

mgr Honorata Werner

**WPLYW POLA MAGNETYCZNEGO
NA PROCES USPRAWNIANIA
PO REKONSTRUKCJI
WIĘZADŁA KRZYŻOWEGO PRZEDNIEGO**

Rozprawa doktorska

**KATEDRA I ZAKŁAD BIOFIZYKI
(Wydział Lekarski II)**

**Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego
w Poznaniu**

Promotor: dr hab. n. med. Leszek Kubisz profesor UM

Poznań 2011

*Panu dr. hab. n. med. Leszkowi Kubiszowi profesorowi UM
za nieocenioną pomoc, inspirację,
ogromną cierpliwość i serce,*

składam najserdeczniejsze podziękowania.

*Panu dr. n. med. Waldemarowi Weiss
Ordynatorowi Oddziału Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu
z Centrum Kompleksowego Leczenia Urazów Sportowych
Szpitala Uniwersyteckiego im. dr. Jana Biziela w Bydgoszczy,
oraz
Panu dr. Maciejowi Boskowi,*

dziękuję za możliwość przeprowadzenia badań.

*Pracę tę dedykuje Rodzicom
w podziękowaniu za troskę i wiarę.*

SPIS TREŚCI

WYKAZ SKRÓTÓW.....	6
I. WSTĘP.....	7
1. Budowa oraz funkcje stawu kolanowego i więzadła krzyżowego przedniego... 8	
1.1. Staw kolanowy.....	8
1.2. Więzadło krzyżowe przednie.....	9
1.3. Patomechanizm uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego	10
2. Wpływ wolnozmiennych pól magnetycznych na organizm człowieka	10
2.1. Podstawy fizyczne	11
2.2. Efekty magnetobiologiczne.....	15
2.3. Wykorzystanie kliniczne.....	18
3. Niejednorodne stałe pole magnetyczne.....	21
3.1. Podstawy fizyczne i efekty magnetobiologiczne.....	21
3.2. Wykorzystanie kliniczne.....	22
4. Metody subiektywne i obiektywne oceny oddziaływania pola magnetycznego na organizm człowieka	23
4.1. Metoda obiektywna - posturografia statyczna.....	23
4.2. Metody subiektywne	25
II. CELE BADAŃ	27
III. MATERIAŁ I METODY BADAWCZE.....	27
1. Metodyka przeprowadzenia badań.....	29
2. Aparatura do aplikacji wolnozmiennych pól magnetycznych	30
3. Aparatura do aplikacji niejednorodnego stałego pola magnetycznego.....	32
4. Aparat do posturografii statycznej.....	33
5. Opracowanie i analiza statystyczna.....	35
IV. WYNIKI.....	36
1. Posturografia statyczna.....	36
2. Metody subiektywne	66
V. DYSKUSJA.....	75
1. Porównanie stabilności osób z nieuszkodzonym więzadłem krzyżowym przednim i pacjentów po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego	77

2.	Porównanie stabilności osób po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego	81
2.1.	Test w staniu na obu kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi	81
2.2.	Test w staniu na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi	88
3.	Metody subiektywne	98
VI.	WNIOSKI	106
VII.	STRESZCZENIE	107
VIII.	SUMMARY	109
IX.	SPIS TABEL	111
X.	SPIS RYCIN	112
XI.	ZAŁĄCZNIKI	118
XII.	LITERATURA	137

WYKAZ SKRÓTÓW

ACL - więzadło krzyżowe przednie,

ELF - MF - wolnozmiennie pola magnetyczne,

NSPM - niejednorodne stałe pole magnetyczne,

ICR - jonowy rezonans cyklotronowy,

kdo - kończyna dolna operowana,

kdz - kończyna dolna zdrowa,

kdp - kończyna dolna prawa,

kdl - kończyna dolna lewa,

oo - oczy otwarte,

oz - oczy zamknięte,

COP - centrum nacisku człowieka,

M1, M2 - sposób aplikacji aparatu VIOFOR JPS,

P1, P2, P3 - program aparatu VIOFOR JPS,

VAS - skala wzrokowo - analogowa.

I. WSTĘP

Najczęściej do urazów więzadłowych stawów kolanowych dochodzi podczas uprawiania sportu oraz wypadków komunikacyjnych. Spośród wszystkich uszkodzeń więzadłowych kolana najczęściej naruszeniu ulega struktura więzadła krzyżowego przedniego (ACL - ang. *anterior cruciate ligament*). W większości przypadków urazy dotyczą ludzi młodych, dla których zerwanie ACL może być przyczynkiem do zakończenia kariery sportowej.

Tab. 1. Dane statystyczne z województwa kujawsko - pomorskiego zebrane w latach 2008 - 2011 r., dot. wieku i ilości pacjentów po rekonstrukcji ACL.

Wiek pacjentów (w latach)	2008 r. od lipca	2009 r.	2010 r.	2011r. stan na marzec
0 - 15	0	0	5	3
16 - 20	32	76	117	17
21 - 30	116	214	289	63
31 - 40	83	173	183	53
41 - 50	40	74	82	29
>50	16	59	85	24

W Polsce nie prowadzi się krajowego rejestru zabiegów artroskopowej rekonstrukcji uszkodzonych elementów ACL z użyciem implantów łączących. Jak poważny może być to problem widać na przykładzie Stanów Zjednoczonych gdzie rocznie wykonywanych jest ponad 100 000 rekonstrukcji [1]. Z danych statystycznych zebranych w województwie kujawsko - pomorskim w latach 2008 - 2011 wynika, że liczba operowanych rośnie, zmienia się również przedział wiekowy. Zjawisko to, paradoksalnie związane jest ze wzrostem zainteresowania rekreacyjnym sportem i złym przygotowaniem do aktywności. Zerwaniu ACL towarzyszy ból, krwiak śródstawowy, ograniczenie ruchomości, dodatnie objawy ostrej niestabilności przedniej. W dalszej perspektywie dochodzi do przeciążenia kolana, chondromalacji rzepki, wtórnych uszkodzeń łąkoteczek czy innych struktur wewnętrznych co prowadzi do przedwczesnych zmian zwyrodnieniowych stawu kolanowego [2]. Mimo postępu medycyny (nieinwazyjnych i dokładnych badań diagnostycznych, oszczędzających metod operacyjnych, lepszej znajomości biomechaniki i anatomii) nadal leczenie stanowi poważny problem terapeutyczny.

1. Budowa oraz funkcje stawu kolanowego i więzadła krzyżowego przedniego

1.1. Staw kolanowy

Staw kolanowy łączy kość udową z kością piszczelową powierzchniami stawowymi. Głowę stawu stanowią kłykcie kości udowej, a panewkę - górne powierzchnie kłykci kości piszczelowej. Między powierzchniami stawowymi, wewnątrz torebki występują łąkotki boczna i przyśrodkowa. Staw kolanowy wzmocniają więzadła: 1) więzadło rzepki, 2) troczki rzepki, 3) więzadło poboczne piszczelowe, 4) więzadło poboczne strzałkowe, 5) więzadło podkolanowe skośne, 6) więzadło podkolanowe łukowate, 7) więzadło krzyżowe przednie i tylne, 8) więzadło poprzeczne kolana, 9) więzadło łąkotkowo - udowe przednie i tylne. Błona maziowa torebki stawowej wytwarza uwypuklenia (ciało tłuszczowe, fałdy). Staw otaczają liczne kaletki. Unaczynienie tętnicze stawu pochodzi od sieci stawowej naczyniowej kolana i sieci rzepki, a unerwienie z nerwu udowego, piszczelowego, strzałkowego wspólnego oraz zasłonowego [3].

Staw kolanowy stabilizowany jest w sposób bierny przez układ więzadłowy, struktury torebkowe, ukształtowanie powierzchni stawowych, łąkotki. Stabilizację czynną zapewniają liczne mięśnie.

Staw kolanowy jest stawem zawiasowym, zmodyfikowanym, o obszernym zakresie ruchu. Ruchy zginania i prostowania zachodzą w osi poprzecznej. Oba są kombinacją toczenia i ślizgania (w początkowej fazie zginania i w końcowej wyprostowania ruchem jest toczenie). W wieku od 18 do 40 lat zakres czynnego ruchu zgięcia powinien wynosić 130° - 135° , a pod wpływem działania sił zewnętrznych w chwili zetknięcia pięty z pośladkiem 160° - 170° . U młodych kobiet w stawie kolanowym obserwuje się występowanie przeprostu 5° - 10° , inną cechą przypisaną płci jest ograniczenie ruchomości wyprostowania u mężczyzn w podeszłym wieku. Obie nieprawidłowości nie są duże, stąd w czynnym i biernym zakresie ruchu wyprostowania jako normę przyjęto 0° [4]. W końcowej fazie wyprostowania w stawie udowo - piszczelowym zachodzi ruch skrętny (rotacja zewnętrzna piszczeli ok. 10°), skutkiem czego jest zaryglowanie stawu (ześrubowanie - ang. screw - home mechanism). Przy zginaniu łąkotki przesuwają się do tyłu, w czasie prostowania do przodu. Rzepka ślizgając się po powierzchni

rzepkowej kości udowej pokonuje drogę 5 - 7 cm. Podczas wyprostu ślizga się ku górze, w czasie zgięcia w dół.

Ruch obrotowy podudzia zachodzi w osi podłużnej goleni. Zakres ruchu wzrasta od pozycji wyprostnej do zgięcia. Obrót goleni na zewnątrz jest większy od obrotu do wewnątrz. Przy zgiętym stawie kolanowym (90°) czynna rotacja wewnętrzna goleni wynosi do 30°, a rotacja zewnętrzna około 40°.

1.2. Więzadło krzyżowe przednie

Więzadło krzyżowe przednie biegnie od przyśrodkowej powierzchni kłykcia bocznego kości udowej skośnie do przodu, ku dołowi i przyśrodkowo do pola międzykłykciowego przedniego kości piszczelowej. Leży ono wewnątrz stawu (objęte błoną włóknistą torebki), a jednocześnie poza jamą stawu z uwagi na pokrycie błoną maziową [5]. Informacje na temat anatomii funkcjonalnej więzadła są rozbieżne. ACL opisywane jest jako pojedyncza, szeroka, ciągła taśma włókien, która w czasie ruchu w pełnym zakresie napina się w różnych odcinkach. W literaturze można również spotkać podział funkcjonalny ACL na dwa pęczki włókien: przednio - przyśrodkowy, tylny - boczny lub trzy bogatsze od poprzednich o dodatkowy pęczek pośredni, będący ich połączeniem [6, 7].

Do funkcji motorycznych ACL zalicza się zabezpieczenie piszczeli przed nadmiernym przemieszczeniem w stosunku do kości udowej i kontrolę 10° rotacji zewnętrznej piszczeli w końcowej fazie wyprostu. Zadaniem więzadła jest również ograniczenie zakresu wyprostu, zgięcia stawu kolanowego, rotacji wewnętrznej piszczeli oraz przemieszczenia w płaszczyźnie czołowej przy zgiętym kolanie. ACL spełnia również rolę neurosensoryczną [8, 9] za pośrednictwem występujących w więzadle: ciałek Ruffiniego (mechanoreceptory statycznie - dynamiczne dostarczające informację o kącie ustawienia stawu, ruchu kończyny), ciałek Paciniego (receptory dynamiczne - aktywne w czasie ruchu ze zmianą szybkości, sygnalizują przyspieszanie i zwalnianie ruchu w stawie), ciałek Golgiego (mechanoreceptory dynamiczne mierzące napięcie więzadeł - najskuteczniejsze, gdy staw znajduje się w położeniach granicznych dla określonego ruchu) oraz wolnych zakończeń nerwowych (tworzących system ochrony - uaktywniają się w sytuacjach niefizjologicznych dla stawu jak nieprawidłowe obciążenia, czynniki zapalne, przenoszą uczucie bólu). Informacje

z receptorów czucia głębokiego trafiają na różne poziomy ośrodkowego układu nerwowego wywołując reakcje nerwowo -mięśniowe dotyczące stabilizacji mięśniowej stawu kolanowego, koordynacji ruchu i równowagi ciała [10, 11, 12, 13].

1.3. Patomechanizm uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego

Więzadło krzyżowe przednie najczęściej ulega uszkodzeniu podczas: nadmiernego wyprostu kolana z rotacją wewnętrzną, odwiedzenia podudzia w zgięciu i rotacji wewnętrznej, przywiedzenia podudzia w zgięciu i rotacji zewnętrznej lub bezpośredniego urazu goleni z przemieszczeniem w płaszczyźnie strzałkowej [14].

W przypadku niestabilności I° zaleca się leczenie zachowawcze z naciskiem na intensywną rehabilitację. Do leczenia chirurgicznego polegającego na zszyciu, wzmocnieniu, pełnej rekonstrukcji więzadła, kwalifikowani są pacjenci z II° i III° niestabilności [15].

2. Wpływ wolnozmiennych pól magnetycznych na organizm człowieka

Fizykoterapia z uwagi na swój uniwersalny charakter może być główną lub uzupełniającą metodą leczenia zachowawczego oraz wspomagającą terapię po zabiegu operacyjnym. Zabiegi z wykorzystaniem pola magnetycznego zalecane są jako jedna z metod fizykalnych przy uszkodzeniach więzadłowych kolana. Na co dzień poddani jesteśmy wpływom pola magnetycznego Ziemi o wartościach od 30 do 70 μT . Pole to stymuluje procesy fizjologiczne w organizmach żywych. Niektóre urządzenia codziennego użytku emitujące sztuczne pola elektromagnetyczne zakłócają pole geomagnetyczne. Istnieje teoria mówiąca o zmniejszaniu wartości pola Ziemi w okresie ostatnich trzech stuleci o 15%. Hipoteza ta łączona jest z pojawieniem się niektórych przewlekłych schorzeń [16]. Wolnozmiennne pola magnetyczne (ELF - MF - ang. extremely low frequency magnetic field) wykorzystywane w fizykoterapii przyjęło się dzielić za prof. A. Sieroniem na magnetostymulację i magnetoterapię, gdzie wartością graniczną jest indukcja magnetyczna 100 μT . O stosowaniu magnetoterapii mówimy przy indukcji od 0,1 do 20 mT i częstotliwości mniejszej od 100 Hz. Pole magnetyczne

wykorzystywane w magnetostymulacji ma zwykle większą częstotliwość przebiegu podstawowego (od kilku do 3000 Hz), a wartości indukcji magnetycznej wynoszą od 1pT do 100 μ T. Przebiegi podstawowe są tak zmodulowane, że ich obwiednie mają kształt fali zbliżony do piłokształtnego o częstotliwości od kilku do 100 Hz [17, 18].

2.1. Podstawy fizyczne

Podstawy fizyczne zjawisk zachodzących w organizmie ludzkim pod wpływem ekspozycji na stałe oraz zmienne pole magnetyczne o małych wartościach indukcji są w wielu punktach zbieżne. Z uwagi na złożoność problemu nie wyjaśniono jak dotąd wszystkich mechanizmów magnetobiologii, a część stwierdzeń opiera się na modelach teoretycznych.

Omawiając działanie pola magnetycznego na organizm nie można mówić o składowej magnetycznej w oderwaniu od składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego, gdyż pole magnetyczne jest to właściwość przestrzeni, w której występują specyficzne oddziaływania na poruszające się ładunki elektryczne, obwody z prądem elektrycznym, ciała namagnesowane. Pole magnetyczne jest wytwarzane przez zmienne pole elektryczne, z kolei zmienne pole magnetyczne wytwarza pole elektryczne. Pole elektromagnetyczne o szerokim zakresie amplitudy i częstotliwości może być przyczyną efektów biologicznych np. wystarczająco silne pole elektromagnetyczne wywołuje przepływ prądu, powoduje wzrost ciepła biologicznego w tkankach i rotację molekularnych dipoli.

Wielkościami fizycznymi charakteryzującymi pole magnetyczne są indukcja magnetyczna B i natężenie pola magnetycznego H (1),

$$B = \mu\mu_0 H \quad (1)$$

gdzie:

μ_0 - przenikalność magnetyczna próżni,

μ - współczynnik przenikalności magnetycznej substancji.

Mechanizmy terapeutycznego działania pól magnetycznych opierają się głównie na efektach elektrodynamicznym, magnetomechanicznym i jonowym rezonansie cyklotronowym (IRC - ang. Ion Cyclotron Resonance) [19]. Efekt elektrodynamiczny

związany jest z modyfikacją prądów jonowych przez pole magnetyczne. Pierwiastki w tkankach i płynach występują zwykle w postaci zjonizowanej (są nieskompensowanymi ładunkami). Ekspozycja na zewnętrzne pole magnetyczne powoduje, że jon zostaje wprawiony w ruch po torze kołowym w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku pola o indukcji B . Wielkość promienia toru jonu zależy wprost proporcjonalnie od prędkości jonu i jego masy oraz odwrotnie proporcjonalnie od ładunku i indukcji pola (2).

$$r = \frac{mV}{Bq} \quad (2)$$

Zjawiska biologiczne, zachodzące w organizmie żywym, znajdują swoje uzasadnienie również w efekcie Halla obserwowanym np. w przewodniku z prądem umieszczonym w stałym polu magnetycznym. Jeżeli wzdłuż osi długiej przewodnika płynie prąd I , prostopadle do powierzchni przewodnika działa pole magnetyczne o indukcji B , to na ładunek q działa siła Lorentza powodując odchylenie ładunku do jednej ze ścianek przewodnika (3). Efektem jest różnica gęstości ładunku (pole elektryczne). Na ładunek działa również siła kulombowska. Jeżeli siła Lorentza i kulombowska równoważą się to między ściankami przewodnika powstaje potencjał Halla (napięcie Halla) (4),

$$\vec{F} = q\vec{V} \times \vec{B} \quad (3)$$

gdzie:

\vec{F} - wektor siły Lorentza,

q - ładunek elektryczny,

\vec{V} - wektor prędkości cząstki.

$$U_H = \frac{IB}{nqc} = \frac{RIB}{c} \quad (4)$$

n - koncentracja nośników,

q - ładunek (elektrony bądź dziury),

c - grubość płytki, wymiar w kierunku pola magnetycznego,

I - natężenie prądu,

R - stała zależna od materiału (tzw. współczynnik Halla).

Efekt Halla można zaobserwować dla jonów (np.: Na^+) przemieszczających się w kanałach jonowych błony komórkowej. Stałe pole magnetyczne może zmienić drogę przepływu kationów przez kanały, czyli generować potencjał prostopadle do światła kanału - analogicznie do napięcia Halla. Zakładając, że zmienne pole magnetyczne może zachowywać się jak krótkotrwałe pole stałe, można wyjaśnić wpływ ELF - MF na procesy fizjologiczne [20]. W organizmie człowieka funkcjonowanie wielu narządów związane jest z biologicznymi układami elektrycznymi. Przemieszczające się ładunki tworzą w sensie fizycznym prąd elektryczny. Takie narządy jak serce, mózg, układ nerwowy pracują z częstotliwością rozrusznika (część narządu wykazująca najszybszy rytm).

Efekt magnetomechaniczny związany jest z oddziaływaniem pola na cząsteczki obdarzone nieskompensowanym spinem magnetycznym. Zewnętrzne pole magnetyczne, nakładając się na nieskompensowane spiny magnetyczne pierwiastków paramagnetycznych, może powodować podwyższenie momentu magnetycznego. Pole magnetyczne o określonej indukcji (przekraczającej wartość progową tj. większej od energii kinetycznej składników reakcji) wymusza ustawienie osi magnetycznej molekuł paramagnetycznych wzdłuż linii sił pola magnetycznego, tym samym ograniczając ich swobodę ruchu. W efekcie, ta sama wartość indukcji może wpływać pobudzająco na enzymy i przyspieszać reakcję lub ją opóźniać [21, 22].

Efekty magnetobiologiczne w komórce pod wpływem zewnętrznego pola elektromagnetycznego są powtarzalne wtedy gdy okno "elektromagnetyczne" pokrywa się z oknem „fizjologicznym” [23]. Obserwując zależności między parametrami aplikacji pola, a tempem procesów komórkowych określono pozytywne lub negatywne okno elektryczne zależne od natężenia prądu, okno częstotliwości i amplitudy, okno zależne od czasu [24, 25]. Zdaniem Biniego wielkość wywołanych polem magnetycznym efektów biologicznych jest hipotetycznie zależna od prawdopodobieństwa jonowych przejść kwantowych. Populacja ich stanów kwantowych jest stała bez względu na parametry pola magnetycznego. Opis kwantowo - mechaniczny pozwala przewidzieć efektywne parametry słabych pól magnetycznych. Mechanizm opiera się na kwantowej interferencji jonu powiązanego z białkiem wewnątrz hipotetycznego kanału. Nakładanie się (superpozycja) stanów jonowych tworzy nierównomierny rozkład prawdopodobieństwa gęstości jonu. W stałym polu magnetycznym układ rotuje z częstotliwością cyklotronową. Zmienne pole

magnetyczne przez część cyklu rotacyjnego spowalnia rotację, co pozwala na ucieczkę jonu z kanału białkowego. Skutkiem może być przesunięcie równowagi reakcji biochemicznej i doprowadzenie do efektu biologicznego. Mechanizm interferencji jonu znajduje uzasadnienie w niektórych efektach działania współliniowego stałego i zmiennego pola magnetycznego [26, 27].

Jon pochłaniając zewnętrzną energię o częstotliwości rezonansowej wprowadzony zostaje w wymuszoną oscylację wokół linii sił pola. Gdy amplituda oscylacji przekracza wartość krytyczną, jony oscylujące w okolicy błony komórkowej mogą stymulować otwarcie i zamknięcie elektrycznie wrażliwych kanałów jonowych zmieniając przepuszczalność błony. Amplituda wymuszonych oscylacji jest odwrotnie proporcjonalna do częstotliwości ELF - MF [28].

Mechanizm występowania charakterystycznych dla jonów częstotliwości cyklotronowych tłumaczy większą bioaktywność ELF - MF niż stałego pola magnetycznego [29]. W wielu pracach można znaleźć potwierdzenie występowania częstotliwości rezonansowych dla jonów Ca^{2+} ($f=16,5$ Hz). Częstotliwość rezonansowa jonów K^+ w polu magnetycznym Ziemi jest najprawdopodobniej zbliżona do 16 Hz [30, 31]. Jony przenikają przez właściwe im kanały odrębne dla jonów Ca^{2+} , Na^+ , K^+ .

Teoria ICR uzasadnia efekty biologiczne ELF - MF stosunkiem indukcji magnetycznej do częstotliwości pola magnetycznego. Tkanki żywe pochłaniają najsilniej określone, charakterystyczne fragmenty spektrum częstotliwości, natomiast związki nieorganiczne absorbują równomiernie wszystkie podstawowe częstotliwości widma aplikowanego pola elektromagnetycznego. Zależność ta została wykorzystana w systemie Viofor, gdzie dokonano optymalnego doboru różnych typów sygnałów magnetycznych oraz ich wzajemnych kombinacji [32].

Woda zmienia swoje właściwości fizyczne (szybkość krystalizacji, stężenie rozpuszczalnych gazów głównie tlenu, pH w kierunku zasadowym, szybkość koagulacji i osiadania zawiesin) w zależności od parametrów pola magnetycznego (natężenia). Zmiana ta jest długotrwała (utrzymuje się do kilkudziesięciu godzin po ekspozycji). Błona komórkowa składa się z podwójnej warstwy fosfolipidowej, w której zanurzone są cząsteczki białek globularnych, tworząc rodzaj mozaiki. Mechanizm przenikania molekuł wody do wnętrza komórki wyjaśniany jest występowaniem specjalnych kanałów transportu wody, zbudowanych z protein - akwaporyn. Na poziomie molekularnym momenty magnetyczne umożliwiają przeniknięcie molekuly wody przez

kanał akwaporyn z rosnącą prędkością. Dla sprawnego procesu transportu ważne jest właściwe przestrzenne położenie molekuł wody. Choć posiadają one biegun ujemny i dodatni są elektrycznie neutralne. Molekuła wody musi "ustawić się" właściwym biegunem do ściany komórki, aby proces transportu mógł być zainicjowany.

Zewnętrzne pola magnetyczne mogą mieć fizyczny wpływ na przestrzenne położenie molekuł wody, zakłócając ten proces lub wzmacniając [33]. Zewnętrzne pole magnetyczne wpływa również na struktury o właściwościach piezoelektrycznych. Jednokierunkowe obciążenie kości powoduje jej wygięcie. Na przeciwległych jej końcach powstaje różnica potencjału mogąca wywołać przepływ prądu elektrycznego. Efektem tego jest większe zagęszczenie komórek kostnych po stronie bardziej obciążonej. Prawdopodobnie sygnałem uruchamiającym procesy osteogenezy jest obciążenie mechaniczne. Modyfikując połączenia apatytowo - kolagenowe w kościach wywołuje się potencjał elektryczny proporcjonalny do przyłożonego obciążenia. W efekcie dochodzi do syntezy prostaglandyny E2 (PGE2) i wewnątrzkomórkowego cyklicznego adenozymonofosforanu (cAMP), wzrostu syntezy DNA i proliferacji osteoblastów. Zjawiska te wpływają na ułożenie kolagenu i jego agregację, dzięki czemu kości przystosowują się do pokonania zastosowanego mechanicznego obciążenia [34]. Zewnętrzne pola magnetyczne wpływają więc na zwiększenie masy kości i gęstość utkania beleczek kostnych. Powodują wzrost stężenia fosfatazy zasadowej [35]. Powszechnie wiadomo, że różne cytokiny wpływają na przebudowę kości. Pole magnetyczne zmniejsza ekspresję interleukiny 6 (IL-6), co obniża resorpcję kości poprzez hamowanie rozwoju i działalności osteoklastów. Pole magnetyczne stymuluje również komórki macierzyste osteoblastów do wydzielania transformującego czynnika wzrostu (TGF β 1) [36].

2.2. Efekty magnetobiologiczne

Efekty biologiczne zachodzące pod wpływem działania stałego oraz zmiennego pola magnetycznego o małych wartościach indukcji są w wielu punktach tożsame [18]. Wydaje się natomiast, że pulsujące pola elektromagnetyczne o małej częstotliwości i indukcji mogą być bardziej aktywne niż stałe pola magnetyczne.

Pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego ulega zmianie rozmieszczenie jonów w przestrzeniach zewnątrz- i wewnątrzkomórkowych, dochodzi do zróżnicowania potencjałów spoczynkowych błon komórkowych, co wpływa na zwiększenie transportu

jonowego w błonach komórkowych, organellach oraz rozmieszczeniu składników macierzy. Przepływ jonów w poprzek błony komórkowej następuje przez kanały jonowe (białka transbłonowe) przeciwnie do gradientu elektrochemicznego. Kanały te mogą wykazywać wysoką selektywność względem jonów. Otwarcie kanałów może nastąpić w odpowiedzi na określony bodziec np. pod wpływem zmiany elektrycznego potencjału błonowego (kanały napięciowe), ligandów (od związania określonej cząsteczki - liganda z białkiem kanału), naprężeń mechanicznych błony (kanały mechanoczułe). Zmiana położenia bramki i odsłonięcie pora kanału pozwala na szybki przepływ jonów (puls ładunku elektrycznego) [37].

Zewnętrzne pole magnetyczne wpływa na modyfikację transmisji sygnału komórkowego. Zjawiska elektrochemiczne w błonie stymulują wywołanie efektu magnetobiologicznego w komórce, gdzie na skutek kaskady sygnałowej ulegają zwielokrotnieniu. W zwiększaniu efektów zapoczątkowanych przez słaby bodziec, kluczową rolę odgrywają jony Ca^{2+} [38]. Udowodniono oddziaływanie ELF - MF na proces transportu jonów Ca^{2+} oraz ich zwiększone stężenie w cytozolu [39].

Ponadto, pole magnetyczne wpływa na różnicowanie komórek oraz na procesy proliferacji komórkowej przez przyspieszenie podziałów komórkowych np. syntezę i dojrzałość kolagenu w bliznie i więzadle [40].

Pole magnetyczne wpływa również na procesy apoptozy i uwalnianie wolnych rodników. Zmiany w syntezie białek, stymulowane przez niskie częstotliwości pola magnetycznego, są podobne do wywołanych wskutek stresu komórkowego zwanego szokiem termicznym. Pod wpływem ELF - MF wzrasta ilość wolnych rodników w komórkach, dochodzi do zaburzeń transmisji sygnału w błonie komórkowej, co może wywołać stres oksydacyjny. Wiele wskazuje na to, że słabe pola magnetyczne stymulują szlak reakcji w odpowiedzi na czynniki stresu komórkowego. W efekcie powoduje to uruchomienie transkrypcji dużej grupy genów zaangażowanych w procesy tak istotne jak regulacja proliferacji, apoptozy i oporności na czynniki cytotoksyczne [41, 42].

Wielokrotnie potwierdzano regeneracyjne oddziaływanie ELF - MF. W badaniach *in vitro* obserwowano nasilenie procesu migracji komórek zawiesiny tkankowej i ustawienie ich w linii sił pola magnetycznego. Wolnozmiennie pola magnetyczne przyspieszają dojrzałość histologiczną rany oraz pojawienie się nowych naczyń włosowatych pod wpływem wolnozmiennego pola magnetycznego [43].

Stymulują również wzrost zawartości kolagenu w bliznie, gęstsze i bardziej regularne ułożenie włókien [40]. Pole magnetyczne pobudzając procesy dyfuzji i wychwytu tlenu przez hemoglobinę, cytochromy wpływa na zintensyfikowanie utylizacji tlenu i oddychania tkankowego [44]. Istnieją dowody potwierdzające radiologicznie, morfologicznie, mikroskopowo wpływ pola magnetycznego na przyspieszenie procesu tworzenia blizny kości, skrócenie czasu powstawania zrostu kostnego po złamaniach, tworzenie prawidłowego zrostu kostnego w przypadku stawów rzekomych, stymulację opóźnionego zrostu kostnego. Badania wykazały również wpływ pulsującego pola elektromagnetycznego na proliferację chondrocytów (scalenie chrzęstnego przeszczepu u owiec) [45], na syntezę proteoglikanów, a w efekcie naprawę i regenerację chrząstki stawowej [46].

Efekt analgetyczny wywołany ekspozycją na pole magnetyczne uzasadniany jest zwiększonym wydzielaniem endogennych opiatów z grupy β endorfin (substancji odpowiedzialnych za podwyższenie progu bólu). Pod wpływem pola magnetycznego wydłuża się czas latencji reakcji bólowej [47, 48].

Pole magnetyczne wpływa również na przewodnictwo nerwowe poprzez nasilenie procesów różnicowania, rozgałęziania, wzrostu neurytów wzdłuż linii sił pola [49]. ELF - MF przyspiesza prawidłową czynność nerwów obwodowych, działa regeneracyjnie, pobudza przewodnictwo nerwowe [50, 51, 52] z ograniczeniem obszaru bliznowacenia wokół uszkodzenia [39].

Zewnętrzne pole magnetyczne stymuluje procesy angiogenezy m. in. przez rozwój krążenia obocznego w okolicy rany lub tkanki mięśnia sercowego po zawale. Jednocześnie pole magnetyczne o odpowiednio dobranych parametrach może przyczynić się do hamowania angiogenezy (ograniczenia tworzenia nowych naczyń krwionośnych) i zmniejszenia masy guza [53, 54]. We krwi zwierząt eksponowanych na pole magnetyczne zaobserwowano obniżenie krzepliwości, zmniejszenie wskaźnika hematokrytowego, zmniejszenie liczby trombocytów oraz ich zdolności agregacyjnych. Reakcje te sprzyjać mogą procesowi gojenia owrzodzeń przez poprawę przepływu żylnego krwi oraz mikrokrażenia w okolicy zmian troficznych [55, 56].

Kolejnymi efektami magnetobiologicznymi są oddziaływanie wazodylatacyjne, przeciwzapalne i przeciwozbrzękowe. Zewnętrzne ELF - MF powoduje zmniejszenie zawartości wody w tkance ścięgna [57]. W badaniach *in vivo* aplikacja pola

magnetycznego może zapobiec degeneracji chrząstki stawowej, wpływać na obniżenie nadmiernej syntezy i uwalniania cytokin prozapalnych w chrząstce stawowej [58].

2.3. Wykorzystanie kliniczne

Wieloletnie doświadczenia kliniczne pozwoliły określić grupę jednostek chorobowych, w których pole magnetyczne znajduje największe zastosowanie.

Działanie analgetyczne pola magnetycznego wykorzystała Woldańska - Okońska M. i wsp. w terapii zespołów bólowych dolnego odcinka kręgosłupa. Korzystając z aparatu Viofor określiła najskuteczniejsze parametry o działaniu przeciwbólowym (aplikacja M1, program P1) [59]. Efekt ten został uzyskany również przez Ciejka E. i wsp., co przejawiało się w zwiększeniu ruchomości stawów obwodowych i kręgosłupa, ograniczeniu przyjmowania leków przeciwbólowych oraz zwiększeniu codziennej aktywności uczestników badania [60]. Działanie analgetyczne wykorzystali w terapii Jankowska E. i wsp. poddając magnetostymulacji pacjentów z ostrymi lub przewlekłymi zespołami bólowymi narządu ruchu o różnej etiologii (zmiany zwyrodnieniowe kręgosłupa, migreny, przeciążenia stawów, urazy układu kostno - stawowego) [61]. Działanie wspomagające ELF - MF w leczeniu bólów towarzyszących neuralgii nerwu twarzonego oraz artropatii stawu skroniowo - żuchwowego oceniali Jędrzejewski P. i wsp. [62]. Staś - Rzendkowska i wsp. wykazali działanie analgetyczne magnetostymulacji aparatem Viofor (o parametrach aplikacji M1 i programie P3, intensywności wzrastającej do 1 - 10) w zeszywniających zapaleniach stawów kręgosłupa, zespole Sudecka, polineuropatii w przebiegu zaburzeń ukrwienia, bólach pourazowych neuropatycznych oraz osteoporozie. Dzięki zastosowanym zabiegom doprowadzili do zmniejszenia dolegliwości bólowych lub ich całkowitego ustąpienia [63]. Dobrzyniecka B. i wsp. badali wpływ magnetostymulacji na dzieci z młodzieńczym idiopatycznym zapaleniem stawów w okresie ostrym, podostym oraz wyciszenia klinicznego choroby. Efektem terapii było skrócenie czasu sztywności porannej, zmniejszenie dolegliwości bólowych oraz obrzęków stawów [64].

Działanie regeneracyjne zostało wykazane przez Kubacką M. i wsp. w leczeniu osteoporozy pomenopauzalnej [65]. Jędrzejewski P. z wsp. zastosowali pole magnetyczne w leczeniu pacjentów po przebytych urazach. Opisyli oddziaływanie regeneracyjne i przeciwzapalne na skórę, tkankę nerwową i naczyniową, zmniejszenie

obręku okolicy operowanej, zwiększenie zaczerwienienia tkanki, co kojarzone było z przyspieszeniem procesu tworzenia blizny skórnej [66].

Sieroń A. zalecał stosowanie ELF - MF przy zmianach przeciążeniowych mięśni i stawów, opóźnionym zroście kostnym, stawach rzekomych, stanach zapalnych stawów o różnej etiologii [67]. Aziz Z. i wsp. stworzyli przegląd systematyczny randomizowanych badań w zakresie terapii wspomagającej proces gojenia przewlekłych ran (owrzodzeń podudzi) z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego. Autorzy podkreślili niejednoznaczność wyników polegającą na wnioskowaniu o skuteczności terapii przy braku istotnych różnic między grupą badaną i placebo lub wykazywaniu istotności statystycznej w badaniach o małej wiarygodności (z powodu dużej utraty pacjentów z obserwacji, małych populacji) [68]. Korzystne efekty wpływu ELF - MF na pacjentów leczonych z powodu przewlekłych ran i owrzodzeń podudzi o różnej etiologii potwierdzili Cieślak G. i wsp. [56] oraz Sieroń A. i wsp. [69]. Sieroń A. ze wsp. w opisie przypadku przedstawili wpływ ELF - MF na obwodowe porażenie nerwu twarzonego (typu Bella) u dwójki dzieci. Efektem terapii było całkowite ustąpienie objawów porażenia u jednej dziewczynki [70].

Działanie antyastyczne opisali Woldańska - Ochońska M. i wsp. w stanach po udarze mózgu. Badani uzyskali lepsze wyniki w skali Barthel i Mathew po terapii z wykorzystaniem ELF - MF [71]. Efekty te potwierdzili Kapłuna i wsp., którzy po cyklu (20 - 30 zabiegów, 2x dziennie) magnetostymulacji aparatem Viofor o parametrach aplikacji M2, program P2 obserwowali zmniejszenie spastyczności, normalizację strefy emocjonalnej, poprawę funkcjonalną [72]. Sadowska L. i wsp. wykazali zmniejszenie spastyczności u dzieci z objawami opóźnienia lub uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego usprawnianych metodami neurorozwojowymi [73].

Brola W. i wsp. prowadząc zabiegi wśród ludzi chorych na stwardnienie rozsiane zauważali poprawę jakości życia, zwłaszcza jego psychologicznych aspektów (uwolnienie od depresji i lęku, większą kontrolę nad emocjami, złagodzenie stresu). Odnotowali również, zmniejszenie patologicznego napięcia mięśniowego przy jednoczesnej poprawie siły mięśni, złagodzenie bólu i zaburzeń czucia [74]. Sieroń A. podkreślił antydepresyjne oddziaływanie ELF - MF oraz wpływ na zaburzenia koncentracji uwagi i snu [75].

Magnetostymulacja jest wykorzystywana w leczeniu zachowawczym chorób przyzębia w stomatologii, w stanach po ekstrakcji [76] oraz w okulistyce. Opalko K.

z sukcesem korygowała za pomocą pola magnetycznego powikłania neurologiczne po urazie głowy (pod postacią zeza - przygotowanie do operacji, niedomykalność powiek, opadający kąt ust, afazja motoryczna) [77].

3. Niejednorodne stałe pole magnetyczne

3.1. Podstawy fizyczne i efekty magnetobiologiczne

Podstawy fizyczne oddziaływania niejednorodnego stałego pola magnetycznego (pol. NSPM) na nieskompensowane spiny elektronowe, molekuly diamagnetyczne (ciekłe kryształy zawarte w tkankach) oraz poruszające się ładunki elektryczne nie różnią się znacząco od ELF - MF. Zastosowanie NSPM jako metody wspomagającej leczenie jest w Polsce mało powszechne i badania omawiane w tej pracy wydają się prekursorskie. Publikacje naukowe podkreślają zależność miejsca aplikacji od odległości od tkanki docelowej (z uwagi na to, iż wartość stałego pola magnetycznego maleje jak x^{-3}), parametrów oraz czasu oddziaływania pola [16]. Dotąd nie zostały przyjęte wiarygodne mechanizmy potwierdzające skuteczność biologiczną słabych pól magnetycznych na poziomie elementarnym (molekularnym, komórkowym, tkankowym). Zdaniem Biniego efekty biologiczne stałego pola magnetycznego, w odróżnieniu od ELF - MF, nie wydają się być paradoksalne, ponieważ nie ma kwantów pola elektromagnetycznego, których energia mogłaby być porównana do energii przemian biochemicznych. Wydaje się prawdopodobne, że stałe pole magnetyczne działając według innych mechanizmów może akumulować się na pewnych poziomach biologicznych omijając stan podstawowy oscylatorów [78]. Efekty biologiczne powstają na skutek zadziałania bodźca fizycznego (pola magnetycznego) i wpływu na ukierunkowany ruch prądów jonowych oraz cząsteczek posiadających moment magnetyczny. Konsekwencją jest zmiana przepuszczalności błon komórkowych, a tym samym pobudzenie metabolizmu komórkowego. Badania wykazały, że stałe pole magnetyczne ma wpływ na stan otwarcia kanałów jonowych błony komórkowej [79], na transport jonów biologicznie aktywnych [80] (jonów Ca^{2+} [81] oraz Na^+) [82, 83]. Potwierdzono również wpływ stałego pola magnetycznego na przepływający roztwór wodny [84, 85]. Miyakoshi J. w przeglądzie badań poświęconym wpływom stałego pola magnetycznego na poziomie komórkowym stwierdził, że ekspozycja na samo stałe pole magnetyczne nie ma lub ma bardzo mały wpływ na wzrost komórek i mutagenność, niezależnie od indukcji (gęstości strumienia). W skojarzeniu z innymi czynnikami zewnętrznymi (np. promieniowaniem jonizującym i niektórymi substancjami chemicznymi – lekami) stałe pole magnetyczne zmienia efekty ich działania. Stałe pole magnetyczne może wpływać na wewnątrzkomórkową

kontrolę jonów zwłaszcza Ca^{2+} . W odniesieniu do ekspresji genów, stałe pole magnetyczne i silne gradienty pola magnetycznego mają wpływ na ekspresję c - Jun (czynnik transkrypcyjny). Wiele badań informuje o oddziaływaniu stałych pól magnetycznych o wysokiej indukcji na orientację włókien kolagenowych. Zdaniem Miyakoshi efekty często zależą od badanego typu komórki i nie występują we wszystkich [86].

3.2. Wykorzystanie kliniczne

Badania kliniczne potwierdzają zastosowanie stałego pola magnetycznego w różnych jednostkach chorobowych. Oddziaływanie analgetyczne potwierdza Eccles w walce z bólem o różnej etiologii (pochodzenia neuropatycznego, zapalnego, układu mięśniowo - szkieletowego, reumatycznego), w bólu stawów kolanowych o podłożu zwyrodnieniowym, bólu kręgosłupa, bólu migrenowym, pooperacyjnym) [87]. Brown i wsp. po ciągłej, czterotygodniowej terapii stałym polem magnetycznym z powodu przewlekłego bólu w obrębie miednicy, odnotowali istotną statystycznie redukcję bólu oraz ograniczenie niepełnosprawności [88]. U pacjentów z powikłaniami po cukrzycy w postaci obwodowej neuropatii cukrzycowej oceniano wpływ stałego pola magnetycznego na jakość życia, wtórne zaburzenia snu wywołane bólem stopy, powysilkowe bóle stóp. Stwierdzono, że ciągle noszenie wkładek do butów aplikujących stałe pole magnetyczne o indukcji 450 G, redukuje istotnie odczuwany ból [89]. Colbert A. P. opisała działanie regeneracyjne stałego pola magnetycznego u pacjentów leczonych z powodu zespołu cieśni nadgarstka. Celem badania było określenie profilu bezpieczeństwa oraz skuteczności sześciotygodniowej terapii polem aplikowanym przez neodymowy magnes. Populacja została podzielona na 3 grupy: placebo oraz 2 grupy korzystające z magnesu o różnej wartości pola: 15 mT i 45 mT. W każdej z grup stwierdzono zmniejszenie nasilenia objawów oraz poprawę funkcji nadgarstka, natomiast nie odnotowano istotnych różnic między grupami [90]. Ponadto, w literaturze można znaleźć potwierdzenie wpływu stałego pola magnetycznego na choroby naczyń obwodowych, trudno gojące się rany, owrzodzenia [91]. Morris C.E. i wsp. badali reakcję szczura na aplikację stałego pola magnetycznego w leczeniu stanu zapalnego lub urazu tkanek miękkich. Stan zapalny był stymulowany podaniem m. in. histaminy. Stwierdzono zależność między czasem aplikacji, a reakcją organizmu

(aplikacja stosowana krótko po podaniu czynnika zapalenia redukowała obrzęk w 20% - 50% [92]).

4. Metody subiektywne i obiektywne oceny oddziaływania pola magnetycznego na organizm człowieka

Efekt magnetobiologiczny oznacza zmianę parametrów biologicznych (wartości biologicznych organizmu *in vivo* lub parametrów biochemicznych żywego systemu *in vitro*) występującą pod wpływem pola magnetycznego. Działanie biologiczne pola magnetycznego obserwuje się często na podstawie parametrów życiowych (bioindykatorów), zachowania jednostki lub całej populacji. Jak podkreśla Binhi, nie ma zalecanej metody obserwacji rezultatów oddziaływania pola elektromagnetycznego na jednostkę na poziomie biochemicznych reakcji lub biofizycznych zmian struktur. Pole elektromagnetyczne jest przyczyną zmiany tempa reakcji biochemicznych w organizmie wynikających ze zmian w transporcie jonów, aktywacji enzymów, ilości białek i procesu proliferacji [93]. W literaturze brak informacji o skutecznych narzędziach oceny wpływu pola magnetycznego innych niż biochemiczne. W badaniu własnym pokuszono się o określenie wpływu pola magnetycznego na wartości parametrów opisujących stabilność postawy na platformie posturograficznej. Innym aspektem była obiektywizacja uzyskanych wyników oraz opracowanie testu bezpiecznego dla pacjenta i uzasadnionego w danym postępowaniu terapeutycznym. Ocena usprawniania pacjenta po rekonstrukcji ACL stanowi wypadkową wielu elementów takich jak: testy czynnościowe, kliniczne, pomiar siły, masy mięśniowej, zakresu ruchu w stawie oraz ankiet nastawionych na samoocenę pacjenta [15]. Różnorodność ta daje terapeutycie możliwość wyborów, ale nie musi gwarantować optymalnej oceny. W prezentowanej pracy wykorzystano zalecenia dotyczące doboru optymalnego protokołu oceny usprawniania pacjentów [94].

4.1. Metoda obiektywna - posturografia statyczna

U zdrowego człowieka kontrola równowagi wpływa na właściwe położenie ciała w spoczynku oraz w ruchu. Stabilnością posturalną nazywamy zdolność aktywnego przywracania typowej dla człowieka pozycji ciała w przestrzeni, zaburzonej z powodu różnych czynników [95, 96]. Umiejętność utrzymania pionowej postawy ciała,

sprawność układu kontroli równowagi, a także zdolności do koordynacji ruchowej może ulec pogorszeniu pod wpływem czynnika chorobotwórczego. Z uwagi na to, że człowiek stanowi łańcuch biomechaniczny, zerwanie ACL skutkuje niestabilnością lokalną stawu kolanowego, wpływa również na funkcjonowanie człowieka jako całości [97].

Stacyczna posturografia nie raz była wykorzystywana w celu stwierdzenia zdrowia lub zaburzeń [98]. Posturografia jest zespołem metod badawczych pozwalających ocenić jakość kontroli postawy [99]. Ocenę sprawności proprioceptywnej stawu kolanowego można przeprowadzić na platformie posturograficznej [100, 101]. Proponowane w literaturze testy wykorzystują różnego rodzaju czynniki destabilizujące (modyfikujące powierzchnię podparcia, np. stanie na jednej kończynie dolnej), testy o charakterze dynamicznym (np. podskoki w miejscu, na ruchomych platformach o nieskończonej liczbie stopni swobody). Kontrolę stabilności upośledzić można zakłócając pracę układów sensorycznych, np. przez ograniczenie bodźców wzrokowych [102].

Testy oceny czynnościowej stawu kolanowego zaleca się wykonywać po sześciomiesięcznym okresie usprawniania i powtarzać cyklicznie, aż do zakończenia histologicznej przebudowy więzadła, tj. do 36 miesiąca po rekonstrukcji [103, 15]. Badania laboratoryjne na szczurach potwierdzają aktywność neurofizjologiczną przeszczepionego ACL po kilku tygodniach od rekonstrukcji [104]. Wykorzystując ten fakt oraz szeroki profil bezpieczeństwa testu o charakterze statycznym przebadano grupę pacjentów po 6 tygodniach od rekonstrukcji ACL. Stabilność osób badanych oceniano przez analizę mimowolnych ruchów (wychyleń) centrum nacisku człowieka (COP - ang. center - of - foot pressure), w czasie stania obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi oraz jednonóż z oczami otwartymi.

4.2. Metody subiektywne

Wykorzystane do oceny metody subiektywne zebrano w poniższej tabeli.

Tab. 2. Wykaz zastosowanych testów subiektywnych wraz z charakterystyką.

Nazwa zastosowanego testu	Charakterystyka
skala VAS (ang. Visual Analogue Scale) [94]	Służy do oceny natężenia bólu za pomocą wizualnej skali analogowej; badany zaznaczał punkt na linii o długości 10 cm, gdzie wartości 0 przypisany został całkowity brak bólu, a wartości 10 najsilniejszy ból. Pacjenci oceniali natężenie bólu przed i po cyklu zabiegowym (załącznik 1.a).
zmodyfikowany kwestionariusz wg Laitinena [105]	Zawiera 4 wskaźniki bólu tj.: intensywność, częstotliwość bólu, stosowanie leków przeciwbólowych, aktywność ruchową ograniczoną do chodzenia o kulach lub bez. Pacjenci wypełniali go przed i po cyklu zabiegowym wybierając 1 z 5 odpowiedzi, gdzie każdej przypisana jest określona waga punktowa (załącznik 1.b).
zmodyfikowany test Lysholma - Gillquista [15]	Międzynarodowa skala oceny stawu kolanowego opisuje 8 parametrów tj.: utykanie, podpór na kończynie operowanej, wchodzenie po schodach, możliwość wykonania przysiadu, ocena chodu i bólu, opuchlizny oraz zaniku mięśni uda po operacji. Maksymalna możliwa do zdobycia ilość punktów to 100, co oznacza 100% sprawności kończyny po operacji (załącznik 1.d).
ocena zakresu ruchomości [94]	Ocena czynnego ruchu zgięcia i wyprostu w stawie kolanowym operowanym; pomiar wykonano przed opuszczeniem szpitala i po 6 tygodniach od operacji za pomocą standardowego goniometru; pomiar dokonuje jedna osoba.
pomiar obwodów [94,15]	Miarą krawiecką mierzono kończynę dolną operowaną (kdo) oraz kończynę dolną zdrową (kdz), w celu określenia różnic wartości obwodów dla wysokości szpary stawu kolanowego,

	<p>10cm nad górnym biegunem rzepki, 20cm nad górnym biegunem rzepki. Pomiary kończyny dolnej operowanej były dokonywane przed opuszczeniem szpitala oraz po 6 tygodniach od operacji; pomiar wykonywany zawsze przez tą samą osobę.</p>
<p>pomiar siły mięśni prostujących i zginających staw kolanowy w skali Lovetta [106]</p>	<p>Badanie polega na ocenie poszczególnych mięśni lub grup mięśniowych w określonych pozycjach podczas ruchu. W ruchu zginania stawu kolanowego mierzono siłę grupy tylnej mięśni uda - dwugłowego, półbłoniastego, półścięgnistego; podczas prostowania oceniano wartość parametru mięśnia czworogłowego uda. W skali od 0 - 5 oceniano siłę dwukrotnie przed opuszczeniem szpitala oraz po 6 tygodniach od operacji; pomiar wykonywany zawsze przez tą samą osobę (załącznik 1.c).</p>

II. CELE BADAŃ

Oddziaływanie pola magnetycznego na człowieka obserwowane w zmianach fizjologicznych jest wykorzystywane w leczeniu wielu schorzeń. Z uwagi na brak doniesień potwierdzających efekty magnetobiologiczne wywołane ELF - MF (o parametrach magnetostymulacji) lub NSPM we wczesnym etapie usprawniania pacjentów po rekonstrukcji ACL postawiono następujące cele badawcze:

1. Cel główny:

- zbadanie wpływu niejednorodnego stałego i wolnozmiennego pola magnetycznego na usprawnianie pacjentów po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego,

2. Cele szczegółowe:

- wykazanie słuszności wyboru testów oceny, jako prostych, dostępnych, tanich i w perspektywie powszechnie stosowanych w fizjoterapii,
- sprawdzenie czy posturografia statyczna jest skutecznym, obiektywnym testem weryfikacji we wczesnym etapie usprawniania (po 6 tygodniach od rekonstrukcji).

III. MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

Charakterystyka populacji

Badanie zostało przeprowadzone w latach 2009 – 2011 na Oddziale Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu z Centrum Kompleksowego Leczenia Urazów Sportowych Szpitala Uniwersyteckiego nr 2 im. Jana Biziela w Bydgoszczy. Uczestniczyło w nim 30 pacjentów po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego techniką artroskopową (BPTB - ang. bone - patellar - tendon - bone) polegającą na wykonaniu autoprzeszczepu więzadła właściwego rzepki, części rozciągniętego mięśnia czworogłowego uda, części centralnej powierzchni rzepki, z zespoleniem śrubami interferencyjnymi biochłaniającymi. Zaletą tej metody jest duża wytrzymałość na zrywanie więzadła porównywalna z wytrzymałością prawidłowego ACL, dobra pierwotna stabilizacja końcówki przeszczepu oraz gojenie końców przeszczepu kość do kości [1, 107]. Populację stanowiły 3 kobiety i 27 mężczyzn w wieku od 20 - 37 lat ($26,3 \pm 5,2$) o prawidłowej budowie ciała tzn. wzroście 1,50 - 1,94 m ($180,6 \pm 8,5$) i masie 52 - 120 kg (83 ± 15).

We wstępnym etapie dokonano badań na platformie posturograficznej z udziałem 17 zdrowych ludzi (bez uszkodzenia ACL), których wyniki stanowiły punkt odniesienia dla wyników osób po rekonstrukcji ACL [108].

Uszkodzenia współistniejące

Badania donoszą, że izolowanych uszkodzeń ACL jest niewiele, najczęściej towarzyszą mu uszkodzenia łąkotki bądź łąkotek, czasem innych więzadeł (pobocznych). Potwierdzenie tej obserwacji znaleziono w populacji badanych.

Tab. 3. Dane statystyczne dot. uszkodzeń współistniejących w obrębie stawu kolanowego.

Dodatkowe uszkodzenia rozpoznane śródoperacyjnie	Liczba pacjentów
brak	18
usunięto część łąkotki przyśrodkowej lub bocznej	6
dodatkowo uszkodzone inne więzadła st. kolanowego	2
usunięto całą łąkotkę (przyśrodkową lub boczną)	3
szyto łąkotkę	1
chondromalacja wielogniskowa stawu II° lub III°	26

Okoliczności urazu

Jak wspomniano przyczyna uszkodzenia ACL związana była z uprawianiem sportu. Badani przed urazem czynnie uprawili sport.

Tab. 4. Dane statystyczne dot. przyczyn uszkodzenia ACL.

Dyscypliny sportowe	Liczba pacjentów	%
piłka nożna	16	53
koszykówka	2	7
siatkówka	3	10
narty	3	10
sporty walki	1	3
inne (frisbee, hokej)	5	17

Wśród badanych kontuzjowane prawe kolano miało 16 osób, lewe kolano uszkodziło 14 osób. We wszystkich 30 analizowanych przypadkach występowała niestabilność przewlekła, tj. leczona operacyjnie w okresie powyżej 8 tygodni od dnia urazu.

Populację podzielono na 4 grupy, do których pacjenci zostali przydzieleni losowo:

1. 10 pacjentów po rekonstrukcji ACL poddano zabiegowi magnetostymulacji - **grupa viofor**,
2. 10 pacjentów po rekonstrukcji ACL pacjentów poddano zabiegowi z użyciem NSPM - **grupa magnetouch**,
3. 10 pacjentów po rekonstrukcji ACL, którzy nie zostali poddani jakiegokolwiek z wyżej wymienionych terapii - **grupa placebo**,
4. 17 zdrowych osób (tj. bez urazu ACL) - **grupa odniesienia**, osoby czynnie uprawiające sport.

Należy nadmienić, że zabiegami objętych było około 100 osób, które były w danym czasie pacjentami oddziału. Kryterium włączenia stanowiło poza rodzajem urazu, wiekiem również miejsce zamieszkania pacjenta i wiążąca się z tym możliwość kontynuowania rehabilitacji w trybie ambulatoryjnym na terenie szpitala.

1. Metodyka przeprowadzenia badań

Fizykoterapię z wykorzystaniem ELF - MF lub NSPM stosowano, o ile nie było przeciwwskazań, od 2 doby po zabiegu. Zabiegi były prowadzone codziennie (z sobotą i niedzielą włącznie) przez 10 dni, o stałej porze około godz. 16, każdego dnia dwukrotnie z zachowaniem półgodzinnej przerwy między zabiegami.

Wszyscy pacjenci poddani byli przez okres pobytu w szpitalu usprawnianiu leczniczemu wg jednego modelu kinezyterapii z uwzględnieniem indywidualnego tempa i intensywności oraz dodatkowych uszkodzeń zaopatrzonych śródoperacyjnie. W ramach fizykoterapii, poza wykorzystaniem pola magnetycznego, stosowano krioterapię 1x dziennie za pomocą systemu chłodząco - uciskowego Cryo/Cuff oraz przykładanych samodzielnie przez pacjenta kriożeli i Cold Pack (kilka razy dziennie).

Po opuszczeniu oddziału pacjenci kontynuowali zabiegi z wykorzystaniem pola magnetycznego ambulatoryjnie na terenie szpitala, z zachowaniem jednego modelu kinezyterapii, mieli wykonywaną krioterapię i laseroterapię (2x10 w serii przez 5 dni w tygodniu).

Uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej w miejscu wykonywania badań.

2. Aparatura do aplikacji wolnozmiennych pól magnetycznych

Do wykonania magnetostymulacji posłużył aparat **Viofor JPS System Classic** firmy Med&Life. Twórcami urządzenia są prof. Feliks Jaroszyk, który opracował podstawowe charakterystyki czasowe sygnałów elektrycznych i ich kombinacje w oparciu o zjawiska biofizyczne, występujące podczas oddziaływania ELF - MF na materię żywą, prof. Janusz Paluszak odpowiedzialny za analizę biochemiczno - fizycznego oddziaływania zaprojektowanych sygnałów na żywy organizm oraz prof. Aleksander Sieroń, który opracował sposoby aplikacji sygnałów oraz dokonał analizy klinicznych aspektów ich oddziaływania na człowieka [109].

W badaniach korzystano z małego aplikatora pierścieniowego (o średnicy 35 cm) wytwarzającego w obszarze aplikacji jednorodne zmienne pole magnetyczne, o liniach sił pola równoległych do osi cewki (ciała pacjenta). Pacjent podczas zabiegu leżał na kozetce z kolaniem operowanym umieszczonym w aplikatorze.

Tab. 5. Charakterystyka parametrów zabiegowych.

sposób aplikacji	M2	aplikacja z narastającą intensywnością, stopień intensywności pola narasta co 10 lub 12 sekund od 0,5 do wybranego, cyklicznie w czasie aplikacji; sposób aplikacji zalecany przy fazie ostrej choroby,
program	P3	program zalecany w przypadku słabych efektów, przy niskiej wrażliwości pacjenta na bodziec,
intensywność	6/7	(pięć pierwszych zabiegów z intensywnością 6, w następnych pięciu dniach z intensywnością 7),
czas	12 minut	stały

Skuteczność wybranych parametrów aparatu Viofor została wcześniej potwierdzona w innych jednostkach chorobowych. Fibiger i wsp. z sukcesami stosowali magnetostymulację u chorych na stwardnienie rozsiane o dużym stopniu zaawansowania choroby. Aplikując przez 20 dni fizykoterapię skojarzoną z ćwiczeniami (aplikacja M2, program P3, poziom intensywności 6, w czasie 12 minut) osiągnęli zwiększenie sprawności ruchowej pacjenta, większą samoobsługę, poprawę jakości życia, komfortu psychicznego i większe samozadowolenie pacjenta [110].

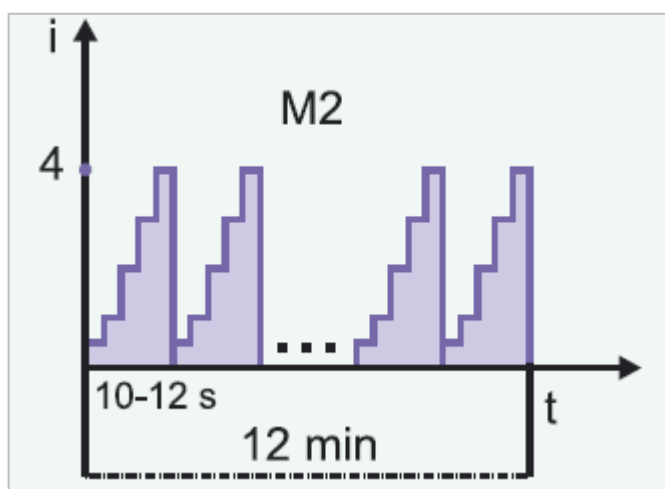
Podobne efekty terapeutyczne uzyskali Broła W. i wsp. stosując przez 21 dni dwa razy dziennie zabiegi z wykorzystaniem aplikacji M2, program P3 o 6 stopniu

intensywności amplitudy impulsu [74]. Na podstawie wieloletnich doświadczeń klinicznych Sieroń A. z wsp. opracowali listę wskazań do stosowania określonych parametrów pola. Aplikacja M2, program P3 o intensywności wzrastającej od 6 do 7 i czasie aplikacji 12 minut zalecany został w leczeniu schorzeń tkanek miękkich jak trudno gojące się rany, owrzodzenia, odleżyny oraz zaburzenia krążenia obwodowego [111].

W badaniach własnych parametry zabiegowe zostały ustalone z uwzględnieniem wieku pacjenta, stanu ogólnego, przebiegu choroby zasadniczej, pory dnia oraz czasu trwania magnetostymulacji.

Tab. 6. Wartości pola magnetycznego wytwarzane przez aparat Viofor JPS System Classic, gdzie I^* = poziom intensywności.

rodzaj aplikatora	[μ T] wartość indukcji pola magnetycznego	
	średnia	szczytowa
aplikator pierścieniowy	$2,7 \times I^*$	$30 \times I^*$ dla H
mały o średnicy 35 cm	16,2 - 18,9	180 - 210



Ryc. 1. Przebiegi czasowe aplikacji M2.

(źródło: Viofor JPS System, User Manual, Med&Life, Komorów - Warszawa 2005)

Pomiar parametrów ELF - MF miernikiem C.A42.

W celu porównania danych fizyko - technicznych wybranych aparatów zabiegowych z informacjami zadeklarowanymi przez producenta w instrukcji, jak również aby uniknąć błędów wynikających z zakłóceń pola dokonano pomiaru indukcji magnetycznej, jej zmian w czasie oraz rozkładu pola magnetycznego w aplikatorach i bezpośredniej ich okolicy. Pomiaru dokonano przy pomocy miernika C.A42 firmy Chauvin Arnoux wyposażonego w zewnętrzną sondę hallotronową MF - 05 umożliwiającą pomiar trzech składowych B_x, B_y, B_z . Miernik uzyskał świadectwo wzorowania nr LWiMP/W/139/08 z dnia 12.12.2008 r. wystawione przez Laboratorium normalizacji i metrologii EMF Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki Politechniki Wrocławskiej (załącznik nr 2).

Rejestracja pomiaru nastąpiła w geometrycznym środku aplikatora w przypadku Vioforu. Ponadto, aby wykluczyć zakłócenia, dokonano pomiaru tła dla wybranych częstotliwości przy wyłączonym aparacie oraz przy aparacie włączonym i pozostawionym w trybie gotowości.

Dla określenia topografii pola magnetycznego w cewce zdefiniowano siatkę zbudowaną z kwadratów o bokach 2x2 cm. Pomiaru indukcji magnetycznej dokonano przy użyciu sondy hallotronowej w każdym węźle siatki.

3. Aparatura do aplikacji niejednorodnego stałego pola magnetycznego

Do aplikacji NSPM posłużyły **normalizatory MagneTouch**, dotąd nie wykorzystywane w fizykoterapii po rekonstrukcji ACL.

W czasie zabiegu pacjent leżał na kozetce. Aplikator eliptyczny przymocowany był za pomocą opaski elastycznej na wysokości opatrunku na kolanie, biegunem północnym skierowanym w stronę rany. Założono, że czas zabiegu będzie wynosić 24 minuty. Z uwagi na zgłaszany przez pacjentów dyskomfort związany z uczuciem drętwienia kończyny rzeczywisty czas zabiegu został skrócony do 12 minut.

a)



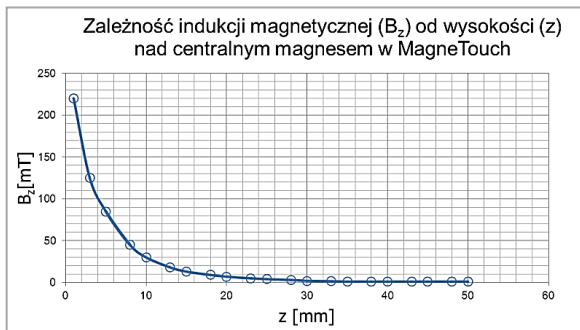
b)



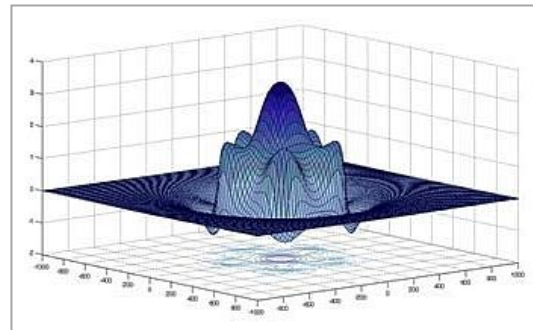
Ryc. 2. Aplikator MagneTouch (a), pacjent podczas aplikacji NSPM z wykorzystaniem aplikatora MagneTouch (b).

Aplikator MagneTouch ma kształt krążka o średnicy 9 cm z oznaczonym biegunem północnym (kolor niebieski) i południowym (kolor czerwony). Zbudowany jest z odpowiednio spolaryzowanych magnesów neodymowo - borowo - żelazowych o dużej gęstości pola, zamkniętych w plastikowych obudowach.

a)



b)



Ryc. 3. Zależność indukcji magnetycznej (B_z) od wysokości (a), Rozkład indukcji magnetycznej (B_z) na wysokości 10×10^{-3} m nad MagneTouch (b) [112].

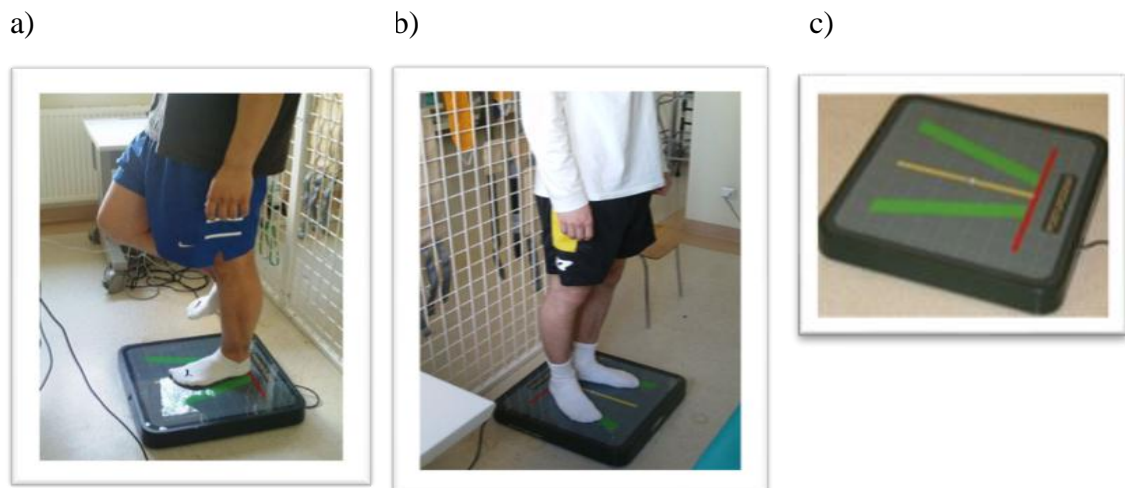
4. Aparat do posturografii statycznej

Do oceny wydolności funkcjonalnej stawu kolanowego oraz propriocepcji po rekonstrukcji ACL służą głównie testy o charakterze dynamicznym wykonywane po raz pierwszy po upływie około 6 miesięcy od zabiegu operacyjnego i powtarzane co kolejnych 6 miesięcy. Między 6 a 12 tygodniem po operacji proces przebudowy przebiega najbardziej gwałtownie, więzadło jest najmniej odporne mechanicznie. Mając

na uwadze powyższe wykorzystano w teście warunki quasi - statyczne, tak aby po 6 tygodniach od rekonstrukcji ACL zapewnić pacjentowi maksymalny komfort i bezpieczeństwo.

Kryterium włączenia do badania na platformie statycznej był brak wcześniej stwierdzonych neurologicznych zaburzeń wpływających na system kontroli postawy lub kontrolę ruchową, brak zaburzeń słuchowych, brak zaburzeń układu ruchu innych niż związane z ACL. Platforma była kalibrowana przed każdym pomiarem.

Etap badań właściwych został poprzedzony badaniami wstępnymi, w których uczestniczyło 17 osób bez urazu ACL oraz 10 pacjentów po rekonstrukcji ACL. Celem tej fazy było określenie różnic występujących w wartościach parametrów rejestrowanych w grupach podczas stania na platformie posturograficznej [108].



Ryc. 4. Badanie posturograficzne w pozycji stojącej na jednej kończynie dolnej (a), pomiar wykonywany w pozycji stojącej na dwóch kończynach (b), posturograf firmy Pro - Med (c).

Wchylenia centrum nacisku rejestrowano za pomocą standardowej platformy posturograficznej firmy Pro - Med (Janusz Olton, Polska) podłączonej do komputera. W trakcie pomiaru badany stał obunóż z oczami otwartymi (oo) i zamkniętymi (oz) oraz na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi. Badany stał boso na oznaczonych na platformie liniach (żółtej w staniu jednonóż, zielonych w staniu obunóż). We wszystkich testach badany stał wyprostowany (kolano kończyny dolnej obciążonej wyprostowane, kończyny górne wzdłuż tułowia). W testach z oczami otwartymi badany patrzył przed siebie. Czas pojedynczego pomiaru wynosił 36 sekund (w tym 4 sekundy testu pozycji), przerwa między pomiarami trwała około 30 sekund, natomiast częstotliwość próbkowania wynosiła 32 Hz. Wartości parametrów uzyskane w obu testach porównano między grupami. Analizowano parametry: prędkość wychyleń COP,

zakreślone przez nie pole powierzchni, długość przebytej przez nie drogi, promień wychyleń, liczba wychyleń COP oraz pobyty w ćwiartkach.

Wartości parametrów uzyskane podczas stania na dwóch kończynach dolnych porównywano między grupami (zmiennie niezależne). W ramach każdej z grup dokonano porównań wartości parametrów rejestrowanych dla oczu otwartych i zamkniętych (zmiennie zależne).

Wartości parametrów uzyskane w staniu na jednej kończynie dolnej porównywano między grupami (zmiennie niezależne). Ponadto, dokonano porównań wartości rejestrowanych dla kończyn operowanych i zdrowych w ramach każdej z grup (zmiennie zależne).

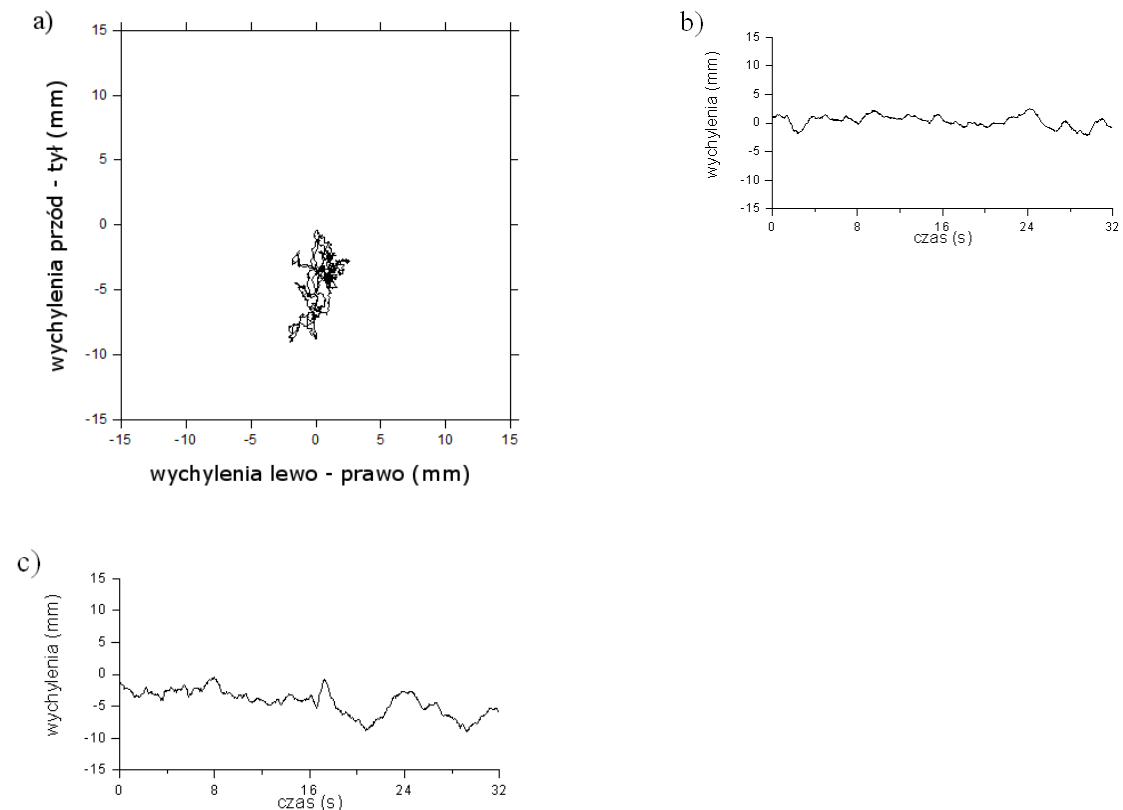
5. Opracowanie i analiza statystyczna

Do badania normalności rozkładu cech użyto testu Shapiro – Wilka. Dla rozkładu normalnego do porównania zmiennych zależnych i niezależnych użyto testu t - Studenta. W przypadku gdy zmiennie nie posiadały cech rozkładu normalnego, posłużono się testem kolejności par Wilcoxon dla porównania prób zależnych, a dla niezależnych testem U Manna - Whitneya. Wyniki zostały opracowane przy wykorzystaniu pakietu obliczeniowego *Statistica*. W analizach przyjęto poziom istotności $\alpha=0,05$.

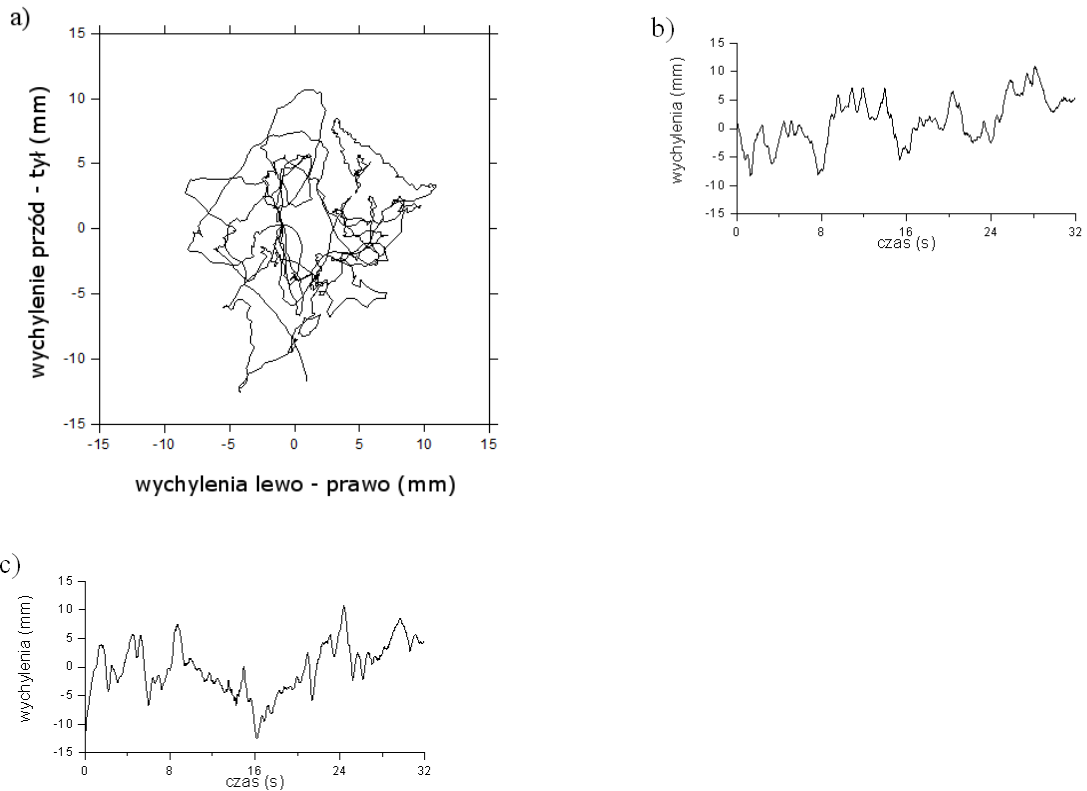
IV. WYNIKI

1. Posturografia statyczna

W czasie spokojnego stania COP pokonuje drogę w dwuwymiarowej płaszczyźnie podparcia czołowej (lewo - prawo) oraz strzałkowej (przód - tył). Poniżej zamieszczone przykładowe posturogramy wraz z obiema składowymi dla osoby zdrowej (bez urazu ACL) oraz pacjenta po 6 tygodniach od rekonstrukcji ACL gdzie nie odbudowano w pełni funkcji stawu kolanowego (również załącznik nr 3). Analizując obwiednię posturogramu (powierzchnię figury wpisanej w układ współrzędnych) zauważamy znaczną różnicę wielkości trajektorii. Ponadto, postawę stojącą obunóż człowieka zdrowego cechują większe wychylenia w płaszczyźnie strzałkowej niż czołowej, co zostało potwierdzone w badaniach własnych. Można więc założyć, że punkty wychyleń osoby zdrowej wpisują się w elipsę. Większe wychylenia w płaszczyźnie czołowej wskazują na zaburzenia równowagi, co poniżej zostało szerzej opisane [113].



Ryc. 5. Trajektoria (a) i szeregi czasowe w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) (b) i strzałkowej (przód - tył) (c) błędzenia centrum nacisku otrzymane dla osoby zdrowej.



Ryc. 6. Trajektoria (a) i szeregi czasowe w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) (b) i strzałkowej (przód - tył) (c) błędzenia centrum nacisku otrzymane dla osoby po rekonstrukcji ACL.

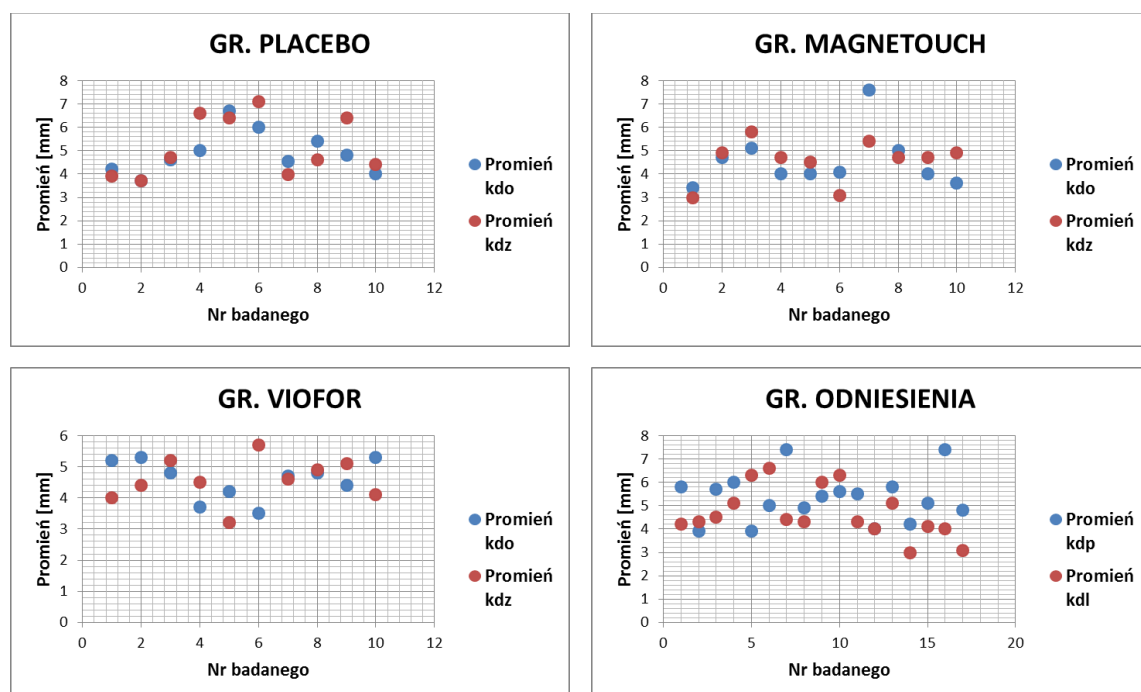
Wyniki badań na platformie statycznej dla poszczególnych grup przedstawiono na wykresach (Ryc. 7 - 34). Pozwalają one zaobserwować różnice w wartościach parametrów między grupami, których istotność następnie była badana metodami analizy statystycznej, co zostało przedstawione w dalszej części pracy.

Wartości parametrów uzyskanych w staniu na kończynie dolnej zdrowej oznaczono na czerwono, a w staniu na kończynie dolnej operowanej na niebiesko. W grupie odniesienia wartości rejestrowane podczas stania na kończynie dolnej lewej oznaczono czerwonym kolorem, a na kończynie prawej niebieskim (Ryc. 7 - 21).

Wartości badanych parametrów w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi oznaczono na niebiesko, a z oczami zamkniętymi na czerwono (Ryc. 22 - 34).

Wartości parametru **promień wychyleń COP** przedstawiono na Ryc. 7. Badanie przeprowadzono w staniu na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi.

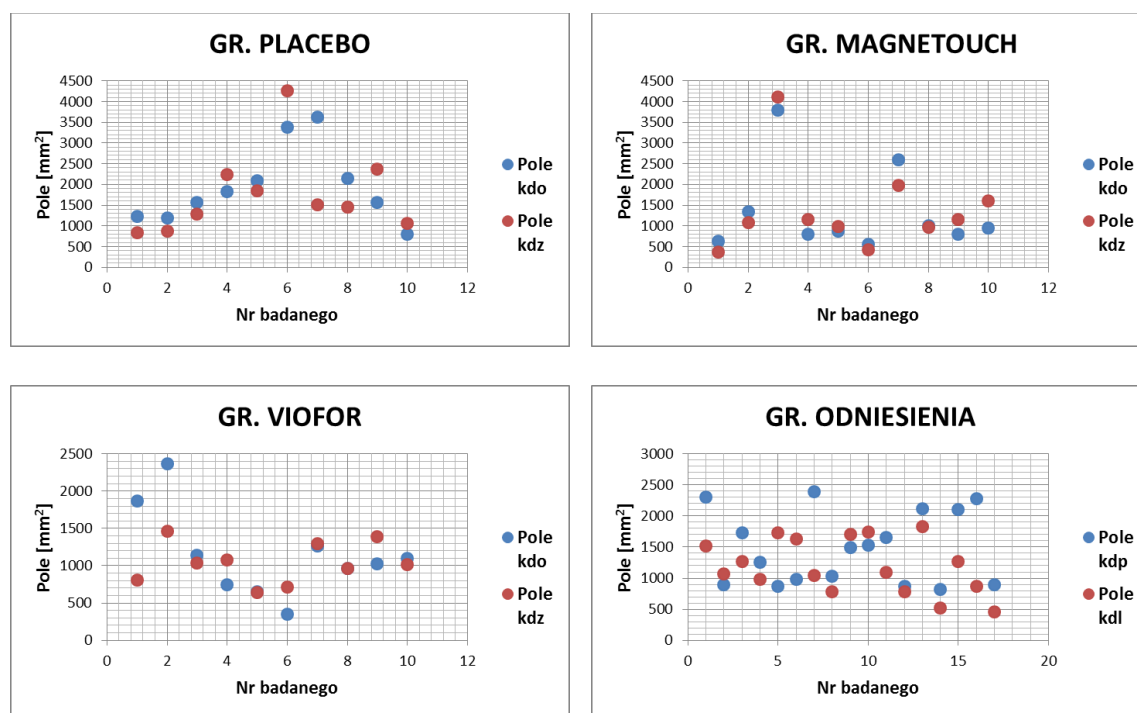
W grupie viofor zaobserwowano wyższe wartości parametru w czasie stania na kończynie operowanej w porównaniu z wartościami uzyskanymi dla kończyny zdrowej. Wyższe wartości parametru zarejestrowano w staniu na kończynie dolnej zdrowej niż operowanej w grupach placebo i magnetouch. Najniższe wartości parametru w staniu na kończynie dolnej operowanej lub zdrowej zarejestrowano w grupie magnetouch, a najwyższe w grupie placebo.



Ryc. 7. Promień wychyleń COP w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

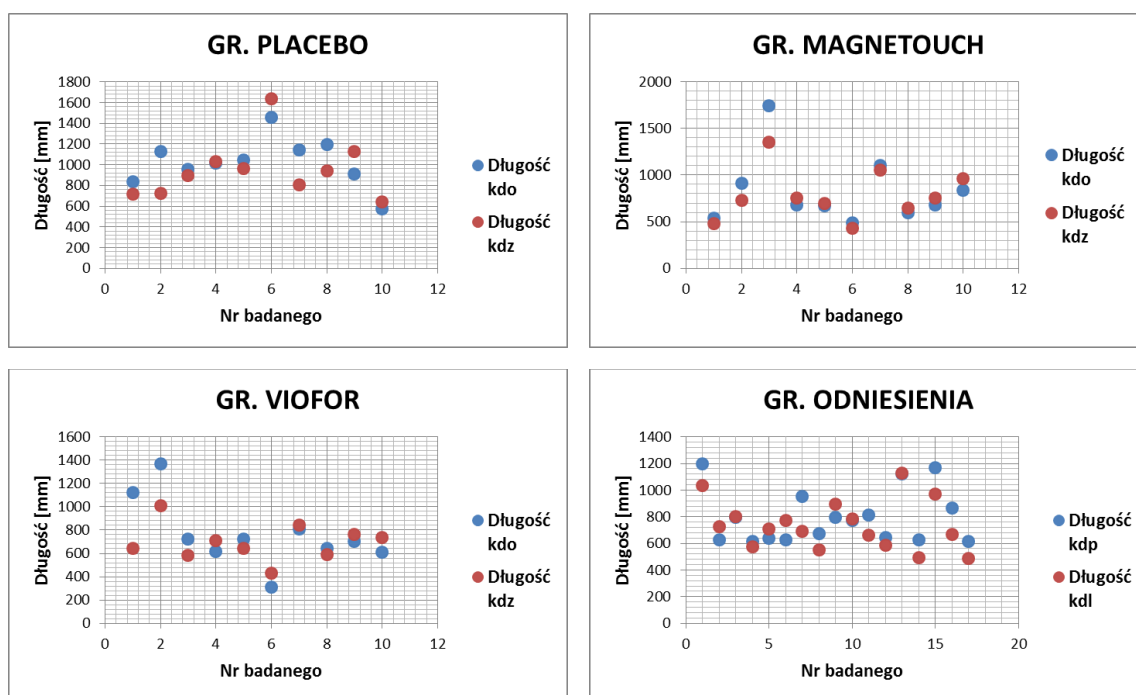
Wartości parametru **pole powierzchni** określone przez COP przedstawiono na Ryc. 8. Test przeprowadzono w staniu na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi.

W staniu na kończynie operowanej lub zdrowej najniższe wartości wymienionego powyżej parametru zarejestrowano w grupie viofor, a najwyższe w grupie placebo. Wartości parametrów dla kończyny dolnej operowanej i zdrowej nie różniły się znacząco w grupach po rekonstrukcji ACL. Wartości pola w grupie placebo i viofor podczas stania na kończynie dolnej operowanej były wyższe niż wartości uzyskane podczas stania na kończynie dolnej zdrowej. W grupie magnetouch wartości rejestrowane w czasie stania na kończynie dolnej zdrowej były nieznacznie wyższe od wartości w staniu na kończynie dolnej operowanej.



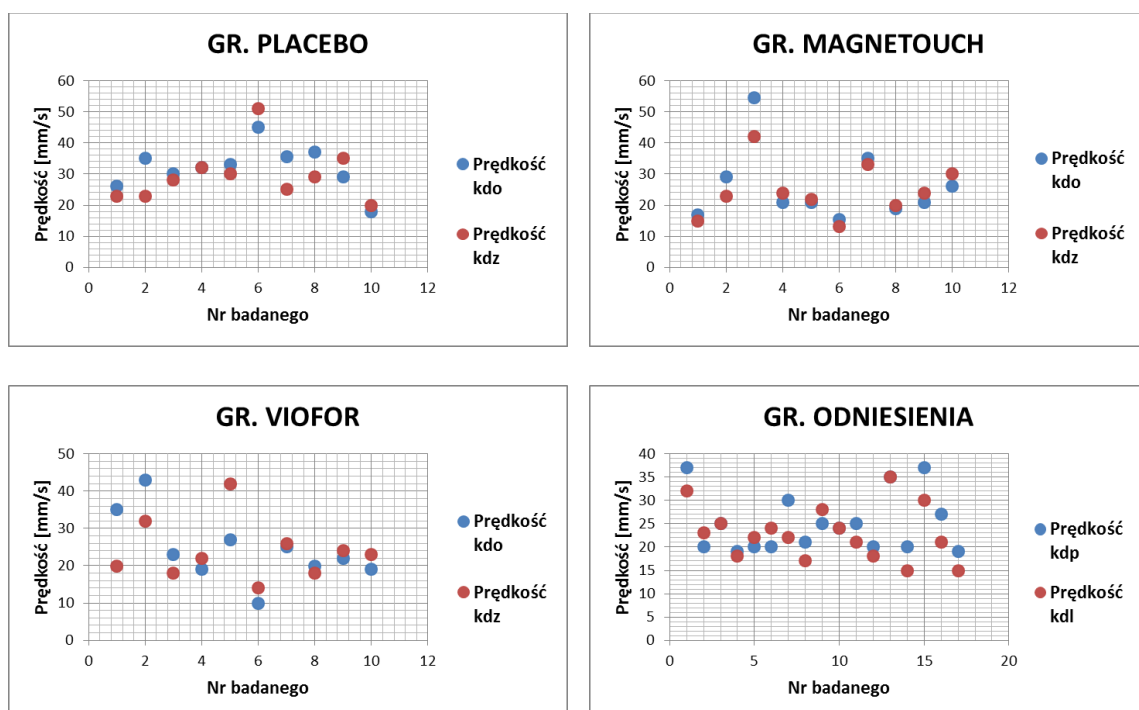
Ryc. 8. Pole powierzchni określonej przez COP w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Na Ryc. 9 przedstawiono wartości parametru **długość drogi przebytej przez COP** uzyskane w czasie stania na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi. Stwierdzono, że wartości długości przebytej drogi przez COP w staniu na kończynie operowanej lub zdrowej były najwyższe w grupie placebo, a najniższe w grupie viofor. Ponadto, we wszystkich badanych grupach zarejestrowano wyższe wartości parametru w czasie stania na kończynie dolnej operowanej niż podczas stania na kończynie dolnej zdrowej.



Ryc. 9. Długość drogi przebytej przez COP w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

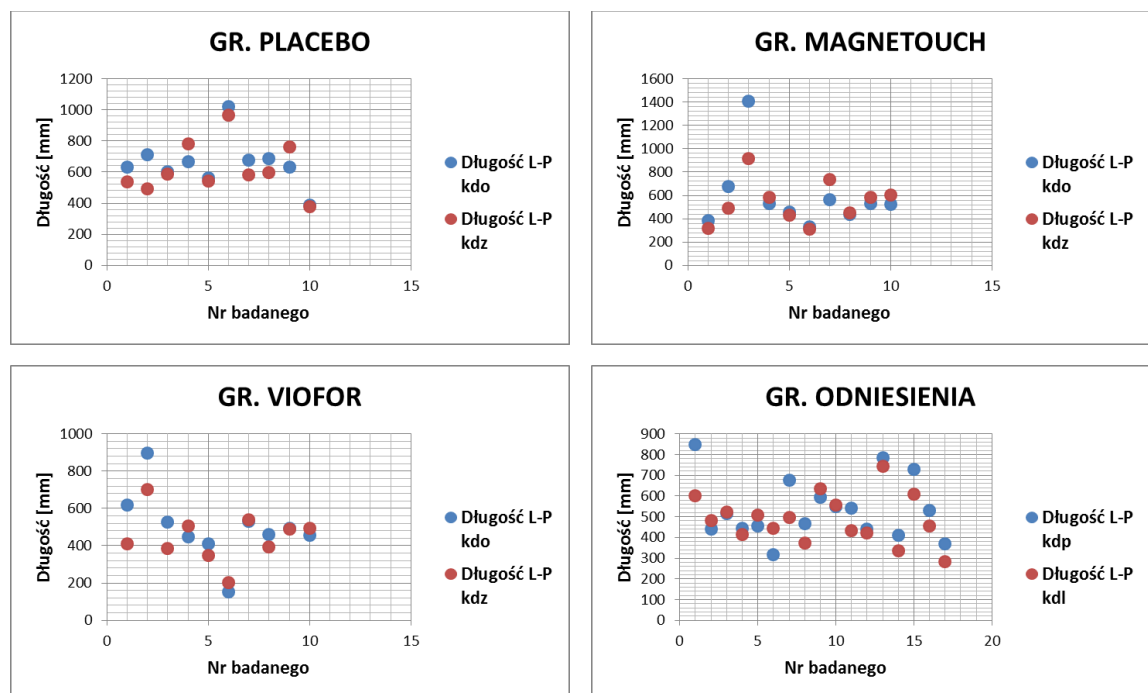
Na Ryc. 10 przedstawiono wartości parametru **prędkość wychyleń centrum nacisku**, uzyskane podczas stania na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi. W grupie placebo wartości parametru prędkość wychyleń COP były wyższe w porównaniu do pozostałych grup w stanie na kończynie dolnej operowanej lub zdrowej. W stanie na kończynie dolnej zdrowej lub operowanej najniższe wartości parametru zarejestrowano w grupie viofor. We wszystkich badanych grupach wartości ww. parametru rejestrowane podczas stania na kończynie dolnej operowanej były wyższe w stosunku do uzyskanych w stanie na kończynie zdrowej.



Ryc. 10. Prędkość wychyleń COP w stanie na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w stanie na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Na Ryc. 11 przedstawiono wartości uzyskane dla składowej **długości drogi w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo)**, w warunkach testu na kończynie operowanej lub zdrowej z otwartymi oczami.

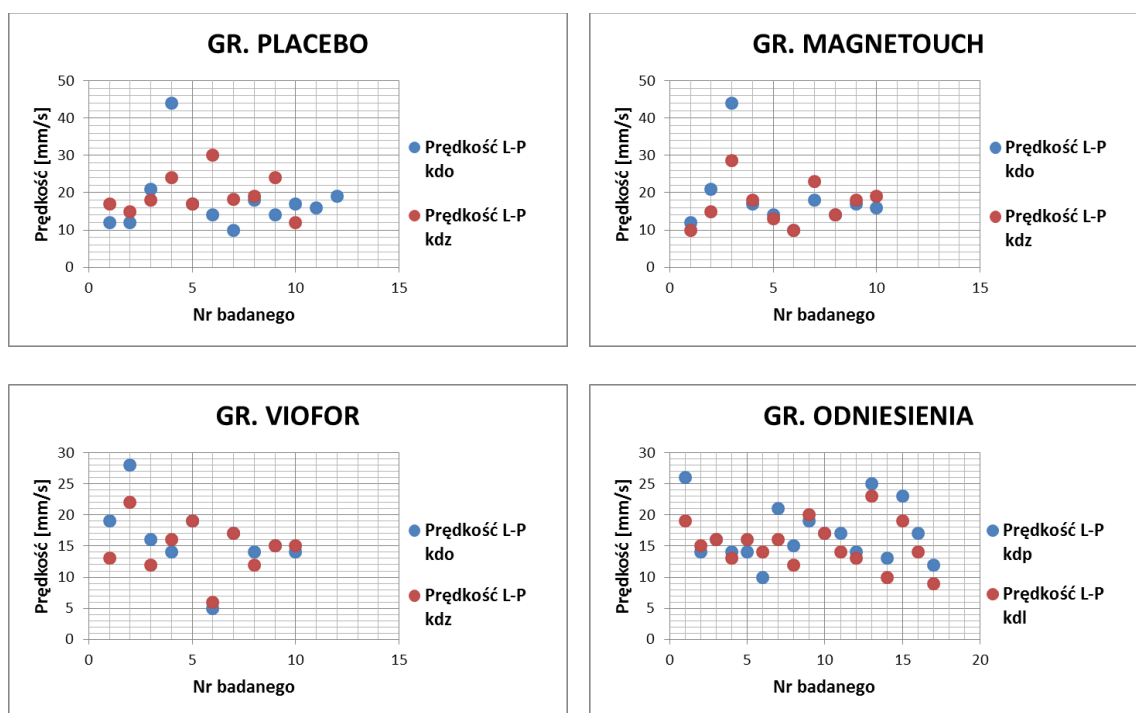
W grupach viofor, placebo oraz magnetouch stwierdzono, że wartości w staniu na kończynie operowanej są wyższe od rejestrowanych podczas stania na kończynie zdrowej. Podczas stania na kończynie dolnej operowanej lub zdrowej stwierdzono występowanie najniższych wartości ww. parametru w grupie viofor, natomiast najwyższe wartości zarejestrowano w grupie placebo.



Ryc. 11. Długość drogi przebytej przez COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdł).

Wartości składowej parametru **prędkość wychyleń centrum nacisku w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo)** przedstawiono na Ryc. 12. Badanie przeprowadzono w teście stania na kończynie operowanej lub zdrowej z otwartymi oczami.

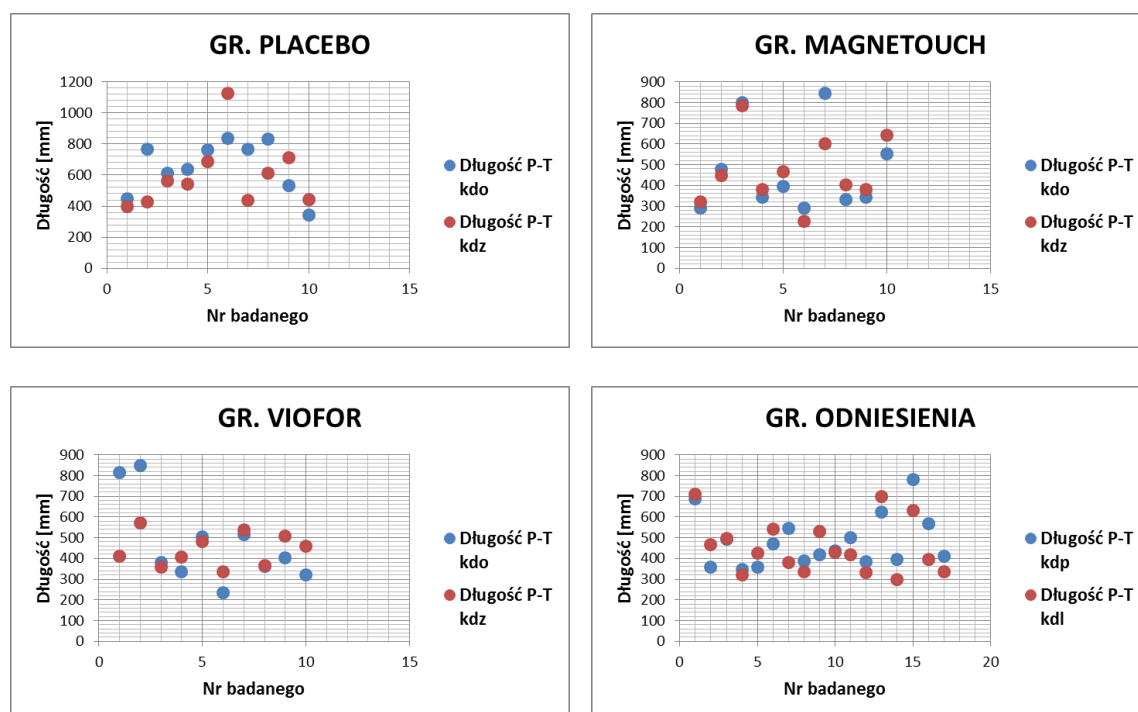
Najniższe wartości parametru prędkość w płaszczyźnie czołowej w staniu na kończynie dolnej operowanej lub zdrowej stwierdzono w grupie viofor, a najwyższe w grupie placebo. Stwierdzono, że wartości rejestrowane w staniu na kończynie operowanej są wyższe od rejestrowanych podczas stania na kończynie zdrowej we wszystkich grupach.



Ryc. 12. Prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Wartości składowej parametru **długość drogi w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył)** przedstawiono na Ryc. 13. Badanie przeprowadzono w teście stania na kończynie operowanej lub zdrowej z otwartymi oczami.

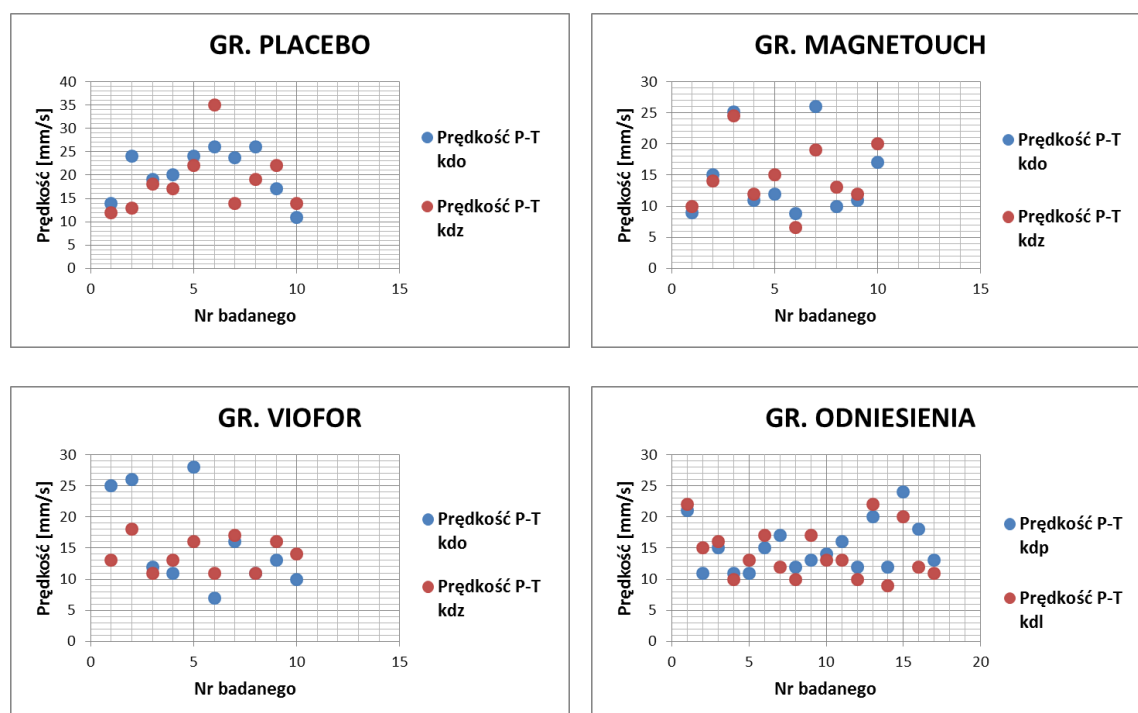
Obserwując wykres stwierdzono, że wartości parametru dla kończyny operowanej były wyższe od wartości rejestrowanych dla kończyny zdrowej we wszystkich grupach. Najmniejsze różnice wartości parametru dla obu kończyn występowały w grupie magnetouch. Ponadto, w staniu na kończynie dolnej operowanej najwyższe wartości parametru zarejestrowano w grupie placebo, a najniższe w grupie magnetouch. W staniu na kończynie zdrowej najwyższe wartości parametru określono dla grupy placebo, najniższe dla grupy viofor.



Ryc. 13. Długość drogi przebytej przez COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Wartości składowej parametru **prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył)** przedstawiono na Ryc. 14. Badanie przeprowadzono w teście stania na kończynie operowanej lub zdrowej z otwartymi oczami.

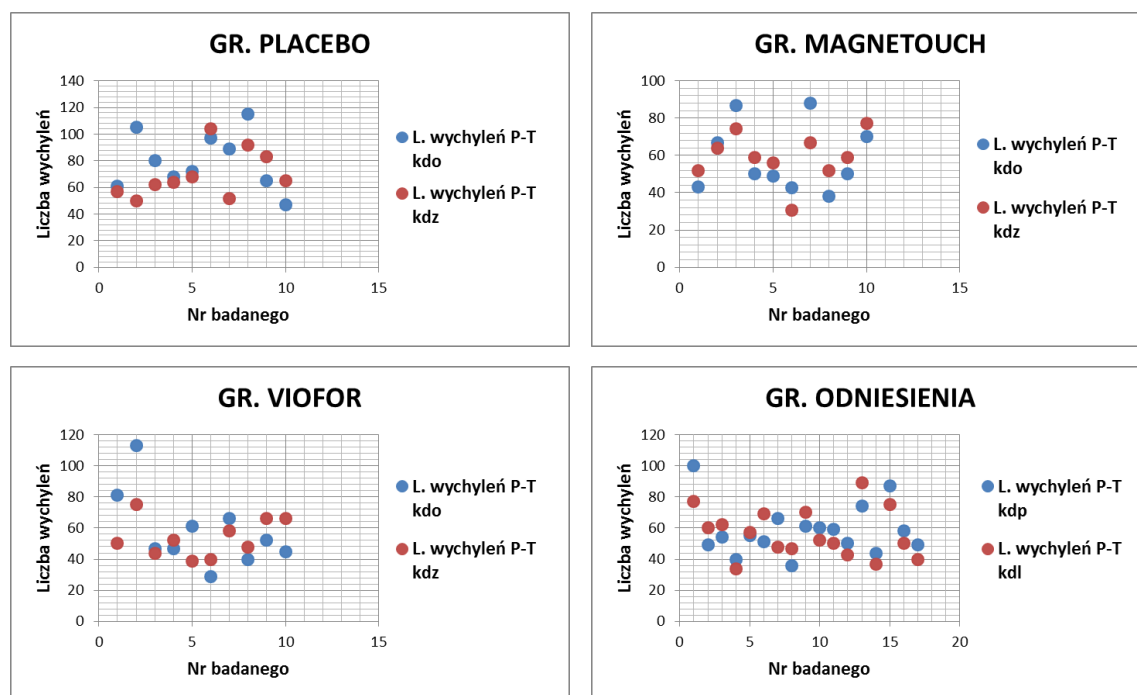
W grupie viofor oraz placebo stwierdzono, że wartości prezentowanego parametru w staniu na kończynie dolnej operowanej były wyższe od wartości rejestrowanych w staniu na kończynie zdrowej. W grupie magnetouch wartości parametru w obu testach były zbliżone, choć nieznacznie niższe w staniu na kończynie operowanej. W staniu na kończynie operowanej lub zdrowej najwyższe wartości parametru w odniesieniu do pozostałych grup zarejestrowano dla grupy placebo. W staniu na kończynie operowanej najniższe wartości parametru zarejestrowano w grupie magnetouch, natomiast podczas stania na kończynie zdrowej najniższe wartości stwierdzono w grupie viofor.



Ryc. 14. Prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Na Ryc. 15 przedstawiono wartości parametru **liczba wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył)**, w warunkach testu na kończynie operowanej lub zdrowej z otwartymi oczami.

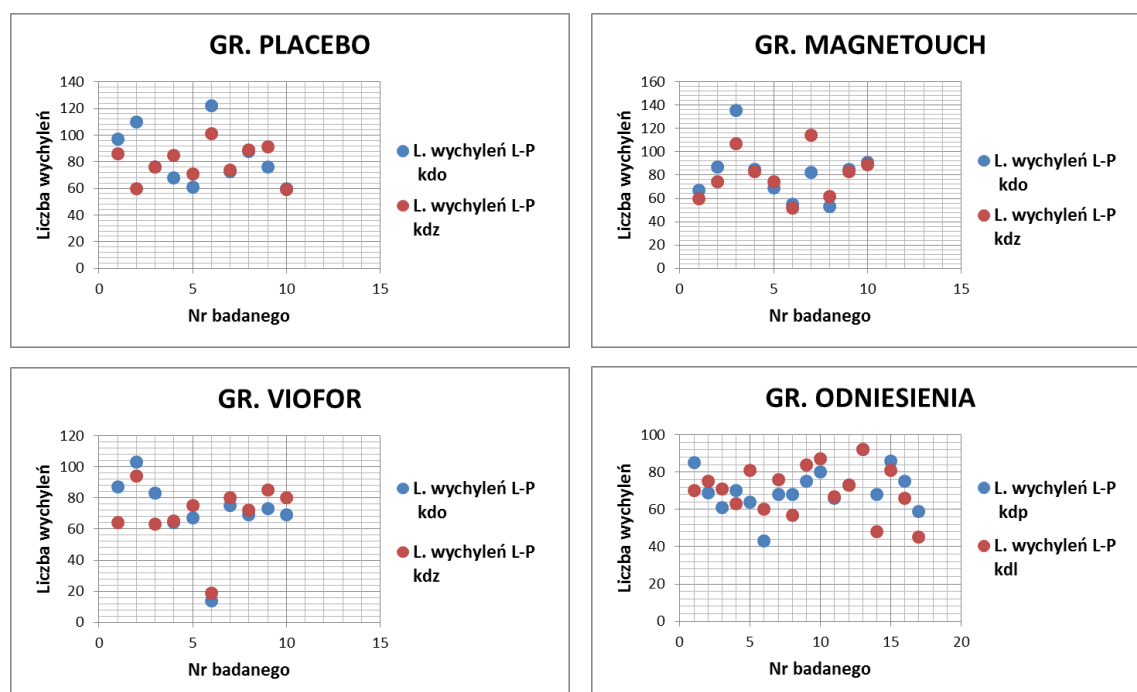
W grupie viofor oraz placebo wartości prezentowanego parametru w staniu na kończynie dolnej operowanej były wyższe od wartości rejestrowanych w staniu na kończynie zdrowej. W grupie magnetouch wartości parametru w obu testach były zbliżone, choć nieznacznie niższe w staniu na kończynie operowanej. Najwięcej wychyleń w płaszczyźnie strzałkowej na kończynie operowanej lub zdrowej zarejestrowano w grupie placebo. Najniższe wartości parametru w porównaniu do pozostałych badanych grup zarejestrowano w grupie viofor w staniu na kończynie operowanej i zdrowej.



Ryc. 15. Liczba wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Na Ryc. 16 przedstawiono wartości parametru **liczba wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo)**, w warunkach testu na kończynie operowanej lub zdrowej z otwartymi oczami.

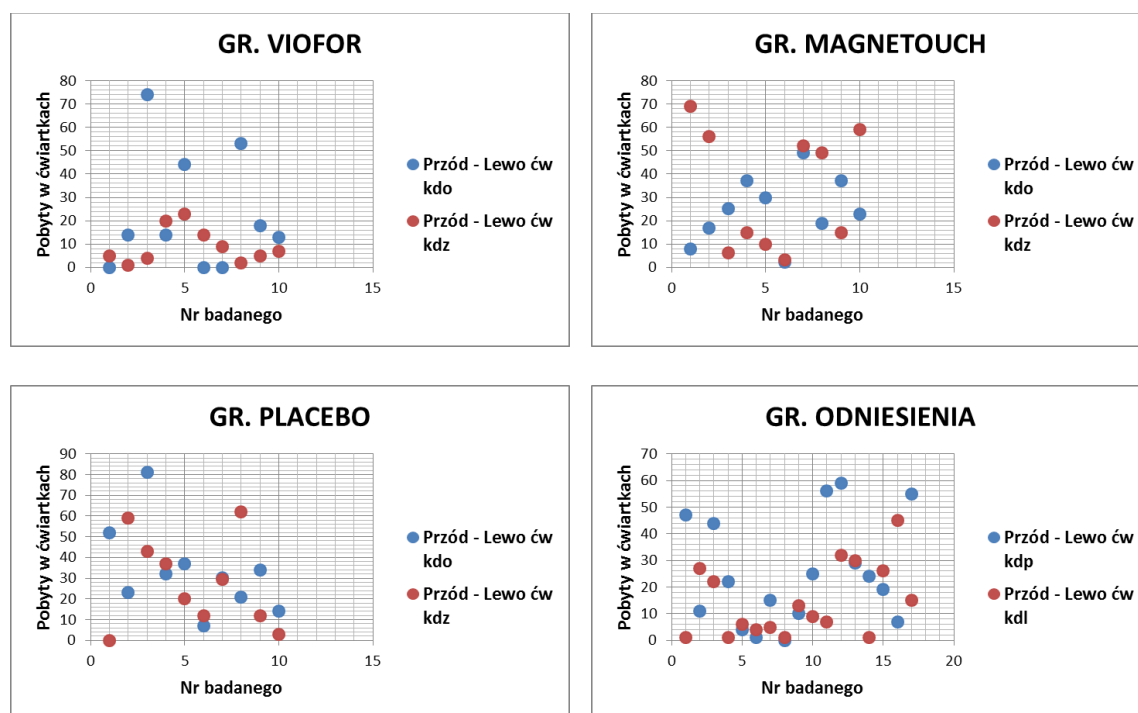
Obserwując wykres stwierdzono, że wartości parametru dla kończyny operowanej były nieznacznie wyższe od wartości rejestrowanych dla kończyny zdrowej we wszystkich grupach. Najmniejsze różnice wartości parametru dla obu kończyn występowały w grupie viofor. Ponadto, w staniu na kończynie operowanej najwyższe wartości parametru zarejestrowano w grupie placebo, a najniższe w grupie viofor. W staniu na kończynie zdrowej najwyższe wartości parametru określono dla grupy magnetouch, najniższe dla grupy viofor.



Ryc. 16. Liczba wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Wartości parametru **pobyty w ćwiartkach (przód - lewo)** przedstawiono na Ryc.17. Badanie przeprowadzono w teście stania na kończynie operowanej lub zdrowej z otwartymi oczami.

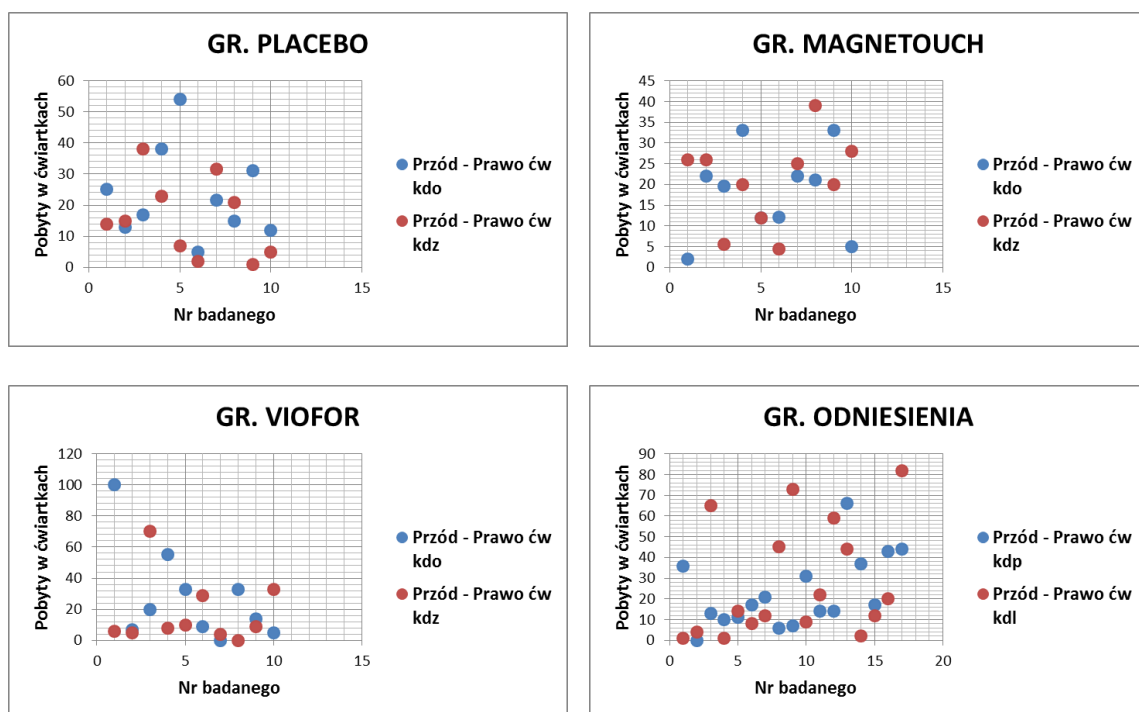
Podczas stania na kończynie dolnej operowanej lub zdrowej stwierdzono różnice w wartości ww. parametru we wszystkich badanych grupach. Wartości rejestrowane dla kończyny zdrowej były najwyższe w grupie magnetouch, a najniższe w grupie viofor. Najmniej pobyty w ćwiartce przód - lewo na kończynie operowanej rejestrowano dla grupy viofor, najwięcej dla grupy placebo. Stwierdzono również, że w grupach placebo i viofor wartości parametru w staniu na kończynie operowanej były wyższe niż na kończynie zdrowej. W grupie magnetouch wartości ww. parametru rejestrowane dla kończyny operowanej były niższe niż dla zdrowej.



Ryc. 17. Pobyty w ćwiartkach COP (przód - lewo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Wartości parametru **pobyty w ćwiartkach (przód - prawo)** przedstawiono na Ryc. 18. Badanie przeprowadzono w teście stania na kończynie operowanej lub zdrowej z otwartymi oczami.

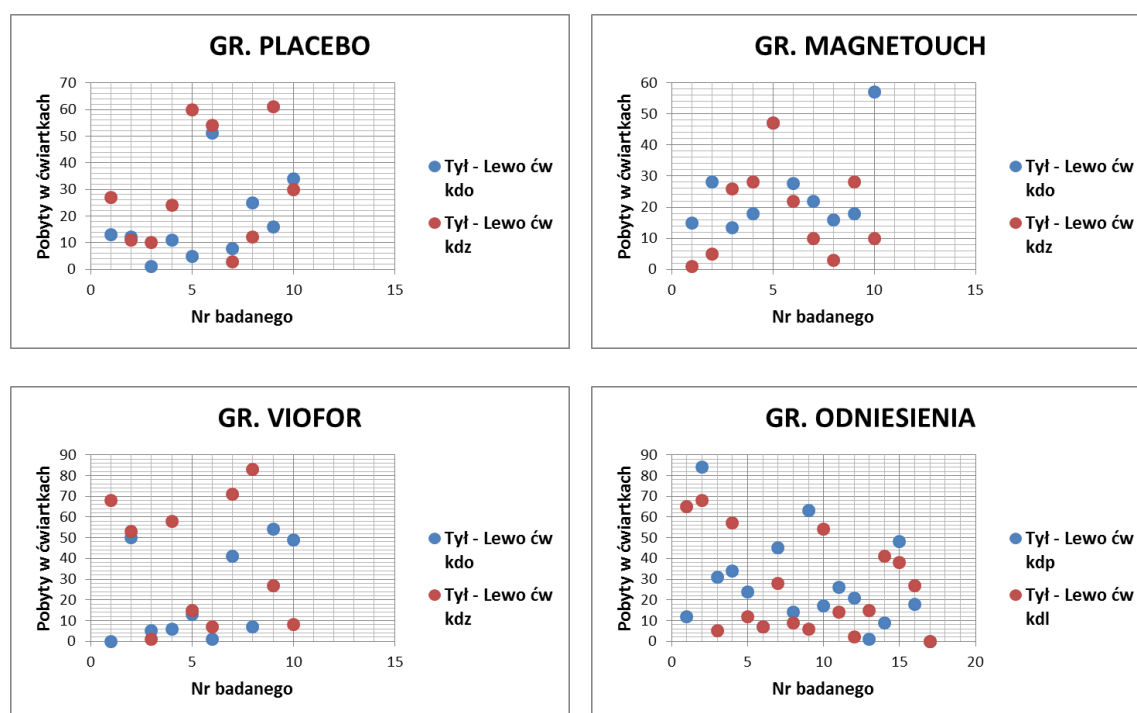
Najbardziej zbliżone wartości ww. parametru dla obu badanych kończyn zarejestrowano w grupie magnetouch, największe różnice wartości występowały w grupie viofor. Najmniej pobyty w ćwiartce przód - prawo stojąc na kończynie operowanej odnotowano w grupie magnetouch, a najwięcej w grupie viofor. Stojąc na kończynie zdrowej najwyższe wartości parametru zarejestrowano dla grupy magnetouch, a najniższe dla placebo. W grupie viofor i placebo wartości parametru były wyższe dla kończyny operowanej, w grupie magnetouch dla kończyny zdrowej.



Ryc. 18. Pobyty w ćwiartkach COP (przód – prawo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Wartości parametru **pobyty w ćwiartkach (tył - lewo)** przedstawiono na Ryc. 19. Badanie przeprowadzono w teście stania na kończynie operowanej lub zdrowej z otwartymi oczami.

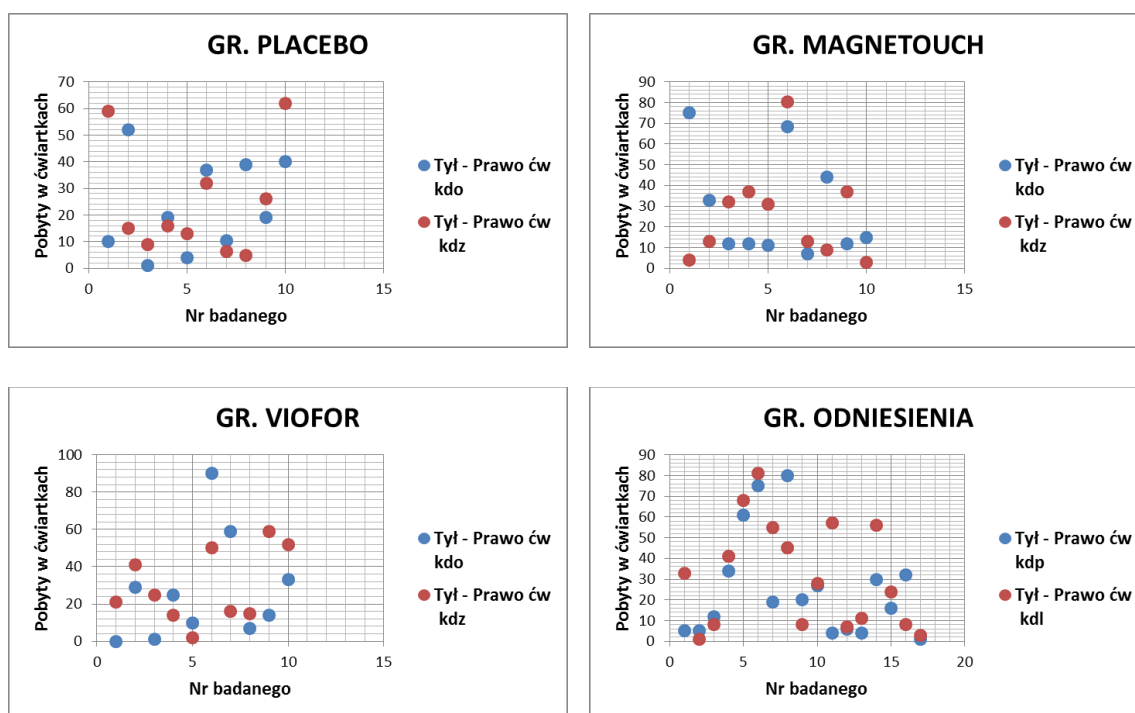
Analizując dane w grupie placebo i viofor zaobserwowano, że wartości parametru uzyskane w staniu na kończynie dolnej operowanej były niższe od wartości rejestrowanych dla kończyny zdrowej. W grupie magnetouch wartości rejestrowane dla kończyny operowanej były wyższe od zarejestrowanych dla zdrowej. W staniu na kończynie operowanej najniższe wartości ww. parametru zarejestrowano w grupie placebo, a najwyższe w grupie magnetouch. Natomiast w teście wykonywanym na kończynie zdrowej najniższe wartości ww. parametru wyznaczono dla grupy magnetouch, a najwyższe dla grupy viofor.



Ryc. 19. Pobyty w ćwiartkach COP (tył – lewo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Wartości parametru **pobyty w ćwiartkach (tył - prawo)** przedstawiono na Ryc. 20. Badanie przeprowadzono w teście stania na kończynie operowanej lub zdrowej z otwartymi oczami.

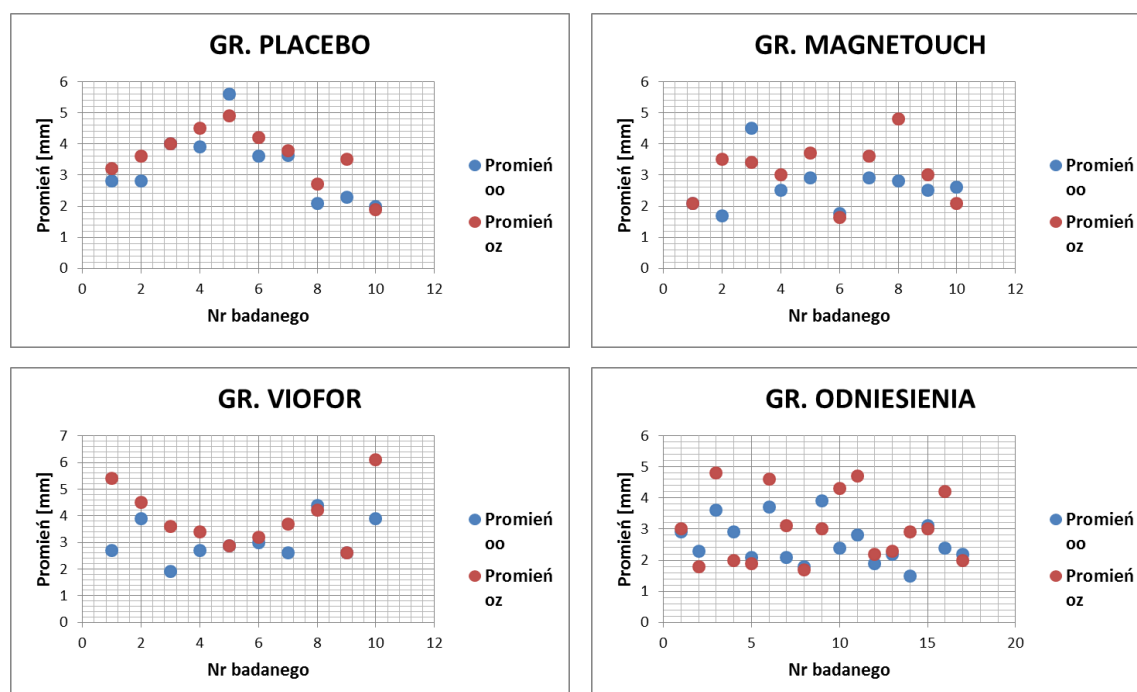
Podczas stania na kończynie operowanej najwyższe wartości parametru występowały w grupie magnetouch, a najniższe zarejestrowano dla grupy placebo. Stojąc na kończynie zdrowej najwyższe wartości parametru zarejestrowano dla grupy viofor, najniższe dla grupy placebo.



Ryc. 20. Pobyty w ćwiartkach COP (tył – prawo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).

Wartości parametru **promień wychyleń COP** przedstawiono na Ryc. 21. Badanie przeprowadzono w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

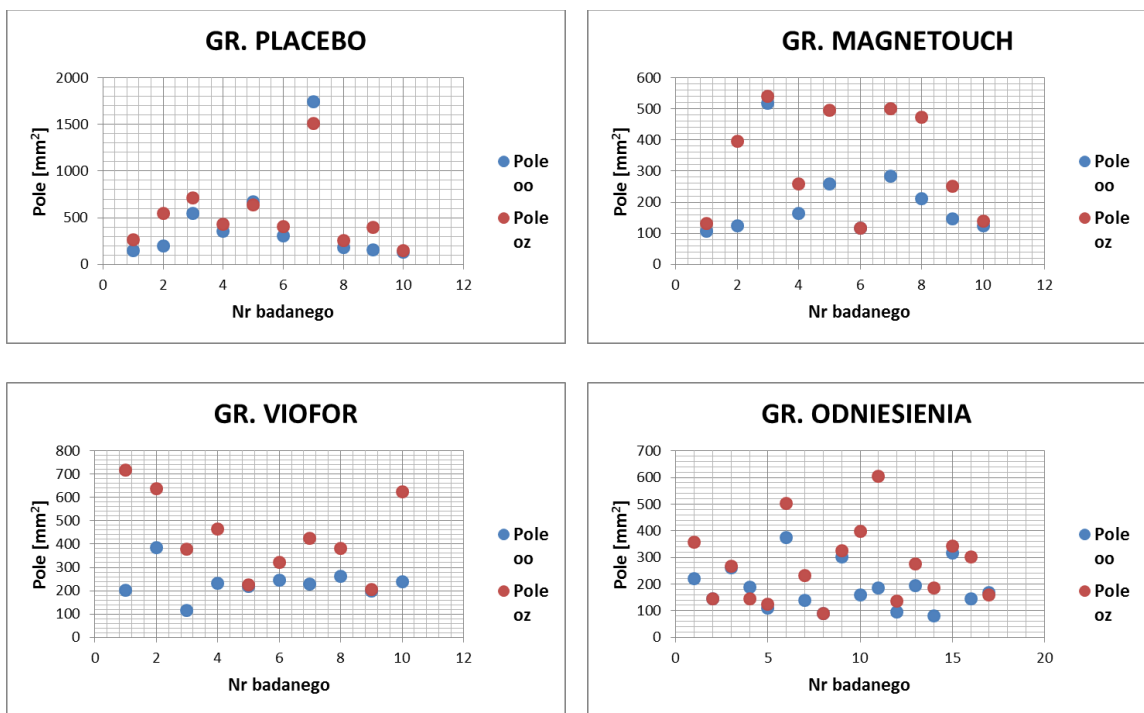
We wszystkich grupach zaobserwowano różne wartości parametru dla testu przeprowadzonego z oczami otwartymi lub zamkniętymi. Po zamknięciu oczu rejestrowane wartości parametrów we wszystkich grupach były wyższe. Podczas stania z oczami zamkniętymi najwyższe wartości prezentowanego parametru obserwowano w grupie viofor, a najniższe w grupie magnetouch. W teście wykonywanym z oczami otwartymi najwyższe wartości zarejestrowano w grupie placebo, natomiast najniższe w grupie magnetouch.



Ryc. 21. Promień wychyleń COP w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

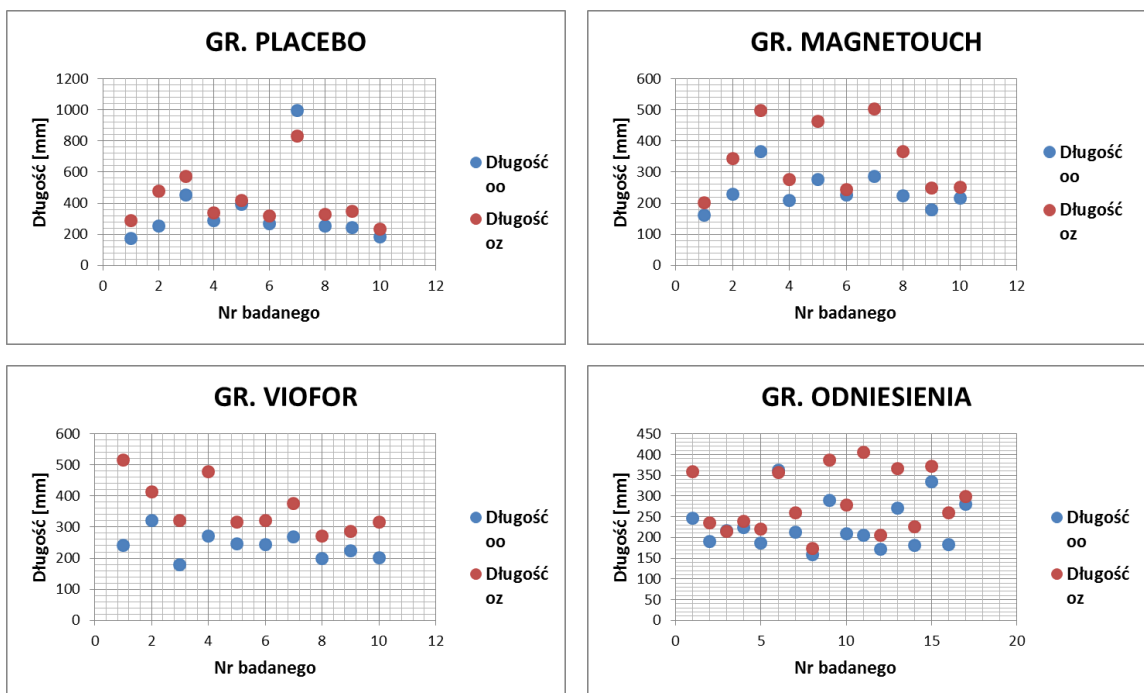
Wartości parametru **pole powierzchni zakreślone przez COP** przedstawiono na Ryc. 22. Test przeprowadzono w stanie na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

Stwierdzono, że wartości były wyższe w teście z oczami zamkniętymi we wszystkich badanych grupach. W czasie stania na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi najwyższe wartości pola powierzchni kreślonego przez COP rejestrowano w grupie placebo, najniższe w grupie magnetouch.



Ryc. 22. Pole powierzchni zakreślone przez COP w stanie na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

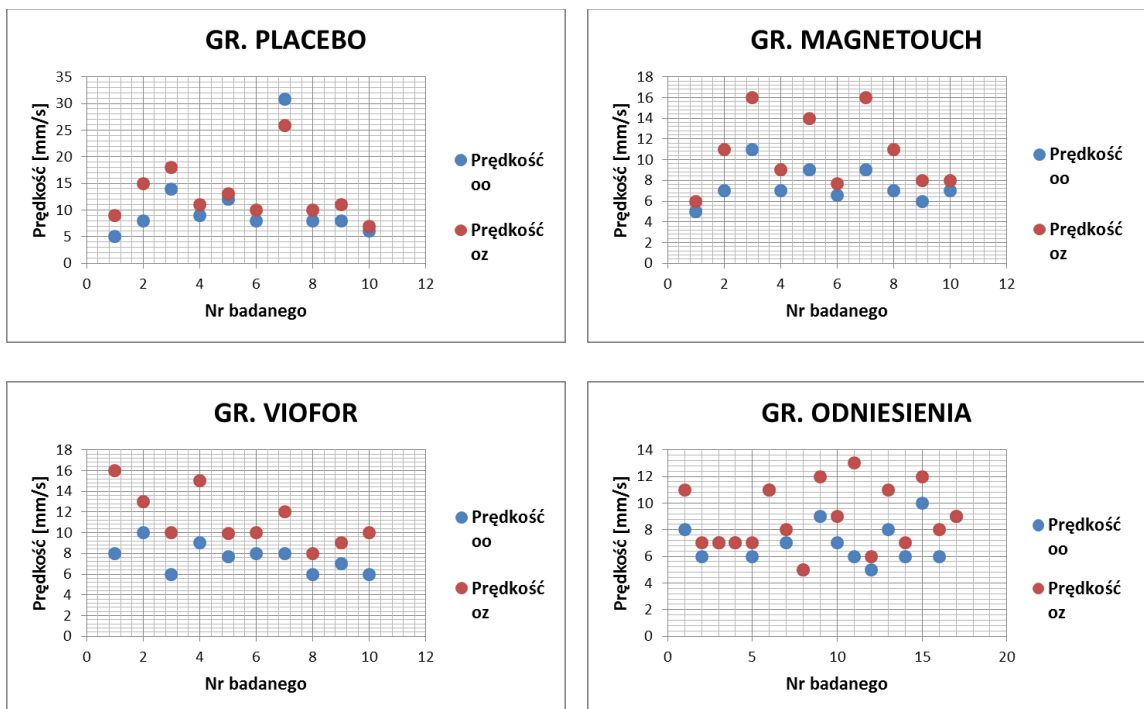
Na Ryc. 23 przedstawiono wartości parametru **długość drogi przebytej przez COP** podczas stania na obu kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi. Po zamknięciu oczu rejestrowane wartości parametru wzrosły we wszystkich grupach. Najwyższe wartości parametru w staniu na obu kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi obserwowano w grupie placebo. Najniższe wartości w teście z oczami otwartymi rejestrowano dla grupy magnetouch i viofor. Ponadto, najniższe wartości parametru długość drogi przebytej przez COP w teście z oczami zamkniętymi zaobserwowano w grupie magnetouch.



Ryc. 23. Długość drogi przebytej przez COP w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Na Ryc. 24 przedstawiono wartości parametru **prędkość wychyleń centrum nacisku**, podczas stania na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

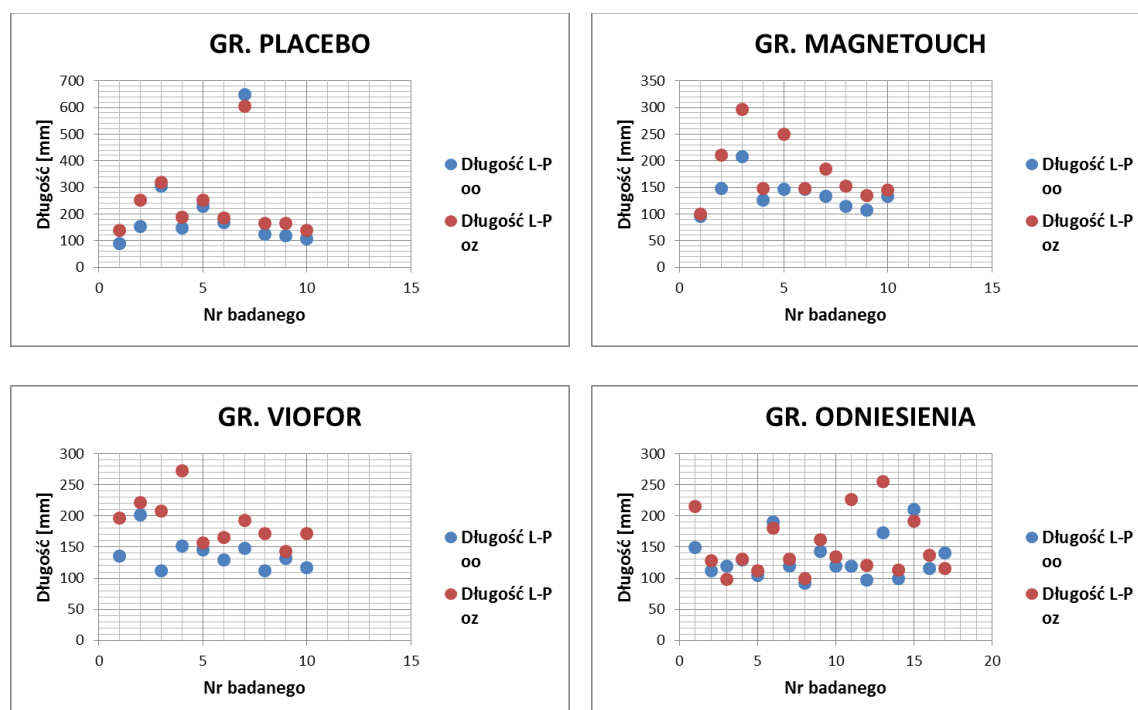
Zarejestrowano wyższe wartości parametru prędkość wychyleń COP w teście z oczami zamkniętymi we wszystkich grupach. Najwyższe wartości parametru w teście przeprowadzonym z oczami otwartymi lub zamkniętymi zarejestrowano w grupie placebo, a najniższe w grupie magnetouch. Wartości zarejestrowane w grupie viofor i magnetouch były porównywalne.



Ryc. 24. Prędkość wychyleń COP w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Wartości parametru **długość drogi w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo)** przedstawiono na Ryc. 25. Test przeprowadzono w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

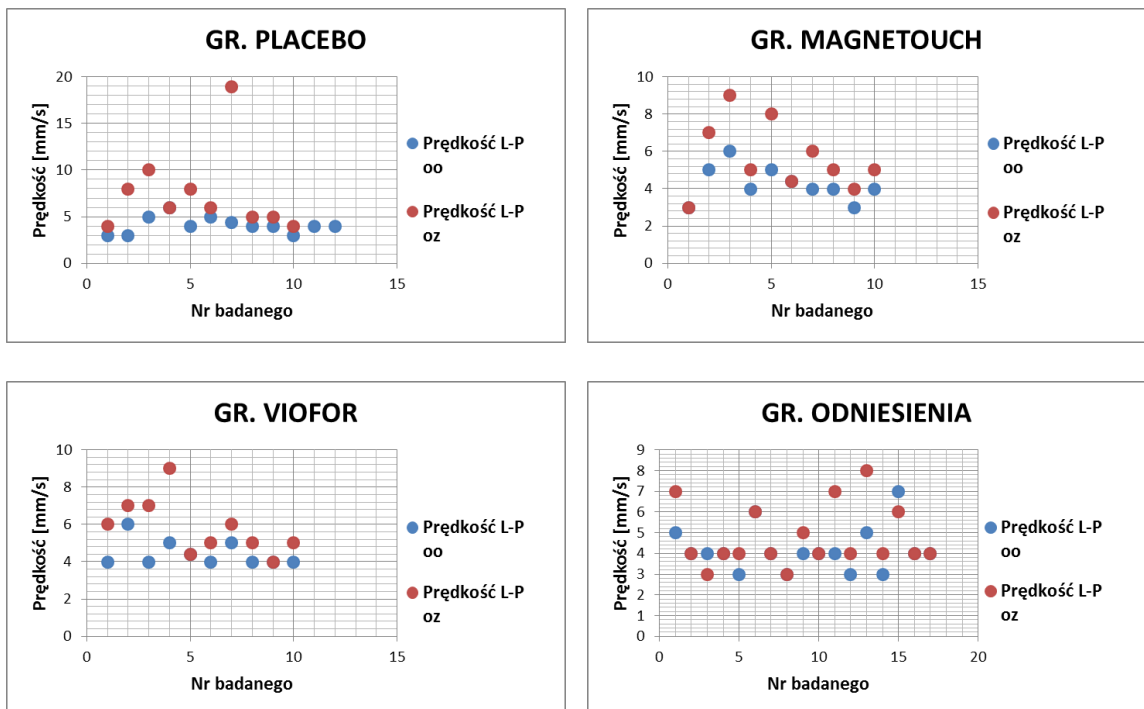
We wszystkich grupach w teście z oczami zamkniętymi zarejestrowano wyższe wartości parametru długość w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo). Najwyższe wartości parametru w teście z oczami otwartymi lub zamkniętymi zanotowano w grupie placebo, a najniższe w grupie magnetouch. Wartości zarejestrowane w grupie viofor i magnetouch były porównywalne.



Ryc. 25. Długość drogi przebytej przez COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Na Ryc. 26 przedstawiono wartości parametru **prędkość wychyleń centrum nacisku w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo)**, podczas stania na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

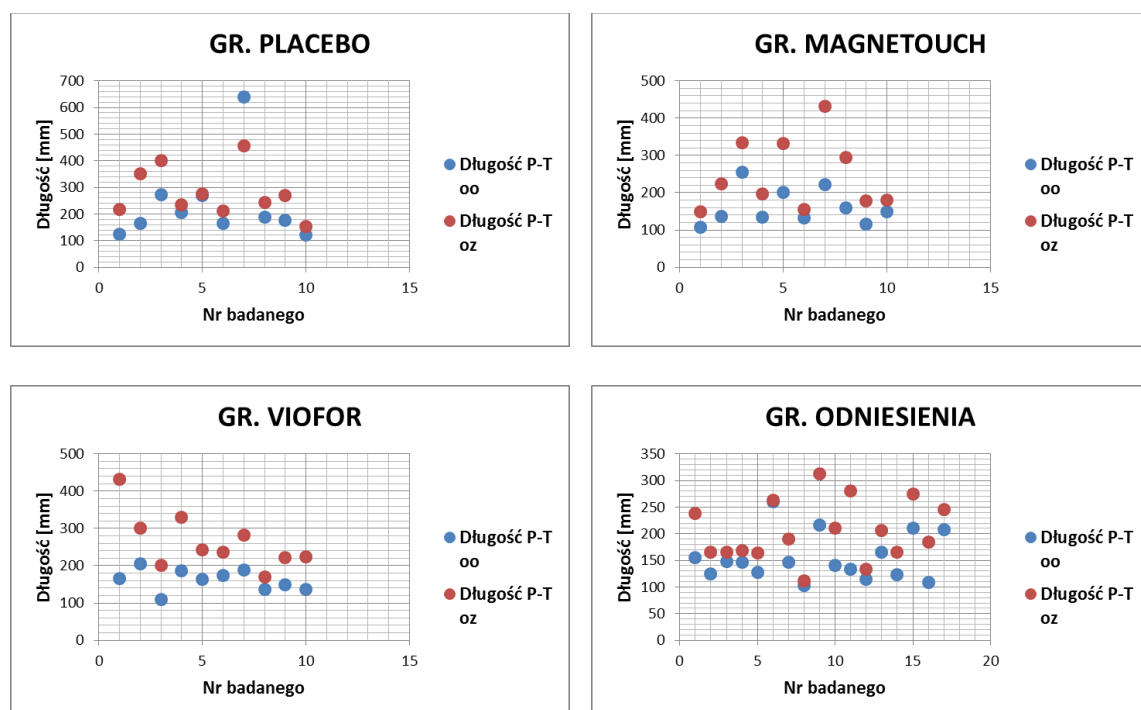
Stwierdzono we wszystkich grupach w teście z oczami zamkniętymi wyższe wartości parametru prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo). Najwyższe wartości parametru w teście przeprowadzonym z oczami otwartymi lub zamkniętymi zarejestrowano w grupie placebo, a najniższe w grupie magnetouch. Wartości zarejestrowane w grupie viofor i magnetouch były porównywalne.



Ryc. 26. Prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Wartości parametru **długości drogi w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył)** przedstawiono na Ryc. 27. Test przeprowadzono w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

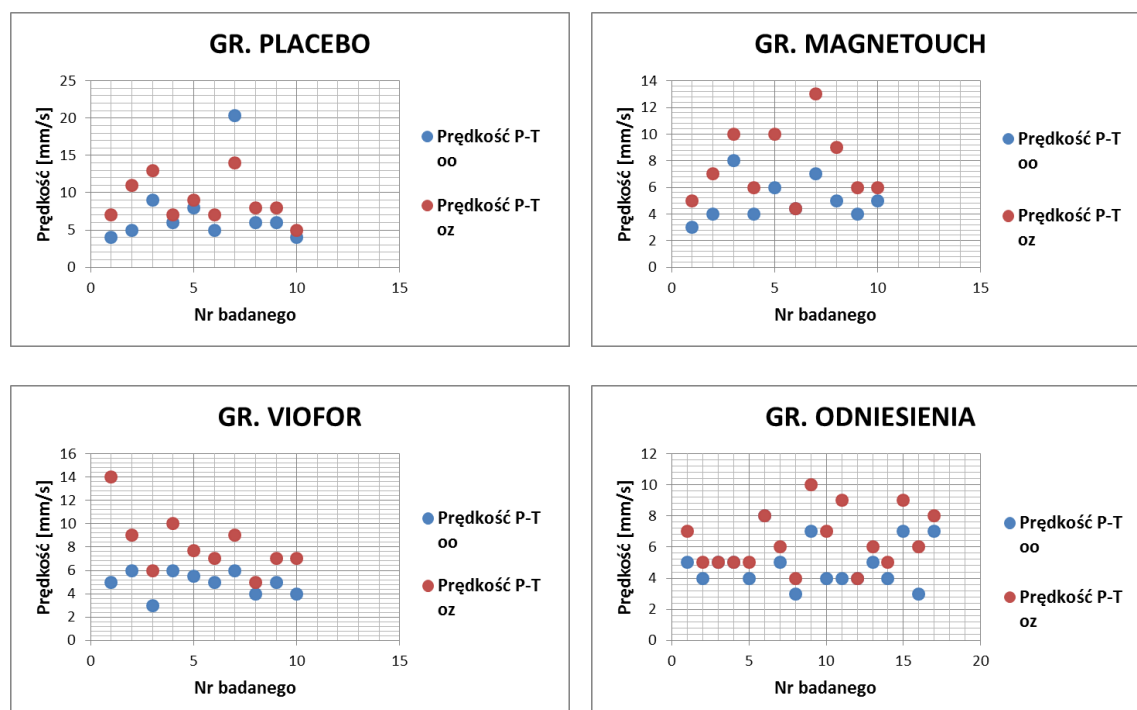
Dla oczu zamkniętych zarejestrowano najwyższe wartości parametru we wszystkich grupach. W obu testach, w grupie placebo występowały najwyższe wartości ww. parametru. Najniższe wartości zarejestrowano w grupie viofor w teście z oczami otwartymi lub magnetouch w teście oczami zamkniętymi. Wartości zarejestrowane w grupie viofor i magnetouch były porównywalne.



Ryc. 27. Długość drogi przebytej przez COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Na Ryc. 28 przedstawiono wartości parametru **prędkość wychyleń centrum nacisku w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył)**, podczas stania na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

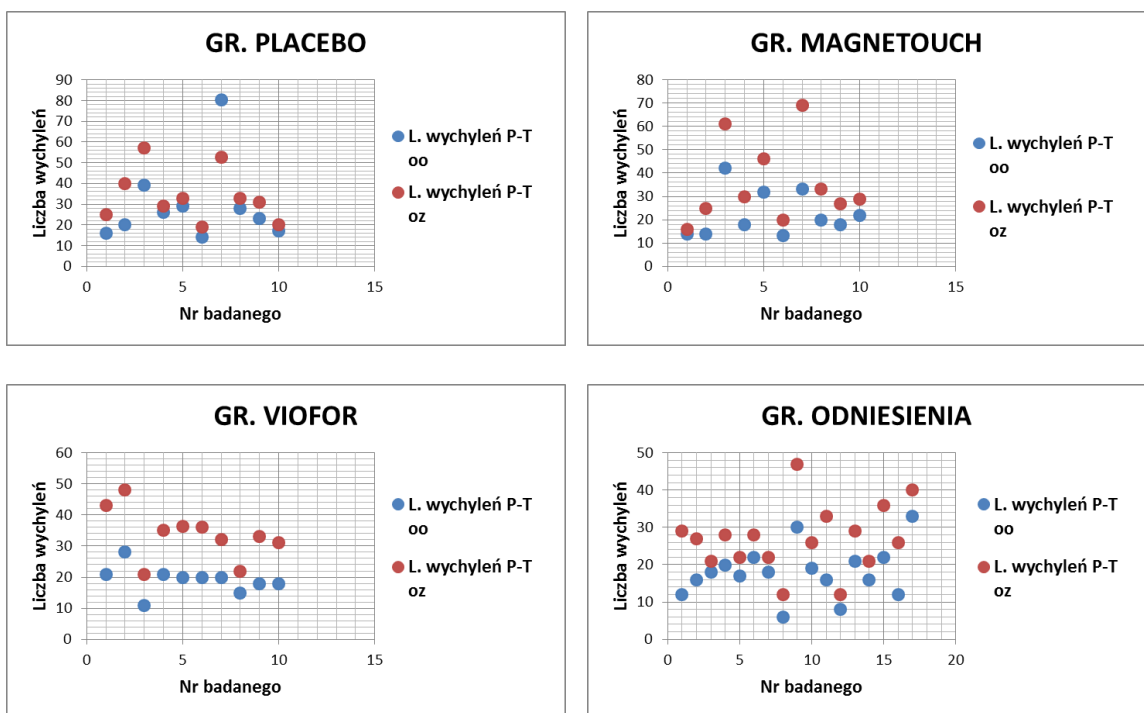
W teście z oczami zamkniętymi we wszystkich grupach stwierdzono wyższe wartości parametru. Najwyższe wartości parametru prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w teście z oczami otwartymi lub zamkniętymi zarejestrowano w grupie placebo. Najniższe wartości parametru występowały w grupie viofor w teście z oczami otwartymi i magnetouch w teście z oczami zamkniętymi.



Ryc. 28. Prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Wartości parametru **liczba wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył)** przedstawiono na Ryc. 29. Test przeprowadzono w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

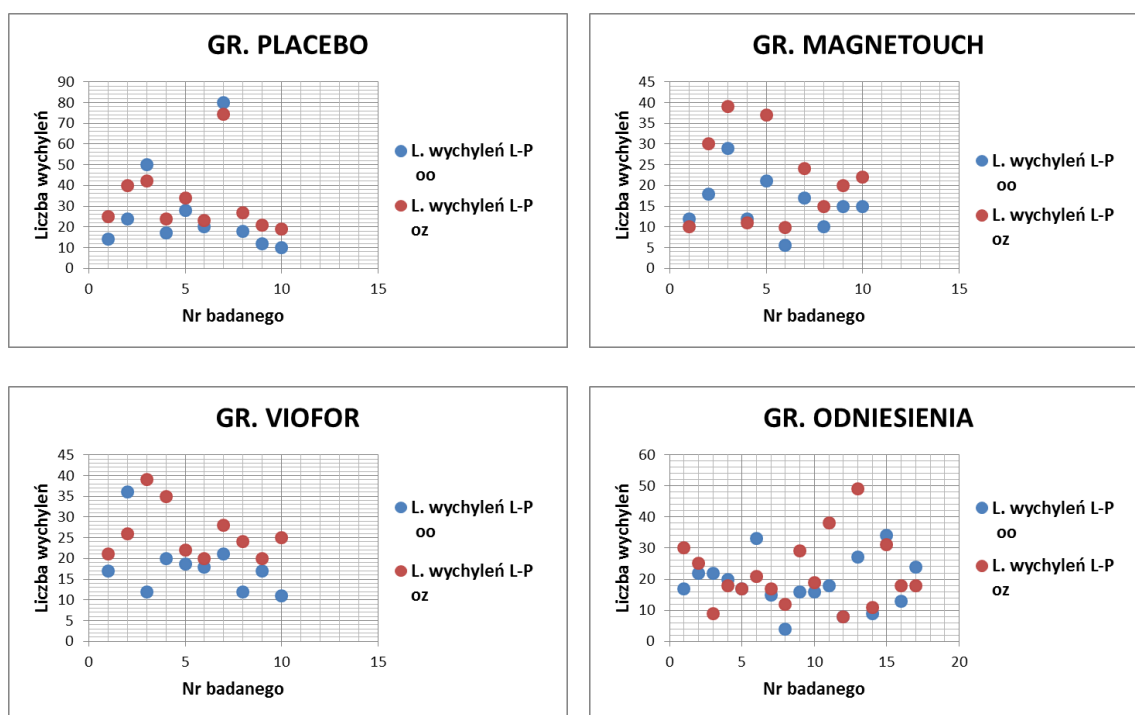
We wszystkich grupach, w teście wykonywanym z oczami zamkniętymi obserwowano najwyższe wartości parametru. W teście z oczami otwartymi lub zamkniętymi najniższe wartości parametru zarejestrowano w grupie viofor. Najwyższe wartości występowały w grupie placebo w teście z oczami otwartymi oraz magnetouch w teście z oczami zamkniętymi. Jednocześnie wartości zarejestrowane podczas stania z oczami zamkniętymi grupie viofor i placebo były porównywalne.



Ryc. 29. Liczba wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Na Ryc. 30 przedstawiono wartości parametru **liczba wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo)**, podczas stania na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

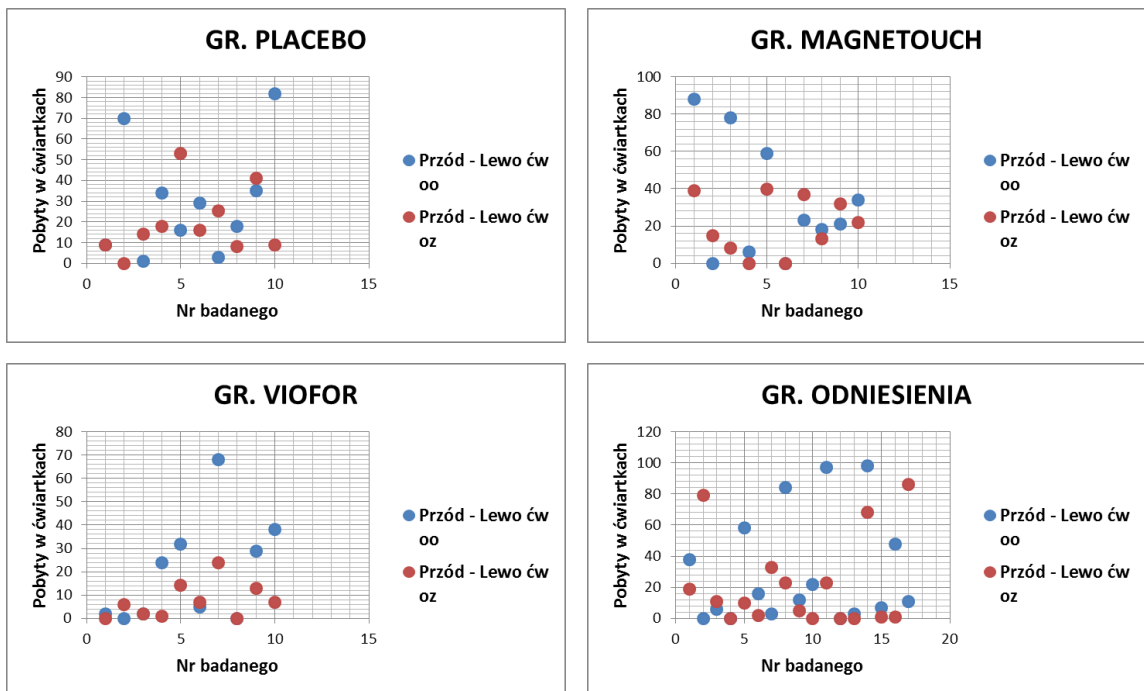
W teście z oczami zamkniętymi we wszystkich grupach stwierdzono wyższe wartości parametru. Najwyższe wartości parametru liczba wychyleń w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w teście z oczami otwartymi lub zamkniętymi zarejestrowano w grupie placebo, a najniższe w grupie magnetouch.



Ryc. 30. Liczba wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Wartości parametru **pobyty w ćwiartkach przód - lewo** zaprezentowano na Ryc. 31. Badanie przeprowadzono w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

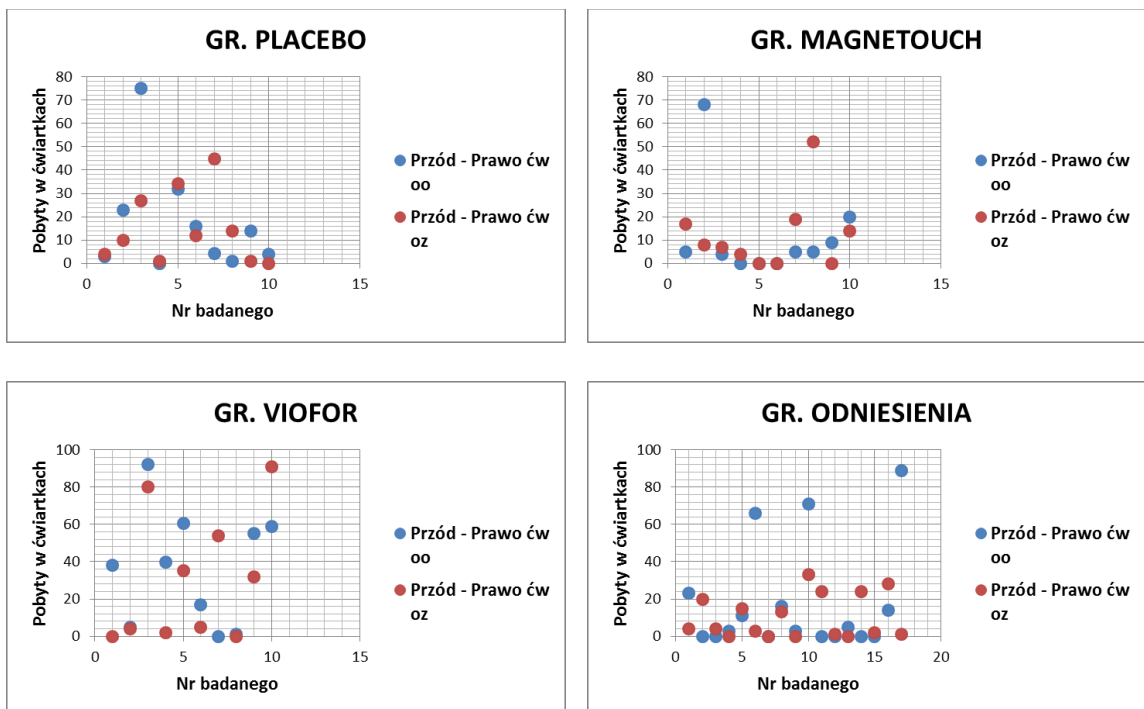
Stwierdzono, że we wszystkich grupach po zamknięciu oczu wartości były niższe w odniesieniu do rejestrowanych dla oczu otwartych. Najwyższe wartości parametru w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętym zarejestrowano w grupie magnetouch i placebo. Najniższe wartości parametru w obu testach występowały w grupie viofor.



Ryc. 31. Pobyty w ćwiartkach COP (przód - lewo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Na Ryc. 32 przedstawiono wartości parametru **pobyty w ćwiartkach (przód - prawo)**, podczas stania na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

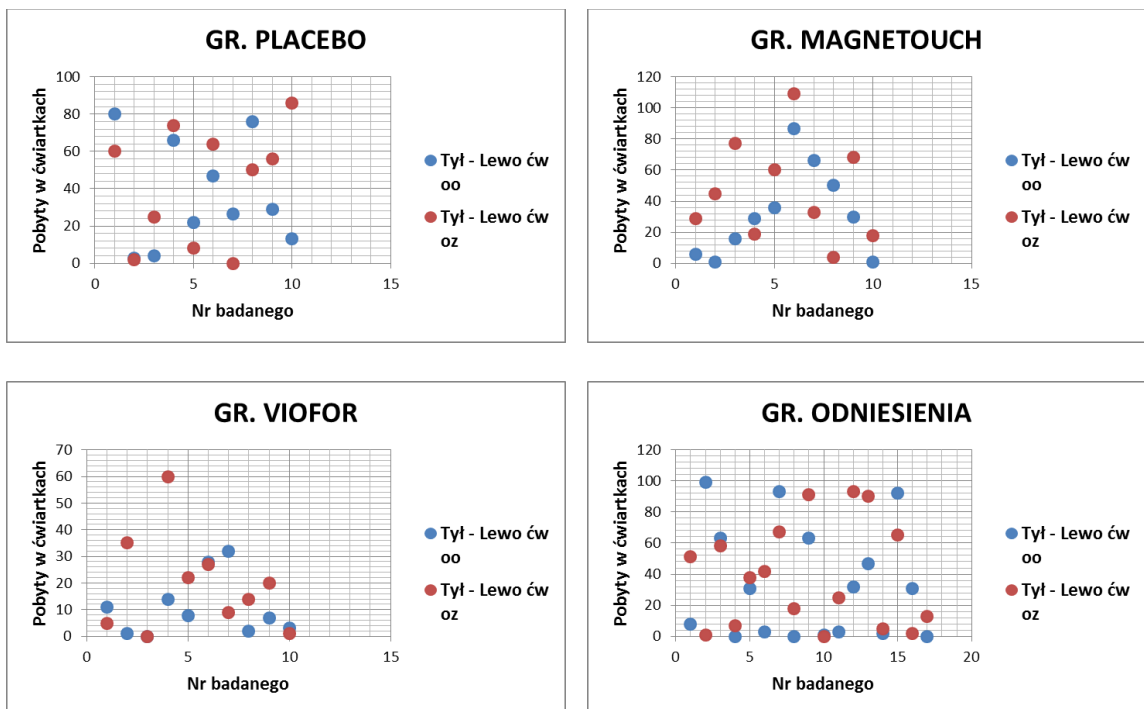
W teście z oczami otwartymi wyższe wartości parametru stwierdzono w grupach placebo oraz viofor. W grupie magnetouch wartości parametru były wyższe w teście z oczami zamkniętymi. Najwięcej pobyków w ćwiartce przód - prawo teście z oczami otwartymi lub zamkniętymi zarejestrowano w grupie viofor, a najmniej w grupie magnetouch.



Ryc. 32. Pobyty w ćwiartkach COP (przód - prawo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Na Ryc. 33 przedstawiono wartości parametru **pobyty w ćwiartkach tył - lewo**, podczas przeprowadzono stania na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

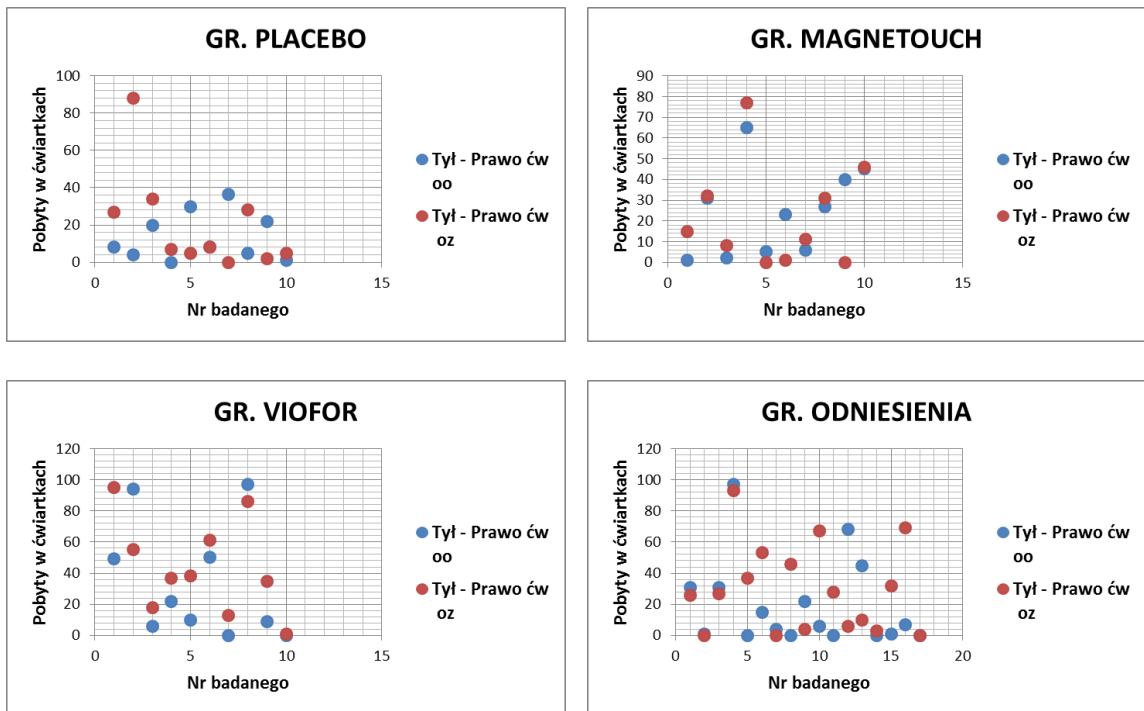
Stwierdzono, że w każdej z grup wartości parametru pobyty w ćwiartkach tył - lewo rejestrowane podczas stania na dwóch kończynach dolnych wraz z zamknięciem oczu wzrastały. W grupie viofor zaobserwowano najniższe wartości w przeprowadzonych obu testach. Najwyższe wartości w teście oczu otwartych zarejestrowano w grupie placebo, a dla oczu zamkniętych w grupie magnetouch.



Ryc. 33. Pobyty w ćwiartkach COP (tył - lewo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

Wartości parametru **pobyty w ćwiartkach tył - prawo** przedstawiono na Ryc. 34. Test przeprowadzono w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

W grupach viofor i placebo wartości parametru wzrosły po zamknięciu oczu. W grupie magnetouch wartości rejestrowane w czasie stania z oczami otwartymi były wyższe od uzyskanych dla oczu zamkniętych. Najmniej pobyków w ćwiartce tył - prawo odnotowano w grupie placebo, a najwięcej w grupie viofor.



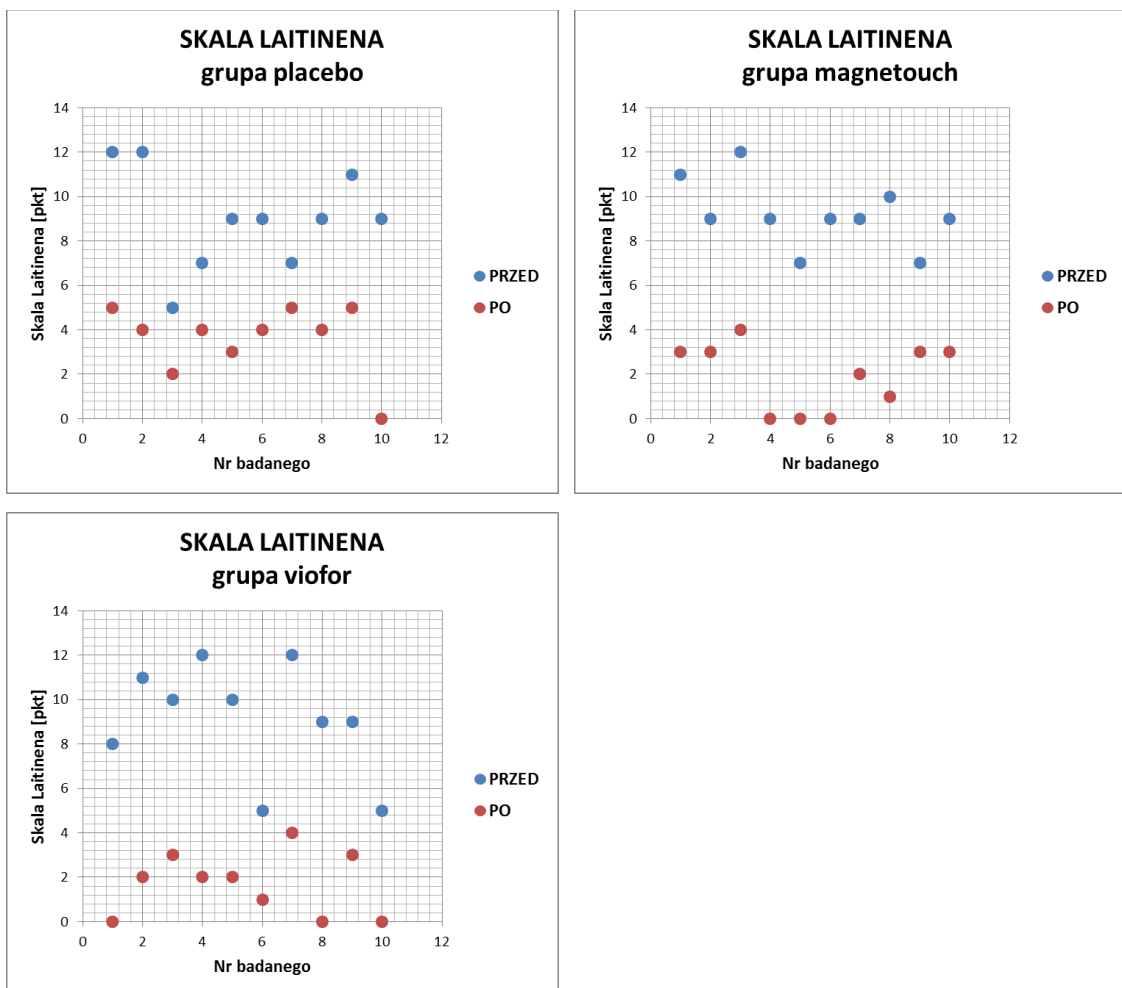
Ryc. 34. Pobyty w ćwiartkach COP (tył - prawo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).

2. Metody subiektywne

Wyniki badań wykorzystujących testy subiektywnej oceny wpływu pola magnetycznego na usprawnianie pacjentów zostały przedstawione dla każdej z grup na wykresach (Ryc. 35 - 42).

Wartości **zmodyfikowanego kwestionariusza wg Laitinena** przedstawiono na Ryc. 35. Na wykresie kolorem niebieskim oznaczono wartości parametru uzyskane przed aplikacją pola oraz kolorem czerwonym wartości parametru rejestrowanego po zakończonym cyklu zabiegów fizykoterapeutycznych.

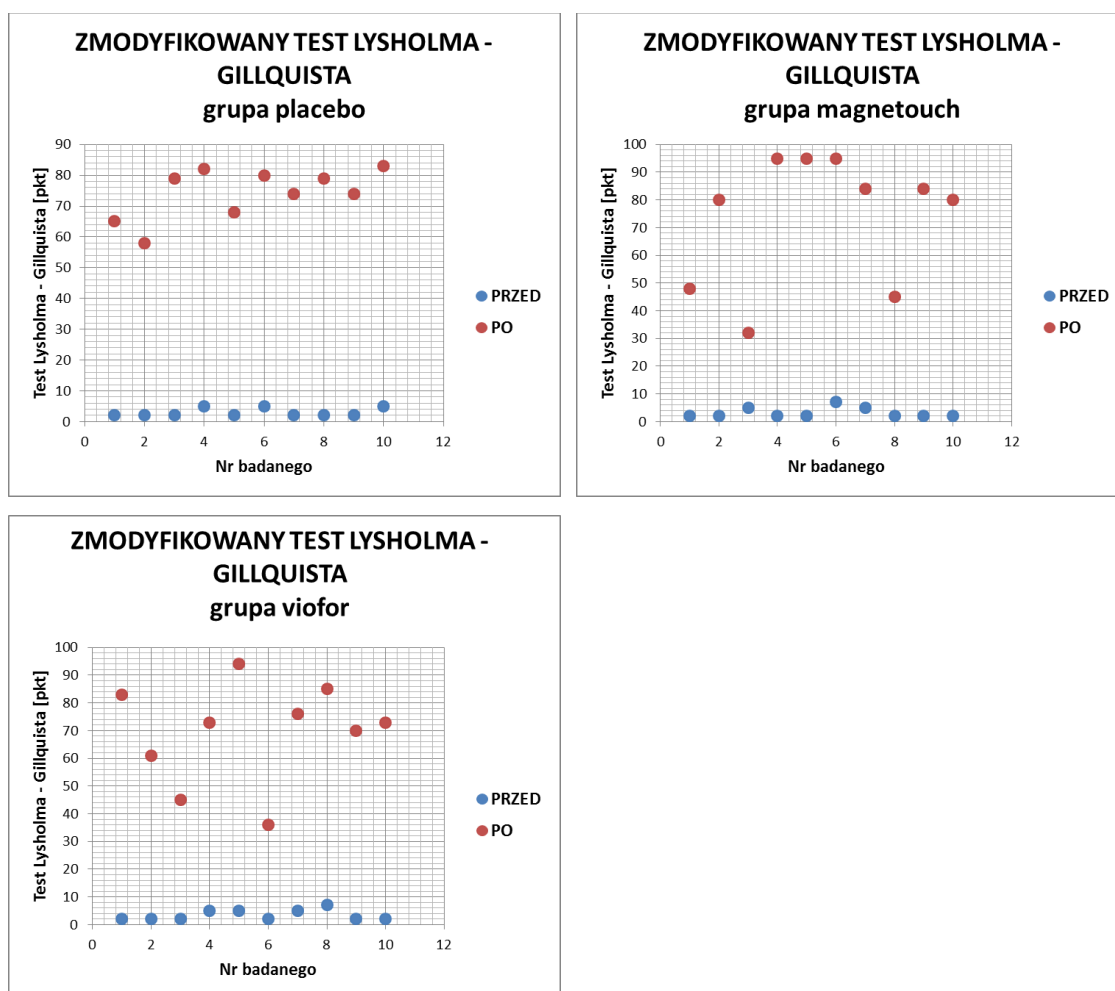
Przed zabiegami z wykorzystaniem pola magnetycznego stwierdzono najwyższe wartości parametru w grupie magnetouch, a następnie w grupie viofor. Po zakończonym cyklu aplikacji najniższe wartości parametru odnotowano w grupie viofor i były one najbardziej homogeniczne. Najwyższe wartości parametru po zakończonych zabiegach otrzymano w grupie placebo.



Ryc. 35. Ocena bólu na podstawie zmodyfikowanego kwestionariusza wg Laitinena.

Na Ryc. 36 przedstawiono wartości **zmodyfikowanego testu Lysholma - Gillquista**. Na wykresie kolorem niebieskim oznaczono wartości parametru uzyskane przed aplikacją pola oraz kolorem czerwonym wartości parametru rejestrowanego po 6 tygodniach od rekonstrukcji więzadła.

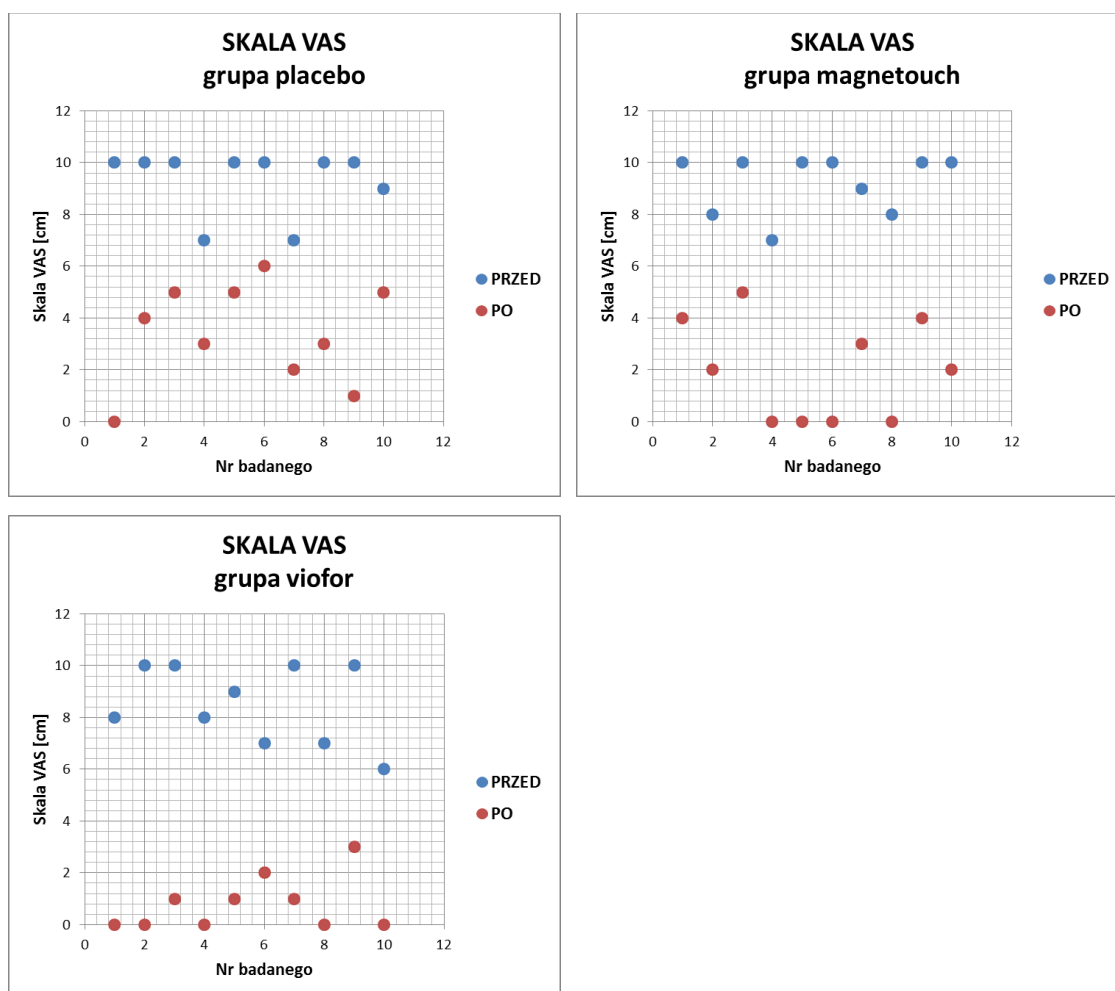
Przed aplikacją pola magnetycznego wartości wymienionego powyżej parametru były we wszystkich grupach zbliżone. Po 6 tygodniach rehabilitacji najwyższe wartości, a zarazem najbardziej homogeniczne uzyskali badani w grupie placebo. W grupach magnetouch i viofor wyniki prezentują duży rozrzut, natomiast najniższe wartości po zabiegach zarejestrowano w grupie viofor.



Ryc. 36. Ocena czynności i stabilności stawu kolanowego w skali Lysholma – Gillquista.

Wartości uzyskane przy wykorzystaniu **wzrokowo-analogowej skali VAS** przedstawiono na Ryc. 37. Na wykresie kolorem niebieskim oznaczono wartości parametru uzyskane przed aplikacją pola, a kolorem czerwonym wartości parametru rejestrowanego po zakończonym cyklu zabiegów fizykoterapeutycznych.

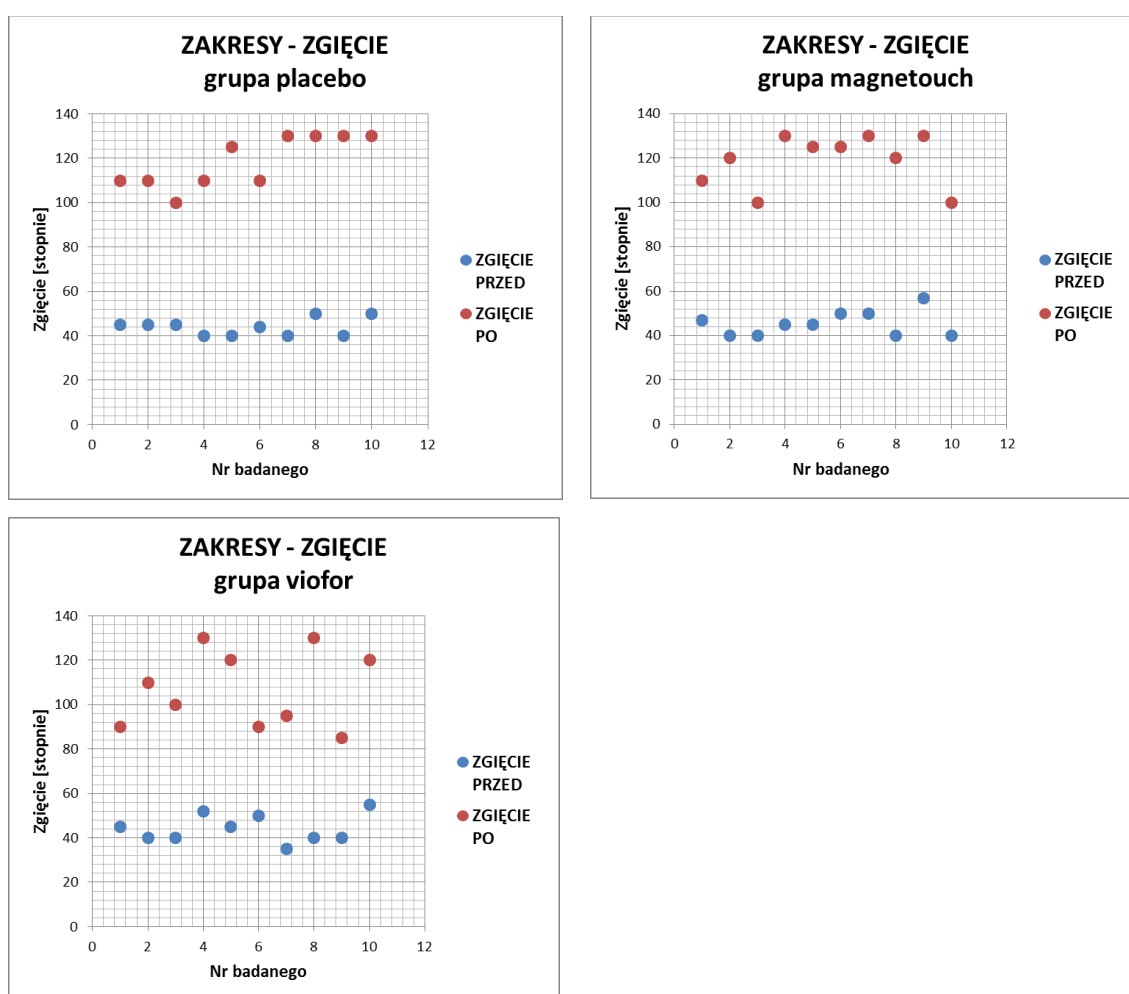
Najniższe wartości parametru określającego natężenie bólu zarejestrowano w grupie viofor, a następnie magnetouch. W grupie viofor wyniki były najbardziej homogeniczne. Przed aplikacją zabiegów pacjenci we wszystkich grupach udzielali odpowiedzi na podobnym poziomie.



Ryc. 37. Ocena bólu na podstawie wzrokowo-analogowej skali VAS.

Na Ryc. 38 przedstawiono wartości zakresu ruchu zgięcia kończyny dolnej w operowanym stawie kolanowym. Na wykresie kolorem niebieskim oznaczono wartości parametru uzyskane przed aplikacją pola oraz kolorem czerwonym wartości parametru rejestrowanego po 6 tygodniach od rekonstrukcji więzadła.

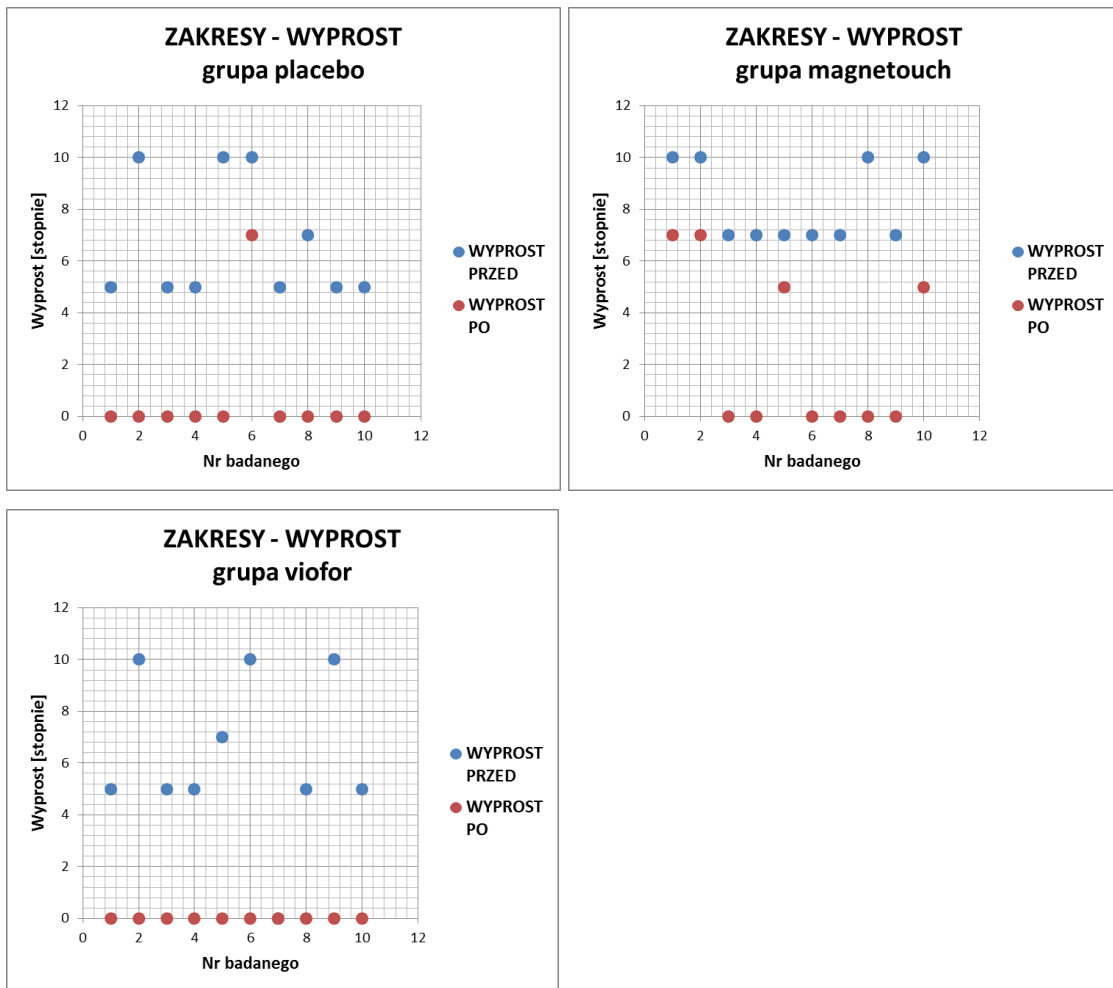
Przed opuszczeniem szpitala rejestrowano we wszystkich grupach podobne wartości kątowe, największą wartość zgięcia odnotowano w grupie magnetouch. Ponowny pomiar wykazał większe różnice pomiędzy grupami, najwyższe wartości parametru odnotowano w grupie magnetouch, grupa viofor prezentowała największy rozrzut oraz najniższe wartości.



Ryc. 38. Ocena zakresu ruchu zgięcia kończyny dolnej w operowanym stawie kolanowym.

Wartości zakresu ruchu wyprostowania kończyny dolnej w operowanym stawie kolanowym przedstawiono na Ryc. 39. Na wykresie kolorem niebieskim oznaczono wartości parametru uzyskane przed aplikacją pola oraz kolorem czerwonym wartości parametru rejestrowanego po 6 tygodniach od rekonstrukcji więzadła.

Stwierdzono, że wartości kątowe rejestrowane przed opuszczeniem szpitala w każdej z grup cechował duży rozrzut. Pomiar po 6 tygodniach od operacji potwierdzał osiągnięcie przez większość pacjentów fizjologicznego zakresu ruchu.

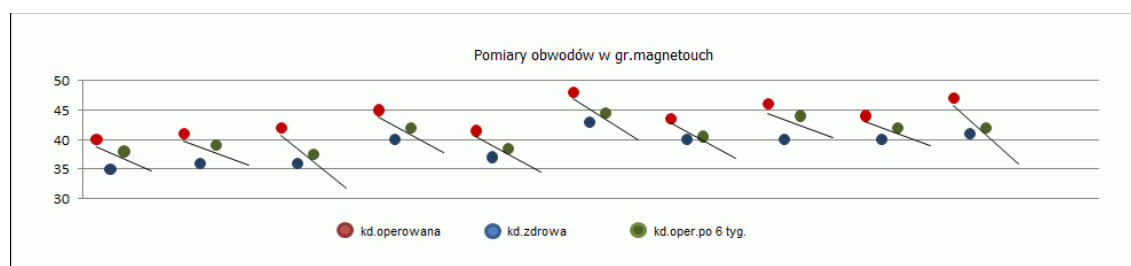


Ryc. 39. Ocena zakresu ruchu wyprostowania kończyny dolnej w operowanym stawie kolanowym.

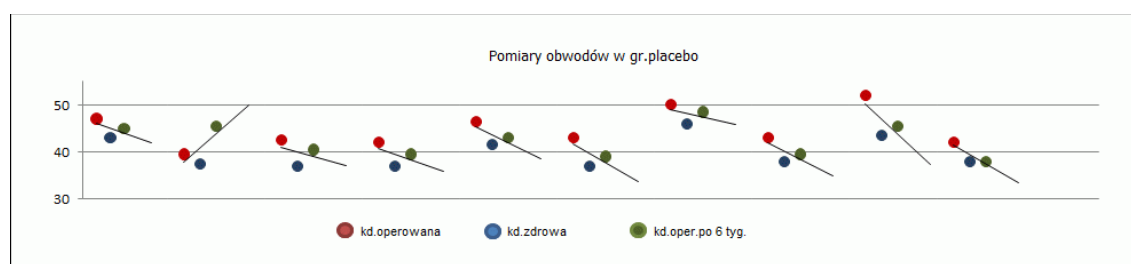
Poniżej na Ryc. 40 przedstawiono wartości obwodów rejestrowanych na wysokości szpary stawu kolanowego. Wykresy odzwierciedlają trzy pomiary u każdego pacjenta. Porównywano obwody kończyny operowanej po operacji (kolor czerwony) oraz kończyny operowanej po 6 tygodniach od operacji (kolor zielony). Wartości te odniesiono do obwodów kończyny zdrowej (wzorzec - kolor niebieski). Oś Y oznacza wartość parametru w (cm), na osi X oznaczono nr badanego.

W każdej z grup stwierdzono, że wraz z upływem czasu od operacji maleje wartość parametru. Wartość parametru rejestrowana po 6 tygodniach wyraźnie zbliża się do wartości kończyny dolnej zdrowej. Po 6 tygodniach od operacji największą różnicę wartości parametru w stosunku do stanu wyjściowego (bezpośrednio po operacji) odnotowano w grupie magnetouch (8%), a następnie w grupie viofor (7%) i placebo (6%).

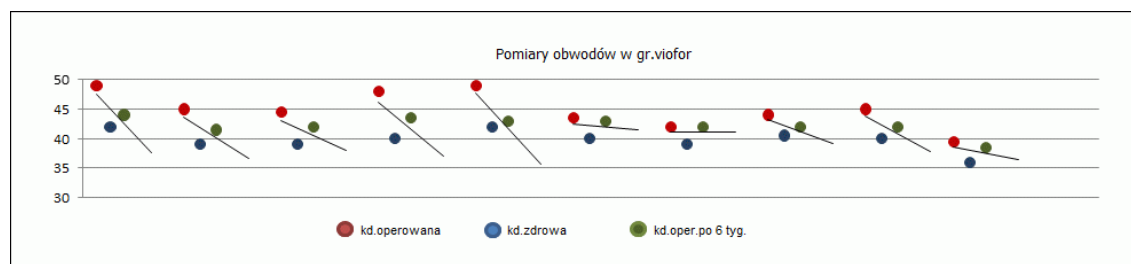
a)



b)



c)



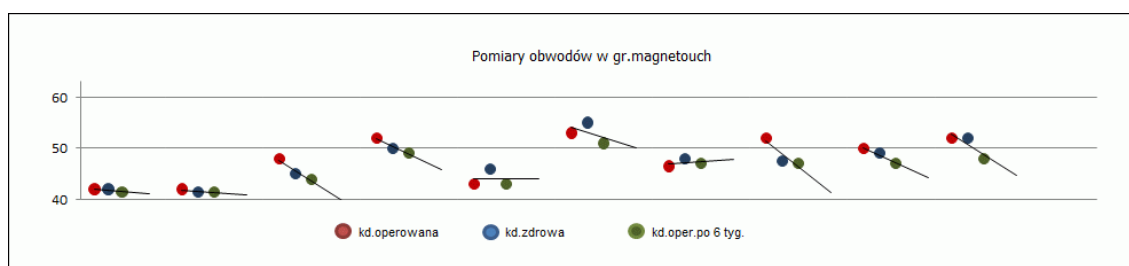
Ryc. 40. Pomiar obwodów kończyny dolnej na wysokości szpary stawu kolanowego w grupie magnetouch (a), placebo (b), viofor (c).

Wartości obwodów rejestrowane na wysokości 10 cm nad górnym biegunem rzepki przedstawiono na Ryc. 41.

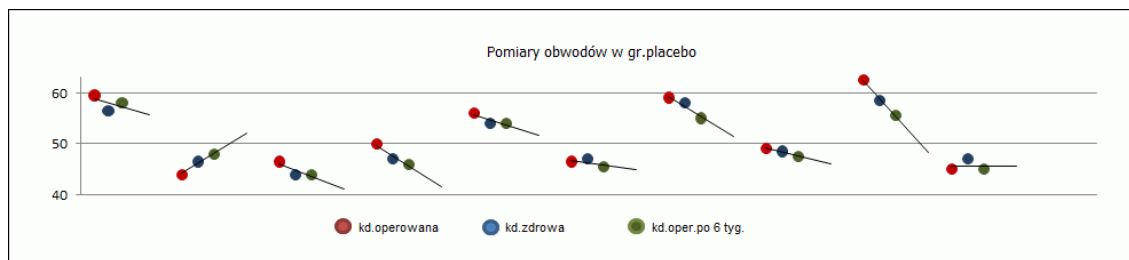
Porównywano wartości parametru w czasie 3 pomiarów każdego pacjenta. Odnoszono wartości pomiaru kończyny operowanej po operacji (kolor czerwony) do kończyny operowanej po 6 tygodniach od operacji (kolor zielony) do kończyny zdrowej (kolor niebieski). Oś Y oznacza wartość parametru w (cm), na osi X oznaczono nr badanego.

Zaobserwowano, że wraz z upływem czasu od zabiegu operacyjnego we wszystkich grupach maleje wartość parametru. Linie trendu są mniej strome, a w niektórych przypadkach zbliżone są do prostej. Po 6 tygodniach od operacji różnica wartości parametru w stosunku do rejestrowanego po operacji wynosiła w grupie magnetouch 5%, viofor (2%) i placebo (4%).

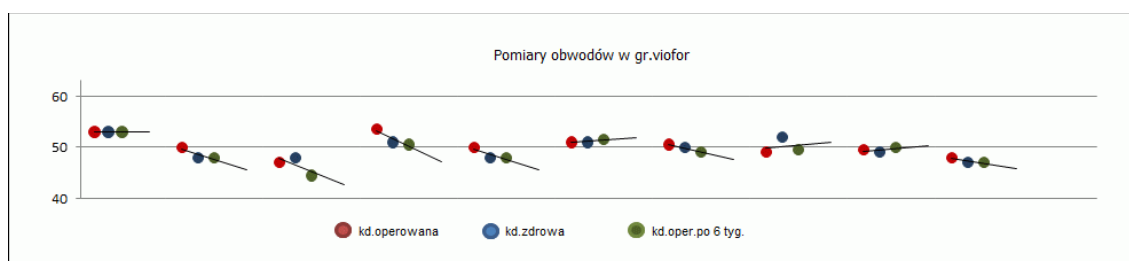
a)



b)



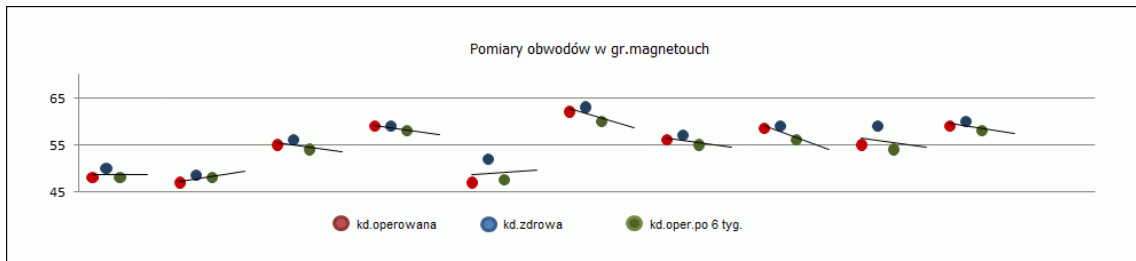
c)



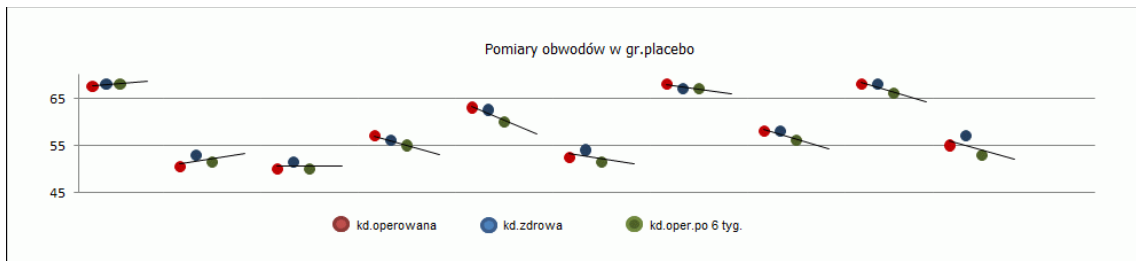
Ryc. 41. Pomiary obwodów kończyny dolnej na wysokości 10 cm nad górnym biegunem rzepki w grupie magnetouch (a), placebo (b), viofor (c).

Na Ryc. 42 przedstawiono wartości obwodów na wysokości 20 cm nad górnym biegunem rzepki. Jak powyżej dla każdego pacjenta z osobna porównywano wartości obwodów kończyny operowanej po operacji (kolor czerwony) oraz po 6 tygodniach od operacji (kolor zielony) z wartościami uzyskanymi dla kończyny zdrowej (kolor niebieski). Oś Y oznacza wartość parametru w (cm), na osi X oznaczono nr badanego. Wartość parametru rejestrowanego na ww. etapach leczenia maleje wraz z upływem czasu od operacji. Najmniej strome linie trendu między trzema punktami kontrolnymi występują w grupie viofor, tam różnica wartości obwodów wynosi 0%, w grupie magnetouch 1%, placebo (2%).

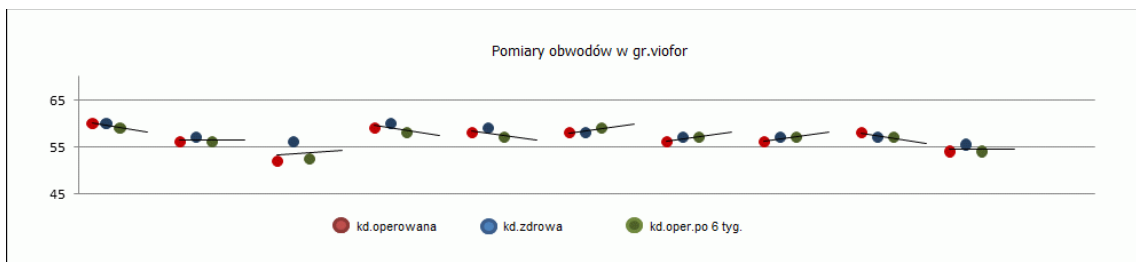
a)



b)



c)



Ryc. 42. Pomiary obwodów kończyny dolnej na wysokości 20 cm nad górnym biegunem rzepki w grupie magnetouch (a), placebo (b), viofor (c).

Wartości siły grupy mięśni zginającej kończynę dolną w stawie kolanowym mierzone testem Lovetta przedstawiono w Tab. 7. Przed opuszczeniem szpitala u większości badanych wartości te oscyływały między 2 do 3. Pomiar po 6 tygodniach od dnia operacji wskazuje na wzrost wartości siły od 4 do 5.

Tab. 7. Ocena siły mięśni zginających staw kolanowy kończyny operowanej.

Pomiar	Pacjent									
	nr 1	nr 2	nr 3	nr 4	nr 5	nr 6	nr 7	nr 8	nr 9	nr 10
w szpitalu viofor	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
po 6 tyg. viofor	4	4	5	5	5	4	5	4	4	4
w szpitalu placebo	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
po 6 tyg. placebo	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5
w szpitalu magnetouch	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
po 6 tyg. magnetouch	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4

W Tab. 8 zebrano wartości siły mięśnia odpowiadającego za ruch wyprost w stawie kolanowym mierzone przed opuszczeniem szpitala oraz po 6 tygodniach od operacji. Po upływie 6 tygodni od operacji siła mięśnia czworogłowego uda, w większości przypadków wzrosła o dwa do trzech stopni w pięciostopniowej skali Lovetta.

Tab. 8. Ocena siły mięśnia prostującego staw kolanowy kończyny operowanej.

Pomiar	Pacjent									
	nr 1	nr 2	nr 3	nr 4	nr 5	nr 6	nr 7	nr 8	nr 9	nr 10
wyprost w szpitalu viofor	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
wyprost po 6 tyg. viofor	4	4	5	5	5	4	5	4	4	4
zgięcie w szpitalu placebo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
zgięcie po 6 tyg. placebo	4	4	5	5	5	4	4	4	4	5
wyprost w szpitalu gr. magnetouch	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
wyprost po 6 tyg. magnetouch	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

V. *DYSKUSJA*

Fizykoterapia z wykorzystaniem ELF - MF jest uznaną i uniwersalną metodą o potwierdzonej klinicznie skuteczności w leczeniu schorzeń narządu ruchu, układu krążenia, chorobach skóry i tkanek miękkich, układu nerwowego. Problemy badawcze będące przyczynkiem do badań własnych mają wielopłaszczyznowy charakter.

Podstawowym zadaniem było określenie wpływu oddziaływania NSPM (dotąd niestosowanego w fizykoterapii) oraz ELF - MF (stosowanego w innych jednostkach chorobowych) na usprawnianie pacjentów po rekonstrukcji ACL. W odniesieniu do szeroko opisanych w literaturze efektów magnetobiologicznych, zadaniem dodatkowym było potwierdzenie słuszności wyboru narzędzi oceny efektu terapeutycznego. Ponadto, poszukiwano odpowiedzi na pytanie czy posturografia statyczna może być skutecznym i obiektywnym testem weryfikacji efektu biologicznego po zastosowaniu tak słabego bodźca jak ELF - MF lub NSPM?

W celu określenia różnic w stabilności postawy między grupą 10 osób po rekonstrukcji ACL, a grupą 17 zdrowych osób (tj. bez urazu ACL) przeprowadzono badanie rejestracji wychyleń centrum nacisku wywieranego na podłoże za pomocą standardowej platformy posturograficznej. Pozwoliło to, na potwierdzenie bezpieczeństwa narzędzia badawczego oraz sformułowanie ogólnych wniosków dot. wpływu dysfunkcji, ograniczenia bodźców wzrokowych w pozycji stojącej na obu kończynach dolnych na wyniki badanych parametrów.

W etapie zasadniczym badań poddano pacjentów po rekonstrukcji ACL ekspozycji pola magnetycznego w ramach 10 - dniowej fizykoterapii. W badaniu uczestniczyły 3 grupy (grupa viofor - pacjenci po rekonstrukcji ACL poddani magnetostymulacji przy wykorzystaniu aparatu Viofor System JPS Classic, grupa magnetouch - pacjenci po rekonstrukcji ACL poddani wpływom pola gradientowego z zastosowaniem aplikatora MagneTouch, grupa placebo - pacjenci, którzy nie zostali poddani terapii z wykorzystaniem pola magnetycznego). Zabiegi były wykonywane od 2 doby po operacji. W końcowym etapie dokonano oceny efektów usprawniania po 6 tygodniach od rekonstrukcji ACL oraz odpowiedzi na postawione pytania badawcze.

Powszechnie wiadomo, że odpowiedzią organizmu na działanie zewnętrznych czynników są reakcje regulacyjne układu nerwowego, hormonalnego

i odpornościowego. Układy nerwowy i hormonalny są zaangażowane w koordynację oraz funkcje informacyjne organizmu. Układ odpornościowy broni przed czynnikami, które mogą wywołać stan zapalny i naruszyć podstawowe funkcje organizmu. Z uwagi na brak biologicznych magnetoreceptorów u człowieka, dążono do poznania sposobu oraz zależności przekształcenia sygnału pola magnetycznego w odpowiedzi systemu biologicznego. Naładowane cząstki żywej materii, jony, które biorą udział w biofizycznych i biochemicznych procesach wydają się być pośrednikami w przekazywaniu sygnałów pola magnetycznego na poziom biochemiczny. Zdaniem Biniego jony metali są często kluczem do uruchomienia niektórych biochemicznych procesów. Zmiany procesów metabolicznych mogą polegać np. na aktywacji enzymu w skład, którego wchodzi jon będący pod wpływem mechanizmów biofizycznych [114]. Znanych jest ponad 3000 enzymów, część z nich potrzebuje do osiągnięcia pełnej aktywności obecności kofaktora w postaci jonu metalu bądź cząsteczki organicznej (koenzymu) [115]. Jony metali wchodzi również w skład białek nie będących enzymami, które są niezbędne w podtrzymywaniu funkcji życiowych. Duda D. i wsp. poddali ocenie aktywność wybranych enzymów ludzkich ekspozowanych na ELF - MF. Zmniejszoną aktywność dysmutazy nadtlenkowej w krwinkach czerwonych uzasadniono wpływem pola magnetycznego na stany spinowe wolnych rodników. Aktywność ceruloplazminy w surowicy krwi wzrosła i była efektem działania pola magnetycznego na nieskompensowane spiny paramagnetyczne jonów miedzi wchodzących w skład enzymu [22]. Patruno A. i wsp. obserwowali wpływ ELF - MF na wybrane enzymy biorące udział w fazie aktywacji procesów zapalnych gojenia rany. Wykazano, że ekspozycja na ELF - MF zwiększa proliferację keratynocytów i wczesną aktywność enzymu syntaza tlenku azotu (NOS), obniża m. in. poziom enzymu cyklooksygenazy 2 (COX - 2). Swoista regulacja reakcji zapalnych może pozwolić na kontrolę i optymalizację proces gojenia. Zdaniem autorów ELF - MF może być pomocne w leczeniu ran skóry powodując przejście z fazy procesów zapalnych do końcowej fazy naprawczej [116].

Reakcje fizjologiczne organizmu będące odpowiedzią na działanie pola magnetycznego oceniano również na podstawie zmian w układzie hormonalnym. Wyspy trzustki odgrywają podstawową rolę w regulacji poziomu glukozy we krwi, wydzielają hormony: insulinę, glukagon, somatostatyny, i polipeptyd trzustkowy. Uwolnienie niedostatecznej ilości tych hormonów może być powodem cukrzycy.

Sakurai i wsp. badali wpływ ELF - MF na wydzielanie hormonu insuliny przez linię RIN - m pochodzące z wysp trzustki. Wyniki sugerują, że ELF - MF ogranicza wydzielanie insuliny spowodowane zmniejszonym napływem jonów Ca^{2+} przez kanały wapniowe [117]. W innym badaniu Wolańska - Okońska M. i wsp. oceniali wpływ pola magnetycznego o parametrach wykorzystywanych w magnetoterapii i magnetostymulacji na wydzielanie kortyzolu u ludzi [118]. Istnieją doniesienia dot. wpływu pola magnetycznego na syntezę melatoniny (produktu wydzielania szyszynki). Synteza melatoniny wzrasta w nocy i jest metabolizowana do siarczanu 6-hydroksymelatoniny (6-HMS). Poziom ww. metabolitu koresponduje z ilością melatoniny w organizmie, którego obniżoną ilość Pflugger i Minder obserwowali u pracowników kolei narażonych na działanie pola magnetycznego o częstotliwości 16,7 Hz (o średniej indukcji 20 μT), [119]. Obserwacje te zostały potwierdzone przez Burch i wsp. w badaniach przeprowadzonych na elektrykach [120]. Karasek i wsp. oszacowali rytm dobowy stężeń melatoniny u pacjentów poddanych magnetoterapii z powodu zespołu bólowego dolnego odcinka kręgosłupa. Wyniki badania wskazują, że wpływ na ludzi przewlekłej aplikacji pola magnetycznego (3 tygodnie) o niskiej częstotliwości powoduje spadek stężenia melatoniny, zwłaszcza jego nocnych wartości, niezależnie od pory dnia zabiegu (rano lub późnym popołudniem) [121].

Działanie biologiczne pola magnetycznego na żywy organizm obserwować można nie tylko na podstawie zmiany wartości parametrów laboratoryjnych, ale również zachowania jednostki lub całej populacji [122]. Do oceny zmian ilościowych w zachowaniu jednostki pod wpływem aplikacji ELF - MF oraz NSPM wykorzystano posturografię statyczną. Zmiany jakościowe związane z poprawą samopoczucia z powodu redukcji bólu, obrzęku, zwiększenia zakresów ruchu w stawie, siłę mięśniową oceniono testami subiektywnymi.

1. Porównanie stabilności osób z nieuszkodzonym więzadłem krzyżowym przednim i pacjentów po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego

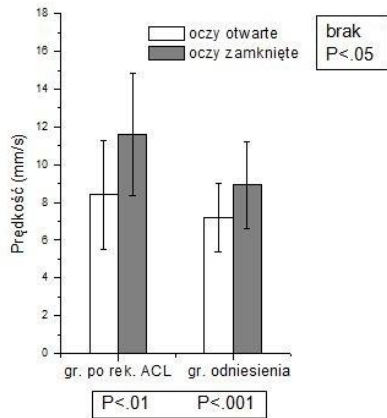
Wyniki przeprowadzonych badań po analizie statystycznej (testem U Manna-Whitney'a dla zmiennych niezależnych oraz kolejności par Wilcoxon dla zmiennych zależnych) są prezentowane na Ryc. 43 do Ryc. 47. Porównując między grupami średnią prędkość wychyleń centrum nacisku oraz obie składowe tej prędkości

(w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej) w pozycji stojącej z oczami otwartymi nie zarejestrowano statystycznie istotnych różnic. Podczas gdy dla testu wykonywanego z oczami zamkniętymi wyniki dla grupy po rekonstrukcji ACL były istotnie większe od grupy bez uszkodzenia ACL (odniesienia). Różnice wyników średniej prędkości i jej składowej w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) pomiędzy testem z oczami otwartymi i zamkniętymi w porównaniach wykonanych wewnątrz grup, okazały się w obu grupach statystycznie istotne Ryc. 43 i Ryc. 44.

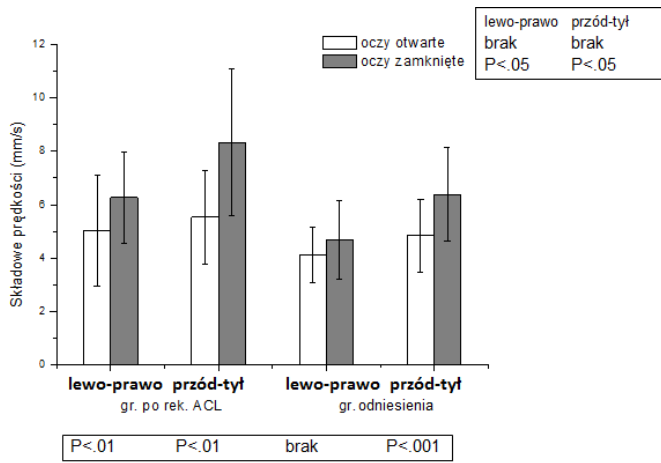
Różnice pomiędzy obiema grupami w liczbie wychyleń COP, zarówno w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) jak i strzałkowej (przód - tył) w teście z oczami otwartymi jak i oczami zamkniętymi nie były istotne statystycznie. Różnice wyników między testem z oczami otwartymi lub zamkniętymi w porównaniach wykonanych wewnątrz grup okazały się dla obu statystycznie istotne w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) oraz statystycznie nieistotne w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) Ryc. 45.

Podczas testu swobodnego stania z oczami otwartymi lub zamkniętymi stwierdzono, że wielkości średniego promienia wychyleń COP były istotnie większe w grupie po rekonstrukcji ACL. Porównania wewnątrz grup nie wykazały różnic istotnych statystycznie Ryc. 46.

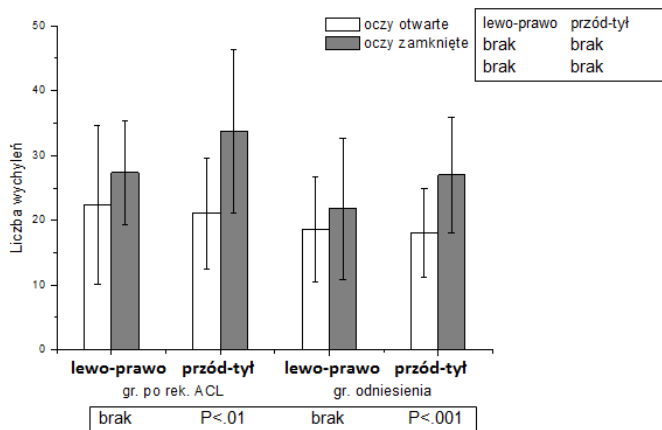
Oceniając średnią prędkość przyrostu pola zakreślanego przez COP w czasie testu swobodnego stania z oczami otwartymi lub zamkniętymi, odnotowano istotnie większe wskazania w grupie po rekonstrukcji ACL w stosunku do grupy odniesienia. Jednocześnie, dokonując porównania w każdej z grup, pomiędzy testem z oczami otwartymi lub zamkniętymi, stwierdzono statystycznie istotne różnice Ryc. 47.



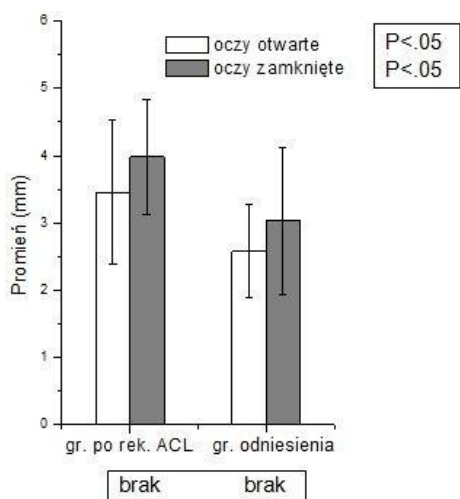
Ryc. 43. Średnie i odchylenia standardowe prędkości wychyleń COP dla grupy po rekonstrukcji ACL oraz bez uszkodzenia ACL (gr. odniesienia) w stanie obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi.



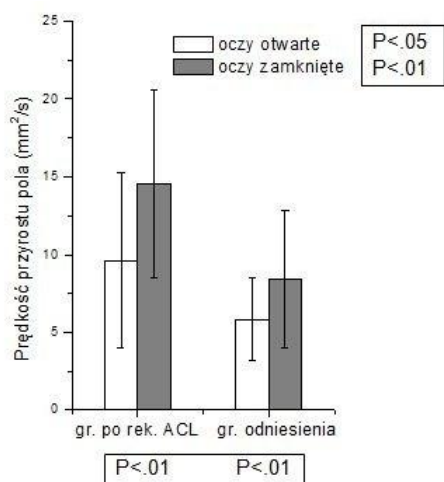
Ryc. 44. Średnie i odchylenia standardowe składowych prędkości wychyleń COP dla grupy po rekonstrukcji ACL oraz bez uszkodzenia ACL (gr. odniesienia) w stanie obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi.



Ryc. 45. Średnie i odchylenia standardowe liczby wychyleń COP dla grupy po rekonstrukcji ACL oraz bez uszkodzenia ACL (gr. odniesienia) w stanie obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi.



Ryc. 46. Średnie i odchylenia standardowe promienia wychyleń COP dla grupy po rekonstrukcji ACL oraz bez uszkodzenia ACL (gr. odniesienia) w staniu obunóż z oczami otwartymi i zamkniętymi.



Ryc. 47. Średnie i odchylenia standardowe prędkości przyrostu pola określanego przez COP dla grupy po rekonstrukcji ACL oraz bez uszkodzenia ACL (gr. odniesienia) w staniu obunóż z oczami otwartymi i zamkniętymi.

Dauty M. i wsp. porównywali stabilność posturalną w warunkach statycznych u pacjentów po 15 dniach od rekonstrukcji ACL z grupą ludzi zdrowych. Testy wykonywano w staniu obunóż lub jednonóż z otwartymi lub zamkniętymi oczami. W każdym z testów badany stał z wyprostowanymi i zgiętymi do kąta 20° kolanami. Analizowano wartości pola powierzchni wychyleń oraz drogę przebytą przez COP. Podczas stania na dwóch kończynach stwierdzono, że wartości parametru były zależne od pozycji stawu kolanowego i kontroli wzrokowej. Wartości wszystkich parametrów w teście z wyprostowanymi kolanami, oczami otwartymi lub zamkniętymi były istotnie większe w grupie po rekonstrukcji ACL. Wzrost długości drogi COP po zamknięciu

oczu był większy w płaszczyźnie strzałkowej. Ponadto, stwierdzono wzrost wartości wszystkich parametrów po zamknięciu oczu [123].

Z uwagi na powyższe obserwacje, przeprowadzono w warunkach analogicznych do wyżej opisanych, badania dla wszystkich grup pacjentów po rekonstrukcji ACL w układzie grupa poddana działaniu ELF - MF do grupy placebo oraz grupa poddana działaniu NSPM do grupy placebo [108].

2. Porównanie stabilności osób po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego

2.1. Test w staniu na obu kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi

Dla większości parametrów w teście z oczami otwartymi średnie wartości były większe w grupie placebo niż w grupie viofor, wyjątek stanowił parametr opisujący pobyty w ćwiartkach przód - prawo oraz tył - prawo dla oczu otwartych lub zamkniętych. Podobne zależności zaobserwowano porównując średnie wartości parametrów między grupą placebo i magnetouch; wyjątek stanowił parametr opisujący pobyty w ćwiartkach przód - lewo oczu otwarte i oczu zamknięte, tył - prawo oczu otwarte lub oczu zamknięte, tył lewo oczu zamknięte oraz liczba wychyleń w płaszczyźnie strzałkowej w warunkach oczu zamkniętych. Dla przywołanych parametrów wartości w grupie magnetouch uzyskały niższą średnią niż w grupie placebo.

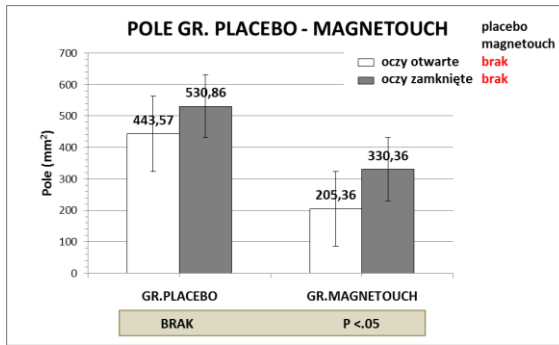
Testy wykorzystane do analizy statystycznej przedstawiono w załącznikach nr: 5, 6.

Porównując średnie wartości wszystkich parametrów między grupą magnetouch, a placebo w teście przeprowadzonym z oczami otwartymi lub zamkniętymi nie odnotowano znamienne istotnych różnic Ryc. 48.

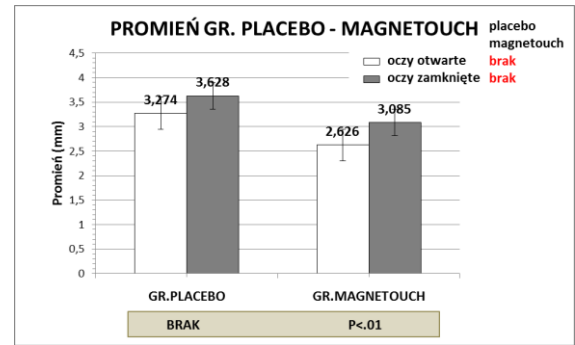
W grupie magnetouch podczas testu wykonywanego z zamkniętymi oczami wartości większości parametrów były istotnie wyższe od rejestrowanych dla oczu otwartych. Dla parametrów pobyty w ćwiartkach oraz długość w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) nie stwierdzono istotnych różnic Ryc. 48.

Ponadto, w grupie placebo nie stwierdzono znamienne istotnych różnic wartości parametrów rejestrowanych podczas testu z oczami otwartymi lub zamkniętymi za wyjątkiem składowej prędkości w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) oraz składowej liczby wychyleń w płaszczyźnie strzałkowej (przód- tył) Ryc. 48.

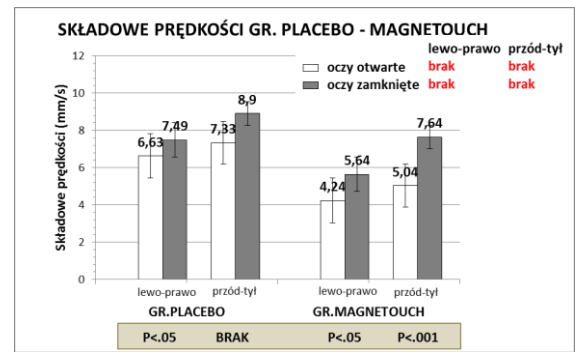
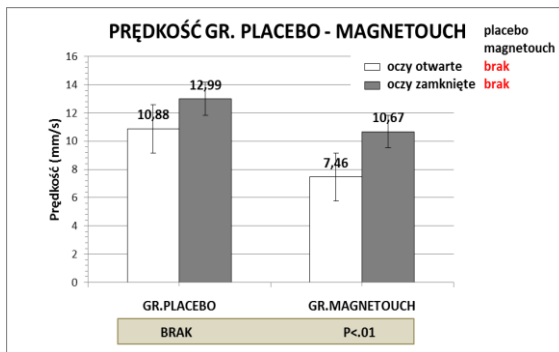
a)



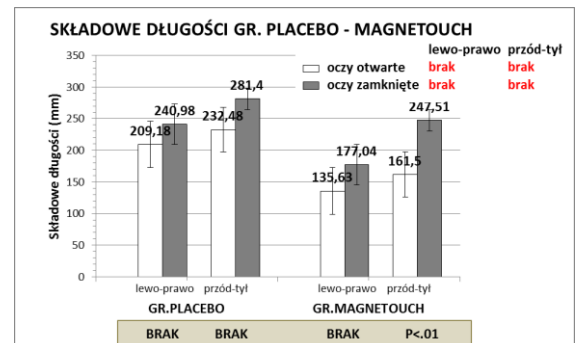
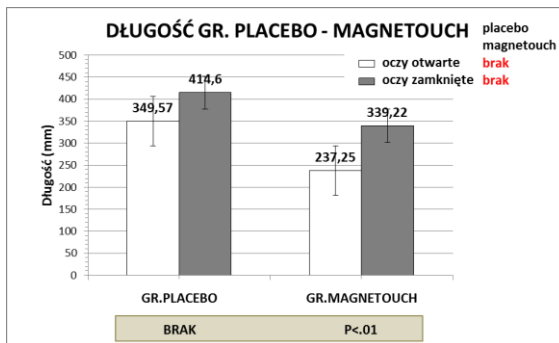
b)



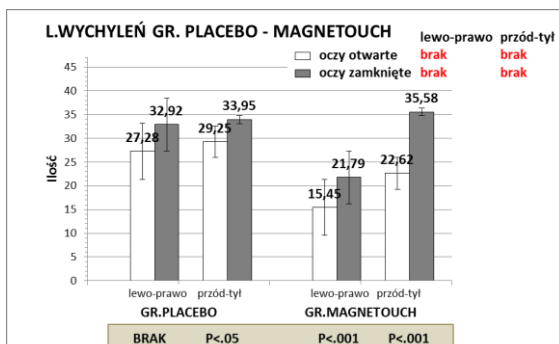
c)



d)



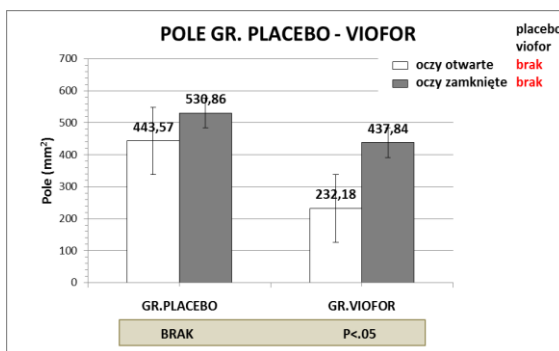
e)



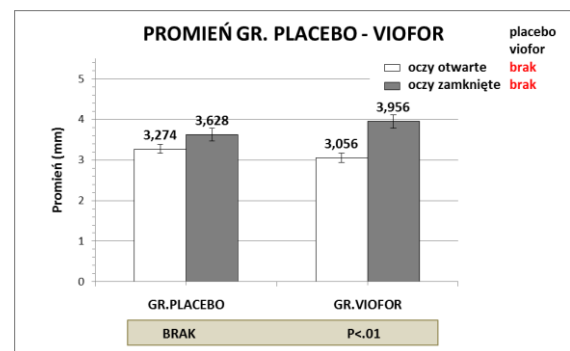
Ryc. 48. Średnie i odchylenia standardowe pola powierzchni COP (a), promienia wychyleń COP (b), prędkości wychyleń COP wraz ze składowymi w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) i czołowej (lewo - prawo) (c), długości drogi COP wraz z składowymi w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) i czołowej (lewo - prawo) (d), liczby wychyleń COP (e); grupa magnetouch i placebo, test w staniu obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

Porównując średnie wartości parametrów uzyskanych przez grupę viofor i placebo nie stwierdzono istotnych różnic Ryc. 49. Wyjątek stanowił parametr pobyt w ćwiartkach tył - lewo dla oczu otwartych gdzie średnie wartości w grupie placebo były istotnie większe niż w grupie viofor. Średnie wartości parametru pobytu w ćwiartkach tył - prawo dla oczu zamkniętych również istotnie się różniły między grupami, wartości większe zarejestrowano w grupie viofor Ryc. 49. Wartości parametrów rejestrowanych w grupie viofor w teście przeprowadzonym z oczami zamkniętymi były istotnie większe od mierzonych podczas stania z oczami otwartymi, wyjątek stanowiły pobyty w ćwiartkach gdzie nie stwierdzono istotnych różnic w wartości parametru. W grupie placebo nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic wartości parametrów rejestrowanych podczas testu z oczami otwartymi lub zamkniętymi za wyjątkiem składowej prędkości w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) oraz składowej liczby wychyleń w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) Ryc. 49.

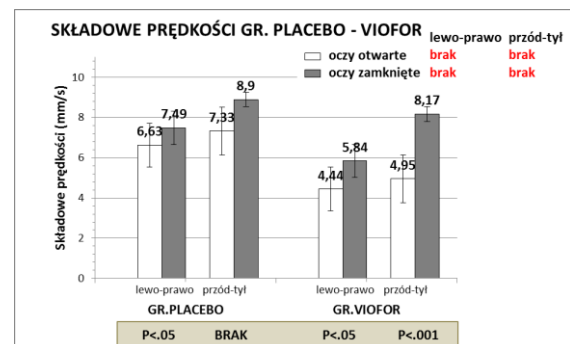
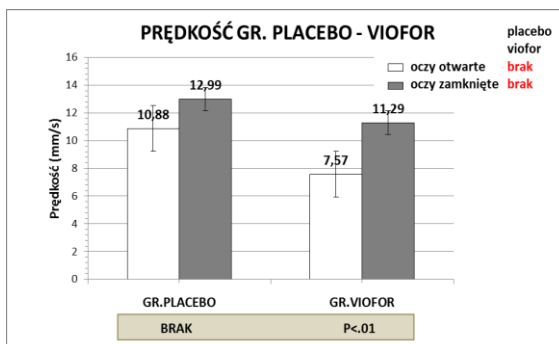
a)



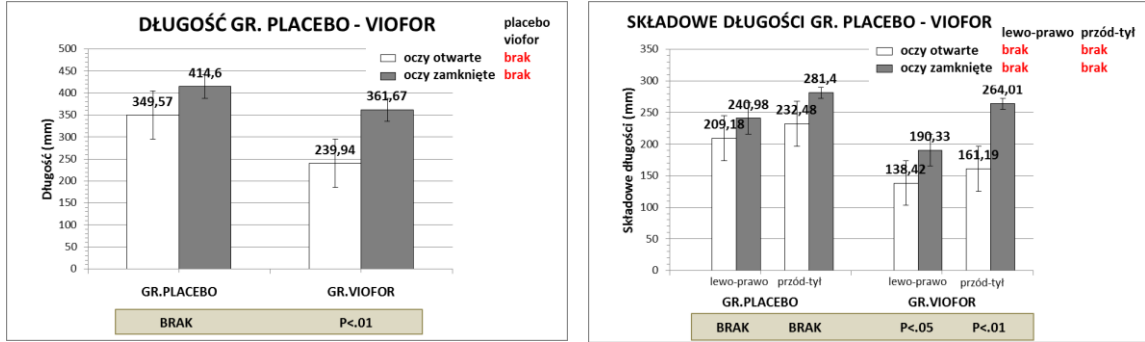
b)



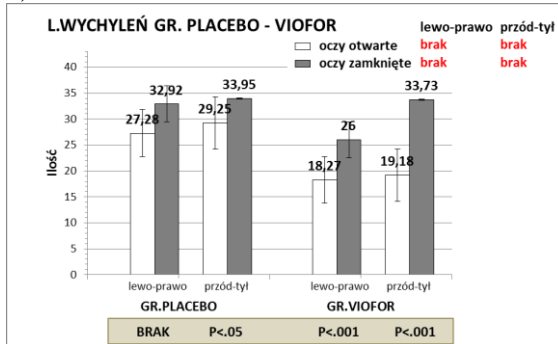
c)



d)

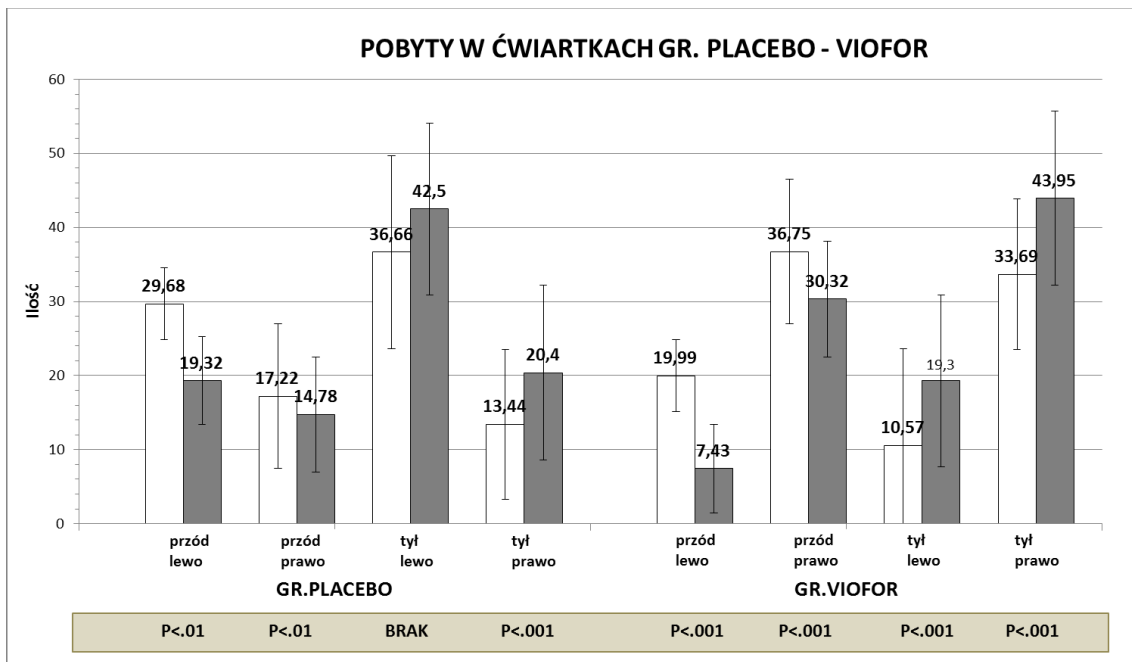


e)



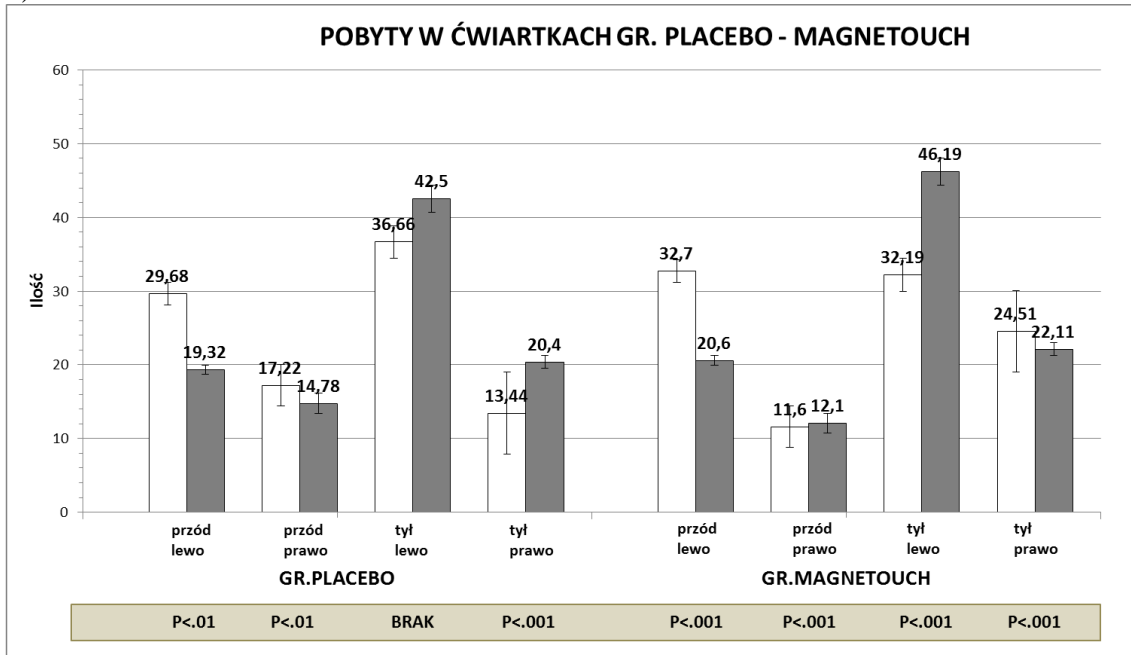
Ryc. 49. Średnie i odchylenia standardowe pola powierzchni COP (a), promienia wychyleń COP (b), prędkości wychyleń COP wraz ze składowymi w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) i czołowej (lewo - prawo) (c), długości drogi COP wraz z składowymi w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) i czołowej (lewo - prawo) (d), liczby wychyleń COP (e); grupa viofor i placebo, test w stanie obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi.

a)



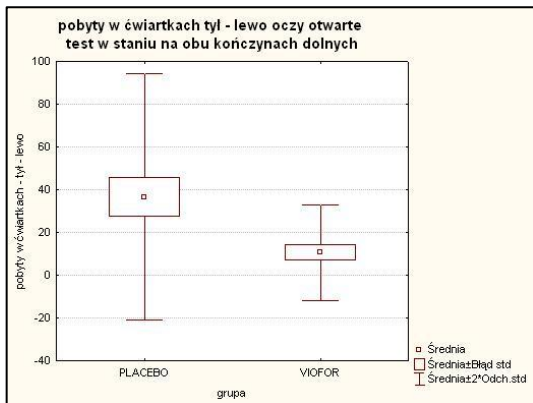
		przód - lewo	przód-prawo	tył - lewo	tył - prawo
PLACEBO : VIOFOR	oczy otwarte	brak	brak	p<.05	brak
	oczy zamknięte	brak	brak	brak	p<.05

b)

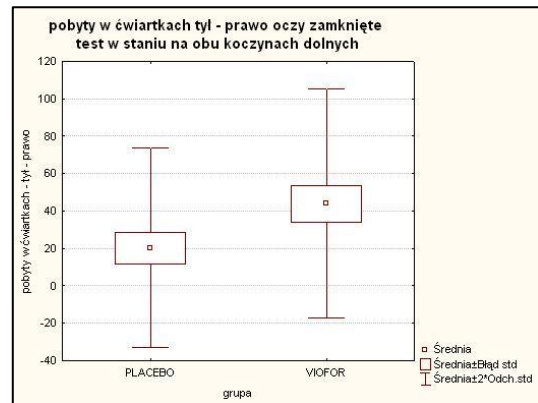


		przód - lewo	przód prawo	tył - lewo	tył - prawo
PLACEBO : MAGNETOUCH	oczy otwarte	brak	brak	brak	brak
	oczy zamknięte	brak	brak	brak	brak

c)



d)



Ryc. 50. Średnie, odchylenia standardowe parametr pobyty w ćwiartkach wszystkie grupy (a - b), pobyty w ćwiartkach (tył – lewo) grupa viofor i placebo w staniu obunóż oczy otwarte (c), pobyty w ćwiartkach (tył prawo) grupa viofor i placebo w staniu obunóż oczy zamknięte (d).

Ograniczenie bodźców wzrokowych w pozycji stojącej na obu kończynach powoduje uwidacznienie różnic w stabilności postawy pomiędzy wszystkim grupami. Kompensowanie upośledzenia kontroli równowagi u osób po rekonstrukcji ACL poprzez większe angażowanie sygnałów wzrokowych wpływa na precyzyjność kontroli postawy. Tezę tą potwierdzają wyniki badań własnych w zakresie wartości niektórych

parametrów, które istotnie wzrosły po zamknięciu oczu we wszystkich grupach. Dauty M i wsp. oceniając stan równowagi ciała po 15 dniach od przeprowadzonej rekonstrukcji ACL wykazali, że zamknięcie oczu pacjentów w grupie po rekonstrukcji ACL powoduje istotny wzrost wartości parametrów takich jak: pole i długość drogi przebytej przez COP (wraz z składowymi w płaszczyznach strzałkowej i czołowej) [123]. RW. Chiu i wsp. badając zintegrowany wpływ wielu sensorów na kontrolę postawy pacjentów z uszkodzonym ACL potwierdzili wzrost wartości parametrów (pole, droga, prędkość) w staniu obunóż na platformie statycznej z oczami zamkniętymi [124]. O'Connell M. i wsp. najniższe wartości wybranych parametrów (droga, prędkość) zarejestrowali podczas stania na dwóch kończynach z oczami otwartymi, a najwyższe w staniu na jednej kończynie z oczami zamkniętymi [125]. Zbliżone wyniki uzyskano w przeprowadzonym eksperymencie dla grupy viofor i magnetouch Tab. 9.

Tab. 9. Zestawienie wartości P dla parametrów rejestrowanych w staniu obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi w grupach magnetouch, placebo, viofor.

nazwa rejestrowanego parametru	MAGNETOUCH wartość P	PLACEBO wartość P	VIOFOR wartość P
długość lewo - prawo oo długość lewo - prawo oz	0,173072	0,085832	0,020863
długość oo długość oz	0,007686	0,074463	0,005062
długość przód - tył oo długość przód - tył oz	0,005062	0,059337	0,005062
liczba wychyleń lewo - prawo oo liczba wychyleń lewo - prawo oz	0,005062	0,059337	0,005062
liczba wychyleń przód - tył oo liczba wychyleń przód - tył oz	0,005062	0,036659	0,005062
pole oo pole oz	0,011719	0,085832	0,011719
prędkość lewo - prawo oo prędkość lewo - prawo oz	0,012516	0,036659	0,028418
prędkość przód - tył oo prędkość przód - tył oz	0,005062	0,059337	0,005062
prędkość oo prędkość oz	0,007686	0,074463	0,005062
promień oo promień oz	0,005062	0,074463	0,005062
przód - lewo pobyt w ćwiartkach oo przód - lewo pobyt w ćwiartkach oz	0,313939	0,553617	0,058708
przód - prawo pobyt w ćwiartkach oo przód - prawo pobyt w ćwiartkach oz	0,674424	0,575063	0,284504
tył - lewo pobyt w ćwiartkach oo tył - lewo pobyt w ćwiartkach oz	0,241122	0,721277	0,260394
tył - prawo pobyt w ćwiartkach oo tył - prawo pobyt w ćwiartkach oz	0,683481	0,767097	0,102919

Suomi R., Kocejka DM. badali wpływ stałego pola magnetycznego na wychylenia COP u zdrowych ludzi w dwóch przedziałach wiekowych 20 do 31 i 58 do 77 lat. Przeprowadzono 4 testy na platformie statycznej w pozycji stojącej na obu kończynach z oczami otwartymi lub zamkniętymi. W czasie testu badani pod stopami mieli wkładki generujące stałe pole magnetyczne lub wkładki bez aplikacji pola. Oceniano całkowitą powierzchnię kołysania centrum nacisku oraz jego wychylenia w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej. W grupie osób starszych w staniu z wkładkami magnetycznymi stwierdzono, znaczące zmniejszenie całkowitej powierzchni kołysania oraz redukcję amplitudy wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej w porównaniu do testu bez aplikacji pola magnetycznego. Znaczenie redukcji amplitudy wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej osób starszych jest szczególnie istotne, gdyż parametr ten okazał się czułym markerem dla oznaczenia funkcjonalnych możliwości osób starszych. Nadmierne wychylenia w płaszczyźnie czołowej u osób starszych związane jest z wysokim ryzykiem upadku. Pole magnetyczne może więc być wykorzystywane w terapii kontroli postawy u osób starszych. Jednorazowa aplikacja wywołała istotnie większy wpływ na stabilność postawy osób starszych niż osób młodych [113, 126].

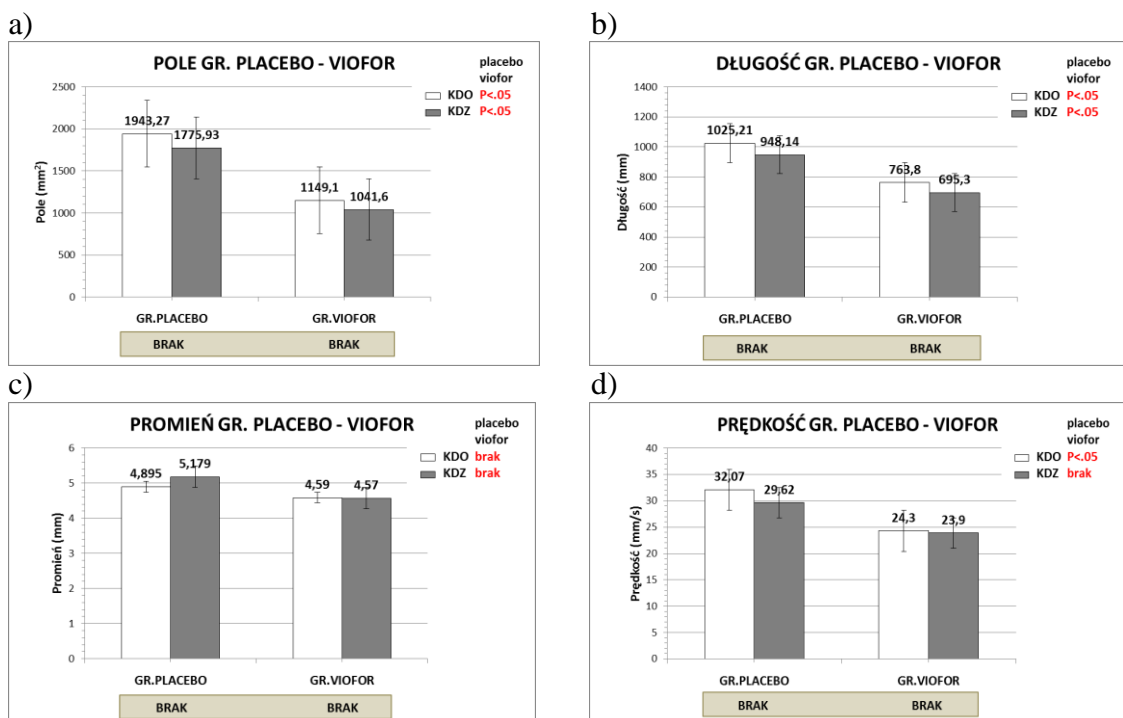
U zdrowego człowieka, niezależnie od cech fizycznych i płci, podczas testu wykonywanego w staniu obunóż z oczami otwartymi oraz zamkniętymi, stosunek wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej do wychyleń w płaszczyźnie czołowej powinien być zbliżony do 1,5. Osoby, których wskaźnik jest mniejszy niż 1,0 wykazują dysfunkcję przedsionkowego systemu kontroli, mózdzku, i/lub deficyty związane z propriocepcją. Większe wychylenia w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej oraz większe wartości całkowitej powierzchni wychyleń COP w staniu obunóż z oczami zamkniętymi wskazywały na rodzaj deficytu proprioceptywnego kończyn dolnych wywołany stanem zapalnym stawów [127]. W badaniu własnym średnie wartości wszystkich parametrów w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej rosły wraz z zamknięciem oczu. We wszystkich badanych grupach zaobserwowano wyższe średnie wartości składowych parametrów w płaszczyźnie strzałkowej, co zostało również wykazane w teście przeprowadzonym w staniu obunóż u osób zdrowych.

2.2. Test w staniu na jednej kończynie dolnej z oczami otwartymi

Średnie wartości rejestrowanych parametrów były większe w grupie placebo niż w grupie viofor z wyłączeniem pobytów w ćwiartkach przód - prawo, tył - lewo, tył - prawo w staniu na kończynie dolnej zdrowej lub operowanej.

Analogicznie średnie wartości parametrów były większe w grupie placebo niż w grupie magnetouch z wyjątkiem pobytów w ćwiartkach dla kończyny dolnej operowanej tył - lewo i tył - prawo oraz dla kończyny zdrowej przód - lewo, przód - prawo, tył - prawo. W załącznikach nr 5,7 przedstawiono testy zastosowane w analizie statystycznej.

Podczas stania na kończynie dolnej operowanej średnie wartości parametrów: pole powierzchni zakreślane przez COP, długość przebytej przez nie drogi wraz ze składową w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył), prędkość wychyleń centrum nacisku wraz ze składową w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) oraz liczba wychyleń w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) pacjentów z grupy placebo były istotnie większe w stosunku do rejestrowanych w grupie viofor. (Ryc. 51, Ryc. 53 a, c, e, Ryc. 54 a, c, d, Ryc. 55 a, c, d, Ryc. 56 a, c). Oceniając średni promień wychyleń COP w czasie stania na kończynie dolnej operowanej lub zdrowej nie stwierdzono istotnych różnic między grupami viofor i placebo (Ryc. 51).

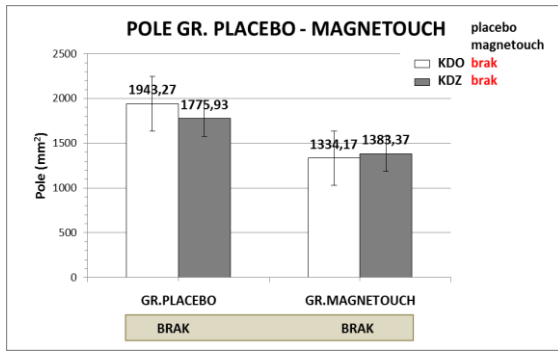


Ryc. 51. Średnie i odchylenia standardowe pola powierzchni COP (a), promienia wychyleń COP (b), długości drogi COP (c), prędkości wychyleń COP (d); grupa viofor i placebo, test w staniu na kończynie operowanej lub zdrowej.

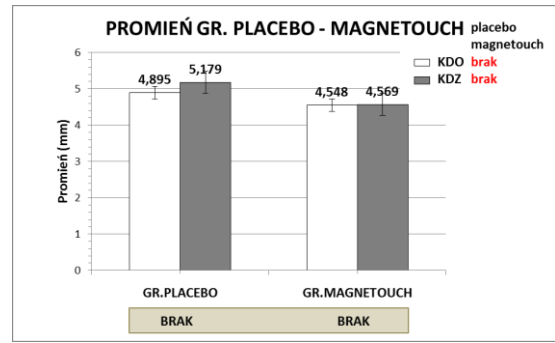
U pacjentów z grupy placebo w czasie stania na kończynie dolnej operowanej, średnie wartości składowej w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) parametrów tj. długość, prędkość oraz w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) parametrów: liczba wychyleń i prędkość były istotnie większe w stosunku do rejestrowanych w grupie magnetouch (Ryc. 52, Ryc. 53 b, d, Ryc. 54 b, e, f, Ryc. 55 b, e).

Negahban H. i wsp. zarejestrowali wyższe średnie wartości prędkości COP oraz jej składowych w grupie z uszkodzonym ACL wynikające z utraty kontroli proprioceptywnej postawy. Wartości parametrów opisujących wychylenia osób z uszkodzonym ACL odniesiono do osób zdrowych w staniu na jednej kończynie dolnej z otwartymi lub zamkniętymi oczami. W teście z oczami zamkniętymi wartości odchylenia standardowego prędkości w płaszczyźnie strzałkowej istotnie się różniły między grupami, nie zaobserwowano różnicy w teście z oczami otwartymi [128]. W innym badaniu najbardziej czułym i wiarygodnym źródłem informacji o stabilności posturalnej w staniu jedno- lub obunóż była prędkość wychyleń COP [129]. Analizując różnice kontroli postawy w staniu obunóż z otwartymi lub zamkniętymi oczami u pacjentów z różnymi zaburzeniami o charakterze ortopedycznym (w tym uszkodzenie ACL) stwierdzono wysoką niezawodność, przydatność parametru prędkość całkowita oraz składowych prędkość w płaszczyznach strzałkowej i czołowej [130]. Wiadomo również, że upośledzeniu kontroli równowagi postawy stojącej w różnych jednostkach chorobowych, towarzyszy najczęściej wydłużenie drogi pokonywanej przez COP [131]. Korzystając z powyższych obserwacji, można uzasadnić różnice między wartościami parametrów w badanych grupach oraz korzystniejsze terapeutycznie wartości parametrów pacjentów z grupy viofor i magnetouch wynikające z działania pola magnetycznego.

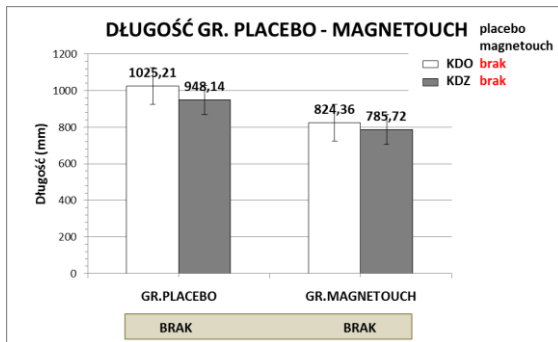
a)



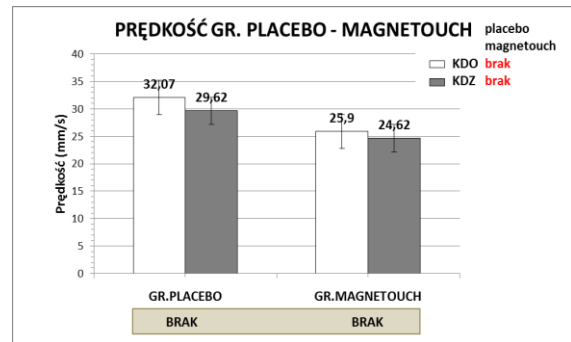
b)



c)

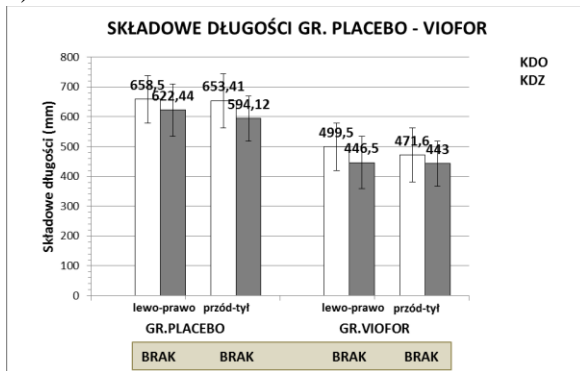


d)



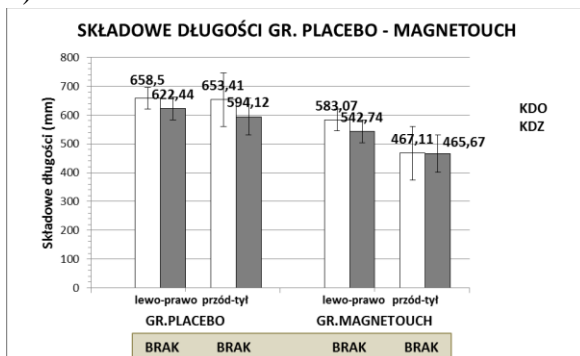
Ryc. 52. Średnie i odchylenia standardowe pola powierzchni COP (a), promienia wychyleń COP (b), długości drogi pokonywanej przez COP (c), prędkości wychyleń COP (d); grupa magnetouch i placebo, test w stanie na kończynie operowanej lub zdrowej.

a)

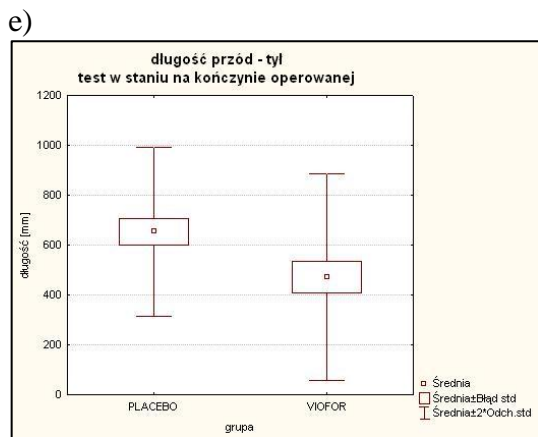
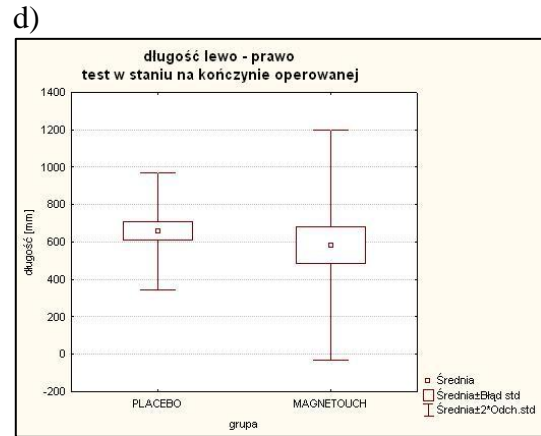
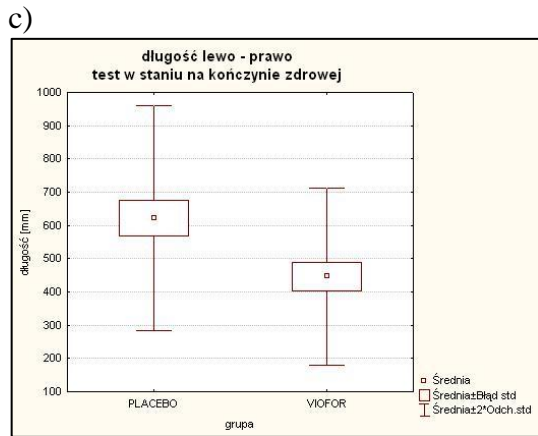


		lewo-prawo	przód-tył
PLACEBO : VIOFOR	kończyna operowana (KDO)	brak	P<.05
	kończyna zdrowa (KDZ)	P<.05	brak

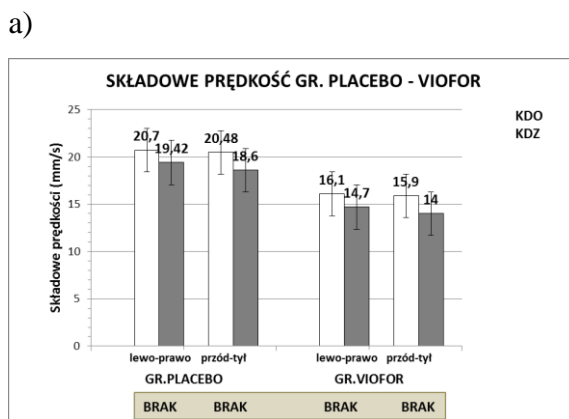
b)



		lewo-prawo	przód-tył
PLACEBO : MAGNETOUCH	kończyna operowana (KDO)	P<.05	brak
	kończyna zdrowa (KDZ)	brak	brak

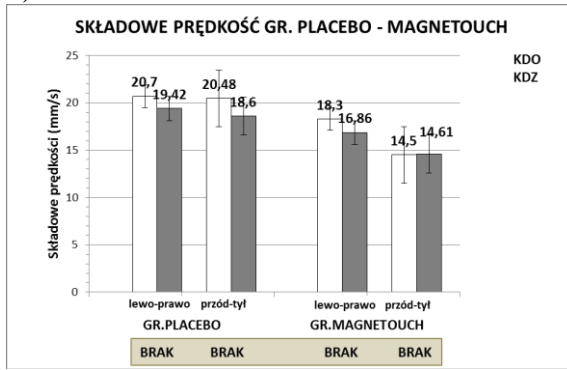


Ryc. 53. Średnie i odchylenia standardowe długości drogi COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) i strzałkowej (przód - tył) wszystkie grupy (a-b), obu składowych długości drogi COP grupa viofor i placebo test w staniu na kończynie operowanej i zdrowej (c,e), długości drogi COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) grupa magnetouch i placebo test w staniu na kończynie operowanej (d).



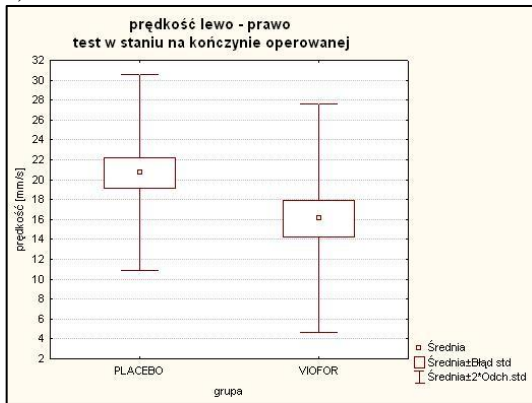
		lewo- prawo	przód - tył
PLACEBO :	kończyna operowana	P<.05	brak
VIOFOR	kończyna zdrowa	P<.05	brak

b)

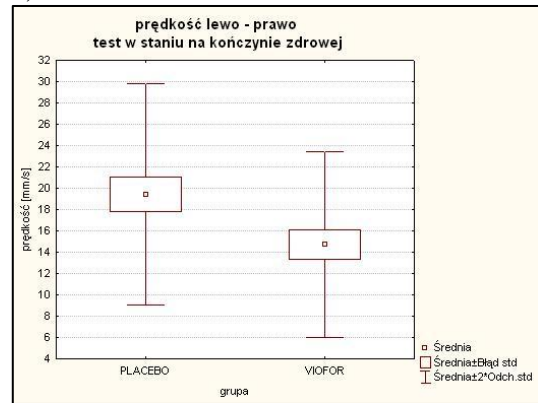


		lewo- prawo	przód - tył
PLACEBO : MAGNETOUCH	kończyna operowana	P<.05	P<.05
	kończyna zdrowa	brak	brak

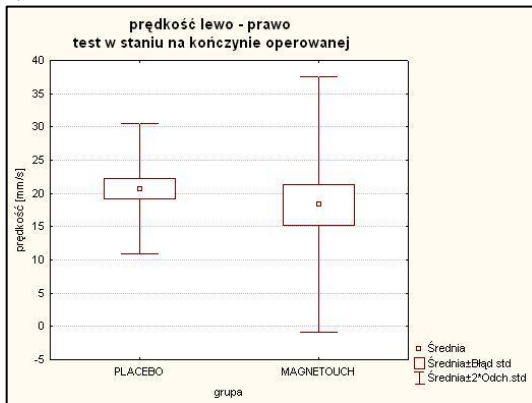
c)



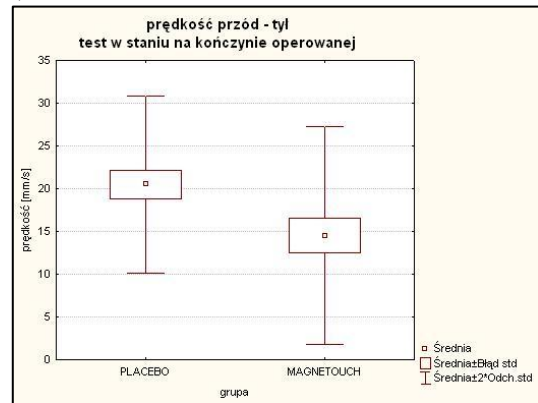
d)



e)

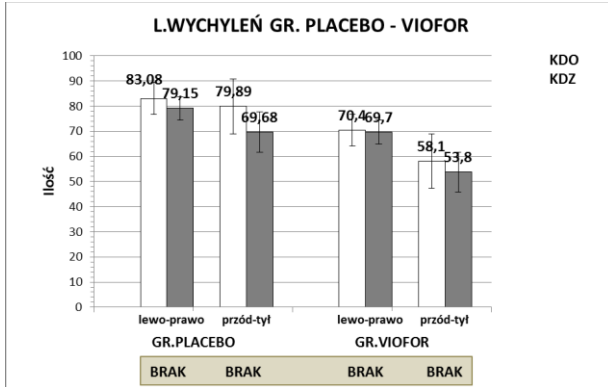


f)



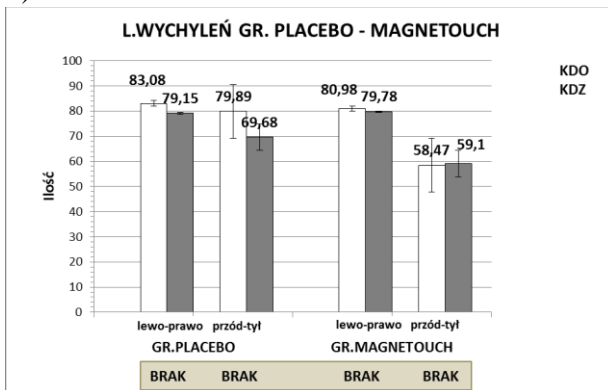
Ryc. 54. Średnie i odchylenia standardowe prędkości wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) lub czołowej (lewo - prawo) wszystkie grupy (a-b), składowych prędkości wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) grupa viofor i placebo test w staniu na kończynie operowanej lub zdrowej (c-d), obu składowych prędkości wychyleń COP grupa magnetouch i placebo test w staniu na kończynie operowanej (e-f).

a)



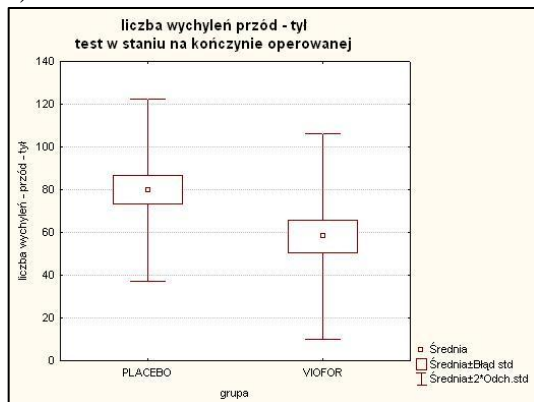
		lewo-prawo	przód-tył
PLACEBO : VIOFOR	kończyna operowana	brak	P<.05
	kończyna zdrowa	brak	P<.05

b)

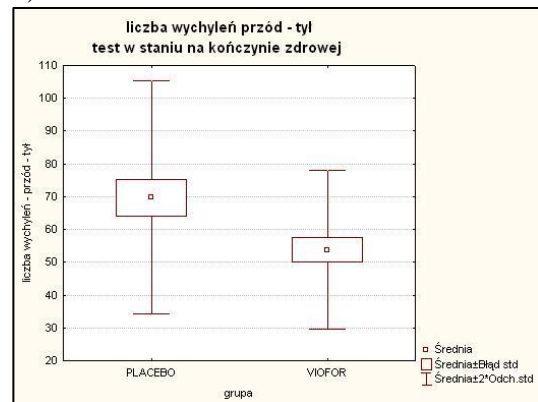


		lewo-prawo	przód-tył
PLACEBO : MAGNETOUCH	kończyna operowana	brak	P<.05
	kończyna zdrowa	brak	brak

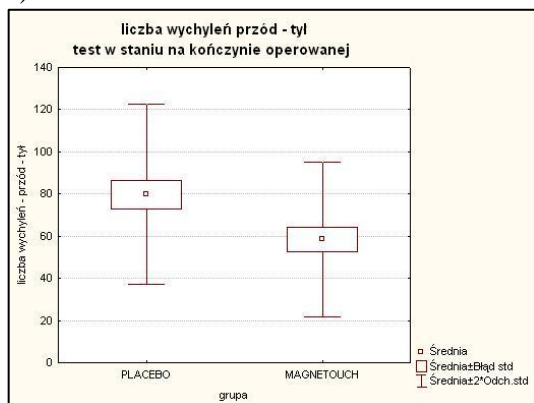
c)



d)

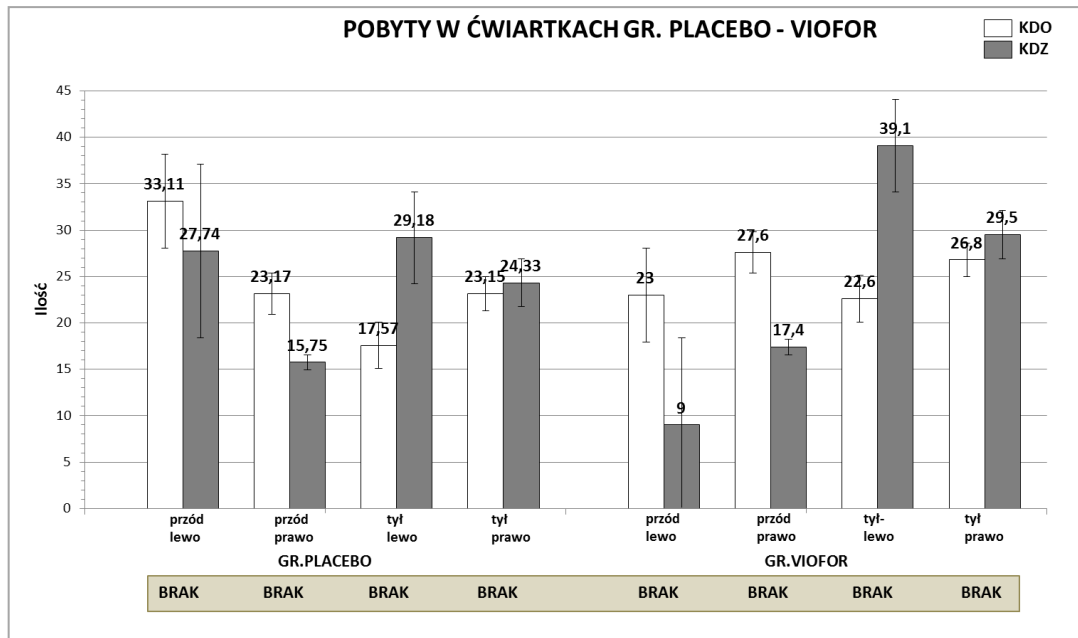


e)



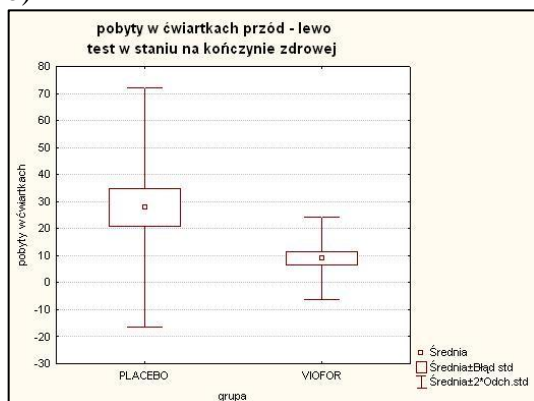
Ryc. 55. Średnie i odchylenia standardowe liczby wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) i czołowej (lewo - prawo) wszystkie grupy (a-b), liczby wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) grupa viofor i placebo test w staniu na kończynie operowanej lub zdrowej (c-d), liczby wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) grupa magnetouch i placebo w staniu na kończynie operowanej (e).

a)

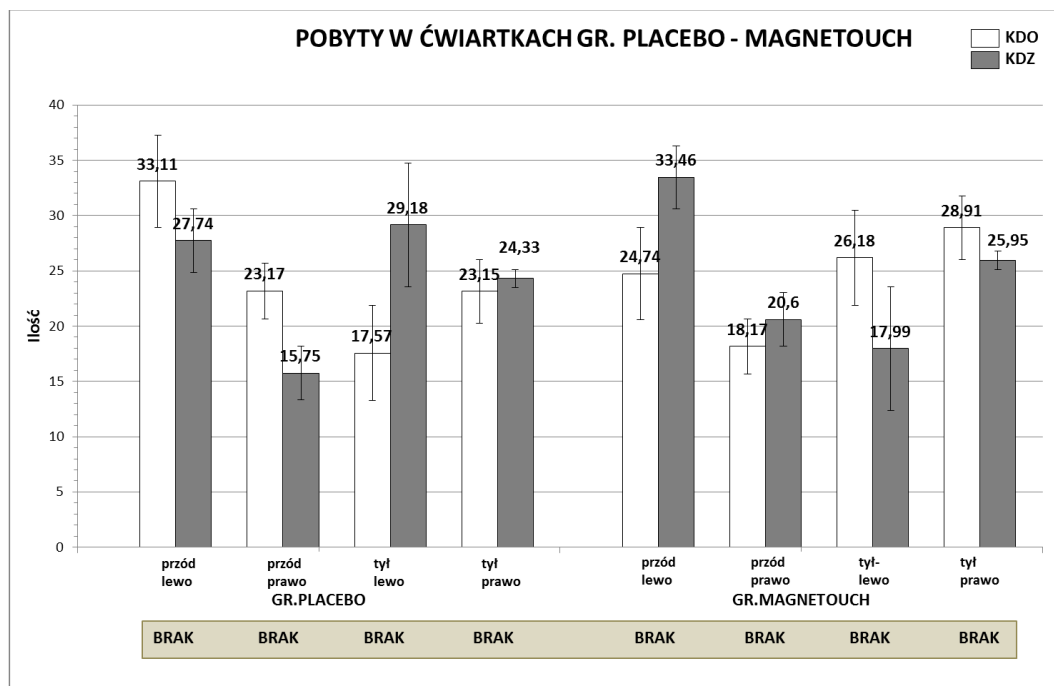


		przód - lewo	przód - prawo	tył - lewo	tył - prawo
PLACEBO :	kończyna operowana	brak	brak	brak	brak
VIOFOR	kończyna zdrowa	P<.05	brak	brak	brak

b)



c)



		przód- lewo	przód - prawo	tył - lewo	tył - prawo
PLACEBO : MAGNETOUCH	kończyna operowana	brak	brak	brak	brak
	kończyna zdrowa	brak	brak	brak	brak

Ryc. 56. Średnie i odchylenia standardowe parametru pobyty w ćwiartkach COP wszystkie grupy (a, c), pobyty w ćwiartkach (przód – lewo) grupa viofor i placebo test w staniu na kończynie zdrowej (b).

W teście przeprowadzonym na jednej kończynie dolnej stwierdzono znaczący wzrost wartości parametrów w stosunku do rejestrowanych na dwóch kończynach, co potwierdzono w doniesieniach literaturowych [132]. Podczas stania na jednej kończynie dolnej podstawa podparcia jest mniejsza. Ciężar ciała przenoszony jest przez jedną kończynę, stąd mniejsza ilość grup mięśniowych zaangażowana jest w aktywne korygowanie przesunięć środka masy [128].

We wszystkich badanych grupach zaobserwowano, że różnice średnich wartości parametrów dla kończyny zdrowej i operowanej nie były istotne statystycznie (Ryc. 51 Ryc. 56). Brak parametrów istotnie różniących kończyny po rekonstrukcji ACL od kończyn zdrowych w tej samej grupie może być związany z osłabieniem stabilności stawu kolanowego kończyny nieoperowanej. Elkabeth L. Harrison i wsp. nie stwierdzili istotnych różnic w kontroli postawy statycznej, w staniu na kończynie operowanej lub zdrowej u pacjentów po 10 - 18 miesięcznej rehabilitacji od rekonstrukcji ACL [133].

Podobnie Negahban H. i wsp. w grupie z uszkodzonym ACL nie zaobserwowali istotnych różnic w wartościach ocenianych parametrów między kończyną uszkodzoną, a zdrową [128]. Hoffman M. i wsp. powyższy brak różnic w kontroli postawy oparli na możliwościach centralnego układu nerwowego do wprowadzania natychmiastowych zmian wynikających z potrzeb funkcjonalnych. Jednostronne zerwanie ACL powoduje asymetrię między obiema kończynami. Niwelowanie tego zaburzenia polega na ograniczeniu funkcjonalności kończyny zdrowej, co przejawia się zmniejszoną kontrolą postawy w stanie na kończynie nieuszkodzonej [134].

Tab. 10. Zestawienie wartości P dla parametrów rejestrowanych w stanie na kończynie operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach magnetouch, placebo, viofor.

nazwa rejestrowanego parametru	MAGNETOUCH wartość P	PLACEBO wartość P	VIOFOR wartość P
promień kdo, promień kdz	0,646462	0,441269	0,893904
pole kdo, pole kdz	0,575063	0,79886	0,824098
długość kdo, długość kdz	0,79886	0,284504	0,656642
prędkość kdo, prędkość kdz	0,721277	0,236138	0,656642
długość lewo - prawo kdo, długość lewo - prawo kdz	0,878482	0,284504	0,247747
prędkość lewo - prawo kdo, prędkość lewo - prawo kdz	0,674424	0,313939	0,624065
liczba wychyleń lewo - prawo kdo, liczba wychyleń lewo - prawo kdz	0,575063	0,812704	0,593712
długość przód - tył kdo, długość przód - tył kdz	0,444587	0,358952	0,722108
prędkość przód - tył kdo, prędkość przód - tył kdz	0,475533	0,358952	0,838464
liczba wychyleń przód - tył kdo, liczba wychyleń przód - tył kdz	0,878482	0,241122	0,893904
przód - lewo pobyt w ćwiartkach kdo, przód - lewo pobyt w ćwiartkach kdz	0,33288	0,507625	0,35053
przód - prawo pobyt w ćwiartkach kdo, przód - prawo pobyt w ćwiartkach kdz	0,593955	0,284504	0,656642
tył - lewo pobyt w ćwiartkach kdo, tył - lewo pobyt w ćwiartkach kdz	0,138642	0,185145	0,154861
tył - lewo pobyt w ćwiartkach kdo, tył - lewo pobyt w ćwiartkach kdz	0,838464	0,646462	0,154861

Wydaje się, że różnice wartości przedstawionych parametrów są spowodowane stosowaniem zewnętrznego ELF - MF lub NSPM. W celu wykluczenia wpływu innych czynników na wyniki badania na platformie posturograficznej w staniu jednoonóż, tj. dominacji kończyny, odniesiono się do danych literaturowych. W pracy poświęconej m.in. badaniu wpływu dominacji kończyny dolnej na równowagę w staniu jednoonóż u pacjentów zdrowych (tj. bez uszkodzenia ACL) nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w stabilność kończyny dolnej dominującej i niedominującej [133]. W innym badaniu przeprowadzonym na 3 grupach studentek uprawiających gimnastykę, koszykówkę lub piłkę nożną oceniano wpływ czynników determinujących wyniki testu równowagi. Stwierdzono, że głównym czynnikiem wpływającym na uzyskany wynik był rodzaj uprawianego sportu. Koszykarki uzyskały istotnie gorsze wyniki w teście statycznym od gimnastyczek oraz istotnie gorsze wyniki w teście dynamicznym od piłkarek. Jednocześnie nie stwierdzono istotnego wpływu kończyny (dominującej bądź niedominującej) na wyniki obu testów [135]. Podobne wnioski sformułował Matsuda S., którego badanie z wykorzystaniem stabilometru nie wykazało istotnych różnic w zachowaniu równowagi ciała w staniu na kończynie dolnej dominującej lub niedominującej w grupach piłkarzy, koszykarzy, pływaków i mężczyzn nie uprawiających sportu. Piłkarze wykazali się największą spośród badanych stabilnością postawy w staniu na jednej kończynie dolnej [136]. Odnosząc powyższe do wyników zaprezentowanych w niniejszej pracy, można stwierdzić, że różnice w wartościach parametrów kończyny dolnej operowanej w grupach viofor, magnetouch, placebo nie wynikają z dominacji jednej z kończyn dolnych.

3. Metody subiektywne

Wg Markowa i wsp. mechanizm pojawiania się bólu powiązany jest ze stanem zapalnym tkanki, zwiększeniem objętości płynu śródmiąższowego, który uciskając wolne zakończenia nerwowe generuje impuls wysyłany do mózgu. Zgodnie z tą hipotezą pola magnetyczne redukują ból poprzez zmniejszenie nadmiernej objętości zgromadzonego płynu śródmiąższowego. Proces ten odbywa się za pośrednictwem naczyń krwionośnych i układu chłonnego [137]. Powikłaniem miejscowym po rekonstrukcji ACL bywa krwiak, który narastając zwiększa ciśnienie śródstawowe i potęguje ból. Wzmoczone napięcie mięśniowe ogranicza ruch w stawie, a ustawienie kończyny w pozycji przeciwbólowej może sprzyjać powstawaniu przykurczu zgięciowego. Ponadto, uczucie bólu ogranicza zaangażowanie pacjenta w proces usprawniania i wpływa na efektywność pracy. Z uwagi na ograniczoną liczbę badań dotyczących stosowania pola magnetycznego w terapii po rekonstrukcji ACL, przeprowadzona dyskusja odnosi się również do zastosowania pola magnetycznego w leczeniu innych stawów bądź innych zmian w stawie kolanowym. Jakość publikowanych badań z zastosowaniem pola magnetycznego jest często kwestionowana m.in. z powodu nieskutecznego maskowania, np. gdy pacjent używa na co dzień aplikatora w postaci bransoletki, do którego przyciągane są klucze [138]. Wnioski z zastosowanych terapii wskazują na skuteczność bez wykazania istotności statystycznej [139]. Pod wątpliwość poddawana jest wiarygodność subiektywnego narzędzia oceny efektu terapeutycznego.

Pulsujące pole elektromagnetyczne łagodzące ból kolana i kręgosłupa szyjnego na tle zmian zwyrodnieniowych okazało się istotnie skuteczniejsze niż placebo w badaniu przeprowadzonym przez Trock i wsp. Po 18 dniach zabiegów i miesiącu obserwacji osiągnięto istotną redukcję bólu w czasie ruchu w odniesieniu do grupy placebo oraz w stosunku do stanu wyjściowego przed aplikacją pola [140]. Podobne wnioski opisali Jacobson II i wsp. po zastosowaniu terapii polem magnetycznym o amplitudzie $2,74 \times 10^{-7}$ G do $3,4 \times 10^{-8}$ G i częstotliwości 7,7 do 0,976 Hz u pacjentów z bólem kolan z powodu choroby zwyrodnieniowej stawów [141].

Zastosowanie zmiennego pola magnetycznego generowanego aparatem Viofor o parametrach aplikacji M2, program P3 znalazło dotąd zastosowanie w leczeniu chorób tkanek miękkich, oparzeń, odleżyn, angiopatii cukrzycowej, angiopatii na tle

miażdżycowym, reumatyzmie pozastawowym, w stwardnieniu rozsianym, neuralgii nerwu twarzewego. Efekt analgetyczny wydaje się być kluczowym czynnikiem postępu rehabilitacyjnego. W publikowanych badaniach z wykorzystaniem aparatu Viofor efekt przeciwbólowy uzyskiwano dotąd stosując parametry: aplikacja M1, program P1 w terapii zespołów bólowych dolnego odcinka kręgosłupa, aplikacja M1, program P3, intensywność 1 - 10 w zeszywniających zmianach stawów kręgosłupa. Wolańska i wsp. wykazali, że magnetostymulacja jest szczególnie skuteczna w zespołach chorobowych, w których dominującym objawem jest ból (m. in. bóle pourazowe) u pacjentów nie poddanych farmakoterapii [142].

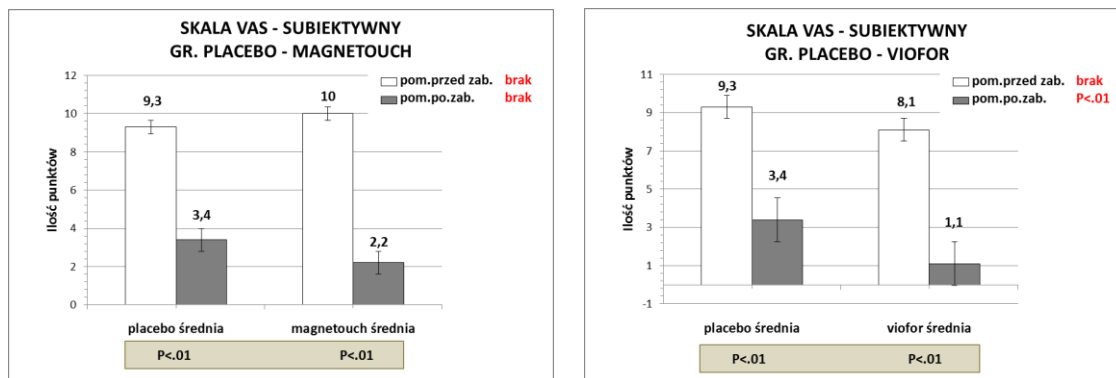
Z uwagi na dużą bolesność pooperacyjną wszyscy uczestnicy badania przyjmowali leki łagodzące objawy, stąd możemy mówić o działaniu pola magnetycznego w skojarzeniu z farmakoterapią. Wyniki badań (Ryc. 57 a) potwierdzają spostrzeżenia E. Jankowskiej i wsp., gdyż w grupie viofor (skojarzonego leczenia farmakologicznego z magnetostymulacją) osiągnięto efekt terapeutyczny istotnie większy niż w grupie placebo (jedynie farmakoterapia) [143, 144]. W grupie viofor wyraźną redukcję dolegliwości bólowych potwierdziło 5 pacjentów (wyniki w skali VAS 1 - 3), całkowite ustąpienie objawów zaobserwowano u 5 badanych. Ponadto, działanie synergistyczne leku i pola magnetycznego okazało się efektywne, co obserwowano w redukcji ilości przyjmowanych leków lub dawki jednostkowej. Zmniejszenie bólu wpływa również na poprawę stanu psychicznego pacjenta, wycieszenie emocjonalne, redukcję stanów depresyjnych [145], co jak pisze Jankowska jest istotnym czynnikiem podwyższającym próg wrażliwości bólowej.

Sieroń A. podkreśla wydłużony efekt działania przeciwbólowego, przekraczający czas ekspozycji na pole magnetyczne. Biologiczna histereza działania pola magnetycznego stanowi uzasadnienie dla utrzymującego się po zakończeniu ekspozycji działania analgetycznego [146].

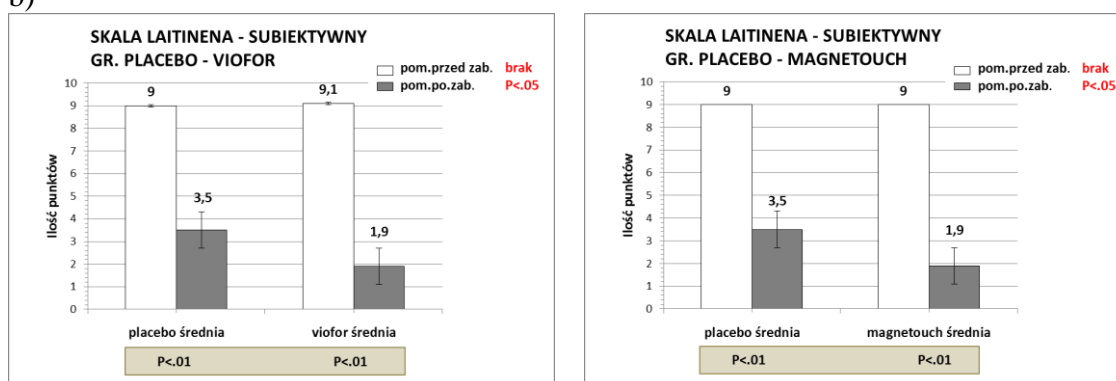
Do analizy statystycznej wartości wszystkich parametrów subiektywnych wykorzystano test U Manna-Whitney'a dla zmiennych niezależnych oraz test kolejności par Wilcozona dla zmiennych zależnych.

Zmodyfikowana skala Laitinena, której pytania charakteryzują odczuwany przez pacjenta ból, wykazała istotny wpływ fizykoterapii z wykorzystaniem ELF - MF lub NSPM na wyniki porównawcze testów między grupami viofor i placebo oraz magnetouch i placebo (Ryc. 57 b).

a)



b)



Ryc. 57. Średnie i odchylenia standardowe wartości parametru wyrażone w skali wzrokowo - analogowej VAS (a), w skali Laitinena (b).

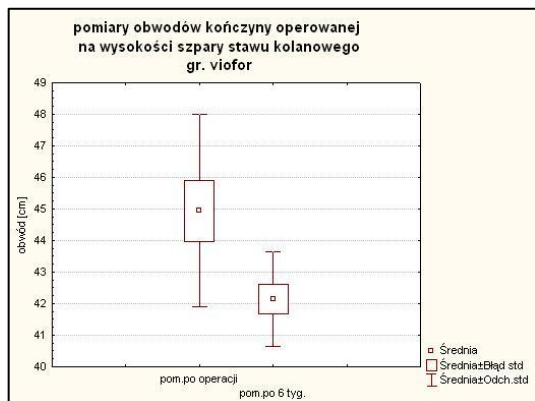
Działanie przeciwobrzękowe, przeciwzapalne magnetostymulacji we wczesnej fizjoterapii po artroskopii stawu skokowo - goleniowego poruszyli Pasek J. i wsp. W celu likwidacji bólu oraz obrzęku jak również walki z powikłaniami (wysięk w stawie) zalecają począwszy od drugiej doby stosowanie fizykoterapii [147]. W innym doniesieniu magnetostymulacja wraz magnetoterapią i krioterapią są zalecanym postępowaniem fizykalnym redukującym ból oraz zapewniającym prawidłowe gojenie rany pooperacyjnej po endoplastyce stawu skokowo - goleniowego. Autorzy (Koczy B. i wsp.) zalecali stosowanie zabiegów od pierwszej doby po operacji przez okres 2 - 3 tygodni wraz z kinezyterapią. Działanie regeneracyjno - naprawcze i odżywcze zabiegów przyspiesza wchłanianie krwiaka pooperacyjnego, zmniejszenie obrzęku okołostawowego oraz występującego wysięku [148]. Procesy zapalne stawów mogą być wtórne, np. wywołane urazem, zabiegiem chirurgicznym. U pacjentów po artroskopowym leczeniu uszkodzeń chrząstki stawowej, stosowanie pulsującego pola elektromagnetycznego w pierwszym tygodniu po artroskopii przyspieszyło powrót

funkcji stawu. Efekt leczniczy utrzymywał się podczas 3 - letniej obserwacji [149]. Dzięki zabiegom z wykorzystaniem pulsującego pola elektromagnetycznego skutecznie można kontrolować stan zapalny. Chondroprotekcja związana z ochroną chrząstki stawowej przed katabolicznym efektem prozapalnych cytokin, zapobiega jej degeneracji i utracie mechanicznej funkcji [150].

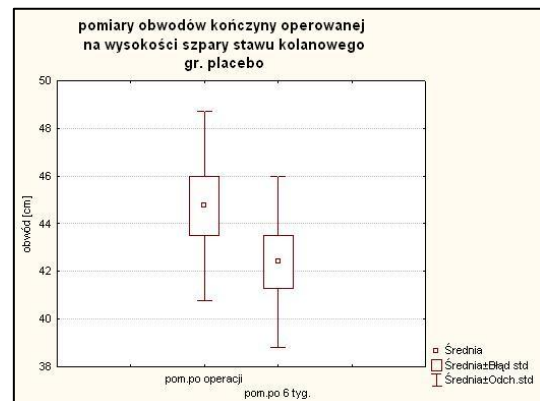
W badaniu własnym zaobserwowano istotną statycznie różnicę średnich wartości obwodów mierzonych na wysokości szpary stawu kolanowego po 6 tygodniach od rekonstrukcji w grupach viofor i magnetouch, co wiążemy z efektem redukcji obrzęku na tej wysokości (Ryc. 58 a - c). Jednocześnie, w grupie magnetouch stwierdzono istotne różnice średnich wartości pomiarów wykonanych w szpitalu i po 6 tygodniach od operacji na wysokości 10 i 20 cm nad górnym biegunem rzepki Tab. 11.

Podobnie w grupie placebo średnie wartości parametru na wysokości 20 cm nad górnym biegunem rzepki istotnie się różniły. Obserwacja ta może być uzasadniona redukcją masy mięśnia czworogłowego uda. Hoffman M. i wsp. pooperacyjne zaniki mięśnia i ograniczenie jego siły obserwowali po kilku miesiącach od zabiegu. Za prawdopodobne przyczyny uznali użycie więzadła rzepki do rekonstrukcji ACL oraz wysięk, ból prowadzące do odruchowego hamowania aktywności mięśnia czworogłowego i wyłączenia jego funkcji [151].

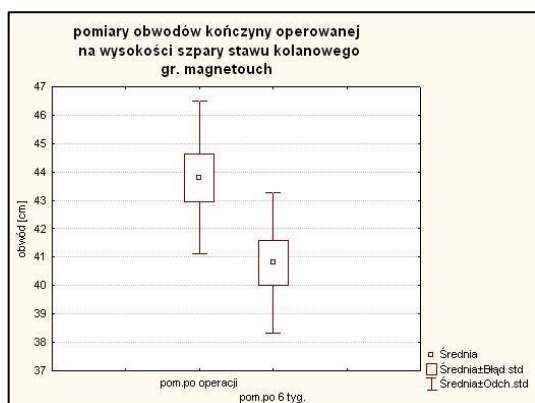
a)



b)



c)



Ryc. 58. Średnie i odchylenia standardowe wartości obwodów mierzonych na wysokości szpary stawu kolanowego, pomiar po operacji i po 6 tygodniach od operacji w grupie viofor (a), placebo (b), magnetouch (c).

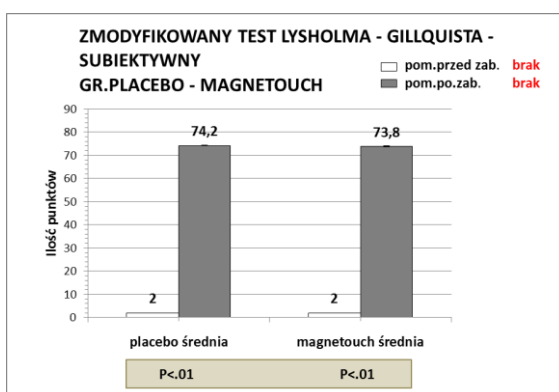
Tab. 11. Zestawienie wartości P parametru obwód kończyny operowanej.

pomiar obwodów	grupa	wartość P
na wysokości szpary stawu kolanowego, pomiar po operacji oraz po 6 tyg. od operacji	magnetouch	0,005062
	placebo	0,059337
	viofor	0,007686
na wysokość 10 cm nad górnym biegunem rzepki, pomiar po operacji oraz po 6 tyg. od operacji	magnetouch	0,015157
	placebo	0,066317
	viofor	0,050613
na wysokość 20 cm nad górnym biegunem rzepki, pomiar po operacji oraz po 6 tyg. od operacji	magnetouch	0,044012
	placebo	0,028403
	viofor	0,779435

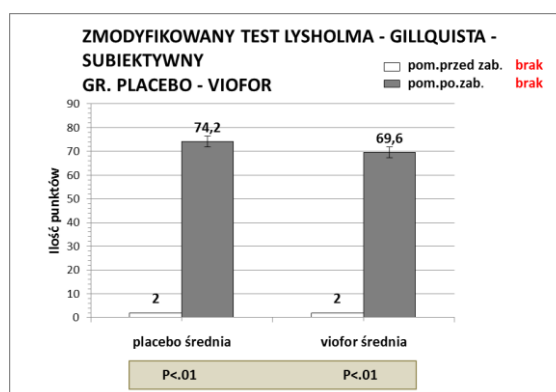
Niektóre z zaplanowanych testów weryfikacji określające czynność stawu, jakość życia pacjenta, siłę mięśniową, zakres ruchu w stawie kolanowym nie potwierdziły istotnych statystycznie różnic wartości wyników między grupami: viofor: placebo oraz magnetouch: placebo.

Średnie wartości wyników uzyskanych na podstawie skali Lysholma - Gillquista, nie różniły się istotnie między grupami (Ryc. 59). Jednocześnie średnie wartości wyników rejestrowanych w każdej z grup przed opuszczeniem szpitala przez pacjenta i po 6 tygodniach od operacji różniły się istotnie, co wskazuje na poprawę czynności stawu oraz wzrost subiektywnej oceny pacjenta w zakresie stabilności kolana. Pomimo tego, iż skala Lysholma jest powszechnie używana, wiarygodność jej wyników wydaje się być wątpliwa. W testach kontrolnych po ok. 6 - miesięcznym okresie usprawniania zakłada się, że 100 pkt. oznacza wynik bardzo dobry, od 99 do 85 pkt. wynik dobry, a poniżej 84 pkt. wynik niezadowolający [15]. Duży rozrzut zakreślonych przez pacjentów wartości w badaniach własnych wskazuje na wysoki subiektywizm oceny. W grupie viofor dwóch pacjentów uzyskało powyżej 85 pkt., jeden pacjent zbliżył się do wartości max, co po 6 tygodniach usprawniania wydaje się być nieprawdopodobne. Barrett D.S. badając związek między propriocepcją, poczuciem stabilności i bezpieczeństwem stawu kolanowego podkreśla niejednoznaczność wyników testów. Wskazuje na dobrą korelację wyników testu Lysholma z testem klinicznej stabilności stawu, jednocześnie małą korelację między testem Lysholma, a testami funkcjonalnymi i satysfakcją pacjentów [152]. Tegner i wsp. zauważa, że mimo iż test odnosi się do oceny czynności stawu kolanowego, to pacjenci o niskim poziomie aktywności mogą uzyskać wysoki wynik [153].

a)



b)



Ryc. 59. Średnie i odchylenia standardowe wartość parametru wyrażone w skali Lysholma - Gillquista, dla grup magnetouch i placebo (a), viofor i placebo (b).

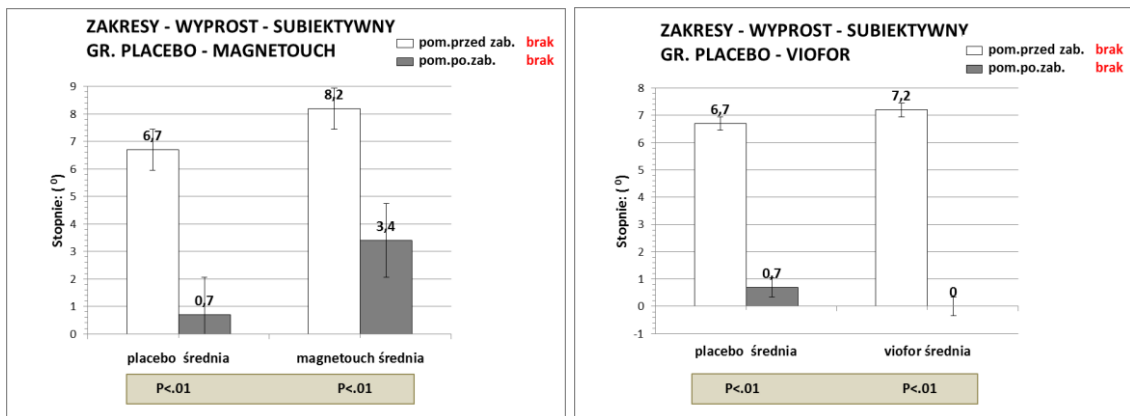
Ponadto, porównując grupy stwierdzono brak istotnych różnic średnich wartości parametru siła mięśniowa, ocenianej testem Lovetta przed opuszczeniem szpitala przez pacjenta oraz po 6 tygodniach od operacji. Średnia wartość siły grup mięśni zginających staw kolanowy oraz mięśnia czworogłowego, u pacjentów w każdej z grup istotnie wzrasta po 6 tygodniach od operacji w stosunku do pomiaru wykonanego wyjściowo w szpitalu. Siła jest jedną z głównych cech motorycznych człowieka. Pozostaje w bezpośrednim związku z masą mięśniową. Celem rehabilitacji po operacji jest wzmacnianie głównie siły mięśnia czworogłowego, ale również zginaczy kolana, trójgłowego łydki, odwodźcicieli i przywodźcicieli stawu biodrowego. Dla zachowania równowagi biomechanicznej antagonistycznych mięśni ważne jest osiągnięcie siły mięśniowej, tak by stosunek siły zginaczy do prostowników odpowiadał mięśniom kończyny nieuszkodzonej [154]. Chen C.Y. i wsp. badali wpływ długotrwałego działania pola magnetycznego na wzrost siły mięśniowej stosując terapię stałym polem magnetycznym (przez 12 tygodni, indukcji 35 mT wielobiegunowego pola magnetycznego) za pomocą opaski na kolano u pacjentów ze zwyrodnieniami kolan w stopniu łagodnym i umiarkowanym. W ocenie obiektywnej za pomocą dynamometru do izokinetycznej oceny mięśni, stałe pole magnetyczne przyczyniło się do znacznego wzrostu siły mięśnia czworogłowego uda oraz do redukcji bólu. Autorzy zalecają stosowanie pola magnetycznego w leczeniu uzupełniającym również z uwagi na możliwość samodzielnej aplikacji w domu [155].

Stwierdzono ponadto, że wartości średnich zakresów ruchu zgięcia i wyprostowania w stawie kolanowym nie różnią się istotnie między badanymi grupami. Zaobserwowano, że średnie wartości zgięcia zmierzone po 6 tygodniach od operacji były istotnie większe od średnich wartości parametru rejestrowanego przed opuszczeniem szpitala przez pacjentów w każdej z grup. Ponadto, średnie wartości zakresu ruchu prostowania w stawie kolanowym, po 6 tygodniach rehabilitacji istotnie różniły się od zmierzonych na zakończenie pobytu w szpitalu (Ryc. 60 a, b).

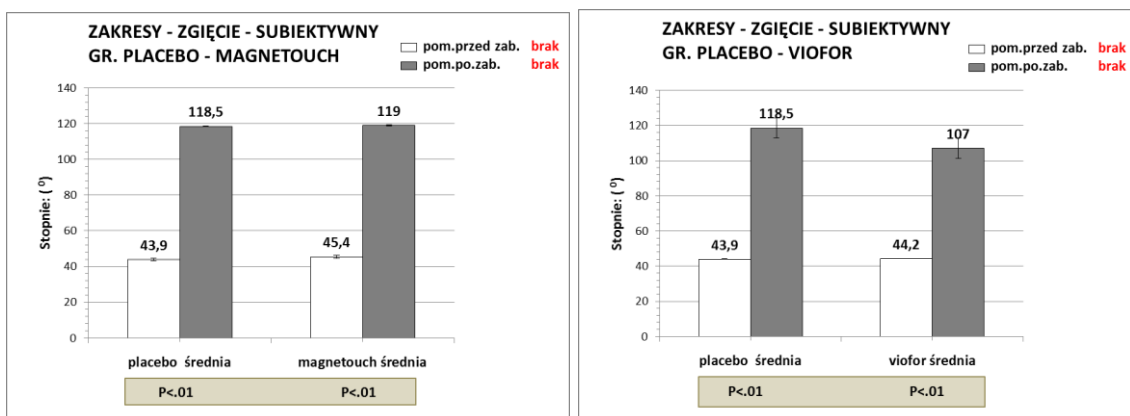
Benazzo F. i wsp. stosując po rekonstrukcji ACL pulsujące pola elektromagnetyczne, o parametrach 1,5 mT przez 60 dni po 4 godziny dziennie, udowodnił istotne statystycznie zmiany pod postacią skrócenia okresu powrotu do zdrowia w grupie pacjentów badanych, redukcji obrzęku stawów i odzyskania fizjologicznego zakresu ruchu. Autorzy sugerują, uwzględnienie terapii po rekonstrukcji ACL, zwłaszcza u sportowców w celu skrócenia czasu regeneracji, ograniczenia reakcji

zapalnej. Ciężkie zapalenie stawów po urazie, artroskopia lub infekcja może doprowadzić do uszkodzenia chrząstki stawowej. Terapia pulsującym polem elektromagnetycznym może ograniczyć kataboliczne działanie cytokin prozapalnych na chrząstki stawowe i sprzyja aktywności anabolicznej z chondrocytów [150]. Podobne efekty uzyskali Fischer G. i wsp. oceniając wpływ słabych pulsujących pól elektromagnetycznych na pacjentów z chorobą zwyrodnieniową stawów kolanowych w oparciu o pomiar m. in. zakresu ruchu, obecność przykurczu zgięciowego w stawie, brak pełnego wyprost, stabilność kolana w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej, odczuwanie bólu, wpływ na układ krążenia. Po 6 tygodniach terapii badacze stwierdzili redukcję bólu u pacjentów oraz wzrost mobilności utrzymujące się jeszcze po 4 tygodniach od zakończenia leczenia [156].

a)



b)



Ryc. 60. Średnie i odchylenia standardowe wartości zakresu ruchu kończyny dolnej w stawie kolanowym, wyprost (a), zgięcie (b).

VI. WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. Stosowane po rekonstrukcji ACL z użyciem śrub biochłaniających zabiegi fizykalne wykorzystujące pola magnetycznego ELF - MF lub NSTP mają działanie analgetyczne, przeciwobrzękowe i przeciwzapalne. Z tego powodu celowym jest rozszerzenie standardowej fizykoterapii o zabiegi wykorzystujące pola magnetyczne.

2. Miarą skuteczności stosowanych pól magnetycznych są różnice w wartościach parametrów opisujących stabilność postawy pacjentów po rekonstrukcji ACL oraz testy subiektywne:

a) najbardziej czułymi parametrami w staniu na jednej kończynie jest prędkość wychyleń COP i jej składowe (w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej), pole powierzchni zakreślone przez COP, długość drogi przebytej przez COP oraz składowe długości w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej.

b) spośród zastosowanych testów subiektywnych wzrokowo-analogowa skala VAS, zmodyfikowany kwestionariusz wg Laitinena oraz pomiary obwodów wskazywały na występowanie różnic istotnych statystycznie. Testy te są łatwe do przeprowadzenia i nie wymagają nakładu dodatkowych środków finansowych.

3. Testy posturograficzne wykazały występowanie ilościowych różnic w wartościach parametrów opisujących wychylenia COP w staniu na obu kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi między grupą zdrowych ludzi, a grupą pacjentów będących po 6 tygodniach od rekonstrukcji ACL. Parametrami różnicującymi są promień wychyleń COP, średnia prędkość przyrostu pola zakreślonego przez COP, a w teście z oczami zamkniętymi średnia prędkość wychyleń COP oraz obie jej składowe.

4. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że posturografia statyczna ujawnia różnice w kontroli postawy związane z ograniczeniem płaszczyzny podparcia i kontroli wzrokowej. Z uwagi na swą uniwersalność wskazane jest wykorzystanie posturografii statycznej do oceny efektu leczniczego dysfunkcji narządu ruchu o różnym podłożu, a zaproponowane testy są akceptowane przez pacjenta po 6 tygodniach po rekonstrukcji ACL.

VII. STRESZCZENIE

Fizykoterapia z wykorzystaniem wolnozmiennych pól magnetycznych (ELF - MF - ang. *extremely low frequency magnetic field*) jest uznaną i uniwersalną metodą o potwierdzonej klinicznie skuteczności w leczeniu wielu schorzeń w tym narządu ruchu. Celem pracy było określenie wpływu niejednorodnego stałego pola magnetycznego (pol. NSPM), dotąd niestosowanego w fizykoterapii oraz ELF - MF (stosowanego w innych jednostkach chorobowych) na usprawnianie pacjentów po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego (ACL - ang. *anterior cruciate ligament*). Ponadto, szukano optymalnych narzędzi subiektywnych i obiektywnych do oceny efektu terapeutycznego. Badanie przeprowadzono na populacji ludzi w wieku 20 - 37 lat podzielonej na 4 grupy (grupa viofor - pacjenci po rekonstrukcji ACL poddani magnetostymulacji przy wykorzystaniu aparatu Viofor System JPS Classic, grupa magnetouch - pacjenci po rekonstrukcji ACL poddani wpływom pola gradientowego z zastosowaniem aplikatora MagneTouch, grupa placebo - pacjenci po rekonstrukcji ACL, którzy nie zostali poddani terapii z wykorzystaniem pola magnetycznego oraz grupa zdrowych ludzi, tj. bez uszkodzenia ACL). W grupach po rekonstrukcji ACL zabiegi fizykalne były wykonywane od 2 doby po operacji przez 10 dni, codziennie. Wszyscy pacjenci operowani byli z wykorzystaniem tej samej metody zabiegowej oraz poddani byli przez okres pobytu w szpitalu usprawnianiu leczniczemu wg jednego modelu kinezyterapii. Efekty fizykoterapii oceniano za pomocą subiektywnych testów: a) wzrokowo-analogowej skali VAS (ang. *Visual Analogue Scale*), b) zmodyfikowanego kwestionariusza oceny bólu wg Laitinena, c) oceny parametrów tj. utykanie, podpór na kończynie operowanej, wchodzenie po schodach, możliwość wykonania przysiadu, ocena chodu i bólu, opuchlizny oraz zaniku mięśni uda po operacji dokonano z użyciem zmodyfikowanego testu Lysholm - Gillquista, d) pomiarów obwodów kończyny miarą krawiecką (na wysokości szpary stawu kolanowego, 10cm i 20cm nad górnym biegunem rzepki), e) zakres czynnego ruchu zgięcia i wyprostu w stawie kolanowym oceniano z wykorzystaniem standardowego goniometru, f) pomiaru siły grupy mięśni zginających i mięśnia prostującego staw kolanowy. Pomiarzy wykonywano przed i po cyklu zabiegowym oraz po 6 tygodniach od operacji. Ponadto, po 6 tygodniach od operacji dokonano obiektywnej oceny kontroli postawy ciała na statycznej platformie posturograficznej na podstawie wybranych

parametrów. Stwierdzono, że zastosowane zabiegi fizykalne z wykorzystaniem pola magnetycznego ELF - MF lub NSTP mają działanie analgetyczne, przeciwobrzękowe i przeciwzapalne. Miarą skuteczności były różnice w wartości parametrów opisujących stabilność postawy pacjentów po rekonstrukcji ACL oraz testach subiektywnych. Różnice średnich wartości parametrów rejestrowane były głównie w staniu na jednej kończynie dolnej. Parametrami najbardziej czułymi i różnicującymi zachowanie kontroli postawy były prędkość błędzenia centrum nacisku (COP - ang. *center - of - foot pressure*), oraz obie składowe prędkości COP (w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej), pole powierzchni określone przez COP, długość drogi przebytej przez COP oraz składowe długości (w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej). Spośród zastosowanych testów subiektywnych skala VAS, zmodyfikowany kwestionariusz wg Laitinena oraz pomiary obwodów skazywały na występowanie różnic istotnych statystycznie. Są one łatwe do przeprowadzenia i nie wymagają nakładu dodatkowych środków finansowych. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że posturografia statyczna ujawnia różnice w kontroli postawy związane z ograniczeniem płaszczyzny podparcia i kontroli wzrokowej. Z uwagi na swą uniwersalność wskazane jest wykorzystanie posturografii statycznej do oceny efektu leczniczego dysfunkcji narządu ruchu o różnym podłożu, a zaproponowane testy są akceptowane przez pacjenta po 6 tygodniach po rekonstrukcji ACL.

VIII. SUMMARY

Physical therapy using ELF - MF (extremely low frequency magnetic field) is one of renown, universal and clinically proven efficient methods of treating many diseases, also of motor organs. The study aimed at determining the impact of non - uniform magnetic field (not used in physical therapy so far) and the ELF - MF (used to treat other diseases) on patients' recovery after the anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. Additionally, optimum and subjective tools were sought to evaluate the therapeutic effect. The study covered the population of people between 20 and 37 years of age who were divided into four groups (the Viofor group - post - ACL reconstruction patients subjects to magnetic stimulation using the Viofor JPS Classic device, the magnetouch group - post - ACL reconstruction patients subjects to MagneTouch - applicator - generated gradient field, the placebo group - post - ACL reconstruction patients who did not receive any magnetic field treatment and a group of healthy people). Treatment sessions started from the second day after the operation and were continued daily for the next ten days. All the patients were operated using the same operation method and the same kinesitherapy model during their hospital stay. Effects of the physical therapy were evaluated by some subjective tests: a) the Visual Analogue Scale (to measure pain), b) the modified pain assessment Laitinen questionnaire, c) evaluating such parameters as: limping, using the operated limb, stairs ascending, knee bending range, assessing pain, walk, swelling and the thigh muscular atrophy after the operation with the modified Lysholm - Gillquist scale, d) measuring the size of a limb using a measuring tape (at the articular capsule of the knee, 10 cm and 20 cm above the patella upper), e) knee bending range and straightening capability measured with a standard goniometer, f) measuring the strength of the knee flexor and rectifier muscles. All the measures were taken prior to and after treatment sessions as well as 6 weeks after the operation. Additionally, there was an objective assessment of the body position on a static posturography platform based on selected parameters. The study proved the analgesic, antioedematous and anti - inflammatory features of physical treatments with the use of the ELF - MF and the non - uniform magnetic fields. The difference between various methods efficiency were measured by the different parameters describing body position stability in post - ACL reconstruction patients and the subjective tests. The differences in the parameters were mainly recorded with only

one lower limb loaded. Among the parameters most crucial to a stable body position were: the centre - of - foot pressure (COP), both COP velocity components (the saggital and the frontal planes), the COP surface area, the COP path length and the path components (both in the saggital and the frontal planes). Among all the subjective tests applied only the VAS scale, the modified Laitinen scale and measuring of the sizes revealed statistically important differences. The tests were easy to conduct and did not require additional financial means. The study proved that the static posturography shows the differences in the body position control related to a limited support plane and visual control. Using the static posturography in order to evaluate the therapeutic effect of a various - cause motor organ malfunction treatment is highly recommended as very universal and all the tests suggested in the study are widely and easily accepted by patients 6 weeks after the ACL reconstruction.

IX. SPIS TABEL

Tab. 1. Dane statystyczne z województwa kujawsko - pomorskiego zebrane w latach 2008 - 2011 r., dot. wieku i ilości pacjentów po rekonstrukcji ACL.....	7
Tab. 2. Wykaz zastosowanych testów subiektywnych wraz z charakterystyką.....	25
Tab. 3. Dane statystyczne dot. uszkodzeń współistniejących w obrębie stawu kolanowego.....	28
Tab. 4. Dane statystyczne dot. przyczyn uszkodzenia ACL.....	28
Tab. 5. Charakterystyka parametrów zabiegowych.....	30
Tab. 6. Wartości pola magnetycznego wytwarzane przez aparat Viofor JPS System Classic, gdzie I^* = poziom intensywności.....	31
Tab. 7. Ocena siły mięśni zginających staw kolanowy kończyny operowanej.....	74
Tab. 8. Ocena siły mięśnia prostującego staw kolanowy kończyny operowanej.....	74
Tab. 9. Zestawienie wartości P dla parametrów rejestrowanych w stanie obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi w grupach magnetouch, placebo, viofor.	86
Tab. 10. Zestawienie wartości P dla parametrów rejestrowanych w stanie na kończynie operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach magnetouch, placebo, viofor.	96
Tab. 11. Zestawienie wartości P parametru obwód kończyny operowanej.....	102

X. SPIS RYCIN

Ryc. 1. Przebiegi czasowe aplikacji M2. (źródło: Viofor JPS System, User Manual, Med&Life, Komorów - Warszawa 2005).....	31
Ryc. 2. Aplikator MagneTouch (a), pacjent podczas aplikacji NSPM z wykorzystaniem aplikatora MagneTouch (b).....	33
Ryc. 3. Zależność indukcji magnetycznej (B_z) od wysokości (a), Rozkład indukcji magnetycznej (B_z) na wysokości $10 \times 10^{-3} \text{m}$ nad MagneTouch (b).....	33
Ryc. 4. Badanie posturograficzne w pozycji stojącej na jednej kończynie dolnej (a), pomiar wykonywany w pozycji stojącej na dwóch kończynach (b), posturograf firmy Pro - Med (c).	34
Ryc. 5. Trajektoria (a) i szeregi czasowe w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) (b) i strzałkowej (przód - tył) (c) błędzenia centrum nacisku otrzymane dla osoby zdrowej.	36
Ryc. 6. Trajektoria (a) i szeregi czasowe w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) (b) i strzałkowej (przód - tył) (c) błędzenia centrum nacisku otrzymane dla osoby po rekonstrukcji ACL.	37
Ryc. 7. Promień wychyleń COP w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).	38
Ryc. 8. Pole powierzchni zakreślonej przez COP w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).	39
Ryc. 9. Długość drogi przebytej przez COP w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).	40
Ryc. 10. Prędkość wychyleń COP w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).	41
Ryc. 11. Długość drogi przebytej przez COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).	42

- Ryc. 12. Prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl)..... 43
- Ryc. 13. Długość drogi przebytej przez COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl)..... 44
- Ryc. 14. Prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl)..... 45
- Ryc. 15. Liczba wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl)..... 46
- Ryc. 16. Liczba wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl)..... 47
- Ryc. 17. Pobyty w ćwiartkach COP (przód - lewo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).
..... 48
- Ryc. 18. Pobyty w ćwiartkach COP (przód - prawo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).
..... 49
- Ryc. 19. Pobyty w ćwiartkach COP (tył - lewo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).
..... 50
- Ryc. 20. Pobyty w ćwiartkach COP (tył - prawo) w staniu na kończynie dolnej operowanej (kdo) lub zdrowej (kdz) w grupach po rekonstrukcji ACL, dla

grupy odniesienia w staniu na kończynie dolnej prawej (kdp) lub lewej (kdl).	51
Ryc. 21. Promień wychyleń COP w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	52
Ryc. 22. Pole powierzchni zakresłone przez COP w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	53
Ryc. 23. Długość drogi przebytej przez COP w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	54
Ryc. 24. Prędkość wychyleń COP w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	55
Ryc. 25. Długość drogi przebytej przez COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	56
Ryc. 26. Prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	57
Ryc. 27. Długość drogi przebytej przez COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	58
Ryc. 28. Prędkość wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	59
Ryc. 29. Liczba wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).	60
Ryc. 30. Liczba wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).	61
Ryc. 31. Pobyty w ćwiartkach COP (przód - lewo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	62
Ryc. 32. Pobyty w ćwiartkach COP (przód - prawo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	63
Ryc. 33. Pobyty w ćwiartkach COP (tył - lewo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	64
Ryc. 34. Pobyty w ćwiartkach COP (tył - prawo) w staniu na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi (oo) lub zamkniętymi (oz).....	65

Ryc. 35. Ocena bólu na podstawie zmodyfikowanego kwestionariusza wg Laitinena.	66
Ryc. 36. Ocena czynności i stabilności stawu kolanowego w skali Lysholma – Gillquista.....	67
Ryc. 37. Ocena bólu na podstawie wzrokowo-analogowej skali VAS.....	68
Ryc. 38. Ocena zakresu ruchu zgięcia kończyny dolnej w operowanym stawie kolanowym.....	69
Ryc. 39. Ocena zakresu ruchu wyprostu kończyny dolnej w operowanym stawie kolanowym.....	70
Ryc. 40. Pomiar obwodów kończyny dolnej na wysokości szpary stawu kolanowego w grupie magnetouch (a), placebo (b), viofor (c).....	71
Ryc. 41. Pomiar obwodów kończyny dolnej na wysokości 10 cm nad górnym biegunem rzepki w grupie magnetouch (a), placebo (b), viofor (c).....	72
Ryc. 42. Pomiar obwodów kończyny dolnej na wysokości 20 cm nad górnym biegunem rzepki w grupie magnetouch (a), placebo (b), viofor (c).....	73
Ryc. 43. Średnie i odchylenia standardowe prędkości wychyleń COP dla grupy po rekonstrukcji ACL oraz bez uszkodzenia ACL (gr. odniesienia) w stanie obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi.	79
Ryc. 44. Średnie i odchylenia standardowe składowych prędkości wychyleń COP dla grupy po rekonstrukcji ACL oraz bez uszkodzenia ACL (gr. odniesienia) w stanie obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi.	79
Ryc. 45. Średnie i odchylenia standardowe liczby wychyleń COP dla grupy po rekonstrukcji ACL oraz bez uszkodzenia ACL (gr. odniesienia) w stanie obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi.	79
Ryc. 46. Średnie i odchylenia standardowe promienia wychyleń COP dla grupy po rekonstrukcji ACL oraz bez uszkodzenia ACL (gr. odniesienia) w stanie obunóż z oczami otwartymi i zamkniętymi.....	80
Ryc. 47. Średnie i odchylenia standardowe prędkości przyrostu pola zakreślanego przez COP dla grupy po rekonstrukcji ACL oraz bez uszkodzenia ACL (gr. odniesienia) w stanie obunóż z oczami otwartymi i zamkniętymi.....	80
Ryc. 48. Średnie i odchylenia standardowe pola powierzchni COP (a), promienia wychyleń COP (b), prędkości wychyleń COP wraz ze składowymi w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) i czołowej (lewo - prawo) (c), długości drogi COP wraz z składowymi w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) i	

- czołowej (lewo - prawo) (d), liczby wychyleń COP (e); grupa magnetouch i placebo, test w staniu obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi. 82
- Ryc. 49. Średnie i odchylenia standardowe pola powierzchni COP (a), promienia wychyleń COP (b), prędkości wychyleń COP wraz ze składowymi w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) i czołowej (lewo - prawo) (c), długości drogi COP wraz z składowymi w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) i czołowej (lewo - prawo) (d), liczby wychyleń COP (e); grupa viofor i placebo, test w staniu obunóż z oczami otwartymi lub zamkniętymi..... 84
- Ryc. 50. Średnie, odchylenia standardowe parametr pobytu w ćwiartkach wszystkie grupy (a - b), pobyty w ćwiartkach (tył - lewo) grupa viofor i placebo w staniu obunóż oczy otwarte (c), pobyty w ćwiartkach (tył prawo) grupa viofor i placebo w staniu obunóż oczy zamknięte (d)..... 85
- Ryc. 51. Średnie i odchylenia standardowe pola powierzchni COP (a), promienia wychyleń COP (b), długości drogi COP (c), prędkości wychyleń COP (d); grupa viofor i placebo, test w staniu na kończynie operowanej lub zdrowej.88
- Ryc. 52. Średnie i odchylenia standardowe pola powierzchni COP (a), promienia wychyleń COP (b), długości drogi pokonywanej przez COP (c), prędkości wychyleń COP (d); grupa magnetouch i placebo, test w staniu na kończynie operowanej lub zdrowej..... 90
- Ryc. 53. Średnie i odchylenia standardowe długości drogi COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) i strzałkowej (przód - tył) wszystkie grupy (a-b), obu składowych długości drogi COP grupa viofor i placebo test w staniu na kończynie operowanej i zdrowej (c,e), długości drogi COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) grupa magnetouch i placebo test w staniu na kończynie operowanej (d)..... 91
- Ryc. 54. Średnie i odchylenia standardowe prędkości wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) lub czołowej (lewo - prawo) wszystkie grupy (a-b), składowych prędkości wychyleń COP w płaszczyźnie czołowej (lewo - prawo) grupa viofor i placebo test w staniu na kończynie operowanej lub zdrowej (c-d), obu składowych prędkości wychyleń COP grupa magnetouch i placebo test w staniu na kończynie operowanej (e-f)..... 92
- Ryc. 55. Średnie i odchylenia standardowe liczby wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) i czołowej (lewo - prawo) wszystkie grupy (a-b), liczby wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) grupa viofor i

	placebo test w staniu na kończynie operowanej lub zdrowej (c-d), liczby wychyleń COP w płaszczyźnie strzałkowej (przód - tył) grupa magnetouch i placebo w staniu na kończynie operowanej (e).	94
Ryc. 56.	Średnie i odchylenia standardowe parametru pobytu w ćwiartkach COP wszystkie grupy (a, c), pobytu w ćwiartkach (przód - lewo) grupa viofor i placebo test w staniu na kończynie zdrowej (b).....	95
Ryc. 57.	Średnie i odchylenia standardowe wartości parametru wyrażone w skali wzrokowo -analogowej VAS (a), w skali Laitinena (b).....	100
Ryc. 58.	Średnie i odchylenia standardowe wartości obwodów mierzonych na wysokości szpary stawu kolanowego, pomiar po operacji i po 6 tygodniach od operacji w grupie viofor (a), placebo (b), magnetouch (c).	102
Ryc. 59.	Średnie i odchylenia standardowe wartość parametru wyrażone w skali Lysholma - Gillquista, dla grup magnetouch i placebo (a), viofor i placebo (b).	103
Ryc. 60.	Średnie i odchylenia standardowe wartości zakresu ruchu kończyny dolnej w stawie kolanowym, wyprost (a), zgięcie (b).....	105

XI. ZAŁĄCZNIKI

ZAŁĄCZNIK NR 1 - TESTY SUBIEKTYWNE

Skala wzrokowo-analogowa (VAS ang. Visual Analogue Scale)



brak bólu

ból najsilniejszy

Zmodyfikowany kwestionariusz wg Laitinena

Badanie grupy	Skala ocen (w punktach)
Intensywność bólu	0 - bez bólu, 1 - łagodny, 2 - silny, 3 - bardzo silny, 4 - nie do wytrzymania,
Częstotliwość bólu	0 - nigdy, 1 - okresowo, 2 - często, 3 - bardzo często, 4 - ciągle
Stosowanie leków przeciwbólowych	0 - bez leków, 1 - przypadkowo, 2 - ciągle małe dawki, 3 - ciągle duże dawki, 4 - ciągle maksymalne dawki
Ograniczenie aktywności ruchowej (chodzenie o kulach)	0 - nie korzysta z kul, 1 - chodzi o 1 kuli, 2 - chodzi o 2 kulach, 3 - chodzi o 2 kulach krótkie odcinki, cały ciężar ciała spoczywa na kulach, 4 - pacjent leży

Test Lovetta

0° - oznacza brak śladu napięcia przy próbie czynnego ruchu, 1° - wyczuwane palpacyjnie napięcie mięśniowe, brak czynnego ruchu, 2° - wyraźny skurcz mięśnia i zdolność wykonania ruchu przy pomocy i odciążeniu odcinka ruchomego, 3° - zdolność do wykonywania ruchu czynnego samodzielnego z pokonaniem ciężkości danego odcina, 4° - zdolność do wykonania czynnego ruchu z pewnym oporem, 5° - prawidłowa siła, tj. zdolność wykonywania czynnego ruchu z pełnym oporem.

Zmodyfikowany test Lysholm'a - Gillquista

UTYKANIE	Nie występuje	5 pkt.
	Niewielkie lub okresowe	3 pkt.
	Często lub stale	0 pkt.
PODPIERANIE SIĘ PRZY CHODZENIU (kula, laska)	Niepotrzebne	5 pkt.
	Tak, kula/laska	3 pkt.
	Nieemożliwe obciążenie kończyny	0 pkt.
ZANIKI MIĘŚNI UDA	Nie występują	5 pkt
	Tak, od 1 do 2 cm	3 pkt
	Tak, powyżej 2cm	0 pkt
NIESTABILNOŚĆ	Nie występuje	30 pkt
	Tak, rzadko przy dużym wysiłku	25 pkt
	Tak, konieczność ograniczenia wysiłku	20 pkt
	Tak, niekiedy podczas codziennych czynności	10 pkt
	Tak, często podczas codziennych czynności	5 pkt
	Tak, przy każdym kroku	0 pkt
BÓL KOLANA	Nie występuje	30 pkt
	Tak, niewielki podczas wysiłku	25 pkt
	Tak, silny ból podczas wysiłku	20 pkt
	Tak, lekki ból podczas chodzenia	15 pkt
	Tak, wyraźny po przejściu > 2km	10 pkt
	Tak, wyraźny po przejściu < 2km	5 pkt
	Ból stały	0 pkt
OBRZEK KOLANA	Nie występuje	10 pkt
	Tak, związany z podwichnięciami kolana	7 pkt
	Tak, występuje przy wysiłku	5 pkt
	Tak, przy codziennych czynnościach	2 pkt
	Obrzęk stały	0 pkt
CHODZENIE PO SCHODACH	Bez problemów	10 pkt
	Nieznacznie utrudnione	6 pkt
	Tak, z trudem	4 pkt
	Po jednym stopniu	2 pkt
	Nieemożliwe	0 pkt
KUCANIE	Bez problemów	5 pkt
	Nieznacznie utrudnione	4 pkt
	Nieemożliwe powyżej 90° zgięcia stawu	2 pkt
	Nieemożliwe	0 pkt

ŚWIADECTWO WZORCOWANIA MIERNIKA MAGNETYCZNEGO CA 42

	Laboratorium Wzorców i Metrologii Pola Elektromagnetycznego (LWiMP) Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki Politechnika Wrocławska 50-370 Wrocław Wybrzeże St. Wyspiańskiego 27 fax.: +48 (71) 3203189, tel. +48 (71) 3203087, 3202497, e-mail: lwimp@pwr.wroc.pl	
	Laboratorium wzorujące akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji, sygnatariusza porozumień EA MLA i ILAC MRA dotyczących wzajemnego uznawania świadectw wzorcowania. Nr akredytacji AP 078	
<h2>ŚWIADECTWO WZORCOWANIA</h2>		
Data wydania: 12 grudnia 2008 r. Nr świadectwa: LWiMP/W/139/08 Strona 1/3		
PRZEDMIOT WZORCOWANIA	Miernik natężenia pola magnetycznego typu C42 nr fab. 100459AEK z sondą MF-05 nr 100385AEK	
ZGŁASZAJĄCY	Uniwersytet Medyczny w Poznaniu Katedra i Zakład Biofizyki ul. Fredry 10 61-701 Poznań	
METODA WZORCOWANIA	Metoda wzorcowego pola elektromagnetycznego lub wzorcowej anteny (Wzorce WPiWPH, LWiMP ITTA PWr. przy zastosowaniu procedury wzorcowania PrW-1 i PrW-4)	
WARUNKI ŚRODOWISKOWE	Wzorcowanie zostało przeprowadzone w warunkach spełniających następujące kryteria: temperatura otoczenia: 23° C ±1° C wilgotność względna powietrza: 42%± 10%	
DATA WYKONANIA WZORCOWANIA	12 grudnia 2008 r.	
SPÓJNOŚĆ POMIAROWA	Wyniki wzorcowania zostały odniesione do wzorców GUM poprzez wzorzec transferowy LWiMP ITTA MEH-1 nr 032 oraz wzorce LWiMP ITTA PWr. typu WPiWPE, WPiWPH i WPiWS a także do wzorców pola NIST (National Institute Standard and Technology - dawniej NBS) poprzez wzorce transferowe NIST s/n 92-51; s/n 92-52; s/n 92-81; s/n 92-82.	
WYNIKI WZORCOWANIA	Podano na stronie 2 – 3 niniejszego świadectwa wraz z niepewnością wzorcowania.	
NIEPEWNOŚĆ POMIARU	Niepewność wzorcowania została określona zgodnie z dokumentem EA-4/02. Podane wartości niepewności stanowią niepewności rozszerzone przy poziomie ufności 95% i współczynnika rozszerzenia k=2	
		
Kierownik Laboratorium Kierownik Laboratorium LWiMP  dr hab. inż. Eugeniusz Grudziński		
<small>FT-05 ver.3.1-1 wrzesień 2006 r.</small>		
Niniejsze świadectwo może być okazywane lub kopiowane tylko w całości		

ZAŁĄCZNIK NR 3

**PRZYKŁADOWE WYNIKI POSTUROGRAFII OSOBY ZDROWEJ
(GRUPA ODNIESIENIA)**

**W STANIU NA OBU KOŃCZYNACH DOLNYCH Z OCZAMI OTWARTYMI
LUB ZAMKNIĘTYMI**

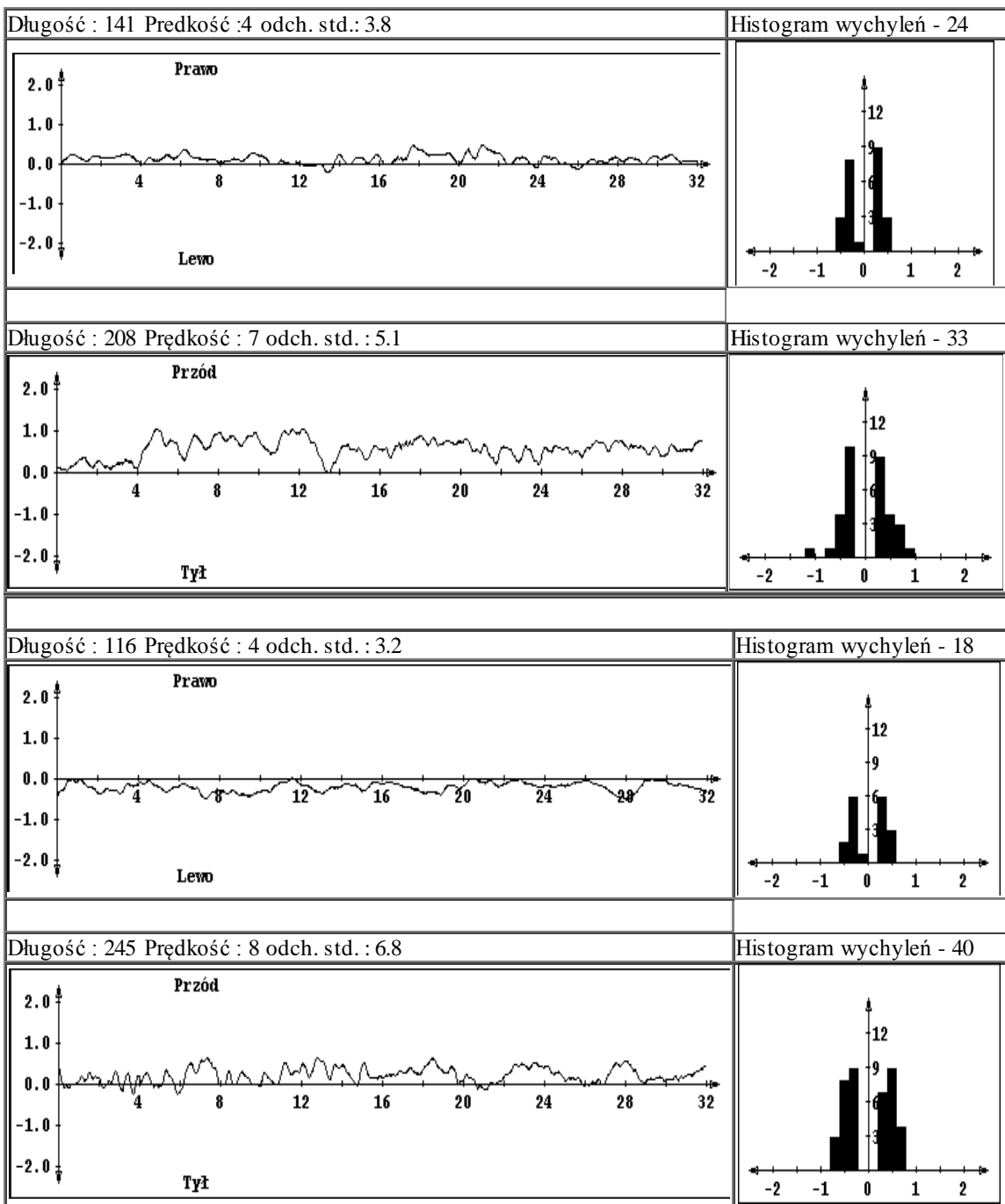
Nazwisko i imię : xx

Opis badania : stanie obunóż, oczy otwarte, oczy zamknięte

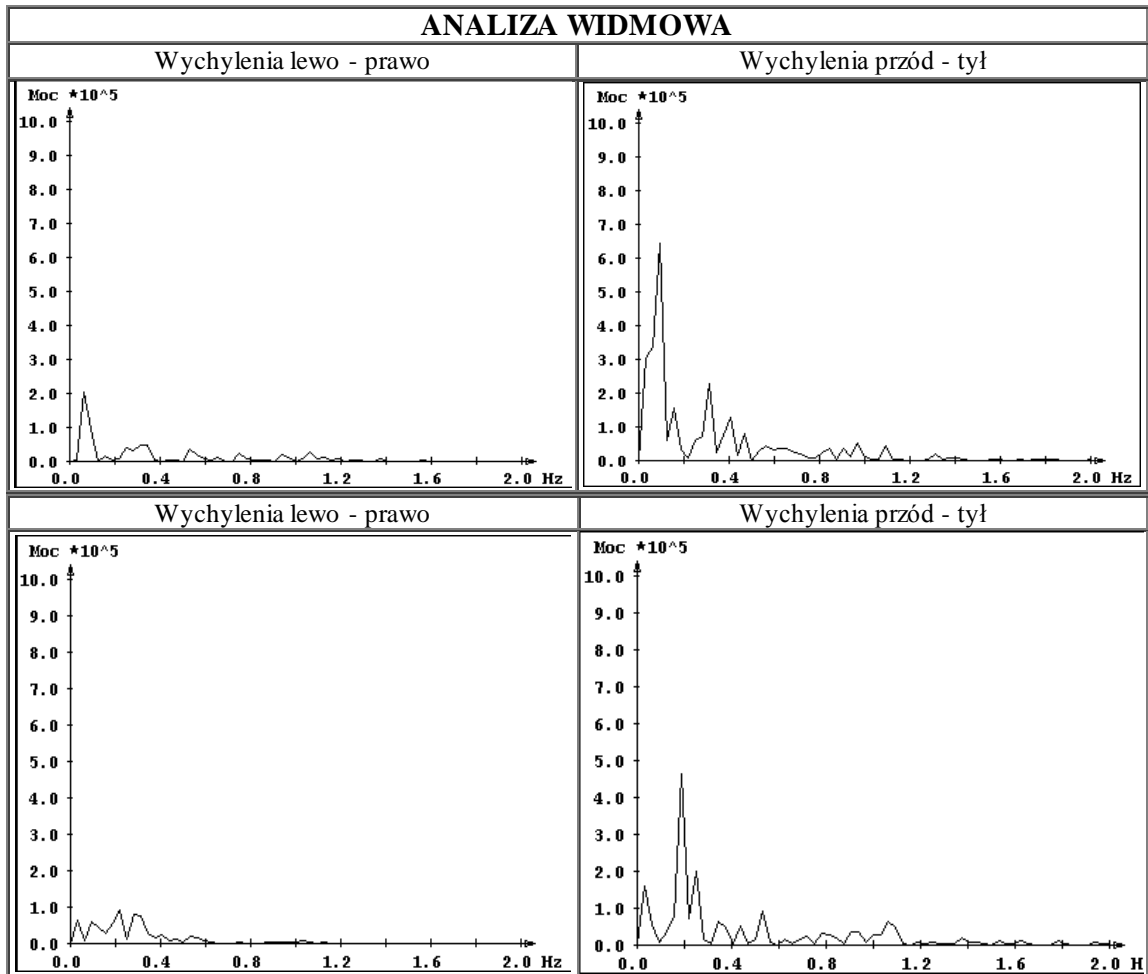
Wiek : 0 Waga : 0 Wzrost : 0

Data badania : 8. 7.2009 Numer identyfikacyjny : 0

STATOKINEZJOGRAMY - podziałka na osiach 1.0 [cm]					
OCZY OTWARTE			OCZY ZAMKNIĘTE		
Promień : 2.2 odch. std. : 1.38 Pole : 168 Długość : 280 Prędkość : 9 odch. std. : 5.1 Pobyty w ćwiartkach :			Promień : 2.0 odch. std. : 1.09 Pole : 158 Długość : 298 Prędkość : 9 odch. std. : 6.5 Pobyty w ćwiartkach :		
	Lewo	Prawo		Lewo	Prawo
Przód	11	89	Przód	86	1
Tył	0	0	Tył	13	0
STABILOGRAM RUCHU LEWO / PRAWO					
Długość : 141 Prędkość : 4 odch. std. : 3.8 Liczba wychyleń: 24			Długość : 116 Prędkość : 4 odch. std. : 3.2 Liczba wychyleń: 18		
STABILOGRAM RUCHU PRZÓD / TYŁ					
Długość : 208 Prędkość : 7 odch. std. : 5.1 Liczba wychyleń: 33			Długość : 245 Prędkość : 8 odch. std. : 6.8 Liczba wychyleń: 40		



ANALIZA WIDMOWA



STATOKINEZJOGRAMY odcinków czasowych

CZAS						
	Promień	Pole	Długość	Promień	Pole	Długość
0 - 2	3.8	7.8%	4.6%	1.9	7.9%	6.8%
2 - 4	3.7	7.6%	4.5%	2.2	8.5%	10.8%
4 - 6	2.4	6.9%	7.3%	2.2	7.2%	7.6%
6 - 8	2.1	5.8%	7.0%	2.8	7.8%	8.1%
8 - 10	2.7	5.7%	5.3%	2.5	11.0%	6.7%
10 - 12	2.6	6.0%	6.2%	1.9	8.0%	7.3%
12 - 14	3.9	12.2%	8.2%	2.2	6.2%	7.4%
14 - 16	1.1	3.6%	6.3%	1.5	4.7%	7.0%
16 - 18	1.8	7.1%	8.7%	1.0	2.7%	4.1%
18 - 20	2.1	4.8%	5.0%	2.3	6.1%	5.9%
20 - 22	2.4	12.5%	8.1%	2.4	8.9%	6.1%
22 - 24	1.9	5.6%	7.2%	2.3	5.1%	4.4%
24 - 26	1.3	4.1%	6.0%	1.2	2.8%	4.3%
26 - 28	1.6	5.2%	5.5%	2.5	5.5%	5.0%
28 - 30	0.9	2.6%	5.5%	2.1	5.6%	4.9%
30 - 32	1.1	2.8%	4.6%	1.0	1.9%	3.7%

**PRZYKŁADOWE WYNIKI POSTUROGRAFII OSOBY ZDROWEJ
(GRUPA ODNIESIENIA) W STANIU NA JEDNEJ KOŃCZYŃIE DOLNEJ**

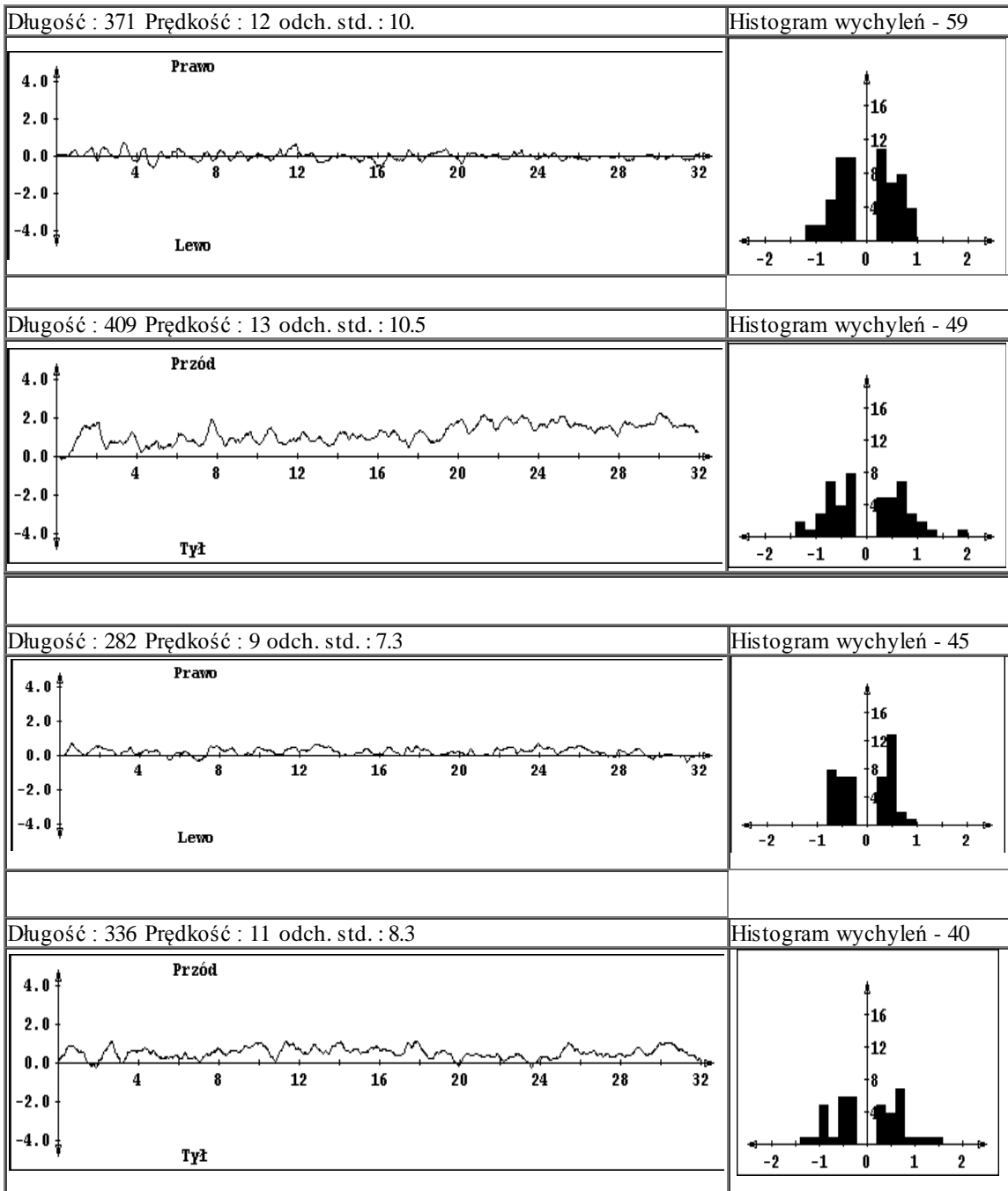
Nazwisko i imię : xx

Opis badania : stanie na jednej kończynie dolnej

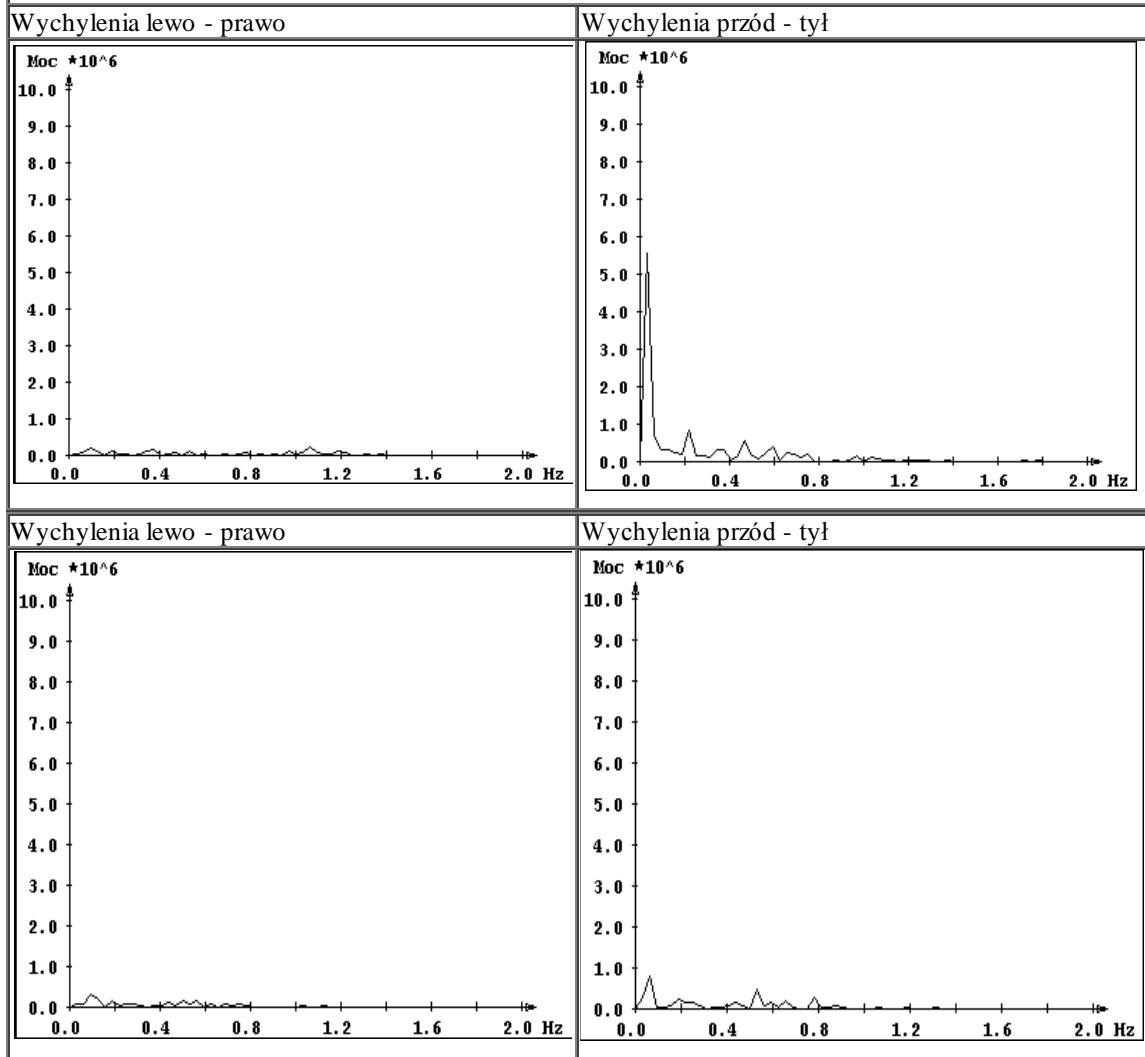
Wiek : 0 Waga : 0 Wzrost : 0

Data badania : 8. 7.2009 Numer identyfikacyjny : 1

KOŃCZYNA DOLNA PRAWA			KOŃCZYNA DOLNA LEWA		
Promień : 4.8 odch. std. : 2.50 Pole : 894 Długość : 615 Prędkość : 19 odch. std. : 12.4 Pobyty w ćwiartkach :			Promień : 3.1 odch. std. : 1.66 Pole : 456 Długość : 490 Prędkość : 15 odch. std. : 8.7 Pobyty w ćwiartkach :		
	Lewo	Prawo		Lewo	Prawo
Przód	55	44	Przód	15	82
Tył	0	1	Tył	0	3
STABILOGRAM RUCHU LEWO / PRAWO					
Długość : 371 Prędkość : 12 odch. std. : 10.8 Liczba wychyleń: 59			Długość : 282 Prędkość : 9 odch. std. : 7.3 Liczba wychyleń: 45		
STABILOGRAM RUCHU PRZÓD / TYŁ					
Długość : 409 Prędkość : 13 odch. std. : 10.5 Liczba wychyleń: 49			Długość : 336 Prędkość : 11 odch. std. : 8.3 Liczba wychyleń: 40		



ANALIZA WIDMOWA



STATOKINEZIOGRAMY odcinków czasowych						
CZAS						
	Promień	Pole	Długość	Promień	Pole	Długość
0 - 2	7.5	8.3%	6.5%	4.1	9.6%	7.9%
2 - 4	5.3	8.5%	9.0%	3.1	7.5%	8.0%
4 - 6	7.5	16.2%	8.3%	2.5	4.8%	6.1%
6 - 8	4.5	6.9%	7.7%	3.7	7.6%	6.9%
8 - 10	3.6	5.5%	6.9%	2.8	5.6%	5.3%
10 - 12	4.6	6.6%	6.9%	3.7	7.6%	6.9%
12 - 14	4.0	4.5%	5.4%	3.3	7.7%	6.2%
14 - 16	2.6	3.0%	5.0%	2.6	4.1%	5.2%
16 - 18	3.6	4.5%	7.4%	3.0	6.6%	6.8%
18 - 20	4.0	5.1%	5.3%	2.7	4.4%	5.9%
20 - 22	5.3	6.1%	6.4%	2.3	4.8%	6.3%
22 - 24	6.2	7.3%	6.2%	4.0	8.1%	6.4%
24 - 26	5.7	5.6%	5.3%	3.3	5.6%	5.7%
26 - 28	2.9	2.5%	4.5%	2.0	3.4%	5.7%
28 - 30	4.9	5.1%	5.0%	2.6	5.7%	5.8%
30 - 32	5.2	4.4%	4.3%	4.4	6.9%	5.0%

ZAŁĄCZNIK NR 4

PRZYKŁADOWE WYNIKI POSTUROGRAFII OSOBY PO REKONSTRUKCJI ACL (GRUPA MAGNETOUCH)

W STANIU NA OBU KOŃCZYNACH DOLNYCH Z OCZAMI OTWARTYMI LUB ZAMKNIĘTYMI

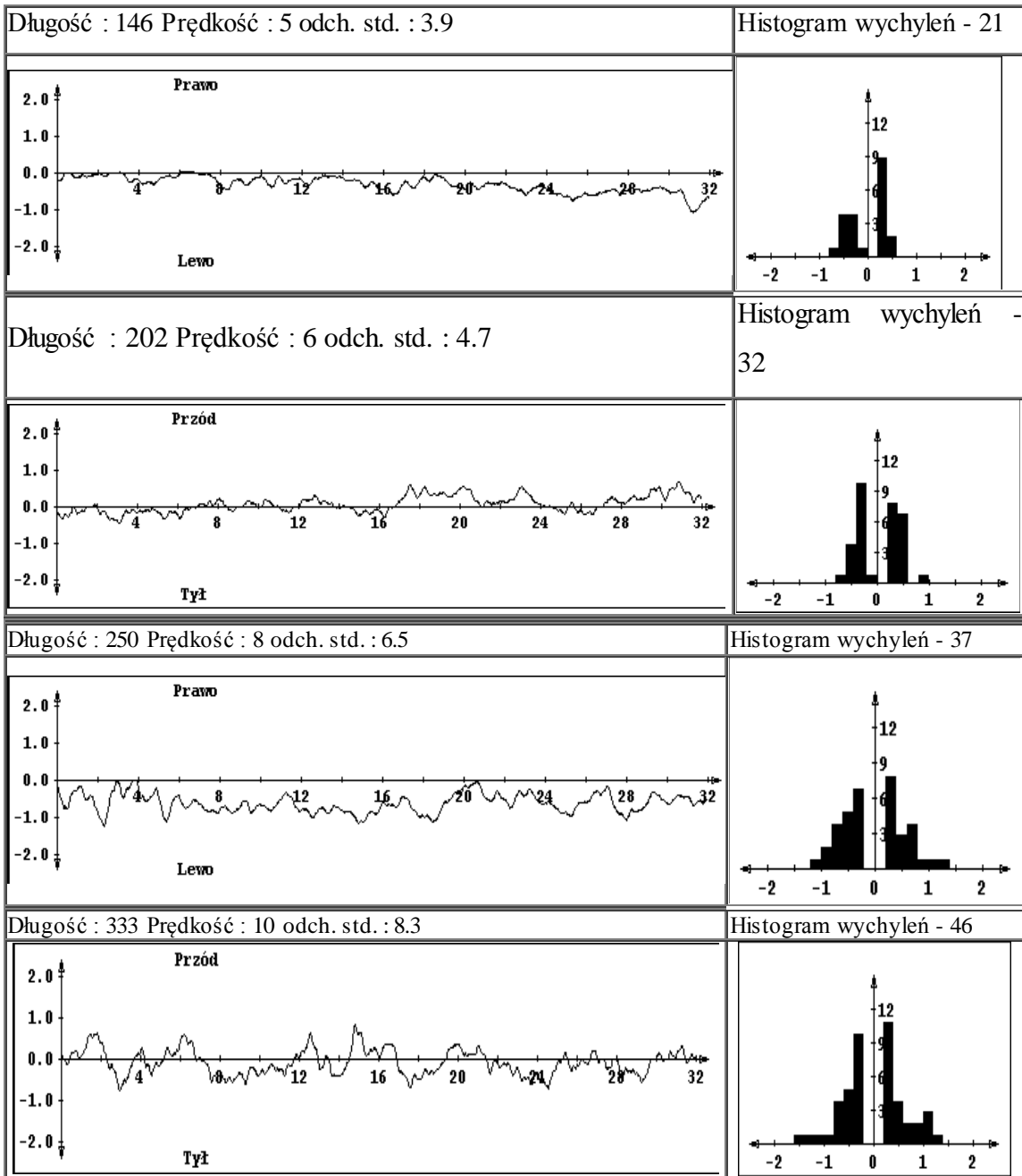
Nazwisko i imię : YY

Opis badania : stanie obunóż, oczy otwarte, oczy zamknięte

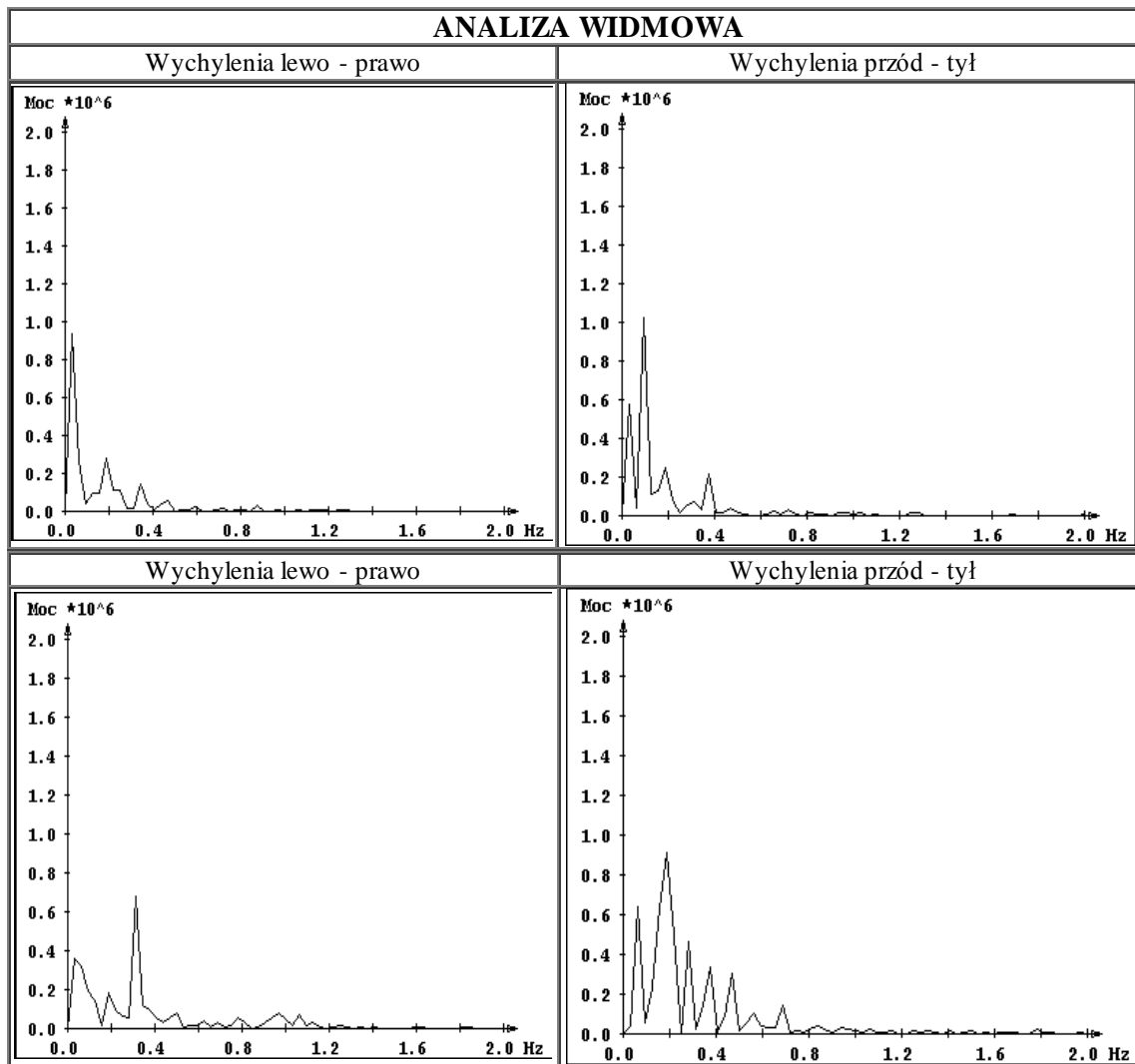
Wiek : 0 Waga : 0 Wzrost : 0

Data badania : 17.11.2010 Numer identyfikacyjny : 0

STATOKINEZJOGRAMY - podziałka na osiach 1.0 [cm]					
OCZY OTWARTE			OCZY ZAMKNIĘTE		
Promień : 2.9 odch. std. : 1.49 Pole : 258 Długość : 277 Prędkość : 9 odch. std. : 4.9 Pobyty w ćwiartkach :			Promień : 3.7 odch. std. : 1.79 Pole : 495 Długość : 462 Prędkość : 14 odch. std. : 8.5 Pobyty w ćwiartkach :		
	Lewo	Prawo		Lewo	Prawo
Przód	59	0	Przód	40	0
Tył	36	5	Tył	60	0
STABILOGRAM RUCHU LEWO / PRAWO					
Długość : 146 Prędkość : 5 odch. std. : 3.9 Liczba wychyleń : 21			Długość : 250 Prędkość : 8 odch. std. : 6.5 Liczba wychyleń : 37		
STABILOGRAM RUCHU PRZÓD / TYŁ					
Długość : 202 Prędkość : 6 odch. std. : 4.7 Liczba wychyleń : 32			Długość : 333 Prędkość : 10 odch. std. : 8.3 Liczba wychyleń : 46		



ANALIZA WIDMOWA



STATOKINEZJOGRAMY odcinków czasowych						
CZAS	Promień	Pole	Długość	Promień	Pole	Długość
0 - 2	3.2	7.1%	6.5%	4.4	10.7%	7.3%
2 - 4	4.0	5.8%	6.3%	5.4	13.6%	9.3%
4 - 6	2.9	4.5%	5.4%	3.0	5.7%	8.4%
6 - 8	3.1	6.1%	6.0%	3.7	6.2%	5.8%
8 - 10	1.5	3.4%	5.8%	3.9	5.2%	5.2%
10 - 12	1.7	3.4%	6.4%	2.4	3.2%	5.0%
12 - 14	2.0	4.6%	5.8%	3.8	5.4%	6.8%
14 - 16	2.2	4.4%	5.7%	5.1	8.1%	7.0%
16 - 18	2.9	7.9%	8.3%	4.1	6.5%	5.7%
18 - 20	3.4	7.5%	5.8%	3.9	5.5%	4.9%
20 - 22	1.9	4.3%	6.4%	3.9	5.7%	5.8%
22 - 24	2.4	3.9%	5.8%	3.3	3.7%	5.7%
24 - 26	3.3	8.7%	6.5%	3.4	5.4%	5.8%
26 - 28	2.9	5.1%	5.1%	2.8	5.4%	6.1%
28 - 30	2.8	5.5%	5.7%	3.2	6.6%	6.1%
30 - 32	5.7	17.7%	8.5%	2.1	2.9%	5.2%

PRZYKŁADOWE WYNIKI POSTUROGRAFII OSOBY PO REKONSTRUKCJI ACL (GRUPA MAGNETOUCH) W STANIU NA JEDNEJ KOŃCZYNE DOLNEJ

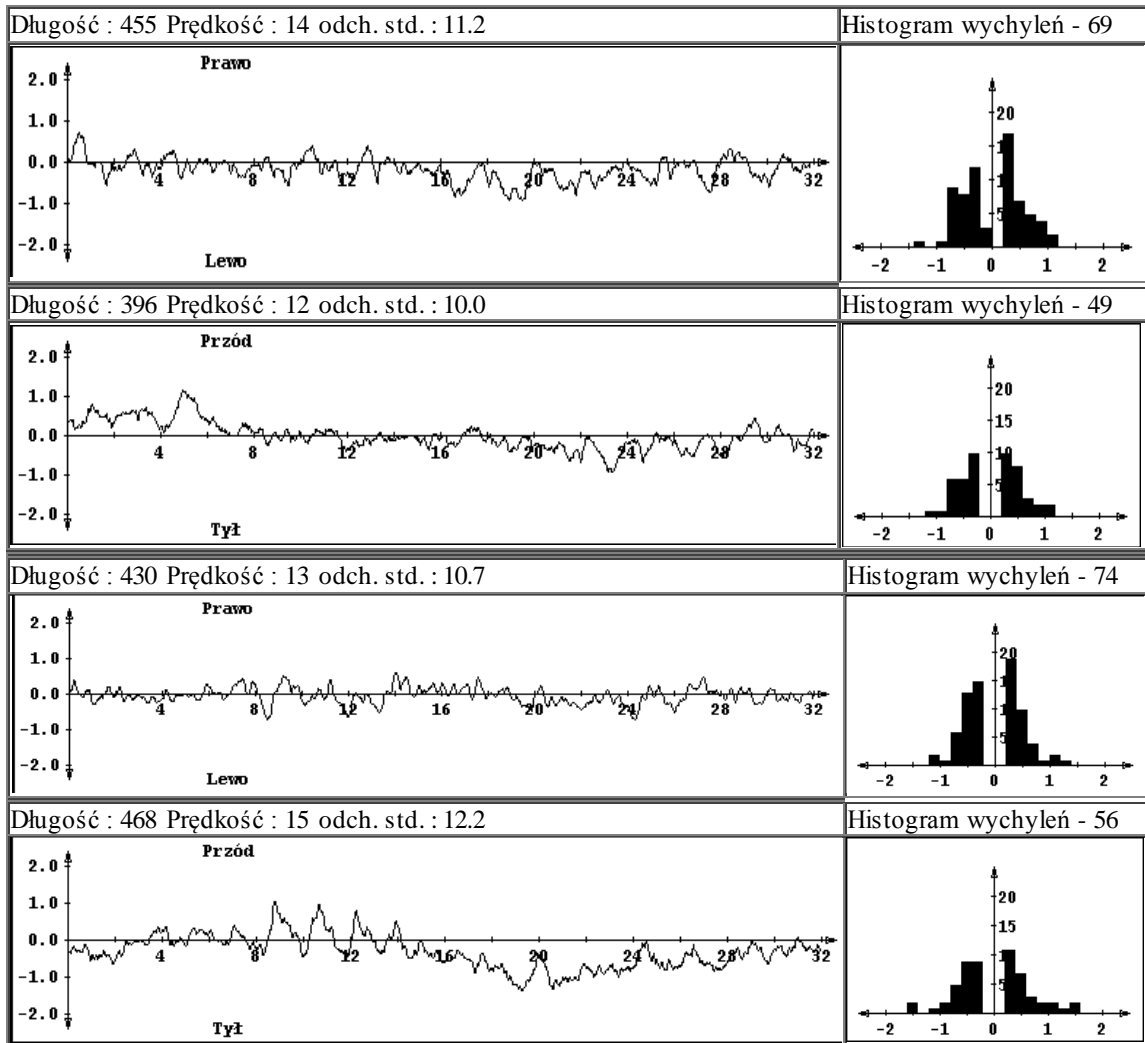
Nazwisko i imię : YYY

Opis badania : stanie na jednej kd

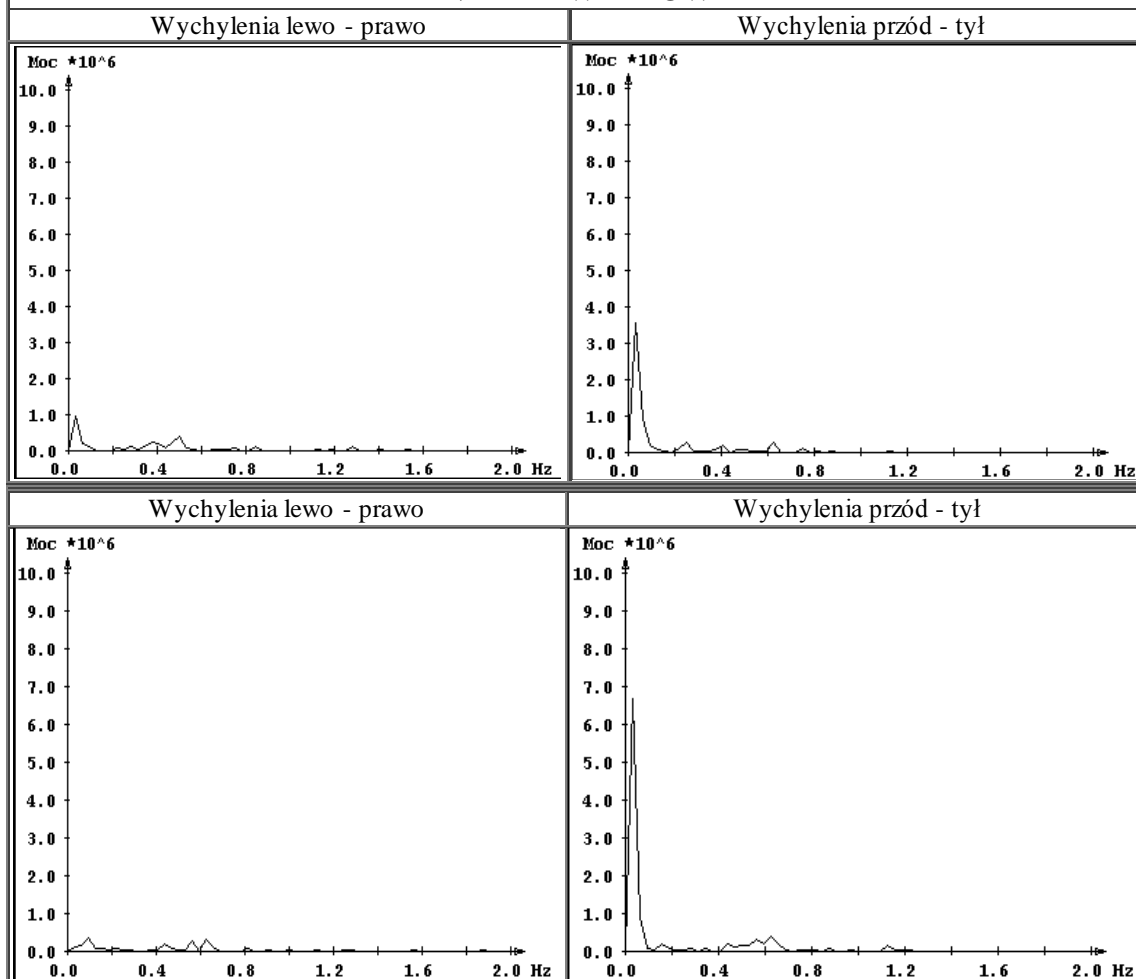
Wiek : 0 Waga : 0 Wzrost : 0

Data badania : 17.11.2010 Numer identyfikacyjny : 0

STATOKINEZJOGRAMY - podziałka na osiach 1.0 [cm]					
KOŃCZYNA DOLNA PRAWA (ZDROWA)			KOŃCZYNA DOLNA LEWA (OPEROWANA)		
Promień : 4.0 odch. std. : 2.25 Pole : 867 Długość : 668 Prędkość : 21 odch. std. : 12.0 Pobyty w ćwiartkach :			Promień : 4.5 odch. std. : 2.62 Pole : 992 Długość : 694 Prędkość : 22 odch. std. : 13.7 Pobyty w ćwiartkach :		
	Lewo	Prawo		Lewo	Prawo
Przód	30	12	Przód	10	12
Tył	47	11	Tył	47	31
STABILOGRAM RUCHU LEWO / PRAWO					
Długość : 455 Prędkość : 14 odch. std. : 11.2 Liczba wychyleń: 69			Długość : 430 Prędkość : 13 odch. std. : 10.7 Liczba wychyleń: 74		
STABILOGRAM RUCHU PRZÓD / TYŁ					
Długość : 396 Prędkość : 12 odch. std. : 10.0 Liczba wychyleń: 49			Długość : 468 Prędkość : 15 odch. std. : 12.2 Liczba wychyleń: 56		



ANALIZA WIDMOWA



STATOKINEZJOGRAMY odcinków czasowych						
CZAS	Promień	Pole	Długość	Promień	Pole	Długość
0 - 2	6.1	10.4%	7.5%	2.0	2.3%	5.7%
2 - 4	5.8	9.6%	6.1%	3.3	3.7%	4.9%
4 - 6	7.2	14.5%	6.8%	4.5	5.2%	5.4%
6 - 8	2.4	3.4%	5.6%	4.2	3.8%	5.3%
8 - 10	1.9	3.0%	6.5%	6.9	13.7%	8.4%
10 - 12	2.9	4.2%	6.4%	5.9	9.9%	7.8%
12 - 14	3.0	4.4%	6.3%	5.7	11.6%	8.0%
14 - 16	1.4	1.7%	5.3%	3.2	4.3%	6.9%
16 - 18	3.4	4.9%	6.2%	3.5	5.8%	6.2%
18 - 20	5.2	8.7%	7.1%	7.0	8.8%	6.0%
20 - 22	4.8	9.2%	6.1%	7.1	8.4%	5.8%
22 - 24	5.3	6.5%	5.9%	5.5	5.4%	5.2%
24 - 26	3.2	4.5%	7.0%	4.5	7.8%	7.6%
26 - 28	4.2	5.6%	5.6%	4.0	4.9%	5.6%
28 - 30	3.9	6.0%	5.8%	2.1	2.4%	6.1%
30 - 32	2.6	3.4%	5.7%	1.7	2.0%	5.2%

ZAŁĄCZNIK 5

Testy statystyczne zastosowane do analizy wartości parametrów obiektywnych porównanie dwóch prób niezależnych w staniu na dwóch lub na jednej kończynie dolnej.

ZMIENNA NIEZALEŻNA	STANIE NA 2 KOŃCZYNACH DOLNYCH		ZMIENNA NIEZALEŻNA	STANIE NA 1 KOŃCZYNIE DOLNEJ	
	MAGNETOUCH: PLACEBO	VIOFOR : PLACEBO		MAGNETOUCH: PLACEBO	VIOFOR : PLACEBO
Promień oo	t Studenta	t Studenta	Promień kdo	U Manna Whitneya	t Studenta
Pole oo	U Manna- Whitneya	U Manna Whitneya	Pole kdo	U Manna Whitneya	t Studenta
Długość oo	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Długość kdo	U Manna Whitneya	t Studenta
Prędkość oo	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Prędkość kdo	U Manna Whitneya	t Studenta
Długość L-P oo	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Długość L-P kdo	U Manna Whitneya	t Studenta
Prędkość L-P oo	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Prędkość L-P kdo	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya
L. wychyleń L-P oo	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	L. wychyleń L-P kdo	t Studenta	t Studenta
Długość P-T oo	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Długość P-T kdo	U Manna Whitneya	t Studenta
Prędkość P-T oo	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Prędkość P-T kdo	U Manna Whitneya	t Studenta
L. wychyleń P-T oo	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	L. wychyleń P-T kdo	t Studenta	U Manna Whitneya
Przód - Lewo ów oo	t Studenta	t Studenta	Przód - Lewo ów kdo	t Studenta	U Manna Whitneya
Przód - Prawo ów oo	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Przód - Prawo ów kdo	t Studenta	U Manna Whitneya
Tył - Lewo ów oo	t Studenta	U Manna Whitneya	Tył - Lewo ów kdo	U Manna Whitneya	t Studenta
Tył - Prawo ów oo	t Studenta	U Manna Whitneya	Tył - Prawo ów kdo	U Manna Whitneya	t Studenta
Promień oz	t Studenta	t Studenta	Promień kdz	t Studenta	U Manna Whitneya
Pole oz	t Studenta	t Studenta	Pole kdz	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya
Długość oz	U Manna Whitneya	t Studenta	Długość kdz	t Studenta	t Studenta
Prędkość oz	t Studenta	t Studenta	Prędkość kdz	t Studenta	U Manna Whitneya
Długość L-P oz	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Długość L-P kdz	t Studenta	t Studenta
Prędkość L-P oz	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Prędkość L-P kdz	t Studenta	t Studenta
L. wychyleń L-P oz	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	L. wychyleń L-P kdz	t Studenta	U Manna Whitneya

Długość P-T oz	t Studenta	t Studenta	Długość P-T kdz	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya
Prędkość P-T oz	t Studenta	t Studenta	Prędkość P-T kdz	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya
L. wychyleń P-T kdz	t Studenta	t Studenta	L. wychyleń P-T kdz	t Studenta	t Studenta
Przód - Lewo ów oz	t Studenta	t Studenta	Przód - Lewo ów kdz	t Studenta	t Studenta
Przód - Prawo ów oz	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Przód - Prawo ów kdz	t Studenta	U Manna Whitneya
Tył - Lewo ów oz	t Studenta	t Studenta	Tył - Lewo ów kdz	t Studenta	t Studenta
Tył - Prawo ów oz	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya	Tył - Prawo ów kdz	U Manna Whitneya	U Manna Whitneya

ZAŁĄCZNIK 6

Testy statystyczne zastosowane do analizy wartości parametrów obiektywnych
porównanie dwóch prób zależnych

a) stanie na dwóch kończynach dolnych z oczami otwartymi lub zamkniętymi

Zmienna zależna	stanie na dwóch kończynach dolnych		
	Grupa PLACEBO	Grupa VIOFOR	Grupa MAGNETOUCH
Promień 00:0z	t Studenta	t Studenta	t Studenta
Pole 00:0z	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	kolejności par Wilcoxon
Długość 00:0z	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	t Studenta
Prędkość 00:0z	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	t Studenta
Długość L-P 00:0z	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	t Studenta
Prędkość L-P 00:0z	kolejności par Wilcoxon	kolejności par Wilcoxon	t Studenta
L. wychyleń L-P 00:0z	kolejności par Wilcoxon	kolejności par Wilcoxon	t Studenta
Długość P-T 00:0z	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	t Studenta
Prędkość P-T 00:0z	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	t Studenta
L. wychyleń P-T 00:0z	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	t Studenta
Przód - Lewo ćw 00:0z	t Studenta	t Studenta	t Studenta
Przód - Prawo ćw 00:0z	kolejności par Wilcoxon	kolejności par Wilcoxon	kolejności par Wilcoxon
Tył - Lewo ćw 00:0z	t Studenta	kolejności par Wilcoxon	t Studenta
Tył - Prawo ćw 00:0z	kolejności par Wilcoxon	kolejności par Wilcoxon	t Studenta

b) stanie na kończynie dolnej operowanej lub zdrowej

Zmienna zależna	stanie na jednej kończynie dolnej		
	Grupa PLACEBO	Grupa VIOFOR	Grupa MAGNETOUCH
Promień kdo:kdz	t Studenta	t Studenta	kolejności par Wilcoxon
Pole kdo:kdz	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	kolejności par Wilcoxon
Długość kdo:kdz	t Studenta	t Studenta	kolejności par Wilcoxon
Prędkość kdo:kdz	t Studenta	t Studenta	kolejności par Wilcoxon
Długość L-P kdo:kdz	t Studenta	t Studenta	kolejności par Wilcoxon
Prędkość L-P kdo:kdz	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	kolejności par Wilcoxon
L. wychyleń L-P kdo:kdz	t Studenta	kolejności par Wilcoxon	t Studenta
Długość P-T kdo:kdz	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	kolejności par Wilcoxon
Prędkość P-T kdo:kdz	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	kolejności par Wilcoxon
L. wychyleń P-T kdo:kdz	t Studenta	t Studenta	t Studenta
Przód - Lewo ćw kdo:kdz	t Studenta	kolejności par Wilcoxon	t Studenta
Przód - Prawo ćw kdo:kdz	t Studenta	kolejności par Wilcoxon	t Studenta
Tył - Lewo ćw kdo:kdz	t Studenta	kolejności par Wilcoxon	kolejności par Wilcoxon
Tył - Prawo ćw kdo:kdz	kolejności par Wilcoxon	t Studenta	kolejności par Wilcoxon

XII. LITERATURA

- [1]. Płomiński J., Borcz K., Kwiatkowski K., Żabicka M.: Stabilizacja przeszczepu więzadła rzepki w zabiegach rekonstrukcyjnych więzadeł stawu kolanowego. Śruby biowchłaniające czy metalowe – wyniki leczenia. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja*. 2008, 10 (1), 44-53.
- [2]. McDaniel W.J. Jr., Dameron T.B. Jr.: The untreated anterior cruciate ligament rupture. *Clin Orthop Relat Res*. 1983, 172, 158-163.
- [3]. Bochenek A., Reicher M.: Anatomia człowieka, Anatomia ogólna, kości, stawy i więzadła, mięśnie. Wydanie 10. Warszawa: Wydaw. Lekarskie PZWL, 1990. (1), 598-600.
- [4]. Zębaty A.: Diagnostyka dla potrzeb kinezyterapii. W: Zębaty A. (red.): Kinezyterapia, tom 1, Zarys podstaw teoretycznych i diagnostyka kinezyterapii. Kraków: Wydawnictwo Kasper sp. z o.o., 2002, 471-472.
- [5]. Bochenek A., Reicher M.: Anatomia człowieka, Anatomia ogólna : kości, stawy i więzadła, mięśnie Wyd. 10. Warszawa : Wydaw. Lekarskie PZWL, 1990. (1), 591.
- [6]. Amis A.A., Dawkins G.P.: Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg*. 1991,73(2), 260-267.
- [7]. Norwood L.A., Cross M.J.: Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *Am J Sports Med*. 1979, 7 (1), 23-26.
- [8]. Dhillon M.S., Bali K., Vasistha R.K.: Immunohistological evaluation of proprioceptive potential of the residual stump of injured anterior cruciate ligaments (ACL). *Int Orthop*. 2010, 34 (5),737-741.
- [9]. Ageberg E.: Consequences of a ligament injury on neuromuscular function and relevance to rehabilitation - using the anterior cruciate ligament-injured knee as model. *J Electromyogr Kinesiol*. 2002, 12 (3), 205-212.
- [10]. Shi D.L., Wang Y.B., Ai Z.S.: Effect of anterior cruciate ligament reconstruction on biomechanical features of knee in level walking: a meta-analysis. *Chin Med J (Engl)*. 2010, 123(21), 3137-3142.
- [11]. Halata Z., Haus J.: The ultrastructure of sensory nerve endings in human anterior cruciate ligament. *Anat Embryol (Berl)*. 1989, 179 (5), 415-421.
- [12]. Johansson H., Sjölander P., Sojka P.: Receptors in the knee joint ligaments and their role in the biomechanics of the joint. *Crit Rev Biomed Eng*. 1991, 18 (5), 341-368.
- [13]. Górecki A. (red.): Uszkodzenia stawu kolanowego. Warszawa: Wydaw. Lekarskie PZWL, 2002. 38-39.
- [14]. Palmer I.: On the injuries to the ligaments of the knee joint: a clinical study. 1938. *Clin Orthop Relat Res*. 2007, 454, 17-22.
- [15]. Dzierżanowski M., Srokowski G., Hagner W.: Metody oceny sprawności pacjentów w procesie rehabilitacji po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego stawu kolanowego. *Fizjoterapia*. 2003, 11 (2), 39-47.
- [16]. Janicki J. S., Janicki Ł. J.: Wpływ gradientowego pola magnetycznego na organizm człowieka. *Acta Biooptica Inf Med*. 2008, 4 (14), 229-230.
- [17]. Sieroń A.: Magnetoterapia - magnetostymulacja. Podstawy cz. I. *Acta Biooptica Inf Med*. 1998, 4, 1-2.
- [18]. Sieroń A.: Magnetoterapia - magnetostymulacja. Podstawy cz.II. *Acta Biooptica Inf Med*. 1998, 4, 45-46.

-
- [19]. Jaroszyk F., Kubisz L. Viofoterapia JPS nowoczesna metoda magnetostymulacji. *materiały VI Międzynarodowego Symposium Naukowego „Inżynieria Stomatologiczna – Biomateriały”*, Ustroń 17 – 19 czerwca 2005.
- [20]. Balcavage W.X., et al.: A mechanism for action of extremely low frequency electromagnetic fields on biological systems. *Biochem Biophys Res Commun.* 1996, 15, 222 (2), 374-378.
- [21]. Del Carratore R., et al.: Effect of magnetic fields on rodent monooxygenase enzymes. *Bioelectromagnetics.* 1995, 16 (5), 324-329.
- [22]. Duda D., Sieroń A.: Wpływ magnetostymulacyjnego wolnozmiennego pola na krew in vitro. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica.* 2003, 9, 135-139.
- [23]. Binhi V. N.: *Magnetobiology Underlying Physical Problems*, Academic Press, San Diego – San Francisco – New – York – Boston – London – Sydney – Tokyo., 2002, 1-471.
- [24]. Berg H.: Possibilities and problems of low frequency weak electromagnetic fields in cell biology *Bioelectrochemistry and Bioenergetics.* 1995, 38 (1), 153-159.
- [25]. Goodman, R., Henderson, A.: Transcription and translation in cells exposed to extremely low frequency electromagnetic fields. *Bioelectroch. Bioener.* 1991, 25, 335-355.
- [26]. Binhi, V.N.: Interference mechanism for some biological effects of pulsed magnetic fields. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics.* 1998, 45 (1), 73-81.
- [27]. Binhi V. N.: Amplitude and frequency dissociation spectra of ion-protein complexes rotating in magnetic fields. *Bioelectromagnetics.* 2000, 21(1), 34-45.
- [28]. Lindström E., et al.: Intracellular calcium oscillations in a T-cell line after exposure to extremely-low-frequency magnetic fields with variable frequencies and flux densities. *Bioelectromagnetics.* 1995, 16(1), 41-7.
- [29]. Panagopoulos D.J., Karabarbounis A., Margaritis L.H.: Mechanism for action of electromagnetic fields on cells. *Biochem Biophys Res Commun.* 2002, 18, 298 (1), 95-102.
- [30]. Liboff A.R.: Geomagnetic cyclotron resonance in living cells. *J. Biol. Phys.*, 1985, 13, 99-104.
- [31]. García-Sancho J., et al.: Effects of extremely-low-frequency electromagnetic fields on ion transport in several mammalian cells. *Bioelectromagnetics.* 1994, 15(6), 579-588.
- [32]. Sieroń A. (red): *Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie*, Alfa Medica Press, Bielsko-Biała, 2002, 180-181.
- [33]. Bärtels C., Mosler F.: Präventivmedizin bei elektromagnetischen Belastungen. *Journal of preventive medicine.* 2008, 4, 70 – 79.
- [34]. Bilaska A., Sieroń A., Wiczowski A.: Zastosowanie wolnozmiennego pola magnetycznego w leczeniu osteoporozy. *Baln. Pol.* 1998, 40(3-4), 23-27.
- [35]. Akpolat V., et al.: Treatment of osteoporosis by long-term magnetic field with extremely low frequency in rats. *Gynecol Endocrinol.* 2009, 25(8), 524-529.
- [36]. Shen W.W., Zhao J.H.: Pulsed electromagnetic fields stimulation affects BMD and local factor production of rats with disuse osteoporosis. *Bioelectromagnetics.* 2010, 31(2), 113-119.
- [37]. Alberts B. et al.: *Podstawy biologii komórki. T. 2, Transport przez błony*, 389-425, PWN, Warszawa, 2007
- [38]. Sieroń A., Krawczyk-Krupa A.: Komórkowe efekty oddziaływania wolnozmiennych pól magnetycznych. *Acta Bio-Opt. Inf. Med.* 1998, 4, 79-85.

-
- [39]. Barbier E., Dufy B., Veyret B.: Stimulation of Ca²⁺ influx in rat pituitary cells under exposure to a 50 Hz magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 1996, 17(4), 303-311.
- [40]. Murray J.C., Farndale R.W.: Modulation of collagen production in cultured fibroblasts by a low-frequency, pulsed magnetic field. *Biochim Biophys Acta*. 1985, 28, 838(1), 98-105.
- [41]. Sieroń A. (red): Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie, Alfa Medica Press, Bielsko-Biała, 2002,45-48.
- [42]. Blank M., Goodman R.: Electromagnetic fields stress living cells. *Pathophysiology*. 2009, 16(2-3), 71-78.
- [43]. Ottani V., et al.: Effects of pulsed extremely-low-frequency magnetic fields on skin wounds in the rat. *Bioelectromagnetics*. 1988, 9(1), 53-62.
- [44]. Rabinovich E.Z., et al.: Effect of a constant magnetic field on the respiration of human skin during reparative and destructive processes. *Biofizika*. 1983, 28(4), 693-696.
- [45]. Benazzo F., et al.: Cartilage repair with osteochondral autografts in sheep: effect of biophysical stimulation with pulsed electromagnetic fields. *J Orthop Res*. 2008, 26(5):631-642.
- [46]. De Mattei M., et al.: Proteoglycan synthesis in bovine articular cartilage explants exposed to different low-frequency low-energy pulsed electromagnetic fields. *Osteoarthritis Cartilage*. 2007,15(2), 163-168.
- [47]. Sieroń A., Cieślak G., Adamek M.: Zastosowanie zmiennego pola magnetycznego w medycynie. *Fizjoterapia*. 1994, 2(4), 22-24.
- [48]. Woldańska-Okońska M., Czernicki J.: Skutki biologiczne oddziaływania pól (elektro)magnetycznych niskiej częstotliwości wywierane poprzez ich wpływ na wydzielanie hormonów. *Przeg. Lek*. 2003, 60, 10, 657-662.
- [49]. McCaig C.D., Rajniecek A.M.: Electrical fields, nerve growth and nerve regeneration. *Exp Physiol*. 1991, 76(4), 473-494.
- [50]. Zienowicz R. J., et al.: A multivariate approach to the treatment of peripheral nerve transection injury: the role of electromagnetic field therapy. *Plast Reconstr Surg*. 1991,87(1), 122-129.
- [51]. Byers J.M., Clark K.F., Thompson G.C.: Effect of pulsed electromagnetic stimulation on facial nerve regeneration. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1998, 124(4), 383-389.
- [52]. Basser P.J., Roth B.J.: Stimulation of a myelinated nerve axon by electromagnetic induction. *Med Biol Eng Comput*. 1991, 29(3), 261-268.
- [53]. Markov M.S.: Angiogenesis, magnetic fields and 'window effects'. *Cardiology*. 2010; 117(1), 54-56.
- [54]. Williams C. D., et al.: Therapeutic electromagnetic field effects on angiogenesis and tumor growth. *Anticancer Res*. 2001, 21(6A), 3887-3891.
- [55]. Franek A. Kucharzewski M. Sieroń A.: Zachowawcze leczenie owrzodzeń żylnych podudzi Śląska Akademia Medyczna, Katowice 2001, 69-82.
- [56]. Cieślak G., et al. : Zastosowanie zmiennych pól magnetycznych w leczeniu ran. *Leczenie Ran*. 2005, 2(4), 99-106.
- [57]. Lee E.W., et al.: Pulsed magnetic and electromagnetic fields in experimental achilles tendonitis in the rat: a prospective randomized study. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997, 78(4), 399-404.
- [58]. Fini M, et al.: Effects of pulsed electromagnetic fields on articular hyaline cartilage: review of experimental and clinical studies. *Biomed Pharmacother*. 2005, 59(7), 388-394.

-
- [59]. Woldańska-Okońska M., Czernicki J.: Działanie przeciwbólowe pól magnetycznych o różnej charakterystyce. *Acta Bio-Opt. Inf. Med.* 2002, 8, 5-9.
- [60]. Ciejka E., Wójtowicz K.: Ocena skuteczności stosowanych zabiegów fizjoterapeutycznych w leczeniu choroby zwyrodnieniowo-wytwórczej stawów obwodowych i kręgosłupa. *Baln. Pol.* 2009, 53, 3(117), 189-193.
- [61]. Jankowska E., et al.: Wykorzystanie magnetostymulacji w terapii zespołów bólowych narządu ruchu (badania własne). *Acta Bio-Opt. Inf. Med.* 2000, 6, 29-33.
- [62]. Jędrzejewski P., Cieślik T., Sieroń A.: Doświadczenia własne z wykorzystaniem wolnozmiennych pól magnetycznych w leczeniu bólu. *Inż. Biomat.* 2003, 26, 13-17.
- [63]. Staś-Rzendkowska K., Halejak R., Pyszkowska J.: Magnetostymulacja w medycynie bólu. *Twój Mag. Med.* 2004, 11, 15-20.
- [64]. Dobrzyniecka B., et al.: Badanie skuteczności terapeutycznej i tolerancji zastosowania magnetostymulacji systemem Viofor JPS w leczeniu dzieci chorych na młodzieńcze idiopatyczne zapalenie stawów. *Baln. Pol.* 2004, 66(3-4), 86-92.
- [65]. Kubacka M., et al.: Zastosowanie krioterapii ogólnoustrojowej i terapii zmiennymi polami magnetycznymi w leczeniu osteoporozy pomenopauzalnej. *Baln. Pol.* 2003, 65(3-4), 15-20.
- [66]. Jędrzejewski P., et al.: Oddziaływanie wolnozmiennych pól magnetycznych na tkanki żywe. *Inżynieria Biomateriałów.* 2001, 17-19.
- [67]. Sieroń A.: Medycyna fizykalna w medycynie sportowej. *Chirurgia kolana, artroskopia, traumatologia sportowa.* 2006, 3(3), 43-46.
- [68]. Aziz Z., Cullum N.A., Flemming K.: Electromagnetic therapy for treating venous leg ulcers. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011, dostęp/publikacja: 16 marca 2011. Dostępny w internecie: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD002933.pub4/full>>
- [69]. Sieroń A., Glinka M.: Wpływ pól magnetycznych o zakresach terapeutycznych na proces gojenia się skóry i tkanek miękkich. *Chir. Pol.*, 2002, 4, 153-158.
- [70]. Sieroń A., et al.: Zastosowanie pola magnetycznego w leczeniu obwodowego porażenia nerwu twarzowego u dzieci - opis przypadków. *Baln. Pol.* 2004, 66(1-2), 58-63.
- [71]. Woldańska-Okońska M., Czernicki J., Ostrzyżek A.: Wpływ pól magnetycznych niskiej częstotliwości stosowanych w magnetoterapii i magnetostymulacji na wyniki rehabilitacji pacjentów po udarach mózgu. *Przegląd Lekarski.* 2007, 64, 2.
- [72]. Kapłun E., et al.: Ocena przydatności magnetostymulacji z użyciem aparatu Viofor JPS w usprawnianiu chorych po udarze mózgu. *Post. Rehab.* 2004, 18, 61.
- [73]. Sadowska L., Mazurek B.: Stosowanie wolnozmiennych pól magnetycznych (magnetostymulacja Viofor JPS) u małych dzieci z zaburzeniami rozwoju psychomotorycznego. *Post. Rehab.* 2004, 18, 69.
- [74]. Broła W., Węgrzyn W., Czernicki J.: Magnetostymulacja jako alternatywna metoda objawowego leczenia stwardnienia rozsianego. *Wiadomości Medyczne* 2001, 1-5.
- [75]. Sieroń A., et al.: Ocena skuteczności terapeutycznej słabych zmiennych pól magnetycznych o niskiej wartości indukcji u chorych z zaburzeniami depresyjnymi. *Psych. Pol.* 2004, 38, 2, 217-225.
- [76]. Preiskorn M., et al.: Leczenie suchego zębodołu z zastosowaniem pola elektromagnetycznego, *Stomatologia Współczesna; Suplement nr 2*, 2001, 27-30.
- [77]. Puchalska-Niedbał L., Opalko K.: Magnetostymulacja metodą wspomagającą leczenie powikłań neurologiczno-okulistycznych po urazie głowy. Zmienne pola magnetyczne w stomatologii i okulistyce. *a-medica Press*, 2009, 9, 130-147.

-
- [78]. Binhi V. N.: *Magnetobiology Underlying Physical Problems*, Academic Pres, San Diego – San Francisco – New – York – Boston – London – Sydney – Tokyo., 2002, 40
- [79]. Hughes S., et al.: The influence of static magnetic fields on mechanosensitive ion channel activity in artificial liposomes. *Eur Biophys J.* 2005, 34(5), 461-468.
- [80]. Ohata R., Tomita N., Ikada Y.: Effect of a static magnetic field on ion transport in a cellulose membrane. *J Colloid Interface Sci.* 2004, 15, 270(2), 413-416.
- [81]. Bauréus Koch C.L., et al.: Interaction between weak low frequency magnetic fields and cell membranes. *Bioelectromagnetics.* 2003, 24(6), 395-402.
- [82]. Rosen A.D.: Effect of a 125 mT static magnetic field on the kinetics of voltage activated Na⁺ channels in GH3 cells. *Bioelectromagnetics.* 2003, 24(7), 517-523.
- [83]. Rosen A.D.: Mechanism of action of moderate-intensity static magnetic fields on biological systems. *Cell Biochem Biophys.* 2003, 39(2), 163-173.
- [84]. Kronenberg K. J.: Experimental evidence for the effects of magnetic Fields on moving water. *IEEE Transactions on Magnetics*, 1985, 21(3), 2059-2061.
- [85]. Kronenberg K.J.: Magnetic water treatment demystified. *Magnets Magazine.* 1985, 6-27.
- [86]. Miyakoshi.: The review of cellular effects of a static magnetic field. *Science and Technology of Advanced Materials.* 2006, 7(4), 305-330.
- [87]. Nyjon K. Eccles.: A critical review of randomized controlled trias of static magnets for pain relief. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine.* 2005, 11(3): 495-509.
- [88]. Brown C.S., et al.: Efficacy of static magnetic field therapy in chronic pelvic pain: a double-blind pilot study. *Am J Obstet Gynecol.* 2002, 187(6), 1581-1587.
- [89]. Weintraub M.I., et al.: Magnetic Research Group. Static magnetic field therapy for symptomatic diabetic neuropathy: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003, 84(5), 736-746.
- [90]. Colbert A.P., et al.: Static magnetic field therapy for carpal tunnel syndrome: a feasibility study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010, 91(7), 1098-1104.
- [91]. Colbert A.P., et al.: Static Magnetic Field Therapy: A Critical Review Static Magnetic Field Therapy. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2009, 6(2), 133-139.
- [92]. Morris C.E., Skalak T.C.: Acute exposure to a moderate strength static magnetic field reduces edema formation in rats. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2008, 294(1), 50-57.
- [93]. Binhi V. N.: *Magnetobiology Underlying Physical Problems*, Academic Pres, San Diego – San Francisco – New – York – Boston – London – Sydney – Tokyo., 2002, 129.
- [94]. van Grinsven S., et al.: Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010, 18(8), 1128-1144.
- [95]. Danis C.G., et al.: Relationship between standing posture and stability. *Phys Ther.* 1998, 78, 502-517.
- [96]. Johansson R., Magnusson M.: Human postural dynamics. *Crit Rev Biomech Eng.* 1991, 18, 413-437.
- [97]. Tecco S., et al.: Effects of anterior cruciate ligament (ACL) injury on postural control and muscle activity of head, neck and trunk muscles. *J Oral Rehabil.* 2006, 33(8), 576-587.
- [98]. Goldie P.A., Evans O.M., Bach T.M.: Steadiness in one-legged stance: development of a reliable force-platform testing procedure. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992, 73(4), 348-354.

-
- [99]. Bosek M., et al.: Degradation of postural control system as a consequence of Parkinson's disease and ageing. *Neurosci Lett.* 2005, 16, 376(3), 215-220.
- [100]. Shiraishi M., et al.: Stabilometric assessment in the anterior cruciate ligament-reconstructed knee. *Clin J Sport Med.* 1996, 6(1), 32-39.
- [101]. Henrikson M., Ledin T., Good L.: Postural control after ACL re construction and functional rehabilitation. *Am J Sports Med.* 2001, 29, 359-366.
- [102]. Olton J., Czerwisz L.: Posturograf firmy Pro-Med., *Acta Bio-Opt. Inf. Med.* 2006, 12 (3), 143-144.
- [103]. Liu-Ambrose T., et al.: The effects of proprioceptive or strength training on the neuromuscular function of the ACL reconstructed knee: a randomized clinical trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2003, 13(2), 115-123.
- [104]. Krogsgaard M.R., Dyhre-Poulsen P., Fischer-Rasmussen T.: Cruciate ligament reflexes. *J Electromyogr Kinesiol.* 2002, 12(3), 177-182.
- [105]. Kujawa J., et al.: The analgesic effectiveness of laser therapy in patients with gonarthrosis: an evaluation. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2004, 30, 6(3), 356-366.
- [106]. Niedźwiedzka B., Wróbel P., Trabka R.: The impact of muscle training by Kotz phasal currents on increased strength and mass of the medial head of the quadriceps muscle of the thigh in patients with degenerative disease of the femoropatellar joint. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2002, 30, 4(2), 218-221.
- [107]. Anderson A.F., Snyder R.B., Lipscomb A.B. Jr.: Anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study of three surgical methods. *Am J Sports Med.* 2001, 29(3), 272-279.
- [108] Kubisz L., et al.: Posture Stability Evaluation Using Static Posturography in Patients after Cruciate Ligament Reconstruction. *Acta Phys. Pol. A.* 2011, 119(6A), 957-960
- [109]. Hofman-Wiśniewska J.: Przyszłość magnetoterapii. Sprawy Nauki. Biuletyn Komitetu Badań Naukowych, 2002, 5 (78). Dostępny w internecie: <http://www.sprawynauki.waw.pl/?section=article&art_id=514&ref=search>
- [110]. Fibiger W., Starowicz A., Wilk M.: Wpływ magnetostymulacji na jakość życia chorych z SM. *Fizjoterapia Polska*, 2010; 3(4); Vol. 10, 202-210.
- [111]. Pasek J., Mucha R., Sieroń A.: Magnetostymulacja- nowoczesna forma terapii w medycynie i rehabilitacji. *Fizjoterapia.* 2006, 14, 4, 3-8.
- [112]. Janicki J.S., Zastosowanie stałych pól magnetycznych w terapii", PIW Primax Medic Sp. z o. o., Poznań 2008; ISBN: 978-83-60007-21-1, 97.
- [113]. Błaszczuk J.W., et al.: Assessment of postural instability in patients with Parkinson's disease. *Exp Brain Res.* 2007, 183(1), 107-114.
- [114]. Binhi V. N.: Magnetobiology Underlying Physical Problems, Academic Pres, San Diego - San Francisco - New - York - Boston - London - Sydney - Tokyo., 2002, 1
- [115]. Berg Jeremy M., Tymoczko John L., Stryer Lubert, *Biochemia*, Warszawa 2007,190-225.
- [116]. Patruno A., et al.: Extremely low frequency electromagnetic fields modulate expression of inducible nitric oxide synthase, endothelial nitric oxide synthase and cyclooxygenase-2 in the human keratinocyte cell line HaCat: potential therapeutic effects in wound healing. *Br J Dermatol.* 2010, 1, 162(2), 258-266.
- [117]. Sakurai T., et al.: An extremely low frequency magnetic field attenuates insulin secretion from the insulinoma cell line, RIN-m. *Bioelectromagnetics.* 2004, 25(3), 160-166.

-
- [118]. Woldańska-Okońska M., Czernicki J.: Wpływ impulsowych pól magnetycznych stosowanych w magnetoterapii i magnetostymulacji na wydzielanie kortyzolu u ludzi. *Med. Pracy*. 2003, 54(1), 29-32.
- [119]. Pfluger D.H., Minder C.E.: Effects of exposure to 16.7 Hz magnetic fields on urinary 6-hydroxymelatonin sulfate excretion of Swiss railway workers. *J Pineal Res*. 1996, 21(2), 91-100.
- [120]. Burch J.B., et al.: Nocturnal excretion of a urinary melatonin metabolite among electric utility workers. *Scand J Work Environ Health*. 1998, 24(3), 183-9.
- [121]. Karasek M., et al.: Chronic exposure to 2.9 mT, 40 Hz magnetic field reduces melatonin concentrations in humans. *J Pineal Res*. 1998, 25(4), 240-244.
- [122]. Binhi V. N.: *Magnetobiology Underlying Physical Problems*, Academic Press, San Diego - San Francisco - New - York - Boston - London - Sydney - Tokyo., 2002, 2
- [123] Dauty M., Collon S., Dubois C.: Change in posture control after recent knee anterior cruciate ligament reconstruction? *Clin Physiol Funct Imaging*. 2010, 30(3), 187-191.
- [124]. Chiu R.W., et al.: Changes in postural control of patients with anterior cruciate ligament deficiency, Chapter 13. *Biomechanics and orthopaedic disorders, Relation: ISPGR 2005, Conference of the International Society of Postural and Gait Research*.
- [125]. O'Connell M., George K., Stock D.: Postural sway and balance testing: a comparison of normal and anterior cruciate ligament deficient knees. *Gait Posture*. 1998, 1;8(2), 136-142.
- [126]. Suomi R., Koceja D.M.: Effect of magnetic insoles on postural sway measures in men and women during a static balance test. *Percept Mot Skills*. 2001, 92(2), 469-476.
- [127]. Suomi R., Koceja D.M.: Postural sway characteristics in women with lower extremity arthritis before and after an aquatic exercise intervention. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000, 81(6), 780-785.
- [128]. Negahban H., et al.: The effects of dual-tasking on postural control in people with unilateral anterior cruciate ligament injury. *Gait Posture*. 2009, 30(4), 477-481.
- [129]. Luoto S., et al.: One-footed and externally disturbed two-footed postural control in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. A controlled study with follow-up. *Spine*. 1998, 1;23(19), 2081-2090.
- [130]. Salavati M., et al.: Test-retest reliability [corrected]. of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability. *Gait Posture*. 2009, 29(3), 460-464.
- [131]. Boucher P., Descarreaux M., Normand M.C.: Postural control in people with osteoarthritis of the cervical spine. *J Manipulative Physiol Ther*. 2008, 31(3):184-190.
- [132]. Hasan S.S., Lichtenstein M.J., Shiavi R.G.: Effect of loss of balance on biomechanics platform measures of sway: influence of stance and a method for adjustment. *J Biomech*. 1990, 23(8), 783-789.
- ¹³³ Harrison E.L., et al.: Evaluation of single-leg standing following anterior cruciate ligament surgery and rehabilitation. *Phys Ther*. 1994, 74, 245-252.
- [134]. Hoffman M., Schrader J., Koceja D.: An investigation of postural control in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction patients. *J Athl Train*. 1999, 34(2), 130-136.
- [135]. Bressel E., et al.: Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *J Athl Train*. 2007, 42(1):42-46.

-
- [136]. Matsuda S., Demura S., Uchiyama M.: Centre of pressure sway characteristics during static one-legged stance of athletes from different sports. *J Sports Sci.* 2008, 26(7), 775-779.
- [137]. Markov M., Hazlewood C., Ericsson A.: Systemic Effect: A New Approach to Magnetic Field Therapy. *The Environmentalist.* 2005, 25, 121-129.
- [138]. Finegold L., Flamm B.L.: Magnet therapy. *BMJ.* 2006, 4, 332.
- [139]. Pittler M.H., Brown E.M., Ernst E.: Static magnets for reducing pain: systematic review and meta-analysis of randomized trials. *CMAJ.* 2007, 25, 177(7), 736-742.
- [140]. Trock D.H., Bollet A.J., Markoll R.: The effect of pulsed electromagnetic fields in the treatment of osteoarthritis of the knee and cervical spine. Report of randomized, double blind, placebo controlled trials. *J Rheumatol.* 1994, 21(10), 1903-1911.
- [141]. Jacobson J.I., et al.: Low-amplitude, extremely low frequency magnetic fields for the treatment of osteoarthritic knees: a double-blind clinical study. *Altern Ther Health Med.* 2001, 7(5), 54-64, 66-69.
- [142]. Woldańska-Okońska M., Czernicki J.: Ocena skuteczności magnetostymulacji w fizjoterapii (badania ankietowe). *Wiad. Lek.* 2004, 57(1-2) 44-50.
- [143]. Jankowska E., et al.: Zastosowanie pola magnetycznego w leczeniu zespołów bólowych twarzowej części czaszki różnego pochodzenia - doniesienia wstępne. *Czas. Stomat.* 2005, 58,11.
- [144]. Sandyk R., Derpapas : Successful treatment of an acute exacerbation of multiple sclerosis by external magnetic fields. *Int J Neurosci.* 1993, 1-2, 97-105.
- [145]. Ryczko M.C., Persinger M.A.: Increased analgesia to thermal stimuli in rats after brief exposures to complex pulsed 1 microTesla magnetic fields. *Percept Mot Skills.* 2002, 95(2), 592-598.
- [146]. Sieroń A., Pasek J., Mucha R.: Slow-changing magnetic field in treatment of humeral necrosis (radiculitis brachialis). *Acta Bio-Opt. Inf. Med.* 2006, 12(2), 93-96,
- [147]. Pasek J., et al.: Fizjoterapia pacjentów po artroskopii stawu skokowo-goleniowego, *Ann. Acad. Med. Siles.* 2008, 62(3-4), 93-100.
- [148]. Koczy B., et al.: Algorytm postępowania fizjoterapeutycznego u pacjentów po totalnej bezcementowej alloplastyce stawu skokowo-goleniowego. *Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska.* 2008, 73, 4.
- [149]. Zorzi C., Dall'Oca C., Cadossi R., Setti S.: Effects of pulsed electromagnetic fields on patients' recovery after arthroscopic surgery: prospective, randomized and double-blind study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007, 15(7), 830-834.
- [150]. Benazzo F., et al.: Effects of biophysical stimulation in patients undergoing arthroscopic reconstruction of anterior cruciate ligament: prospective, randomized and double blind study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008, 16(6):595-601.
- [151]. Hoffman M., Koceja D.M.: Hoffmann reflex profiles and strength ratios in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction patients. *Int J Neurosci.* 2000, 104(1-4), 17-27.
- [152]. Barrett D.S.: Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg Br.* 1991, 73(5), 833-837.
- [153]. Tegner Y., Lysholm J.: Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res.* 1985, 198, 43-49.
- [154]. Kannus P.: Ratio of hamstring to quadriceps femoris muscles' strength in the anterior cruciate ligament insufficient knee. Relationship to long-term recovery. *Phys Ther.* 1988, 68(6), 961-965.

-
- [155]. Chen C.Y., et al.: Effect of magnetic knee wrap on quadriceps strength in patients with symptomatic knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008, 89(12), 2258-64.
- [156]. Fischer G., Pelka R.B., Barovic J.: Adjuvant treatment of knee osteoarthritis with weak pulsing magnetic fields. Results of a placebo-controlled trial prospective clinical trial. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2005.143(5):544-550.