz średniej amplitudy, wielkości zakreślonego pola powierzchni, czasu przebywania COP w okręgu o promieniu 5 mm oraz zakresu przedniego marginesu bezpieczeństwa w badaniu z zamkniętymi oczami u tych osób. Osoby chorujące na nadciśnienie tętnicze mogą być częściej narażone na zawroty głowy czy upadki i w rezultacie powinny, oprócz poprawy farmakologicznej kontroli nadciśnienia, być objęte programem prewencji tych powikłań w przyszłości. Źle

kontrolowane nadciśnienie tętnicze, uwrażliwiając cały układ równowagi na jego wpływ, zaburza ukształtowany na przestrzeni całego życia wzorzec stabilnej postawy ciała, przez co prowadzi do utraty jej kontroli. Normalizacja ciśnienia i odpowiednia kontrola nadciśnienia może w kolejnych latach skutkować nie tylko zmniejszeniem ryzyka sercowo-naczyniowego, ale również mniejszą liczbą upadków, a co za tym idzie poprawą jakości i mobilność człowieka.

Wnioski:

1. Nadciśnienie tętnicze, szczególnie nieprawidłowo kontrolowane, którego wartości przekraczają 140/90 mmHg pogarsza kontrolę równowagi ciała. Jest to często nieodczuwane przez chorych, a możliwe do stwierdzenia w oparciu o badanie na platformie stabilometrycznej, jako zwiększenie wartości parametrów stabilometrycznych. Osoby te są częściej narażone na powikłania zaburzeń równowagi w postaci zawrotów głowy i upadków.
2. Wykrycie nadciśnienia tętniczego źle kontrolowanego, powinno być obok odpowiedniego leczenia farmakologicznego wspomagane terapią programu prewencji upadków i rehabilitacji.
3. Osoby z prawidłową kontrolą ciśnienia tętniczego odnoszą korzyści, nie tylko w prewencji zdarzeń sercowo-naczyniowych, ale również w utrzymaniu prawidłowej równowagi ciała.
4. Dobrze kontrolowane ciśnienie tętnicze może pomagać w zapobieganiu upadkom w starszym wieku.

9. SUMMARY

In industrialized countries, hypertension refers to nearly half of the adult population, and remains one of the most widespread risk factors of the cardiovascular diseases. It is predicted that this percentage will increase in the next few years, and with it will increase the number of complications of hypertension, including imbalances. Over the past few decades, more and more is talked about the need for more intensive prevention of hypertension, because despite of numerous programs in Poland to combat with hypertension still only a quarter of people with hypertension have well controlled blood pressure. The main priorities now are early detection of hypertension and its intense treatment, because if no treatment in the initial period is often not associated with symptoms, then subsequently develop complications. Duration of exposure to high blood pressure in combination with individual characteristics translates into different image of imbalances.

The correct balance of the human body requires the cooperation of the musculoskeletal system, nerve and organ of balance and continuous supervision by the central nervous system. High blood pressure affects all components of a complex system of balance. The central nervous system controls the vertical position of the body by a slight displacement of the center of gravity within an area of support. This attitude has the correct muscle tension and maintaining physiological curvature of the spine. The correct position of center of gravity is done through the use of appropriate the movement strategies and maintaining balance in case of its loss. The occurrence of hypertension impairs the control system working, which is often not perceived by patients and leads to the appearance of the first losing control symptoms over the body balance which can be found during the test on a stabilometric platform. To evaluate the statistic value of position of the patient's center of pressure we observed the center of pressure movement during standing tests on the stabilometric platform, and the results were recorded by computer. Stable position attitude provide relatively minor changes the center of pressure parameters. The aim of the study was to evaluate the effect of hypertension on body balance control what based on an objective method recording movement of the center of gravity during quiet standing on the stabilometric platform.

Posed the following hypotheses:

- 1) Hypertension worsens control of the body balance.
- 2) Higher blood pressure worse regulation of the body balance.

- 3) Improved control of high blood pressure to the recommended level below 140/90 mmHg is associated with better performance of stabilometric parameters.

The study was based on stabilometric platform CQ Stab2P in two base platform version CQ Elektronik System firm. The total duration of the study consisted of two tests by 30 seconds: one with eyes open, the other with closed, in the same standing position with the upper limbs freely lowered along the body. Control study was performed after three months of home control of the blood pressure with the aim of its good pharmacological treatment between the time of the studies.

Having met the inclusion and exclusion criteria study involved 114 people: 67 women and 47 men aged 43-62 years (mean age 52.1 ± 7 years), with diagnosed hypertension without comorbidities that may affect the body balance. Control group consisted of healthy people aged 42-60 years (mean age 51 ± 5 years), including 60 women and 40 men.

Patients with uncontrolled hypertension in my study often presented worsening balance parameters studied on a stabilometric platform. The higher the blood pressure values were the higher values of balance parameters were achieved during the study on the stabilometric platform. The diagnosis of hypertension, particularly in conjunction with incorrect pharmacological control (mean blood pressure above 140/90 mmHg), have significantly affected on the balance parameters during the test on stabilometric platform. Correction of the blood pressure control after three months resulted in an improvement in the study of the sway path parameter distance traveled in a test with eyes open, and the mean amplitude, the size of the marked area of the residence times of the COP in a circle with a radius of 5 mm and the front margin of safety in the study with closed eyes in these patients. People suffering from hypertension may be more often exposed to dizziness and falls, and consequently should, in addition to improving the pharmacological management of hypertension, be included in the program of prevention of these complications in the future. Uncontrolled hypertension, sensitizing the entire system of balance to its effect, interferes formed on a lifetime pattern of stable posture, which leads to loss of control. Normalization of blood pressure and adequate control of hypertension in the coming years may lead not only to reduction in a cardiovascular risk, but also a smaller number of falls, and thus improving the quality of life and human mobility.

Conclusions:

1. Hypertension, particularly improperly controlled, which values exceed 140/90 mmHg worse body balance control. Patients often don't feel it, but it can be diagnosed during the study on the stabilometric platform, as a result that persons represent higher values of stabilometric parameters. These people are more often exposed to imbalances complications as dizziness and falls.
2. Detection of uncontrolled hypertension, should be the next to appropriate pharmacological treatment assisted with therapy falls prevention and rehabilitation program.
3. Patients with good controlled hypertension benefit, not only in the prevention of cardiovascular events, but also to maintain good body balance.
4. Well-controlled blood pressure can prevent falls in the elderly.

10. PIŚMIENNICTWO

1. Osiński W. Socio-economic differences in body build and motor ability of children and adolescents. *Stud Phys Cult Tur.* 1994; 3: 25–35.
2. Knapczyk M. Rozwój ruchowy człowieka. *Ortoped Traumatol Rehab.* 2001; 3(4): 456-461.
3. Baloh RW, Honrubia V. Clinical neurophysiology of the vestibular system. *Contemp Neurol Ser.* 1979; 18: 1–21.
4. Suzuki JI, Takemori S. Interaction of spinal and vestibular eye movements. *Adv Otorhinolaryngol.* 1973; 19: 149–55.
5. Czesak J, Szczygiał A, Żak M. Wpływ postępowania fizjoterapeutycznego na wskaźnik symetryczności obciążania kończyn dolnych u osób po 65. roku życia - badanie pilotażowe. *Gerontol Pol.* 2011; 19(3-4): 171-175.
6. Pierchała K., Janczewski G. Zintegrowana czynność układu równowagi. W: Obrębowski A, redaktor. *Standardy rozpoznawania i leczenia zawrotów głowy.* Warszawa: Oinpharma Sp. zoo 2010. s. 17–27.
7. Gacek RR. Neuroanatomical pathways of the vestibular system. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1968; 77(2): 210–215.
8. Olejarsz P, Olchowik G. Rola dynamicznej posturografii komputerowej w diagnostyce zaburzeń równowagi. *Otorynolaryngologia.* 2011; 10 (3): 103-110.
9. Hamann KF. Visuo-vestibular interaction in the regulation of body posture. *Laryngol Rhinol Otol (Stuttg).* 1982; 61(9): 510–2.
10. Cohen B, Highstein SM. Cerebellar control of the vestibular pathways to oculomotor neurons. *Prog Brain Res.* 1972; 37: 411–25.

11. McCrea RA, Gdowski GT, Boyle R, Belton T. Firing behavior of vestibular neurons during active and passive head movements: vestibulo-spinal and other non-eye-movement related neurons. *J Neurophysiol.* 1999; 82(1): 416–28.
12. Wojszel B, Bień B, Przydatek M. Wielkie problemy geriatryczne: II. Upadki. *Med Rodz.* 2001; 2: 83–6.
13. Talbot LA, Musiol RJ, Witham EK, Metter EJ. Falls in young, middle-aged and older community dwelling adults: perceived cause, environmental factors and injury. *BMC Public Health.* 2005; 5: 86.
14. Błaszczyk J. Biomechanika kliniczna. Podręcznik dla studentów medycyny i fizjoterapii. Wydawnictwo lekarskie PZWL, Warszawa 2004.
15. Simoneau G, Ulbrecht J, Derr J, Cavanagh P. Role of somatosensory input in the control of human posture. *Gait Posture.* 1995; 3(3): 115–22.
16. Kuczyński M, Sienkiewicz H. Znaczenie informacji wzrokowej i westybularnej w utrzymywaniu równowagi. *Ada Bioerrg Biomech.* 2000; (1): 281–6.
17. Golema M. Charakterystyka procesu utrzymania równowagi ciała człowieka w obrazie stabilograficznym. *Stud Monogr AWF Wroc.* 2002.
18. Carol A. Oatis. *Kinesiology: The Mechanics and Pathomechanics of Human Movement.* Second, North American Edition edition. LWW 2008: 875-892.
19. Browne JE, O'Hare NJ. Przegląd metod badania zdolności utrzymania równowagi w pozycji stojącej. *Rehab Med.* 2002; 6(1): 72–6.
20. Morasso P, Spada G, Capra R. Computing the COM from the COP in postural sway movements. *Hum Mov Sci.* 1999; 18: 759–67.
21. Błaszczyk JW, Czerwosz L. Stabilność posturalna w procesie starzenia. *Gerontol Pol.* 2005; 13(1): 25–36.

22. Massion J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Prog Neurobiol.* 1992; (38): 35–56.
23. Czarnecka D, Bilo G. Pacjent z ciśnieniem wysokim prawidłowym-czy wymaga leczenia? *Chor Serca Naczyń.* 2005; 2(4): 187–9.
24. Gray L, Lee I-M, Sesso HD, Batty GD. Blood Pressure in Early Adulthood, Hypertension in Middle Age, and Future Cardiovascular Disease Mortality. *J Am Coll Cardiol.* 2011; 58(23): 2396–403.
25. Tykarski A, Widecka K. Zasady postępowania w nadciśnieniu tętniczym—2011 rok Wytyczne Polskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego Próba komentarza na temat zmian i ich zasadności. *Nadciśn Tętn.* 2011; 15(4): 211–35.
26. Ibrahim MM, Damasceno A. Hypertension in developing countries. *Lancet.* 2012; 380 (9841): 611–619.
27. Tykarski A. Podstawowe zasady diagnostyki i leczenia nadciśnienia tętniczego. *Forum Profil.* 2006; 4(5): 1–8.
28. Zdrojewski T, Szpakowski P, Bandosz P, Pajak A, Wiecek A, Krupa-Wojciechowska B, i in. Arterial hypertension in Poland in 2002. *J Hum Hypertens.* 2004; 18(8): 557–62.
29. Piwońska A, Piotrowski W, Broda G. Knowledge about arterial hypertension in the Polish population: the WOBASZ study. *Kardiologia Pol.* 2012; 70(2): 140–6.
30. Zdrojewski T, Rutkowski M, Bandosz P, Gaciong Z, Jędrzejczyk T, Solnica B, i in. Rozpowszechnienie i kontrola czynników ryzyka sercowo-naczyniowego w Polsce. Cele i sposób realizacji badania NATPOL 2011. *Kardiologia Pol.* 2013; 71(4): 381–92.
31. Wolf-Maier K, Cooper RS, Banegas JR, Giampaoli S, Hense H-W, Joffres M, i in. Hypertension prevalence and blood pressure levels in 6 European countries, Canada, and the United States. *JAMA J Am Med Assoc.* 2003; 289(18): 2363–9.

32. Rizzoni D, De Ciuceis C, Porteri E, Paiardi S, Boari GEM, Mortini P, et al. Altered structure of small cerebral arteries in patients with essential hypertension. *J Hypertens.* 2009; 27(4): 838–45.
33. Pośpiech K, Przerwa-Tetmajer E, Orendorz-Frączkowska K. Badania posturograficzne w ocenie stanu równowagi wieku podeszłego. *Otolaryngol Pol.* 1997; (24): 88–03.
34. Majda A, Zalewska-Puchała J, Brej D. Zawroty głowy i zaburzenia równowagi u osób powyżej 60. roku życia. *Probl Pielęg.* 2011; 19(2): 194–201.
35. Alosco ML, Gunstad J, Xu X, Clark US, Labbe DR, Riskin-Jones HH, et al. The impact of hypertension on cerebral perfusion and cortical thickness in older adults. *J Am Soc Hypertens.* 2014; 8(8): 561–70.
36. Zhang P, Huang Y, Li Y, Lu M, Wu Y. A large-scale study on relationship between cerebral blood flow velocity and blood pressure in a natural population. *J Hum Hypertens.* 2006; 20(10): 742–8.
37. Hausdorff JM, Herman T, Baltadjieva R, Gurevich T, Giladi N. Balance and gait in older adults with systemic hypertension. *Am J Cardiol.* 2003; 91(5): 643–5.
38. Canavan M, Smyth A, Bosch J, Jensen M, McGrath ER, Mulkerrin EC, et al. Does Lowering Blood Pressure With Antihypertensive Therapy Preserve Independence in Activities of Daily Living? A Systematic Review. *Am J Hypertens.* 2015; 28(2): 273-9.
39. Gangavati A, Hajjar I, Quach L, Jones RN, Kiely DK, Gagnon P, et al. Hypertension, orthostatic hypotension, and the risk of falls in a community-dwelling elderly population: the maintenance of balance, independent living, intellect, and zest in the elderly of Boston study. *J Am Geriatr Soc.* 2011; 59(3): 383–9.

40. Paulson OB, Waldemar G, Andersen AR, Barry DI, Pedersen EV, Schmidt JF, et al. Role of angiotensin in autoregulation of cerebral blood flow. *Circulation*. 1988; 77(6): 155–8.
41. Lipsitz LA, Gagnon M, Vyas M, Iloputaife I, Kiely DK, Sorond F, et al. Antihypertensive therapy increases cerebral blood flow and carotid distensibility in hypertensive elderly subjects. *Hypertension*. 2005; 45(2): 216–21.
42. Jean-Louis Vincent, Edward Abraham, Frederick A. Moore, Patrick M. Kochanek, and Mitchell P. Fink. *Textbook of Critical Care*. VI. Saunders; 2011: 17-23.
43. Hajjar I, Quach L, Yang F, Chaves PHM, Newman AB, Mukamal K, et al. Hypertension, white matter hyperintensities, and concurrent impairments in mobility, cognition, and mood: the Cardiovascular Health Study. *Circulation*. 2011; 123(8): 858–65.
44. Rosano C, Longstreth WT, Boudreau R, Taylor CA, Du Y, Kuller LH, et al. High blood pressure accelerates gait slowing in well-functioning older adults over 18-years of follow-up. *J Am Geriatr Soc*. 2011; 59(3): 390–7.
45. Douglas L. Mann, , Douglas P. Zipes, , Peter Libby, , Robert O. Bonow, and Eugene Braunwald. *Prevention and Management of Ischemic Stroke*. Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine. 2012: 1336-1346.
46. Fotherby MD, Eveson DJ, Robinson TG. Chapter 48 - The Brain in Hypertension. W: Hall Gyhle (red). *Comprehensive Hypertension*. Philadelphia: Mosby; 2007: 591–605.
47. Tzourio C, Laurent S, Debette S. Is hypertension associated with an accelerated aging of the brain? *Hypertension*. 2014; 63(5): 894–903.
48. Bhargava M, Ikram MK, Wong TY. How does hypertension affect your eyes? *J Hum Hypertens*. 2012; 26(2): 71–83.

49. Wong TY, Wong T, Mitchell P. The eye in hypertension. *Lancet*. 2007; 369(9559): 425–35.
50. Tykarski A. Podstawowe zasady diagnostyki i leczenia nadciśnienia tętniczego. *Forum Profilaktyki* 2006; 4(5): 1-8.
51. Gosk M, Szaflik J, Januszewicz A, i wsp. Ocena zmian naczyniowych w obrębie siatkówki. *Kardiologia Polska*. 2012; 70(13): 1291–5.
52. Cheung CY, Tay WT, Ikram MK, Ong YT, De Silva DA, Chow KY, et al. Retinal microvascular changes and risk of stroke: the Singapore Malay Eye Study. *Stroke J Cereb Circ*. 2013; 44(9): 2402–8.
53. Miodoński A. Anatomia części ośrodkowych narządu przedsionkowego. W: Janczewski G (red). *Otoneurologia kliniczna*. Warszawa: PZWL; 1986: 36–71.
54. Swartz JD, Daniels DL, Harnsberger HR, Shaffer KA, Mark L. Balance and equilibrium, I: The vestibule and semicircular canals. *Am J Neuroradiol*. 1996; 17(1): 17-21.
55. Borghi C, Modugno GC, Brandolini C, Pirodda A. Is there a role for atrial peptides in the labyrinthine „disease”? *Med Hypotheses*. 2006; 66(6): 1188–90.
56. Malinowski M, Biernat J, Roleder T, Dalecka A-M, Reszka B, Deja MA i wsp. Peptydy natriuretyczne: coś nowego w kardiologii? *Kardiologia Polska*. 2006; 64(10 supl 6): 578–85.
57. Crawford MH, DiMarco JP, Paulus WJ. *Cardiology*. Elsevier Health Sciences 2009: 11526-34.
58. Newton-Cheh C, Larson MG, Vasan RS, Levy D, Bloch KD, Surti A, et al. Association of common variants in NPPA and NPPB with circulating natriuretic peptides and blood pressure. *Nat Genet*. 2009; 41(3): 348–53.

59. Demerath T, Staffel J, Schreiber A, Valletta D, Schweda F. Natriuretic peptides buffer renin-dependent hypertension. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2014; 306(12): 1489-98.
60. Gurfinkel V, Cacciatore TW, Cordo P, Horak F, Nutt J, Skoss R. Postural Muscle Tone in the Body Axis of Healthy Humans. *J Neurophysiol.* 2006; 96(5): 2678-87.
61. Kerkhoff AC, Moreira LB, Fuchs FD, Fuchs SC. Association between hypertension and musculoskeletal complaints: a population-based study. *J Hypertens.* 2012; 30(11): 2112-7.
62. Ronquist G, Soussi B, Frithz G, Scherstén T, Waldenström A. Disturbed energy balance in skeletal muscle of patients with untreated primary hypertension. *J Intern Med.* 1995; 238(2): 167-74.
63. Strassburger TL, Lee HC, Daly EM, Szczepanik J, Krasuski JS, Mentis MJ, et al. Interactive effects of age and hypertension on volumes of brain structures. *Stroke J Cereb Circ.* 1997; 28(7): 1410-7.
64. Budzińska K. Wpływ starzenia się organizmu na biologię mięśni szkieletowych. *Gerontol Pol.* 2005; 13(1): 1-7.
65. Szpringer M, Wybraniec-Lewicka B, Czerwiak G, Michalska M, Krawczyńska J. Upadki i urazy wieku geriatrycznego. *Stud Med.* 2008; 9: 77-81.
66. Wojciechowska-Maszkowska B, Kuczyński M. Postural control and ageing. *Ann UMCS Sect D.* 2005; 16: 261-264.
67. Maillard P, Seshadri S, Beiser A, Himali JJ, Au R, Fletcher E, et al. Effects of systolic blood pressure on white-matter integrity in young adults in the Framingham Heart Study: a cross-sectional study. *Lancet Neurol.* 2012; 11(12): 1039-47.
68. Shkuratova N, Morris ME, Huxham F. Effects of age on balance control during walking. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85(4): 582-8.

69. Cherbuin N, Mortby ME, Janke AL, Sachdev PS, Abhayaratna WP, Anstey KJ. Blood Pressure, Brain Structure, and Cognition: Opposite Associations in Men and Women. *Am J Hypertens*. 2015; 28(2): 225-31.
70. Qiu C, Winblad B, Fratiglioni L. The age-dependent relation of blood pressure to cognitive function and dementia. *Lancet Neurol*. 2005; 4(8): 487-99.
71. Elias PK, Elias MF, Robbins MA, Budge MM. Blood pressure-related cognitive decline: does age make a difference? *Hypertension*. 2004; 44(5): 631-6.
72. Brickman AM, Zahra A, Muraskin J, Steffener J, Holland CM, Habeck C, et al. Reduction in cerebral blood flow in areas appearing as white matter hyperintensities on magnetic resonance imaging. *Psychiat Res Neuroim*. 2009; 172(2): 117-20.
73. Delgado P, Riba-Llena I, Tovar JL, Jarca CI, Mundet X, López-Rueda A, et al. Prevalence and associated factors of silent brain infarcts in a Mediterranean cohort of hypertensives. *Hypertension*. 2014; 64(3): 658-63.
74. Phillips SJ, Whisnant JP. Hypertension and the brain. The National High Blood Pressure Education Program. *Arch Intern Med*. 1992; 152(5): 938-45.
75. Gottesman RF, Schneider ALC, Albert M, Alonso A, Bandeen-Roche K, Coker L, et al. Midlife hypertension and 20-year cognitive change: the atherosclerosis risk in communities neurocognitive study. *JAMA Neurol*. 2014; 71(10): 1218-27.
76. Hanon O. Hypertension and dementia. *Ann Cardiol Angeiol*. 2014; 63(3): 204-8.
77. Gurfinkel VS, Shik ML. The Control of Posture and Locomotion. W: Gydiakov AA, Tankov NT, Kosarov DS. *Motor Control*. 1974: 217-34.
78. Ocetkiewicz T, Skalska A, Grodzicki T. Badanie równowagi przy użyciu platformy balansowej-ocena powtarzalności metody. *Gerontol Pol*. 2006; 14(3): 144-8.
79. Held-Ziółkowska M. Równowaga statyczna i dynamiczna. *Mag Otorynolaryngol*. 2006; (18): 39-46.

80. Cofre Lizama LE, Pijnappels M, Reeves NP, Verschueren SM, van Dieen JH. Centre of pressure or centre of mass feedback in mediolateral balance assessment. *J Biomech.* 2015; 48(3): 539-43.
81. Moghadam M, Ashayeri H, Salavati M, Sarafzadeh J, Taghipoor KD, Saeedi A, et al. Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: Effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait Posture.* 2011; 33(4): 651–5.
82. Ko J-H, Challis JH, Newell KM. Transition of COM-COP relative phase in a dynamic balance task. *Hum Mov Sci.* 2014; 38:1–14.
83. Allum JHJ, Honegger F, Acuña H. Differential Control of Leg and Trunk Muscle Activity by Vestibulo-spinal and Proprioceptive Signals during Human Balance Corrections. *Acta Otolaryngol.* 1995; 115(2): 124–9.
84. Strzecha M, Knapik H, Baranowski P. Współbieżny pomiar stabilności kończyn dolnych w badaniach równowagi. *Zdrowie dobrem społecznym - materiały międzynarodowego sympozjum.* 2010: 133–41.
85. Park S, Ko Y-M, Park JW. The Correlation between Dynamic Balance Measures and Stance Sub-phase COP Displacement Time in Older Adults during Obstacle Crossing. *J Phys Ther Sci.* 2013; 25(9): 1193–6.
86. Strzecha M, Knapik H, Baranowski P, Pasiak J. A man has usually two legs-stabilographycal depiction. *Ann UMCS Sect D.* 2008; 155–67.
87. Więcek A, Januszewicz A, Szczepańska-Sadowska E, Prejbisz A. *Hipertensjologia. Patogeneza, diagnostyka i leczenie nadciśnienia tętniczego.* Wydawnictwo Medycyna Praktyczna 2011.
88. Asmar R. ESH-IP 2010 Validation of Omron M6 Comfort (HEM-7221-E8) Upper Arm blood pressure monitor, for self/home measurement, according to the revised (2010)

European Society of Hypertension International Protocol. [Internet].
<http://www.dableducational.org>. 2012.

89. Mancia G, Fagard R, Narkiewicz K, Redón J, Zanchetti A, Bohm M, et al. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *J Hypertens*. 2013; 31(7): 1281–357.
90. Fuller G. *Badanie neurologiczne - to proste*. Wyd. 2 popr. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL 1999.
91. Bujas P, Tchórzewski D, Jaworski J. Asymetryczność funkcji podporowej i stabilizującej kończyn dolnych u narciarzy zjazdowców. *Antropomotoryka*. 2012; 22(59): 91–7.
92. Gutnik B, Leaver J, Standen C, Longley C. Inferred influence of human lateral profile on limb load asymmetry during a quiet standing balance test. *Acta Med Okayama*. 2008; 62(3): 175–84.
93. Rougier PR, Genthon N. Dynamical assessment of weight-bearing asymmetry during upright quiet stance in humans. *Gait Posture*. 2009; 29(3): 437–43.
94. Du Pasquier RA, Blanc Y, Sinnreich M, Landis T, Burkhard P, Vingerhoets FJG. The effect of aging on postural stability: a cross sectional and longitudinal study. *Neurophysiol Clin Clin Neurophysiol*. 2003; 33(5): 213–8.
95. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995; (3): 193–214.
96. Winter DA, Patla AE, Prince F. Stiffness control of balance in quiet standing. *J Neurophysiol*. 1998; (80): 1211–21.
97. Rocchi L, Chiari L, Cappello A. Feature selection of stabilometric parameters based on principal component analysis. *Med Biol Eng Comput*. 2004; 42(1): 71–9.

98. Kitabayashi T, Demura S-I, Kawabata H, Uchiyama M, Demura T. Comparison of the body-sway characteristics of young adults compared to healthy elderly and elderly with equilibrium disorder. *Percept Mot Skills*. 2011; 113(2): 547–56.
99. Jeka J, Kiemel T, Creath R, Horak F, Peterka R. Controlling Human Upright Posture: Velocity Information Is More Accurate Than Position or Acceleration. *J Neurophysiol*. 2004; 92(4): 2368–79.
100. Papegaaij S, Taube W, Hogenhout M, Baudry S, Hortobágyi T. Age-related decrease in motor cortical inhibition during standing under different sensory conditions. *Front Aging Neurosci*. 2014; 6: 126.
101. Condrón JE, Hill KD. Reliability and validity of a dual-task force platform assessment of balance performance: effect of age, balance impairment, and cognitive task. *J Am Geriatr Soc*. 2002; 50(1): 157–62.
102. Chou L-S, Kaufman KR, Hahn ME, Brey RH. Medio-lateral motion of the center of mass during obstacle crossing distinguishes elderly individuals with imbalance. *Gait Posture*. 2003; 18(3): 125–33.
103. Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol*. 1994; 49(2): M72–84.
104. Tucker MG, Kavanagh JJ, Morrison S, Barrett RS. What Are the Relations Between Voluntary Postural Sway Measures and Falls-History Status in Community-Dwelling Older Adults? *Arch Phys Med Rehabil*. 2010; 91(5): 750–8.
105. Baloh RW, Corona S, Jacobson KM, Enrietto JA, Bell T. A prospective study of posturography in normal older people. *J Am Geriatr Soc*. 1998; 46(4): 438–43.
106. Dmitruk K i wsp. Wielkość parametrów posturograficznych w procesie utrzymywania równowagi u tancerzy. *Fizjoter Pol*. 2004; 4(1): 47–51.

107. Abate M, Di Iorio A, Pini B, Battaglini C, Di Nicola I, Foschini N, i in. Effects of hypertension on balance assessed by computerized posturography in the elderly. *Arch Gerontol Geriatr.* 2009; 49(1): 113–7.
108. Freitas SMSF, Wieczorek SA, Marchetti PH, Duarte M. Age-related changes in human postural control of prolonged standing. *Gait Posture.* 2005; 22(4): 322–30.
109. Elliott C, FitzGerald JE, Murray A. Postural stability of normal subjects measured by sway magnetometry: pathlength and area for the age range 15 to 64 years. *Physiol Meas.* 1998; 19(1): 103–9.
110. Blaszczyk JW, Prince F, Raiche M, Hébert R. Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. *J Biomech.* 2000; 33(10): 1243–8.
111. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med.* 1988; 319(26): 1701–7.
112. Raymakers JA, Samson MM, Verhaar HJJ. The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait Posture.* 2005; 21(1): 48–58.
113. Mochizuki L, Duarte M, Amadio AC, Zatsiorsky VM, Latash ML. Changes in postural sway and its fractions in conditions of postural instability. *J Appl Biomech.* 2006; 22(1): 51–60.
114. Kuo AD, Zajac FE. Human standing posture: multi-joint movement strategies based on biomechanical constraints. *Prog Brain Res.* 1993; 97: 349–58.
115. Warnica MJ, Weaver TB, Prentice SD, Laing AC. The influence of ankle muscle activation on postural sway during quiet stance. *Gait Posture.* 2014; 39(4): 1115-21.
116. Creath R, Kiemel T, Horak F, Peterka R, Jeka J. A unified view of quiet and perturbed stance: simultaneous co-existing excitable modes. *Neurosci Lett.* 2005; 377(2): 75–80.

117. Freitas SMSF, Duarte M, Latash ML. Two kinematic synergies in voluntary whole-body movements during standing. *J Neurophysiol.* 2006; 95(2): 636–45.
118. Runge CF, Shupert CL, Horak FB, Zajac FE. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. *Gait Posture.* 1999; 10(2): 161–70.
119. Robinson JG, Smith B, Maheshwari N, Schrott H. Pleiotropic effects of statins: benefit beyond cholesterol reduction? A meta-regression analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2005; 46(10): 1855–62.
120. Saavedra JM. Angiotensin II AT(1) receptor blockers as treatments for inflammatory brain disorders. *Clin Sci.* 2012; 123(10): 567–90.
121. Heeneman S, Sluimer JC, Daemen MJAP. Angiotensin-converting enzyme and vascular remodeling. *Circ Res.* 2007; 101(5): 441–54.
122. Lawlor DA, Patel R, Ebrahim S. Association between falls in elderly women and chronic diseases and drug use: cross sectional study. *BMJ.* 2003; 327(7417): 712–7.
123. Boyle N, Naganathan V, Cumming RG. Medication and falls: risk and optimization. *Clin Geriatr Med.* 2010; 26(4): 583–605.
124. Hartikainen S, Lönnroos E, Louhivuori K. Medication as a risk factor for falls: critical systematic review. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2007; 62(10): 1172–81.
125. Leipzig RM, Cumming RG, Tinetti ME. Drugs and falls in older people: a systematic review and meta-analysis: II. Cardiac and analgesic drugs. *J Am Geriatr Soc.* 1999; 47(1): 40–50.
126. Kwolek A, Drużbicki M. Ocena symetrii obciążenia kończyn dolnych i prędkości chodu chorych po udarze mózgu rehabilitowanych szpitalnie z wykorzystaniem platformy dynamometrycznej. *Prz Med Uniw Rzesz.* 2005; 1: 52–57.

127. Kwolek A., Kluz D. Test dwóch wag w ocenie stopnia zaburzeń i postępu usprawniania u chorych z niedowładem połowicznym po udarze mózgu. *Post Rehab.* 1991; 5(2): 89.
128. Wang Z, Newell KM. Asymmetry of foot position and weight distribution channels the inter-leg coordination dynamics of standing. *Exp Brain Res.* 2012; 222(4): 333-44.
129. Anker LC, Weerdesteyn V, van Nes IJW, Nienhuis B, Straatman H, Geurts ACH. The relation between postural stability and weight distribution in healthy subjects. *Gait Posture.* 2008; 27(3): 471–7.
130. Błaszczyk JW, Cieślinska-Swider J, Plewa M, Zahorska-Markiewicz B, Markiewicz A. Effects of excessive body weight on postural control. *J Biomech.* 2009; 42(9): 1295–300.
131. Teasdale N, Hue O, Marcotte J, Berrigan F, Simoneau M, Dore J, i in. Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *Int J Obes* 2007; 31(1): 153–60.
132. Kollegger H, Baumgartner C, Wöml;ber C, Oder W, Deecke L. Spontaneous Body Sway as a Function of Sex, Age, and Vision: Posturographic Study in 30 Healthy Adults. *Eur Neurol* 1992; 32(5): 253–9.
133. Hageman PA, Leibowitz JM, Blanke D. Age and gender effects on postural control measures. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995; 76(10): 961–5.
134. Wolfson L, Whipple R, Derby CA, Amerman P, Nashner L. Gender differences in the balance of healthy elderly as demonstrated by dynamic posturography. *J Gerontol.* 1994; 49(4): M160–7.