

Otwarte i zamknięte łańcuchy kinematyczne

Open and Closed Kinetic Chain

Jacek Mańka, Marta Milewska

Carolina Medical Center, Warszawa
Wydział Rehabilitacji AWF, Warszawa

Streszczenie

Na przestrzeni ostatnich lat coraz częściej w procesie usprawniania pacjentów uwzględnia się ćwiczenia w otwartych łańcuchach kinematycznych. Ćwiczenia te w większym stopniu stymulują i odtwarzają wiele funkcjonalnych ruchów.

Pojęcie łańcucha kinematycznego wprowadził w 1875 Reuleux. Opisał go jako kombinację kilku segmentów połączonych razem. Steindler jako pierwszy zastosował pojęcie łańcucha kinematycznego w kinezylogii człowieka i podzielił łańcuchy kinematyczne na otwarte, i zamknięte.

Podczas ćwiczeń w zamkniętych łańcuchach kinematycznych końcowe ogniwo jest ustabilizowane lub napotyka tak duży opór zewnętrzny, który ogranicza czy uniemożliwia ruch, jak podczas przysiadu. Ruch w jednym stawie pociąga za sobą ruch we wszystkich innych stawach łańcucha w przewidywalny sposób. Podczas ćwiczeń w otwartych łańcuchach kinematycznych końcowe ogniwo jest swobodne, tak jak podczas swobodnego prostowania i zginania kolana. Większość czynności dnia codziennego jest kombinacją ruchów w zamkniętych i otwartych łańcuchach kinematycznych.

Ćwiczenia w zamkniętych łańcuchach kinematycznych są przedstawiane jako bardziej specyficzne, funkcjonalne i bezpieczniejsze niż ćwiczenia w otwartych łańcuchach kinematycznych. Zwiększają komponentę sił kompresujących w stawie, a zmniejszają sił ścinających, aktywizują jednocześnie mięśnie agonistyczne i antagonistyczne. Odtwarzają bardziej funkcjonalne wzorce ruchowe i w większym stopniu stymulują dynamiczną stabilizację stawów – propriocepcję. Ćwiczenia w otwartych łańcuchach kinematycznych zwiększają komponentę sił ścinających w stawach, a zmniejszają sił kompresujących, odtwarzają pojedyncze wzorce ruchowe i aktywizują jednocześnie pracę agonistów i synergistów. Program fizjoterapii powinien zawierać zarówno ćwiczenia w otwartych, jak i zamkniętych łańcuchach kinematycznych indywidualnie dobrane dla każdego pacjenta. [Acta Clinica 2001 1:231-237]

Słowa kluczowe: łańcuch kinematyczny, otwarty i zamknięty łańcuch kinematyczny

Summary

The clinical use of closed kinetic chain exercises has significantly increased during the past several years. This exercises stimulate and replicate many functional movements. The term kinematic chain was introduced by Reuleux in 1875 for use engineering to indicate combination of several segments linked together by interposing joints. Steindler first suggested the terms open kinetic chain (OCK) and closed kinetic chain (CKC) and applied the concept of a kinetic chain to human kinesiology.

Closed kinetic chain exercises occurs when the distal segment of the joint is fixed or meets with considerable external resistance, which prohibits or restrains its free motion., such as during a squat and leg press. In a closed kinetic chain, motion at one joint produce motion at all of the other joints in the system in a predictable manner.

Open kinetic chain exercises occurs when the terminal or distal segment is free to move, such as during a knee extension or flexion. Most activities of daily living include a combination of closed and open kinetic chain movement.

Closed kinetic chain exercises are more specific, more functional and safer than open kinetic chain exercises. The benefits of closed kinetic chain activities include: increased component joint compressive forces leading to increased joint stability, increased agonist/antagonist muscle coactivation, decreased component joint shear forces, replicated more functional movement patterns, stimulated dynamic joint stabilization – proprioception.

Open kinetic chain exercises increase component joint shear forces, decrease component joint compressive forces, replicate single movement patterns, increase agonist/synergist muscle coactivation.

Both types of rehabilitation activities are necessary for total rehabilitation. [Acta Clinica 2001 1:231-237]

Key words: kinematic chain, closed, open kinetic chain

Wstęp

Jeszcze do niedawna, w procesie rehabilitacji, jednym z głównych środków terapeutycznych były różnego rodzaju ćwiczenia wyizolowanych grup mięśniowych w otwartych łańcuchach kinematycznych. Na przestrzeni ostatnich lat coraz częściej uwzględnia się ćwiczenia w zamkniętych łańcuchach kinematycznych, jako stymulujące i odtwarzające bardziej funkcjonalne ruchy (25). Ćwiczenia te uważa się za bezpieczniejsze i najlepsze w procesie usprawniania, gdyż minimalizują powstawanie w stawach sił ścinających, które często powodują uszkodzenie lub przeciążenie struktur śród- i okołostawowych.

Pojęcie łańcucha kinematycznego wprowadził w 1875 roku twórca współczesnej kinematyki maszyn, Franciszek Reuleux. Opisał go jako mechaniczny system ogniw w inżynierii. Łańcuch kinematyczny jest zwykle zamkniętym systemem ogniw połączonych razem w taki sposób, że ruch jednego ogniwa przy ustabilizowanym innym powoduje ruch pozostałych ogniw w przewidywalny sposób (11).

Koncepcję łańcucha kinematycznego wprowadził do kinezyjologii człowieka A. Steindler w 1955 roku i zdefiniował go jako: „kombinację kilku kolejno rozmieszczonych stawów stanowiących kompleksowy układ ruchowy” (11). Steindler również jako jeden z pierwszych podzielił łańcuchy kinematyczne na otwarte i zamknięte.

Podstawy biomechaniczne

By zrozumieć istotę ćwiczeń w zamkniętych i otwartych łańcuchach kinematycznych należy przypomnieć sobie parę podstawowych pojęć biomechanicznych.

Łańcuchem kinematycznym lub, jak niektórzy określają, biokinematycznym (8) określa się spójny zespół członów połączo-

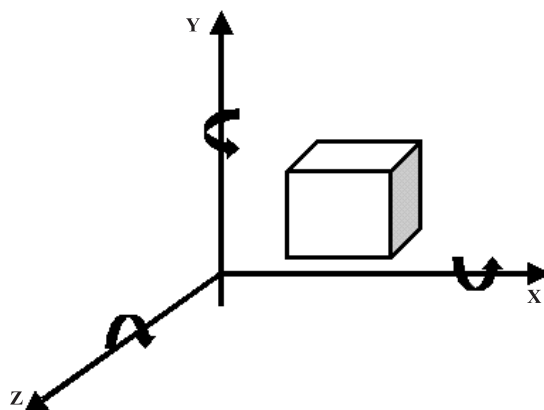
nych w pary kinematyczne, lub biokinematyczne (18).

Para kinematyczna to ruchowe połączenie dwóch lub więcej członów wzajemnie ograniczające ich ruchy względne (8).

Człon to sztywny element ciała ludzkiego w postaci kości (8).

Ruchliwość łańcucha kinematycznego będzie określać liczba stopni swobody tego łańcucha względem podstawy, którą jest człon stanowiący nieruchomy układ odniesienia np. dla kończyny dolnej miednica (8).

Liczba stopni swobody ciała sztywnego nazywa się liczbę niezależnych współrzędnych określających jednoznacznie jego położenie w przestrzeni względem wybranego układu odniesienia. Swobodny człon sztywny zawieszony w przestrzeni posiada 6 stopni swobody ruchu: trzy ruchy postępowe wzdłuż osi x, y, z i trzy obrotowe wokół tych samych osi (ryc. 1) (18).



Ryc. 1 Swobodny człon sztywny zawieszony w przestrzeni.

Stopień swobody to niezależny ruch względny członów w stawie.

Człowiek posiada stawy o maksymalnie trzech stopniach swobody ruchu, np. staw ramienny lub biodrowy, gdzie kość ramienna, czy udowa łączy się z panewką w jednym końcu.

Jak już wspomniano łańcuchy kinematyczne dzielimy na otwarte i zamknięte.

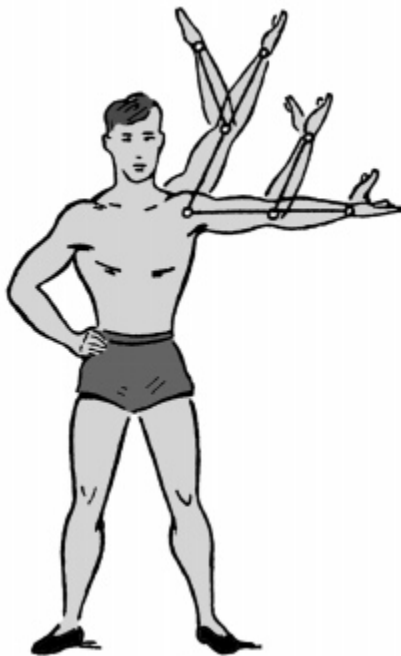
Otwarty łańcuch kinematyczny (ryc. 2) to łańcuch, w którym końcowe ogniwo jest swobodne i łączy się tylko z jednym, sąsiednim ogniwem. Ruchy ogniw są niezależne od siebie i chociaż jeden z członów nie wchodzi w pełne połączenie z innymi (7, 18).

Zamknięty łańcuch kinematyczny (Ryc. 3) to łańcuch, w którym końcowe ogniwo nie jest swobodne. Ruch jednego ogniwa powoduje określony ruch innych ogniw, a każdy jego człon jest połączony co najmniej z dwoma innymi członami (7,18).

Ciało człowieka składa się głównie z otwartych łańcuchów kinematycznych, gdyż ogniwa końcowe (stopa i ręka) pozostają wolne. Można również wyodrębnić w ciele człowieka dwa zamknięte łańcuchy kinematyczne. Jednym z nich jest klatka piersiowa i wszystkie jej struktury ruchowe zaangażowane w proces oddychania. Ruchy żeber wymuszają określone ruchy mostka i kręgosłupa piersiowego i odwrotnie. Wymienia się 56 stawów sprzężonych, które współdziałają przy ruchach całej klatki

piersiowej (22). Drugim takim łańcuchem kinematycznym wydaje się być miednica, gdzie śladowa ruchomość w stawach krzyżowo-biodrowych powoduje przy ruchu w jednym z tych stawów określony ruch drugiego.

Z wielu różnorodnych ćwiczeń w procesie usprawniania nie da się niektórych zakwalifikować do wykonywanych w otwartych lub zamkniętych łańcuchach kinematycznych. Ruchy każdego człowieka są kombinacją ruchów w zamkniętych i otwartych łańcuchach kinematycznych. W przypadku normalnego chodu stosunek wynosi 65% do 35%. W miarę wzrostu prędkości poruszania procentowy udział ruchów w zamkniętym łańcuchu kinematycznym znacząco maleje (by podczas sprintu osiągnąć 10%). Dlatego też, by rehabilitacja była skuteczna, uwzględnia się obydwie komponenty ruchu (3, 6). Stąd wielu autorów stawia pytanie co to jest naprawdę otwarty, a szczególnie zamknięty łańcuch kinematyczny i jak klasyfikować niektóre, wykonywane przez pacjentów ćwiczenia? (11, 14, 24).



Ryc. 2. Otwarty łańcuch kinematyczny



Ryc. 3. Zamknięty łańcuch kinematyczny

Otwarty łańcuch kinematyczny można opisać jako izolowany ruch w jednym stawie, którego część dystalna porusza się swobodnie w przestrzeni, a siła wytwarzana przez ciało jest na tyle duża by pokonać opór. Ćwiczenia w otwartych łańcuchach kinematycznych charakteryzują się większą prędkością i swobodą ruchu, a mniejszą stabilnością (11). Przykładem takiego ćwiczenia jest ćwiczenie oporowe prostowników stawu kolanowego na maszynie wyprostnej (Ryc. 4).

Zamknięty łańcuch kinematyczny można opisać jako określony ruch wielostawowy, w którym dystalny segment jest ustabilizowany, lub napotyka duży opór, który ten ruch uniemożliwia czy w znacznym stopniu ogranicza (11). Siła wytwarzana przez ciało nie jest wystarczająca by pokonać ten opór. Zespoły mięśniowe pracują odwrotnie. Przyczep końcowy staje się początkowym, a początkowy końcowym. Wymusza to inną koordynację nerwo-mięśniową (20). Przykładem takiej odwróconej pracy mięśni jest praca zapasowych mięśni wdechowych po zbyt intensywnym wysiłku, kiedy nie wystarcza praca samej przepony i mięśni ją wspomagających. Warunkiem włączenia się tych mięśni



Ryc. 4. Ćwiczenie prostowników stawu kolanowego na maszynie wyprostnej

w proces oddychania jest zamknięcie łańcucha kinematycznego i ustabilizowanie kończyn górnych poprzez oparcie ich na kolanach lub uchwycenie jakiegoś stabilnego przedmiotu.

Poszczególne pary kinematyczne tracą część swoich stopni swobody ruchu na rzecz całego łańcucha kinematycznego i dlatego też ćwiczenia te charakteryzują się większą stabilnością, a mniejszym przyspieszeniem.

Zmienia się reguła ruchu artrokinematycznego. Porusza się część proksymalna w stosunku do ustabilizowanej dystalnej.

Dla wielu autorów podział ćwiczeń na wykonywane tylko w otwartych i zamkniętych łańcuchach kinematycznych jest nie wystarczający i nie do końca jasny. Istnieje duża grupa ćwiczeń terapeutycznych, których nie da się przypisać do żadnej z tych dwu grup.



Ryc. 5. Przysiad jako przykład ćwiczenia w zamkniętym łańcuchu kinematycznym.

Na podstawie szczegółowej analizy wielu ćwiczeń Wilk i wsp. zaproponowali klasyfikację składającą się z czterech grup ćwiczeń:

- w otwartych łańcuchach kinematycznych,
- w zamkniętych łańcuchach kinematycznych,
- w częściowo zamkniętych łańcuchach kinematycznych,
- w szybko zmieniających się na przemian otwartych i zamkniętych łańcuchach kinematycznych (*rapid succession drills*) (26).

Dwie pierwsze grupy ćwiczeń opisaliśmy wcześniej. Trzecią grupę stanowią ćwiczenia, w których segment dystalny napotyka opór, ale nie jest w pełni ustabilizowany, np. podczas biegu na nartach. W czwartej grupie ćwiczeń segment obwodowy jest cyklicznie i szybko zamykany, i otwierany, np. podczas biegu, skoków (26).

Klasyfikacja ta odnosi się przede wszystkim do usprawniania dysfunkcji kończyn dolnych, gdzie, podczas wykonywania ćwiczeń w zamkniętym łańcuchu kinematycznym, musi być spełniony warunek pokonywania ciężaru własnego ciała.

Inny system klasyfikacji ćwiczeń przedstawili Dilman i wsp. Podział ten opiera się przede wszystkim na analizie ćwiczeń obręczy barkowej, ale równie dobrze może być używany przy opisywaniu ćwiczeń kończyn dolnych. Autorzy zaproponowali trzy grupy ćwiczeń:

- ustabilizowany segment dystalny z obciążeniem zewnętrznym,
- ruchomy segment dystalny z obciążeniem zewnętrznym,
- ruchomy segment dystalny bez obciążenia zewnętrznego (11).

Koncepcje Dilmana rozwinęli Lephart i Henry, którzy opracowali Funkcjonalny System Klasyfikacji ćwiczeń odnoszących się do obręczy barkowej i kończyny górnej, składający się z czterech grup ćwiczeń:

- ustabilizowany segment dystalny z osiowym obciążeniem zewnętrznym,
- ruchomy segment dystalny z osiowym obciążeniem zewnętrznym,
- ruchomy segment dystalny z nieosiowym obciążeniem zewnętrznym,
- ruchomy segment dystalny bez obciążenia (14).

W klasyfikacji tej uwzględniono, czy segment dystalny jest ruchomy, czy ustalony, jakie obciążenie jest przyłożone i jaki jest kierunek jego działania (14). Pamiętajno również przy tym, by kończyna górna dobrze funkcjonowała, musi być zachowana równowaga pomiędzy stabilnością, a mobilnością obręczy barkowej. Struktury statyczne i dynamiczne muszą działać prawidłowo by była zachowana funkcjonalna stabilność.

Ćwiczenia w otwartych łańcuchach kinematycznych

Ćwiczenia te są najczęściej do tej pory stosowanym środkiem terapeutycznym, stanowią specyficzne, efektywne i izolowane ćwiczenia pojedynczych grup mięśniowych, odtwarzają pojedyncze wzorce ruchowe i charakteryzują się zwiększeniem komponenty sił ścinających w stosunku do kompresujących. W mniejszym stopniu stymulują one propriocepcję, przede wszystkim aktywizują mięśnie agonistyczne i synergistyczne i nie są odpowiednie do treningu czynności dnia codziennego i aktywności sportowej (12, 14, 24, 26).

Ćwiczenia w zamkniętych łańcuchach kinematycznych

Na przestrzeni kilku ostatnich lat ćwiczenia te stały się jednym z podstawowych i najbardziej popularnych środków terapeutycznych; angażują duże zespoły dynamiczne, odtwarzają bardziej funkcjonalne wzorce ruchowe i charakteryzują się zwięks-

szeniem komponenty sił kompresujących w stosunku do ścinających. Część z nich zapewnia lepszą stabilizację stawów poprzez kokontrakcję zespołów mięśniowych je otaczających.

Zapewniają też one lepszą dynamiczną stabilizację-propriocepcję, aktywizują jednocześnie mięśnie agonistyczne, synergistyczne i antagonistyczne oraz są bezpieczniejsze niż niektóre ćwiczenia w otwartych łańcuchach kinematycznych (12, 14, 24, 26).

Istotną zaletą ćwiczeń w zamkniętych łańcuchach kinematycznych jest to, że poprzez działanie wielostawowe i angażowanie większej liczby grup mięśniowych w dużym stopniu poprawiają one propriocepcję. Przypomnieć należy, że operacja przywraca tylko mechaniczną stabilizację stawu; dynamiczną kontrolę nerwo-mięśniową zapewnia fizjoterapia, co w efekcie daje funkcjonalną stabilność (14).

Chociaż wielu autorów dostrzega większe korzyści ze stosowania ćwiczeń w zamkniętych łańcuchach kinematycznych, to trzeba zaznaczyć, że nie jest to *panaceum*. Stosując tylko ćwiczenia w zamkniętych łańcuchach kinematycznych możemy nie dostrzec słabszych ogniw w tym łańcuchu, które pacjent kompensuje za pomocą dobrze funkcjonujących innych ogniw (6). Zagroza to wystąpieniem innych lub powtórnych urazów, które mogą utrudnić proces usprawniania. Dlatego też w postępowaniu terapeutycznym należy zwracać uwagę także na słabsze części łańcucha kinematycznego i trenować je w sposób mniej funkcjonalny, a bardziej lub mniej wyizolowany, używając ćwiczeń w otwartym łańcuchu kinematycznym. Przykładem mogą być pacjenci po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego, u których w początkowej fazie procesu usprawniania stosuje się tylko ćwiczenia w zamkniętych łańcuchach kinematycznych jako bardziej funkcjonalne i bezpieczniejsze dla przeszczepu, zapominając o potrzebnych, izo-

lowanych ćwiczeniach mięśnia czworogłowego uda w pozycjach bezpiecznych dla przeszczepu. Pociąga to za sobą osłabienie tego mięśnia i związane z tym problemy, np. dolegliwości ze strony stawu rzepkowo-udowego. Tak więc ćwiczenia w zamkniętych łańcuchach kinematycznych, stosowane samodzielnie, nie przywracają wszystkich funkcji w danym stawie. Zatem termin ich funkcjonalności jest nadużywany (20). By proces usprawniania był optymalny wskazane jest łączenie obu rodzajów ćwiczeń, w zależności od potrzeby.

Istotną rzeczą jest też uwzględnienie mechanizmu urazu, któremu uległ pacjent – czy miało to miejsce w otwartym, czy zamkniętym łańcuchu kinematycznym. Pozwala to terapeutycie na odpowiednie zaplanowanie programu usprawniania, który zapobiega powtórny urazom i umożliwia powrót do poprzedniej aktywności (1).

Jest rzeczą oczywistą, że program fizjoterapii powinien zawierać zarówno ćwiczenia w otwartych, jak i zamkniętych łańcuchach kinematycznych indywidualnie dobrane dla każdego pacjenta.

Piśmiennictwo

1. Andrews J. R., Dennison J. M., Wilk K. E.: The significance of closed chain kinetics in upper extremity injuries from a physician's perspective. *J. of Sport Rehab.* 1996 Vol. 5, No. 1:64 – 70
2. Augustsson J., Thomee R.: Ability of closed and open kinetic chain tests of muscular strength to assess functional performance. *Scand J. Med. Sci. Sports* 2000 10:164 – 168
3. Beynon B.D., Johnson R.J., Fleming B.C., Stanekewich Ch. J., i wsp.: The strain behavior of the anterior cruciate ligament during squatting and active flexion-extension. *Am. J. Sports Med.* 1997 Vol. 25, No. 6:823 – 829
4. Beynon B.D., Fleming B.C., Johnson R.J., Nichols C.E., i wsp.: Anterior cruciate ligament strain behaviour during rehabilitation exercises in vivo. *Am. J. Sports Med.* 1995 Vol. 23, No. 1:24 – 34
5. Bynum E.B., Barrack R.L., Alexander A.H.: Open versus closed chain kinetic exercises after an-

- terior cruciate ligament reconstruction. *Am. J. Sports Med.* 1995 Vol. 23, No. 4:401 – 406
6. Davies G.J.: The need for critical thinking in rehabilitation. *J. of Sport Rehab.* 1995 Vol. 4, No. 1:1 – 22
7. Doński D.D.: Biomechanika ćwiczeń fizycznych. *Sport i turystyka* 1963:21 – 29
8. Fidelus K.: *Zarys biomechaniki ćwiczeń fizycznych, cz 1: Podstawy biomechaniki układu ruchu człowieka*, AWF, Warszawa 1977:5 – 26
9. Fleming B.C., Beynon B.D., Renstrom P.A., Peura G.D., i wsp.: The strain behavior of anterior cruciate ligament during bicycling. An in vivo study. *Am. J. Sports Med.* 1998 Vol. 26, No. 1:109-118
10. Gryzlo S.M., Patek R.M., Pink M., Perry J.: Electromyographic analysis of knee rehabilitation exercises. *J. Orth. Sports Phys. Ther.* 1994 Vol. 20, No. 1:36 – 43
11. Harrelson G.L., Leaver-Dunn D.: Kinematic Chain w: Andrews J.R., Harrelson G.L., Wilk K.E., Physical Rehabilitation of the Injured Athlete. W. B. Saunders Company, Philadelphia 1998 pp. 7:178 – 182
12. Harter R.A.: Clinical rationale for closed kinetic chain activities in functional testing and rehabilitation of ankle pathologies. *J. of Sport Rehab.* 1996 Vol. 5, No. 1:13 – 24
13. Howell S.M.: Anterior tibial translation during a maximum quadriceps contraction: Is it clinically significant? *Am. J. Sports Med.* 1990 Vol. 18, No. 6:573 – 578
14. Lephart S.M., Henry T.J.: The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *J. Sport Rehab.* 1996 Vol. 5, No. 1:71 – 87
15. Lephart S.M., Pincivero D.M., Giraldo J.L., Fu F.H.: Aktualne poglądy na znaczenie propriocepcji w leczeniu i rehabilitacji urazów sportowych. *Rehabilitacja Medyczna* 1998, Tom 2, Nr 1:15 – 26
16. Lewit K., Kolar P.: Czynnościowe zaburzenia w układzie ruchu – łączenie się w łańcuchy i wadliwe programowanie. *Rehabilitacja Medyczna* 2000, Tom 4, Nr 4:87 – 92
17. Lutz G.E., Palmiter R.A., An Kn., Chao EY.: Comparison of tibio-femoral forces during open-kinetic-chain and closed-kinetic chain exercises. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1993 vol. 75, No. 5:732 – 739
18. Morecki A., Oderfeld J.: *Teoria maszyn i mechanizmów*. Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe 1987:13 – 32
19. O'Connor J.J.: Can muscle co-contraction protect knee ligaments after injury or repair. *J. Bone Joint Surgery.* 1993 Vol. 75-B, No. 1:4148
20. Snyder-Mackler L.: Scientific rationale and physiological basis for the use of closed kinetic chain exercise in the lower extremity. *J of Sport Rehab.* 1996 Vol. 5, No. 1:2 – 12
21. Stuart M.J., Meglan D.A., Lutz G.E., Growney E.S., i wsp.: Comparison of intersegmental tibio-femoral joint forces and muscle activity during various closed kinetic chain exercises. *Am J Sports Med* 1996 Vol. 24, No. 6:792 – 799
22. Szukiewicz H., Lewandowski A., Zieliński J.R.: *Zasady działania narządu ruchu*. AWF, Warszawa 1977
23. Wilk K.E.: Open vs. closed chain exercises: fact vs. fiction. *Panther Sports Medicine Symposium* May 2000 Pittsburgh
24. Wilk K.E., Arrigo Ch. A., Andrews J.R.: Closed and open chain exercises for the upper extremity. *J. of Sport Rehab.* 1996 Vol. 5, No. 1:88 – 102
25. Wilk K.E., Escamilla R.F., Fleisig G.S., Barrentine S.W., i wsp.: A comparison of tibio-femoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. *Am. J. Sports Med.* 1996 Vol. 24, No. 4:518 – 527
26. Wilk K.E., Zheng N., Fleisig G.S., Andrews J.R., i wsp.: Kinetic chain exercises: implication for the anterior cruciate ligament patient. *J of Sport Rehab.* 1997 6:125 – 143
27. Witvrouw E., Lysens R., Bellemans J., Peers K., i wsp.: Open versus closed kinetic chain exercises for patellofemoral pain. *Am. J. Sports Med.* 2000 Vol. 28, No. 5:687 – 693
28. Yack H.J., Riley L., Whieldon T.R.: Anterior tibial translation during progressive loading of the ACL-deficient knee during weight-bearing and non weight-bearing isometric exercises. *J. Orth. Sports Phys. Ther.* 1994 Vol. 20, No. 5:247 – 252

Adres do korespondencji / Address for correspondence: Jacek Mańka, Carolina Medical Center, ul. Broniewskiego 89, 01 – 876 Warszawa