

Łańcuchy kinematyczne

Ruchomość to termin, którym określa się zakres ruchów w stawach, jedną z funkcjonalnych właściwości połączeń ruchowych.

Zakres ruchów w stawach, potocznie nazywa się **gibkością**.

Ruchomość stawów zależy od biernych struktur połączeń, którymi są powierzchnie stawowe, torebki stawowe i więzadła, oraz od struktur czynnych, czyli mięśni.

Mięśnie, otaczając staw, wywołują w nich ruchy, ale – stanowiąc element konstrukcyjny układu ruchu – mogą również być przyczyną ograniczeń zakresu ruchu.

Wyróżnia się ruchomość szkieletową bierną i czynną.

Czynny zakres ruchu to taki, jaki uzyskamy aktywizując momenty sił mięśni działających na dany staw.

Zakres bierny jest uzyskiwany przy wykorzystaniu momentu siły zewnętrznej, a wtedy mięśnie wstawiają się biernie.

Ograniczenia zakresu ruchu w stawie mają różne przyczyny, lecz najczęściej wynikają z utraty elastyczności mięśni (włókien mięśniowych i ścięgien).

Ograniczenie zakresu ruchu spowodowane jest również przez elastyczne twory łącznotkankowe – więzadła, których rola polega na wzmocnieniu torebki stawowej i całego połączenia. Łańcuch kinematyczny (F.Reuleux 1875 kinematyka maszyn): zamknięty system ogniw połączonych razem w taki sposób, że ruch jednego ogniwa przy ustabilizowanym innym powoduje ruch pozostałych ogniw w przewidywalny sposób.

A.Steindler 1995: kombinacja kilku kolejno rozmieszczonych stawów stanowiących kompleksowy układ ruchowy (otwarte, zamknięte).

Łańcuch kinematyczny (biokinematyczny) - spójny zespół członów połączeń

Para kinematyczna – ruchowe połączenie dwóch lub więcej członów wzajemnie ograniczające ich ruchy względne

Człon - to sztywny element ciała ludzkiego w postaci kości

Ruchliwość łańcucha kinematycznego – liczba stopni swobody tego łańcucha względem podstawy (człon stanowiący nieruchomy układ odniesienia np. dla kończyny dolnej)

Liczba stopni swobody ciała sztywnego – liczba niezależnych współrzędnych określających jednoznacznie jego położenie w przestrzeni względem wybranego układu odniesienia.

Swobodny człon sztywny zawieszony w przestrzeni posiada 6 stopni swobody ruchu:

- 3 ruchy postępowe wzdłuż osi x, y, z
- 3 obrotowe wokół tych samych osi

Stopień swobody – niezależny ruch względny członów w stawie.

Stawy o maksymalnie 3 stopniach swobody ruchu, np. staw ramienny, biodrowy.

Otwarty łańcuch kinematyczny to łańcuch, w którym końcowe ogniwo swobodnie łączy się tylko z jednym, sąsiednim ogniwem. Ruchy ogniw są niezależne od siebie.

□

Zamknięty łańcuch kinematyczny to łańcuch, w którym końcowe ogniwo nie jest swobodne.

Ruch jednego ogniwa powoduje określony ruch innych ogniw, a każdy jego człon jest połączony z co najmniej dwoma innymi członami

□

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 oraz kręgosłupa piersiowego i odwrotnie.

Wymienia się 56 stawów sprzężonych, które współdziałają przy ruchach całej klatki piersiowej.

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.

CHÓD

W przypadku normalnego chodu stosunek ruchów w zamkniętych łańcuchach kinematycznych do ruchów w otwartych łańcuchach

wynosi 65% do 35%.

W miarę wzrostu prędkości poruszania procentowy udział ruchów w zamkniętym łańcuchu kinematycznym znacząco maleje (podczas sprintu 10%)

Wielu autorów stawia pytanie co to jest naprawdę otwarty, a szczególnie zamknięty łańcuch kinematyczny, **jak klasyfikować niektóre, wykonywane przez pacjentów ćwiczenia?**

Aby rehabilitacja była skuteczna, uwzględnia się oba komponenty ruchu.

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

Przykład - ćwiczenie oporowe prostowników stawu kolanowego na maszynie wyprostnej

□

Zamknięty łańcuch kinematyczny można opisać jako określony ruch wielostawowy, w którym dystalny segment jest ustabilizowany lub napotyka duży opór, który ten ruch uniemożliwia lub w znacznym stopniu ogranicza.

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 nerwowo-mięśniową.

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 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 ćwiczeniata 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.

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

Ćwiczenia:

- w otwartych łańcuchach kinematycznych,
- w zamkniętych łańcuchach kinematycznych,
- w częściowo zamkniętych łańcuchach kinematycznych,
- w szybko zmieniających się na przemian

Ćwiczenia w częściowo zamkniętych łańcuchach kinematycznych to ćwiczenia, w których segment dystalny napotyka opór, ale nie jest w pełni ustabilizowany, np. podczas biegu na nartach.

Ćwiczenia w szybko zmieniających się na przemian otwartych i zamkniętych łańcuchach kinematycznych - segment obwodowy jest cyklicznie i szybko zamykany i otwierany, np. podczas biegu, skoków.

Ćwiczenia w otwartych łańcuchach kinematycznych - 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.

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 zwiększeniem komponenty sił kompresujących w stosunku do ścinających. Część z nich zapewnia lepszą stabilizację stawów poprzez kokontrakcję.

Zapewniają lepszą dynamiczną stabilizację-propriocepcję, aktywizują jednocześnie mięśnie agonistyczne, synergistyczne i antagonistyczne oraz są bezpieczniejsze niż niektóre ćwiczenia w otwartych łańcuchach kinematycznych.

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 zabieg przywraca tylko mechaniczną stabilizację stawu; dynamiczną kontrolę nerwowo-mięśniową zapewnia fizjoterapia, co w efekcie daje funkcjonalną stabilność.

Chociaż wielu autorów dostrzega większe korzyści ze stosowania ćwiczeń w zamkniętych łańcuchach kinematycznych, to należy 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.

Zagraża to wystąpieniem innych lub powtórnych urazów, które mogą utrudnić proces usprawniania.

Dlatego 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.

Przykład

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, izolowanych ćwiczeniach mięśnia czworogłowego uda w pozycjach bezpiecznych.

Tak więc ćwiczenia w zamkniętych łańcuchach kinematycznych, stosowane samodzielnie, nie przywracają wszystkich funkcji w danym stawie.

Zatem termin ich funkcjonalności jest nadużywany.

By proces usprawniania był optymalny wskazane jest łączenie obu rodzajów ćwiczeń, w zależności od potrzeby.

Podsumowanie

Program fizjoterapii powinien zawierać zarówno ćwiczenia w otwartych, jak i zamkniętych łańcuchach kinematycznych indywidualnie dobrane dla każdego pacjenta.