

Podsumowanie biomechaniki

Biomechanika – od grec. słowa mechane - narzędzie, jest to dyscyplina naukowa, zajmująca się organizmami żywymi traktowanymi jako narzędzia o określonych funkcjach mechanicznych.

Biomechanika – bada właściwości mechaniczne tkanek, narządów, układów oraz ruch mechaniczny żywych organizmów – jego przyczyny i skutki. Przyczynami ruchu są siły zewnętrzne (ciężkości) i wewnętrzne (zwłaszcza mięśniowe). Skutkiem jest zmiana położenia ciała własnego lub obcego albo naprężniaczy odkształcenia ciała.

Cybernetyka – nauka o systemach sterowania oraz związanym z tym przetwarzaniu i przekazywaniu informacji (komunikacja).

Kinematyka – dział mechaniki zajmujący się matematycznym opisem układów mechanicznych oraz badaniem geometrycznych właściwości tego ruchu. Kinematyka abstrahuje od działających sił i bezwładności ciała.

„Przedmiotem biomechaniki jest badanie przyczyn oraz skutków działania sił zewnętrznych i wewnętrznych na układ biologiczny, a w szczególności na człowieka. Biomechanika jest interdyscypliną dziedziną nauki, której obszar badań leży na pograniczu nauk ścisłych (mechanika) i biologicznych (biologia medyczna)”.

Dwa warunki statyki:

1) suma siły = 0

2) suma momentów siły musi się = 0

Ruch obrotowy – moment siły – $M_0 = r \cdot P$ Ruch postępowy – siła

UKŁAD RUCHU

1) Pojęcia kinematyczne

- człon – kość (element, który nie zmienia swoich wymiarów geometrycznych pod wpływem siły).

- para biokinematyczna – połączenie dwóch członów (musi być co najmniej 2 pary, wtedy powstanie 3 człony)

Kiedy są co najmniej 3 człony (2 pary biokinematyczne) wtedy powstaje – łańcuch biokinematyczny.

- łańcuch biokinematyczny zamknięty – nie ma członu wolnego, w jednym przegubie wymusza ruch w pozostałych stawach (4 człony)

- łańcuch biokinematyczny otwarty – posiada człon wolny (np. kończyna dolna – niezależny ruch), nie wymusza ruchów innego przegubu (3 człony), łańcuch wykonuje ruch (np. k. górna, k. dolna)

RUCHLIWOŚĆ

- Stopnie swobody – możliwość wykonywania ruchu (6 stopni swobody = 3 postępowe, 3 – obrotowe)

- Więzy – zebrane możliwości ruchu (np. 2 kości = staw biodrowy, nie ma ruchów postępowych)

- Klasy połączeń stawowych – ilość więzów mówi o klasie

- Zakres ruchów pary biokinematyczne – bierny zawsze większy od czynnego

- Ruch obrotowy – droga kątowa (tylko ruch obrotowy)

- Ruch postępowy – przemieszczenie liniowe

- Biomechanizm – podstawa + łańcuch biokinematyczny ćwiczenia w pozycjach izolowanych

- Biomechanizm chwilowy – zmienna podstawa, zmienny łańcuch biokinematyczny

Czynność mięśni w biomechanizacji:

- antycypacyjna – czynność statyczna $M_z = M_w$ (stabilizacja zawsze przed funkcją ruchową)

- ruchowa

Funkcja dynamiczna czynności:

- koncentryczna (pokonująca)

- ekscentryczna w łańcuchu

Mięśnie antygravitacyjne – (m. posturalne, przeciwcieżeniowe)

Choroba przeciążeniowa kręgosłupa (autor J. Stoddry) podział na mięśnie toniczne i fazowe (

mięśnie posturalne – postawy łatwo ulegają przykurczu, a mięśnie fazowe nie) Energia potencjalna: $E_p = m \cdot g \cdot h$ (zmiana do minimum)

SIŁY REAKCJI (WG III ZASADY DYNAMIKI NEWTONA)

I zasada dynamiki (zasada bezwładności).

Jeżeli na ciało nie działa żadna siła lub działające siły równoważą się, to ciało pozostaje w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym (po prostej ze stałą prędkością)

II zasada dynamiki

Gdy siły działające na ciało nie równoważą się to ciało porusza się ruchem zmiennym. Kierunek i zwrot tego przyspieszenia są zgodne z kierunkiem siły.

Wartość przyspieszenia ciała o masie m jest wprost proporcjonalny do wartości wypadkowej siły działającej na to ciało, a jego kierunek i zwrot są zgodne z kierunkiem i zwrotem tej siły. Ciało o większej masie pod działaniem takiej siły wypadkowej uzyskuje mniejsze przyspieszenie.

Przyspieszenie ruchu ciała jest wprost proporcjonalne do wartości siły, a odwrotnie proporcjonalne do masy ciała.

III zasada dynamiki (zasada akcji i reakcji)

Siły wzajemnego oddziaływania na siebie dwóch ciał mają takie same wartości, ten sam kierunek, przeciwny zwrot i różny punkt przyłożenia. Siły te nie równoważą się bo działają na dwa różne ciała.

Jeśli ciało A działa na ciało B siłą F (akcja) to ciało A siłą (reakcja) o takiej samej wartości i kierunku, lecz o przeciwnym zwrocie.

OBCIĄŻENIA UKŁADU RUCHU:

- zewnętrzne – głównie momenty siły ciężkości

Opory zewnętrzne – reakcja podłoża oraz inne siły bezwładności

- wewnętrzne - „mięśniowe”

Wektor siły mięśniowej i jego składowe – obrotowe – ruch i styczna – nacisk na staw

Biomechanizm – czynność mięśni w biomechanice

Reakcje więzów w stawach:

Metody i techniki oceny siły mięśniowej:

Nie można zbadać siły mięśniowej, możemy tylko zmienić moment siły zewnętrznej na podstawie tego wyniku, możemy w sposób pośredni zredukować wartość siły zewnętrznej:

- metoda wolitywna

- stymulacja

Zasady pomiaru momentu siły mięśni w statyce:

- elektromiografia – badanie potencjałów elektrycznych podczas skurczów (ruchów) włókien mięśniowych

- globalne (powierzchniowe)

interferencja wieku IR

igłowa i badanie jednej IR

Siła mięśnia w funkcji jego długości

Zakres skracania się i wydłużania sarkomeru, a zatem i włókna względem długości wejściowej, która wynosi 2,25, jest ograniczony.

Siła (F) wyzwalana przez pobudzony sarkomer jest funkcją jego długości (I) $F = f(I)$

Pojedyncze włókienko wyzwała max siłę przy długości sarkomeru od 2 do 2,25. Siła ta maleje wraz z jego rozciąganiem oraz wówczas, gdy sarkomeru skraca się i nitki miozyny dochodzą do linii Z.

Jeżeli za wyjściową długość sarkomeru przyjmuje się wartość spoczynkową, czyli $I_0 = 2,25$, to przy jego rozciągnięciu do 3,65, a więc o 62% długości spoczynkowej, jego siła spadnie do zera.

Maksymalnie skrócony sarkomer ma wymiary 1,27, czyli może się skrócić o ok. 44 %, wówczas jego siła też spada do zera.

Siła względem F/F_0 , zależy od stanu długości względnej I/I_0 sarkomeru ($100\% = 2,25$) Na rysunku uwzględniono siłę pochodzącą tylko od elementu kurczliwego sarkomeru.

Z charakterystyki struktury wynika, że mięsień ma elementy czynne, zdolne do wyzwalania siły i elementy bierne jak ściąganie i powiązanie oraz pozostałe tkanki łączne. Właściwości sprężyste tych elementów muszą być uwzględnione jeśli rozważana jest zdolność mięśnia do rozwijania siły, gdyż za ich pośrednictwem jest ona przenoszona na kość.

W modelu mięśnia możemy wyróżnić elementy kurczliwe EK oraz elementy sprężyste ułożone równolegle RES i szereg SES.

Model struktury mięśnia:

EK – elementy kurczliwe

RES – równoległe elementy sprężyste

Eksperymenty wykonywane na mięśniach żaby i królika dały, aczkolwiek otrzymano różne rezultaty dla mięśni pierzastych i

wrzecionowatych, pewien ogólny pogląd na zależność siły

mięśnia od stanu jego długości, uwzględniając właśnie obie składowe siły mięśniowe tj. czynna (od elementów kurczliwych) bierne (od szeregowych elementów sprężystych).

Siła mięśnia izometryczna w funkcji jego długości

$F = F(I)$ I_0 – długość spoczynkowa

d = składowe siły pochodzące od elementów kurczliwych

r = składowe siły pochodzące od elementów biernych e = wypadkowa siły mięśnia – suma składowa d i r

PARAMETRY BIOMECHANICZNE UKŁADU RUCHU CZŁOWIEKA

1. Płaszczyzna strzałkowa:

- oś strzałkowa i pionowa

- dzieli ciało na część prawą i lewą kończyny na część boczną i przyśrodkową

- ruchy: zginania, prostowania

- jest to płaszczyzna symetrii (pośrodkowa)

2. Płaszczyzna czołowa:

- os poprzeczna i pionowa

- dzieli tułów, głowę i kończyny dolne na część przednią i tylną, kończyny górne na część dloniową i grzbietową

- ruchy kończyny: odwodzenia, przywodzenia tułowia i głowy – zginanie w bok (prawo i lewo)

3. Płaszczyzna poprzeczna:

- oś strzałkowa i poprzeczna
- dzieli; tułów, głowę na część dolną i górną kończyny na część dystalną i proksymalną
- ruchy kończyn: nawracanie, odwracanie ruchy tułowia: skręty w lewo i w prawo

Układ odniesienia nie związany z ziemią jest układem nieintercyjnym. Masa – ilość cząsteczek w danej objętości. Masa jest wielkością skalarną.

Ciężar – jest szczególnym rodzajem siły.

$$Q = m \cdot g \text{ [N]} \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Siła jest wielkością wektorową. Jest to masa razy przyspieszenie. $F = m \cdot a \text{ [N]}$

Przedstawieniem wielkości skalarnej jest liczba. Przedstawieniem graficznym 1 skalarnej jest wektor.

Cechy wektora:

- kierunek – jest to prosta, na której leży wektor (przód, tył, prawo, lewo)
- zwrot – określenie jednej z dwóch możliwości na danym kierunku
- wartość – jest to bezwzględna długość wektora
- punkt przyłożenia – to miejsce, w którym wektor przyczepia się do belki na którą działa

Wektor ciężkości:

- kierunek jest zawsze – góra, dół
 - zwrot – zawsze w dół
 - wartość wektora siły ciężkości – jest związana z masą poszczególnych części ciała
 - punkt przyłożenia wektora – punkt zwany środkiem ciężkości
- Ruch postępowy – jest wywołany za pomocą nierównomierniej (nieodrównoważonej) siły. Ruch obrotowy – jest wywołany momentem siły.

Moment siły (ramie działania siły) jest to najkrótsza odległość od osi obrotu do kierunku działania siły.

PARAMETRY STRUKTURALNE UKŁADU RUCHU CZŁOWIEKA

- człon – sztywny element ciała ludzkiego (nie odkształcony, kości bez tkanek miękkich)
- 1-3 nm ruch ostępowy o 5° ruch obrotowy – jeszcze jest człon

Człon jest podstawową cegiełką strukturalną mechanizmu lub biomechanizmu.

- półpara – człon przystosowany do połączenia z innymi członami (powierzchnia stawowa)
- para kinematyczna – ruchome połączenie dwóch półpar swobodnych
- łańcuch kinematyczny lub biokinematyczny – spójny układ członów połączonych ruchomo
- mechanizm lub biomechanizmu – podstawa (człon nieruchomy) plus łańcuch kinematyczny wykonujący określone ruchy

Stopnie swobody:

Człon w przestrzeni określają trzy punkty ABC o 9 współrzędnych.

Ciało sztywne – odległość AB, BC, CA nie ulegają zmianie, z 9 współrzędnych pozostaje tylko 6 niezależnych parametrów określających człon w przestrzeni. Mówimy wtedy o 6 stopniach swobody.

- trzy ruchy postępowe niezależne
- trzy ruchy obrotowe

Stopień swobody – ruch niezależny wykonany w jednym kierunku bez zmiany położenia w stosunku do innych kierunków. Para kinematyczna – posiada ograniczenia ruchów względnych – więzy, co możemy przedstawić wzorem:

$$H = 6 - s$$

H – liczba stopni swobody pary tzn. jednego członu względem drugiego przyjętego za nieruchomy

s – liczba więzów (s przyjmuje wartość od 1 do 5)

Jeżeli s = 0 to człon jest swobodny, s = 6 to połączenie nieruchome

W oparciu o te zależności wyznaczono klasy par biokinematycznych:

- para III klasy (o trzech stopniach swobody) $H = 6 - 3 = 3$ np. staw ramienny
- para IV klasy (o dwóch stopniach swobody) $H = 6 - 4 = 2$ np. staw promieniowo – nadgarstkowy
- para V klasy (o jednym stopniu swobody) $H = 6 - 5 = 1$ np. staw międzypaliczkowy

Człowiek i zwierzęta – tylko ruchy obrotowe, stawy są połączeniem klasy III, IV, V. Jednostronne działanie mięśni – ciągną a nie mogą pchać. Ruchliwością nazywamy liczbę stopni swobody członów ruchomych mechanizmu lub biomechanizmu względem podstawy.

Ruchliwość wyznaczamy ze wzoru:

gdzie:

W – liczba stopni swobody łańcucha biokinematycznego (ruchliwość)

n – liczba członów ruchomych nie licząc podstawy pi – liczba par biokinematycznych w danej klasie

i – klasy pary biokinematycznej

Człowiek:

$N = 144$ członów

$V = 88, IV = 33, II = 29$

$W = 6 * 144 - 5 * 81 - 4 * 33 - 3 * 29 = 240$ – stopni swobody względem czaszki

Każdy stopień swobody obsługiwany jest przez 2 mięśnie (napędy są zdublowane lub potrojone).

Rys. kończyna górna

Człon 4 – cztery kości I rzędu nadgarstka

Człon 5 – cztery kości II rzędu nadgarstka oraz II i III kości śródreżca

$W = 30$

$W = 6 * 22 (3 * 1 + 4 * 6 + 5 * 15) = 132 - 102 = 30$

Rys. kończyna dolna

$W = 6 * 22 - (3 * 1 + 4 * 6 + 5 * 15) = 132 - 102 = 30$

TEORIA HILLA

Physiotherapy&Medicine www.pandm.org

Mięsień to pewnego rodzaju przetwornik energii, w którym na skutek przemian elektronicznych energia chemiczna przetwarzana jest na energię mechaniczną. Prawidłowość ta zachodzi jednak tylko wtedy, gdy mięsień jest pobudzony. Prędkość przemian energetycznych w mięśniu ograniczona jest przez:

- nośniki energii chemicznej
- typ reakcji chemicznych
- masę mięśnia
- temperatura mięśnia itp.

Jeśli więc prędkość przemian jest ograniczona to i moc przez mięsień generowana, ma swoją wartość graniczną, która wynosi:

Praca natomiast definiowana jest jako:

A zatem otrzymujemy:

gdzie: oznacza prędkość skracania się mięśnia

Z zależności tej wynika wniosek, że wartość siły rozwijanej przez mięsień zależy od prędkości jego skracania się. W przybliżeniu wartość ta jest odwrotnie proporcjonalna. Dokładnie tą zależność zobrazował Hill, laureat nagrody nobla w 1922 r.

Wyznaczył on charakterystyczne równanie:

$$(F_m + a)v = (F_{max} - F_m)b$$

lub

$$(F_m + a)(v + b) = (F_{max} + a)b = \text{const.}$$

gdzie:

F_m – siła rozwijana przez mięsień skracający się z prędkością v

a – stała charakterystyczna dla mięśnia, zależna od ciepła jego skracania się oraz oporu

wewnętrznego

b – stała zależna od długości mięśnia i jego temp.

F_{max} – maksymalna wartość siły generowanej przez mięsień przy założeniu, że $v = 0$

Krzywa charakterystyczna Hilla, przedstawiająca zależność $F_m = f(v)$

Krzywa przecina oś F_m w punkcie o współrzędnych $(0, F_m)$ oznacza to, że istnieje wartość maksymalna siły danego mięśnia. Podobny wniosek wysunąć można śledząc punkt przecięcia się wykresu z osią V .

Punkt ten $(V_{max}, 0)$ stanowi maksymalną prędkość skracania się mięśnia

.

Zależność siły mięśnia od prędkości jego skurczu ściśle wiąże się z jego mocą. Analizując krzywą Hilla zauważyć można, że moc rozwijana przez pracujący z maksymalną siłą mięsień równa jest zero. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku mięśnia kurczącego się z maksymalną prędkością. Oznacza to, że w obu tych skrajnych przypadkach moc użyteczna mięśnia równa jest zero. Natomiast dla pośrednich wartości prędkości skurczu, iloczyn siły mięśnia i prędkość jest większy od zera, co oznacza, że hiperbola Hilla posiada ekstremum,

czyli że dla pewnej wartości prędkości, moc rozwijana przez mięsień osiąga maksimum, które wynosi około 0,31 prędkości – maksymalnej V_{max} .

Biomechanika układu ruchu człowieka – Bober, Zawadzki, Fidellus

CHÓD

Chód – cykliczność i symetria, naprzemianstronne ruchy kończyn górnych i kończyn dolnych

Fazowość:

a) faza podporowa [FP] (60% t. cyklu) b) faza wymachu [FW] (40% t. cyklu) Rytmiczność: FP : FW = 3 : 2
 Osobnicza Anizometria – długość kroku
 Osobnicza Anizotomia – napinanie mięśni
 Osobnicza Anizochronia – obciążanie prawej i lewej k

a) Faza podporu [FP]

Kryteria: kontakt stóp lub części z podłożem = 3 okresy (podfazy) Okres 1 – podpór na pięcie [FP1] około 10% t. cyklu
 Okres 2 – podpór płaski na całej stopie [FP2] około 30% t. cyklu
 Okres 3 – podpór na przodostopiu i palcach [FP3] około 20% t. cyklu

b) Faza wymachu [FW]

Kryteria: zmiana przyspieszenia kończyny wymachowej = 3 okresy (podfazy) Okres 1 – przyspieszenie [FW1] około 13% t. cyklu
 czynny: głównie zginanie stawu biodrowego
 Okres 2 – przeniesienie [FW2] około 17% t. cyklu bierny: moment siły bezwładności
 Okres 3 – hamowanie [FW3] około 10% t. cyklu

czynny: prostownik stawu biodrowego i zginacz stawu kolanowego

FP – Faza podporowa FP1 , FP2, FP3 – okresy (podfaz) FW – faza wymachu FW1 , FW2 , FW3 – okres (podfazy) Okres podwójnego podporu

Rzut OSC przemieszcza się z lewej na prawą płaszczyznę podparcia kończyn dolnych. Przejście do zmiany kończyny podporowej to trudny „manewr” następuje zmiana płaszczyzny podparcia.

Bardzo mała stateczność.

Charakterystyka składowej pionowej „Z”

„ L tylny” (P1/ P2) „ pierwszego dociążenia” podłoża:

- charakteryzuje sposób obciążenia pięty
- wartość około 100% ciężaru ciała.

„ L przedni” (P2/ P3) „ drugiego dociążenia” podłoża:

- charakteryzuje sposób obciążenia przodostopiu
- wartość około 120-140% ciężaru ciała

„ siednisko” (P2) odciążenie podłoża:

- charakteryzuje dynamikę wymachu kończyny przeciwnej
- wartość około 60-80% ciężaru ciała

Charakterystyka składowej Y bocznej:

- przyśrodkowo (+Y) charakteryzuje: tendencje przywiedzeniowo – szpotawe kończyny podporowej
- boczne (-Y) charakteryzuje: tendencje odwiedzeniowo – koślawe kończyny podporowej

BIEG

Bieg w sporcie – najszybciej biegający sprinterzy osiągają prędkość 10 m/s, natomiast maratończycy 5,5 m/s biegnąc ponad 2 godziny.

Podział kroku biegowego na fazy:

W biegu w jednym kroku wyróżniamy fazę podporu na jednej nodze i fazę lotu. W przeciwieństwie do chodu w biegu nie ma fazy podwójnego podparcia. Dodatkowo fazę podporu można podzielić na fazę amortyzacji i odbicia, fazę lotu zaś na wznoszenie i opadanie.

Wykres faz biegu oraz faz ruchowych kończyn dolnych oznaczenia:

a) podpór b) lot

- 1) faza amortyzacji
- 2) faza odbicia
- 3) tylny wymach
- 4) przedni wymach

Prędkość biegu v jest funkcją długości [l] i częstotliwością kroku [f]

$$V = l * f$$

Innym słowy, jeżeli pomnożymy długość kroku [m] przez jego częstotliwość [$H2$], to uzyskamy drogą pokonaną w jednej sekundzie, czyli prędkość.

Prędkość wobec tego wzrasta wraz ze wzrostem długości kroku.

Długość kroku jako funkcja długości nóg i prędkości biegu możemy wyrazić równaniem:

$$L = a * \log v$$

gdzie:

L – długość kroku

a – współczynnik charakteryzujący krzywą regresji nóg i mieszczących się w przedziale od 2-2,5

v – prędkość pozioma biegu

W praktyce sportowej rozróżniamy następujące składowe obciążenia:

- intensywność ćwiczenia, którą określa moc włożona danego ćwiczenia
- czas trwania ćwiczenia, który decyduje o wykonanej pracy podczas ćwiczenia, ponieważ intensywność ćwiczenia oraz jego czas równa się:

$$Nw * t\acute{e}w = Lw$$

wielkość czasu ćwiczenia wynika z czasu udziału różnych źródeł energetycznych w dostarczeniu energii do pracy mięśni.

- czas trwania przerwy odpoczynkowej, który decyduje o powrocie zdolności do pracy (

poziom mocy) zgodnie z funkcją $N = f(f_{odp})$

- charakter odpoczynku, który może być bierny lub czynny, czyli podczas odpoczynku praca

użyteczna może być równa zero lub posiadać pewną niewielką wartość, przyspieszając powrót zdolności do pracy.

- liczba powtórzeń ćwiczeń i liczba serii, które decydują o ilości wykonanej pracy.
- liczba powtórzeń ćwiczeń i liczba serii, które decydują o ilości wykonanej pracy włożonej, będącej sumą prac w poszczególnych ćwiczeniach i seriach.

Podstawowe metody treningu cech fizycznych:

Metoda

	Max	Min	Max	izometryczna ciągła	powtórzeniowa interwałowa	
	obciążeń	obciążeń	powtórzeń			
				m > max	K=max	
intensywność E = max	a = max	W=srednie		V=0	N= mała	U = duża
czas	2 - 6	5 - 15	20 - 40	4 - 6	Powyżej 5 - 20	40 - 90
ćwiczenia (s)					90,	
czas					4 - 120	
odpoczynku	3 - 5	6 - 8	10 - 15	2 - 4	brak	8 - 10
(min)						1 - 3
charakter	mało	mało				
			czynny	czynny	brak	mało aktywny
odpoczynku	aktywny	aktywny				czynny

Postawa ciała – odruchowy sposób utrzymania równowagi ciała w pozycji stojącej („pionizowanej”).

Postawa idealna:

- jest stabilna
- wyprostowana z utrzymaniem masy ciała nad płaszczyzną podparcia
- minimalizuje obciążenia i napięcia tkanek
- statycznie – w spoczynku
- dynamicznie – w ruchu
- minimalizuje wydatek energetyczny.

Czynności kręgosłupa w biomechanice:

1. Kręgosłup jako łańcuch biokinematyczny – najczęściej względem podstawy – miednicy i kończyn dolnych.
2. kręgosłup jako podstawa w biomechanizmie dla czynności łańcuchów biokinematycznych kończyn górnych i obręczy barkowej.

Czynności mięśnia w biomechanizmie:

1. Statyczna (antycypacja) mięśni ustalających człon podstawy biomechanicznej, czyli likwidowanie zbędnych stopni swobody pewnej części układu ruchu.
2. Koncentryczna (ekscentryczna mięśni), które przemieszczają łańcuch biokinematyczny a) założenia: podstawowe – biomechaniki wyprostowanej postawy ciała
 - b) zdeterminowanie fizycznej masy poszczególnych części układu ruchu: polem grawitacyjnym (siła ciężkości) tzn. że:
 - do każdej części ciała przyłożony jest wektor siły ciężkości
 - wektory te działają na pewnych ramionach względem osi obrotu w połączeniach stawowych
 - powstają momenty sił ciężkości, które „starają” się przemieścić poszczególne masy części ciała – ku dołowi,

- przeciwdziałają temu momenty sił mięśniowych:

[Mzew = Mwew] czyli zrównoważenie wewnątrz układu ciała i zewnątrz względem podłoża decyduje koordynacja nerwowo-mięśniowa.

Lordoza szyjna – I kwartał życia – unoszenie głowy Kifoza piersiowa – II kwartał życia – siadanie Lordoza lędźwiowa – III kwartał życia – stanie

- IV kwartał życia - chodzenie

Stabilizacja stawu skokowego:

- pion rzutuje się do przodu od osi stawu przez staw piętowo-sześcienny

- stabilizacja czynna: mięsień trójgłowy łydki głównie mięsień brzuchaty łydki zapobiega grzbietowemu zginaniu stawu skokowego.

Stabilizacja kolan:

Pion rzutuje się do przodu osi stawu kolanowego na rzepkę:

a) stabilizacja czynna:

- m. trójgłowy łydki

- m. brzuchaty łydki

- m. kulszowo-goleniowy

- m. czworogłowy uda – zależy od wychylenia ku przodowi b) stabilizacja bierna:

- więzadło krzyżowe

- m. grupy tylnej uda – dwugłowy, półścięgnisty, półbłoniasty. Stabilizacja stawu biodrowego:

Pion rzutuje się w zależności od wychwiał ku tyłowi.

Stabilizacja tułowia:

Pion rzutuje się w zależności od wychwiał ku tyłowi, przodowi lub na oś międzykręgową.

- w zależności od wychwiał i wzorca stania wyprostnego. a) stabilizacja czynna:

- prostownik, zginacze tułowia (grzbietu)

b) stabilizacja bierna:

- więzadła kręgosłupa

Stabilizacja głowy:

Pion rzutuje się ku przodowi od stawu szczytowo-potylicznego. a) stabilizacja czynna:

- mm. podpotyliczne b) stabilizacja bierna:

- więzadło karkowe

Wady postawy – porównanie z normami

Kifoza piersiowa – 35° Lordoza lędźwiowa – 40°

Kąt ustawienia kości krzyżowej – 45°

Prawidłowy kąt pochylenia miednicy wynosi:

- dla mężczyzn – 31°

- dla kobiet – 28°

- dzieci w wieku 4 lat – 22° Z wiekiem zwiększa się.

Wady postawy ciała:

- błędy „trzymania się”

- zaburzenia przestrzennego ukształtowania ciała

- zmiana utrwalona w układzie kostnym

Przyczyny:

1). Wrodzone (np. dysplazja stawu biodrowego)

2). Powstałe jako skutek urazów lub chorób.

3). Nabyte, najbardziej powszechne, spowodowane złymi nawykami-ruchowymi.

Najwięcej wad postawy ciała:

- w wieku 6 lat w związku ze zmianą trybu życia dziecka

- w okresie skoku pokwitaniowego, gdzie następuje zmiana proporcji ciała i położenia środka mas części ciała.

Wady postawy ciała:

I okres – zmiany czynnościowe

II okres – powstawanie przykurczy

III okres – zmian strukturalnych

PARAMETRY MASOWE CIAŁA CZŁOWIEKA

Punkt materialny – wyobraża ciało materialne o bardzo małych wymiarach geometrycznych, jest to punkt geometryczny, w którym skupiona jest masa.

Cieężar ciała – jest wynikiem przyciągania ciała przez ziemię, jest siłą, do jej określenia potrzebne jest: kierunek, zwrot, wartość, punkt przyłożenia. Jest wektorem, jego wartość zależy od źródła pola grawitacji oraz od tego jak daleko od środka źródła ciężar jest mierzony.

Masa – jest skalarem (do jej określenia wystarczy tylko wartość). Jest wielkością, charakteryzuje ciało w sposób jednoznaczny.

	Braun i Fischer	Merles	Gempser	Zaciorski
Głowa	7%	7,6%	7,9%	6,9%
Tułów	43%	44,2%	48,6%	43,5%
Ramię	3%	3,1%	2,7%	2,7%
Przedramię	2%	1,7%	1,6%	1,6%
Ręka	1%	1,9%	0,6%	0,6%
Udo	12%	11%	9,7%	14,1%
Podudzie	5%	4,6%	4,6%	4,33%
Noga	2%	2,0%	1,4%	1,3%

Równanie regresji

X1 – ciężar ciała w kg

X2 – ciężar ciała w metrach

Część ciała:

Głowa: $1,296 + 0,0171 \times x_1 + 0,0143 \times x_2$

Metoda wyznaczania ciężaru części ciała metoda bezpośrednią (metoda najdokładniejsza). Używamy dźwigni jednostronnej.

Układ deska i waga – tarujemy do zera (przykład obliczania dla kg).

W przykładzie wydłużenia ramienia siły ciężkości kg o y powoduje zwiększenie nacisku na wagę. Jest to najdokładniejsza metoda wyznaczania ciężaru poszczególnych części ciała ponieważ w sposób pośredni wyznacza się jedynie długość promienia wodzącego środek ciężkości tej części ciała.

$$(P - p)x + p y = R_1 l$$

R1 – reakcja wagi w pozycji 1

P- ciężar ciała

p – ciężar kończyny górnej l – długość dźwigni

x – ramie siły ciężkości ciała

y – ramie siły ciężkości kończyny górnej

$$(P - p) x + p (y + y) = R_2 l$$

R2 – reakcja wagi w pozycji 2

y – promień wodzący środka ciężkości kończyny górnej wyprostowanej

$$(R_1 - R_2) l = p y$$

$$p = (R_1 - R_2) l$$

Wyznaczenie środka ciężkości:

Środek ciężkości brył mających postać zbliżoną do figur płaskich wyznaczają się w następujący sposób:

- przez dowolny punkt A przeprowadzamy oś obrotu i w punkcie tym zawieszamy ciało

- przyjmuje ono taką pozycję, w której S.C. znajduje się w linii pionowej A

- zawieszamy to ciało w innym punkcie C

- punkt przecięcia się linii A i C to środek ciężkości (S.C tego ciała).

Trudno tę metodę zastosować u człowieka i dlatego korzystamy z metod pośrednich, które powstają równoległe z metodami wyznaczania ciężarów ciała i opierają się na podobnych zasadach.

- za 100% przyjęto długość danej części ciała

- położenie środka ciężkości wyznacza promień wodzący, którego wielkość podano w odsetkach długości danej części ciała

- metody zawieszenia.

1) środek ciężkości głowy – siodełko tureckie kości klinowej

2) środek ciężkości tułowia – linia łącząca osie w stawach barkowych na 44% długości linii łączącej te linie w osi długości ciała

3) środek ciężkości ramienia – 47% osi obrotu w stawie ramiennym, w stawie łokciowym

4) środek ciężkości przedramienia – 42% osi obrotu w stawie łokciowym, w stawie promieniowo-nadgarstkowym

5) środek ciężkości dłoni – w okolicy głowy III kości śródręcza, 1 cm proksymalnie, 1 cm promieniowo

6) środek ciężkości uda – 44% osi obrotu w stawie biodrowym, w stawie kolanowym

7) środek ciężkości podudzia – 42% osi obrotu w stawie kolanowym, stawie skokowo- goleniowym

8) środek ciężkości stopy – 44% od guza pierwszego do końca II palca.

Parametry te – masa, środek ciężkości niezbędne są do wyznaczenia OSC (chwilowego utrwalonego na kliszy) w trakcie wykonywania zadania ruchowego.

OSC pozwala na określenie parametrów kinematycznych opisujących ruch oraz parametrów dynamicznych badających jego przyczyny.

Wyznaczanie ogólnego środka ciężkości ciała człowieka: Metoda wyznaczania OSC

Środek ciężkości jest punktem przyłożenia wypadkowej siły ciężkości.

Środek masy – środek ciężkości (jeżeli ciało jest małe i znajduje się blisko powierzchni ziemi).

Punkt, który należy podeprzeć aby ciało było w równowadze, punkt od którego we wszystkich kierunkach równoważą się momenty siły ciężkości.

Położenie S.C. jest określone zależnością.

Rsc – promień wodzący środka ciężkości ciała poprowadzony z początku układu współrzędnych

Q1 – ciężar elementarny

r1 – promień wodzący Q1

Metody wyznaczania OSC:

1) bezpośrednie – potrzebny obiekt badany

2) pośrednie – nie potrzebny obiekt badany (wystarczy zapis danych, zdjęcie itp.)

BEZPOŚREDNIE

a) Metoda Borelliego (XVII w) – zastosowanie dźwigni dwustronnej

Metoda ta jest trudna do wykonania w praktyce, ze względu na małą stateczność układu człowieka – dźwigni.

Po uprzednim zrównoważeniu dźwigni spoczywającej na trójkątnym pryzmacie układamy badanego w pozycji np. leżenia tyłem i polecamy mu przesuwac się w kierunku głowy – nogi (płaszczyzna poprzeczna), tak długo dopóki nie nastąpi zrównoważenie dźwigni.

$$P1L1 = P2L2$$

b) Metoda duBois – Reymonda – dźwignia jednostronna

Badanego układamy na sztywnej płycie. Płyta oparta jest w punkcie A w odległości l do osi obrotu 0, na wadze lub innym czynniku siły pozwalającym zmierzyć siłę R z jaką płyta po umieszczeniu na niej osoby badanej oddziałuje na podłoże z .

Z równowagi układu wynika:

l – długość dźwigni

R – wskazanie wagi, tj. wielkość jej reakcji

P – ciężar badanego

Gdy dźwignia jest w równowadze:

- waga tarowana po podłożu deski do 0

- stopy przylegają do podpórki

- znajdujemy tę płaszczyznę gdzie OSC

- trzeba wykonać pomiaru w 3 płaszczyznach

Physiotherapy&Medicine www.pandm.org

POŚREDNIE

a) Metoda analityczna – składanie momentu siły

Twierdzenie Varginona – wypadkowy moment siły ciężkości układu sił równoległych względem dowolnego punktu jest równy algebraicznej sumie momentów sił składowych względem tego punktu.

Rr – ramie siły wypadkowej, siły ciężkości

n – liczba sił (n- 14 części ciała)

Mi – moment siły ciężkości poszczególnych części ciała

Qi – siły ciężkości poszczególnych części ciała

Mo – moment wypadkowej względem punktu 0

Mio – moment siły składowej względem tego samego punktu

Opis metody:

- Potrzebne jest zdjęcie osoby badanej

- przed fotografowaniem badanego nanosimy na jego ciało obrazujące położenie osi czynnościowych stawów głównych oraz zaznaczenie środków ciężkości poszczególnych części ciała

- Odpowiednie powiększenie zdjęcia, ustawienie badanego w płaszczyźnie filmowanego ruchu

- Naklejenie fotografii na papier milimetrowy

- przygotowanie specjalnej karty pomiarowej.

Kolej czynności:

1. Oznaczamy ciężar badanego

2. obliczamy ciężar poszczególnych części ciała q (posłużyć się wartościami względnymi, zakładając że ciężar ciała jest równy jedności)
3. W przypadku braku osi stawów oznaczyć osie poszczególnych stawów głównych i wykreślić ich symetrie
4. Połączyć sąsiednie osie (w punkcie ich symetrii), zmierzyć długość (część ciała) odcinków powstałych z połączenia osi.
5. Obliczyć moment siły ciężkości względem osi x i y
6. wynik nanieść na układ współrzędnych, przedłużyć linie do ich punktu przecięcia w którym znajduje się OSC

b) Metoda graficzna – składanie z sił równoległych

Wypadkowa dwóch sił równoległych jest równa sumie tych sił, ma zwrot siły bezwzględnie większej, a jej punkt przyłożenia znajduje się na prostej łączącej punkty przyłożenia sił składowych i dzieli ten odcinek w odwrotnie proporcjonalnie do wielkości sił składowych.

- środek ciężkości zawsze znajduje się na prostej łączącej środek ciężkości poszczególnych mas
- układ tych dwóch mas musi zachowywać się jak waga
- środek ciężkości znajduje się w stosunku odwrotnie proporcjonalnie do mas

Lp.	Q1	x1	y1	Q1	x1	Q1	y1
1	3	3	7	9		21	
2	2	8	4	16		8	
3	1	5	2	5		2	
4	4	6	6	24		24	
Suma		10		54		55	

PCHNIĘCIE KULĄ

Składowe elementy toru ruchu kuli

Rysunek przedstawia schemat ruchu kuli od chwili przyjęcia przez miotacza pozycji w kole

(A), poprzez doślizg i moment utraty kontaktu z ręką (B), aż do upadku na podłoże (I).

Na drodze AB kula znajduje się w ręku miotacza, który może w dość dużym zakresie wpływać na parametry jej ruchu (długość drogi, czas trwania ruchu, prędkość ruchu, wysokość toru itp.).

Po utracie kontaktu z ręką miotacza w punkcie (B), ruch kuli podlega prawom balistyki na drodze (BC), aż do lądowania w punkcie (C).

Tak, więc na stosunkowo krótkim odcinku (AB) miotacz dążąc do uzyskania możliwie największego zasięgu rzutu musi nadać kuli najbardziej korzystne parametry lotu:

- największa prędkość kuli
- najefektywniejszy kąt wylotu w stosunku do horyzontu RO zero. Elementy te podlegają wytrenowaniu.

Zgodnie z prawami mechaniki zasięg rzutu wyraża się wzorem:

W rozważaniach dotyczących pchnięcia kulą (a także innych rzutów) trzeba uwzględnić inne czynniki takie jak:

- wysokość wylotu – h_0
- warunki atmosferyczne
- ograniczone możliwości siłowe miotacza
- prędkość rozpędzania

Tak więc, optymalny kąt wylotu kuli zależy również od:

- wysokości wylotu kuli (h_0)
- prędkości nadanej kuli podczas „rozpędzania”
- stosunku wielkości siły działania miotacza na kulę (F) do siły ciężkości (ciężaru) kuli (R) F czyli F/R aerodynamicznej charakterystyki kuli (gładkość powierzchni, średnicy), siły i kierunku wiatru.

Kąt wylotu dla 45°

Prędkość wylot	12	12,5	13	13,5	14
Kąt wylotu 45°	16,59	17,95	19,27	20,67	22,05

Z tabeli widać, że największe odległości osiągane są przy kątach RO zero nie co niniejszych od 45° i możliwie najwyższej prędkości wylotu. Błąd w kącie wylotu prowadzi do strat odległości, przy czym ten sam błąd powoduje większe straty przy większej prędkości ruchu. Przy tych samych prędkościach i błędzie wahającym się w granicach około 5° straty są zbliżone. Przy większych błędach straty są wyższe.

Obliczono, że dla każdej prędkości i wysokości wylotu kuli istnieją optymalne kąty wylotu. Przy jednakowych prędkościach wylotu zasięg zwiększa się w przybliżeniu o różnicę między wysokością punktów wylotu kuli. I tak jeżeli przyjmujemy np. że $V_0 = 12,5$ m/s przy $h_0 = 2,1$ m i RO zero = 41 31° to zasięg wynosi 17,89 m, zaś przy $h_0 = 2,3$ m, RO zero = 41 22°

odległość rzutu zwiększa się do 18,07 m, a więc o 18 cm. Tak więc wyższe wypuszczanie kuli sprzyja uzyskiwaniu wysokich rezultatów. Analiza kilogramowa wskazuje, że droga aktywnego działania siły miotacza na kulę (I) wynosi około 1,5m. Przyjmując, że prędkość ruchu $V_0 = 12,5$ m/s i optymalny kąt wylotu RO zero.

Obliczamy energię kinetyczną pchnięcia kulą o masie 7,257 kg.

Wzór energii kinetycznej:

$E = m \cdot V^2 / 2$ wynosi w przybliżeniu 57,8 kg

Średnia siła „rozpędzania” F_p l = droga, 1,5 m

$F_p = E / l = 57,8 / 1,5 = 38,62$ kg

Kąt wylotu – środek ciężkości kuli wylotu jaki tworzy kąt z linią horyzontu

Kąt wyrzutu – kąt w którym miotacz przykładą siłę do przedmiotu

$F = F_p + F_k$

Zakładając stałość siły (F) wnioskujemy, że im mniejszy kąt wyrzutu (β), tym większa efektywna siła „rozpędzania” (F_p). Wielkość (F_p) zmienia się zgodnie z krzywą. Jeśli wykonamy pchnięcie kulą w dół (kąt β) ciężar sprzętu zmniejszałby siły (F), lecz jeszcze by ją powiększył. Ze stosunku siły (F) i (F_p) wynika, że dla uzyskania możliwie największego zasięgu warunkowanego optymalnym kątem wylotu, miotacz winien przykładac siłę (F) pod kątem wyrzutu (β), zawsze większym od RO zero. Wraz ze zwiększeniem siły (F_p), zmniejsza się kompensacyjna siła F_k zgodnie z równaniem

$F_k = R \cdot \sin \beta$

Praktyka wykazuje, że zawodnicy wolą z reguły pchać nie co niżej oddziaływująca na pole większą siłą. Do uzyskania optymalnego kątu wylotu RO zero miotacz musi przyłożyć siłę do sprzętu pod kątem wyrzutu (β) większym od RO zero.