

ZNACZENIE TRENINGU SIŁOWEGO W PRZYGOTOWANIU KONDYCYJNYM SPORTOWCA

BARTOSZ MALAK



INSTYTUT
SPORTU
I NAUKI



CZEGO POWINIENEM SIĘ DOWIEDZIEĆ PO TEJ CZĘŚCI WYKŁADU?

- Słuchacz zna cele treningu siły mięśniowej w sporcie.
- Słuchacz zna korzyści płynące z treningu siły mięśniowej w obszarze kształtowania formy sportowej i profilaktyki urazów.



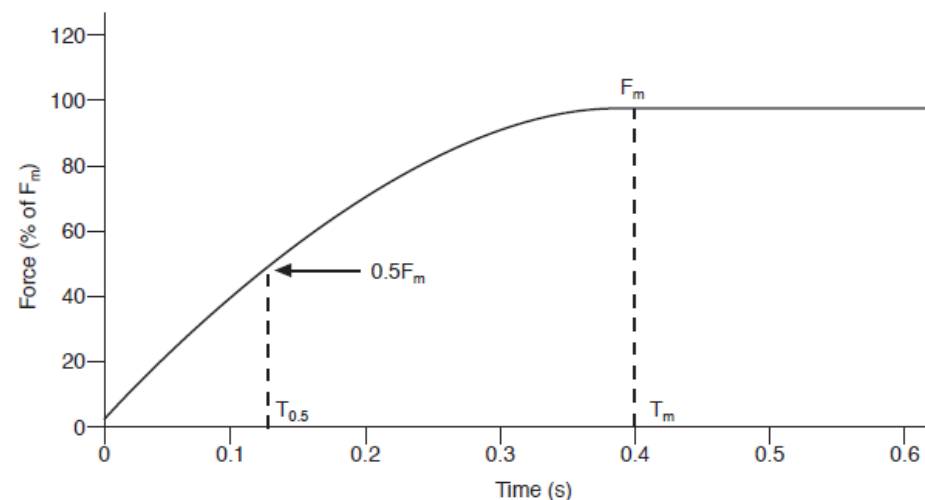
CEL ZWIĘKSZANIA CECH UKŁADU NERWOWO-MIĘŚNIOWEGO

- Progresywny – bezpośrednie podwyższenie rezultatu sportowego;
- przygotowawczy – przygotowanie zawodnika do wykonania dużych obciążeń w treningu specjalistycznym;
- profilaktyczny – minimalizacja ryzyka odniesienia kontuzji (Trzaskoma, Trzaskoma, 2001).
- Zmniejszenie kosztu energetycznego wykonywania techniki sportowej (przemysłenia własne).



WPŁYW SIŁY MIĘŚNIOWEJ NA PARAMETRY SIŁOWO-CZASOWE

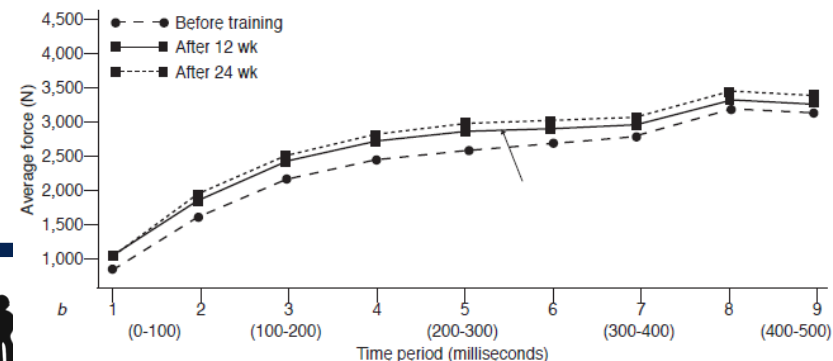
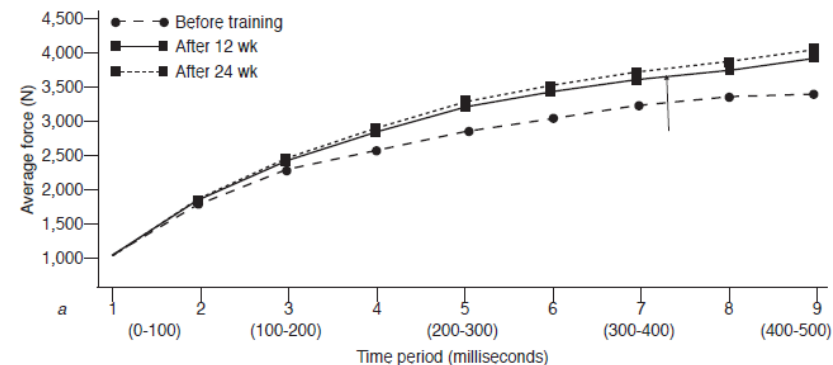
- Wskaźnik rozwoju siły [N/s] i wielkość mocy mięśniowej [W] jest **obiektywnym sposobem oceny przygotowania siłowego** zawodników (Morrissey i wsp., 1995; Stone i wsp., 2002), a wyższy poziom tych cech obserwowany jest u zawodników osiągających wyższy poziom sportowy (le Gall i wsp., 2010; Hansen i wsp., 2011).
- Im **wyższe kompetencje** posiada zawodnik, tym **istotniejsza** jest zdolność do szybkiego rozwoju sił (Zatziorsky i wsp., 1994).
- Dla wielu czynności sportowych charakterystyczny jest ograniczony czas rozwoju siły (**50-250 ms**), podczas sprintu czas kontaktu z podłożem wynosi **~80-100 ms**, skoku w dal **~110-120 ms**, skoku w wzwyż **~170-180 ms**, czas rzutu oszczepem **160-180 ms**, pchnięcia kulą **150-180 ms** (Zatziorsky i wsp., 1994).
- Przeciętnie czas osiągnięcia siły maksymalnej w skurczu izometrycznym wynosi 0,3-0,4 s (**300-400 ms**).



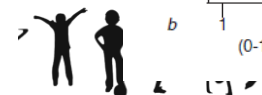
WSKAŹNIK/TEMPO ROZWOJU SIŁY (RFD)

- RFD [$RFD = F(N)/t(s)$] jest definiowany jako tempo wzrostu siły w czasie.
- W literaturze przedmiotu możemy spotkać także z popędem (popęd siły, impuls siły) wyrażony w $N*s$ lub $kg*m/s$ [$I = F(N)*t(s)$], w metodyce treningu sportowego często utożsamiany z „siłą eksplozywną”.

- „Silniejsi” zawodnicy potrafią rozwinąć siłę w krótszym czasie, ale...

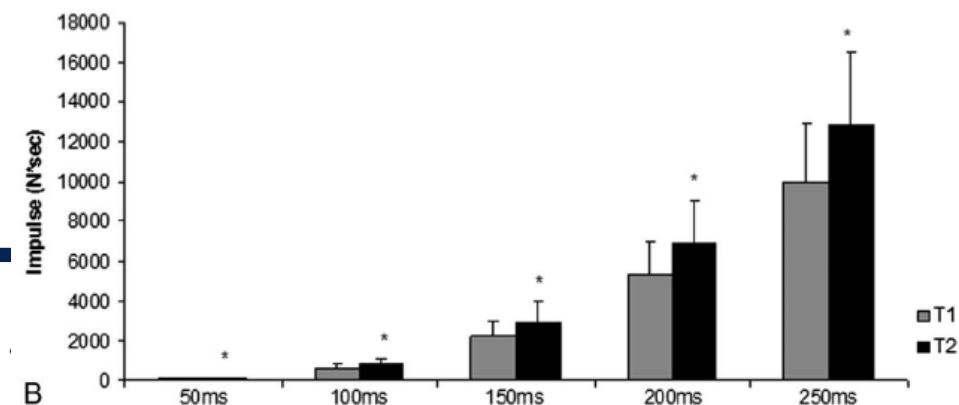
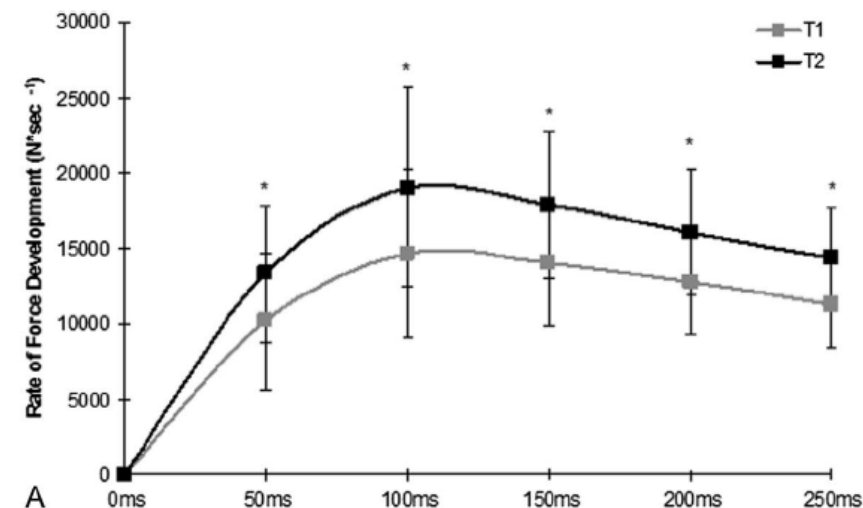


2.2.



WPŁYW SIŁY MIĘŚNIOWEJ NA PARAMETRY SIŁOWO-CZASOWE

- Wskazano na istotną korelację między siłą mięśniową (IMPT) a tempem rozwoju siły (IRFD; 0-100 ms – $r = 0,34$; 0-150 ms – $r = 0,42$; 0-200 ms – $r = 0,56$ i 0-250 ms – $r = 0,73$) u sztangistów (Beckham i wsp., 2015), oraz maksymalnym tempem rozwoju siły (peak IRFD) a wynikiem w rwaniu ($r = 0,79$) i podrzucie ($r = 0,69$) u sztangistek (Haff i wsp., 2005).
- Wskazano na istotną korelację między siłą mięśniową (IMPT) a maksymalnym tempem rozwoju siły (peak IRFD) u kolarzy na międzynarodowym ($r = 0,46$) oraz krajowym ($r = 0,68$) poziomie (Stone i wsp., 2004).
- Istotną korelację między siłą maksymalną określaną za pomocą przysiadu ze sztanga na plecach (1 RM) a tempem rozwoju siły u miotaczy przed i po okresie przygotowawczym (0-50 ms – $r = 0,63$ (przed), $0,44$ (po); 0-100 ms – $r = 0,70$ (przed), $0,65$ (po); 0-150 ms – $r = 0,71$ (przed), $0,70$ (po); 0-200 ms – $r = 0,59$ (przed), $0,69$ (po); 0-250 ms – $r = 0,58$ (przed), $0,69$ (po; Zaras i wsp., 2016).



2.3.



MOC

- Moc mięśniowa jest jednym z kluczowych czynników determinujących formę sportową, a wyższy jej poziom charakteryzuje sportowców osiągających wyższe wyniki, m. in. u rugbistów, pływaków, softballistów, piłkarzy nożnych oraz zawodników futbolu amerykańskiego (Beven i wsp., 2010; Hawley i wsp., 1992; Nimphius i wsp., 2010; Sharp i wsp., 1981).
- Siła maksymalna (1 RM) silnie koreluje z rozwiniętą mocą operując lekkim przyborem (2,5 kg; Moss i wsp., 1997).
- Poziom siły mięśniowej silnie koreluje z efektem końcowym w sportach o charakterze szybkościowym, szybkościowo-siłowym (zawierającymi przyspieszenia, sprinty, skoki, rzuty), ale z uwagi na wieloczynnikowe zjawisko mocy maksymalnej pozostają wątpliwości czy jest najważniejszą cechą układu mięśniowego w podnoszeniu ciężarów (Stone i wsp., 2001).
- Liczne badania wskazują, że wraz z zwiększeniem siły mięśniowej (wykonanie dedykowanego okresu treningowego) skutkuje zwiększeniem mocy bezwzględnej i względnej (Behm i wsp., 1993; Hakkinen i wsp., 1985; Kaneko i wsp., 1983; Moss i wsp., 1997; Stone i wsp., 1979; Toji i wsp., 2004).



CO MECHANIKA KLASYCZNA MA DO MOCY ?

Ten wzór jest prawdziwy jeżeli praca jest wykonywana w tym samym czasie lub chcemy obliczyć średnią moc w zadanym ruchu.

- $P = \frac{W}{t}$; gdzie: P – moc [W], W – praca [J] lub N*m], t – czas [s]

Do obliczenia chwilowej **mocy**, np. w wybranej fazie ruchu należy skorzystać z innego wzoru:

- $P = \frac{dW}{dt}$

Jednak w **biomechanice sportu** znacznie częściej wykorzystuje się wzór:

- $P = F * v$; gdzie: P = moc [W]; F – siła [N]; v – prędkość [$\frac{m}{s}$]

Z kolei **siłę**, w sytuacji gdy masa nie ulega zmianie, można zastosować uproszczony wzór:

- $\vec{F} = m * \vec{a}$; gdzie: \vec{F} = siła [N]; m – masa [kg]; \vec{a} – przyspieszenie [$\frac{m}{s^2}$]

Przyspieszenie natomiast obliczamy za pomocą wzoru:

- $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$; gdzie: \vec{a} – przyspieszenie [$\frac{m}{s^2}$]; \vec{v} = prędkość [$\frac{m}{s}$]; t – czas [s]

II zasada dynamiki

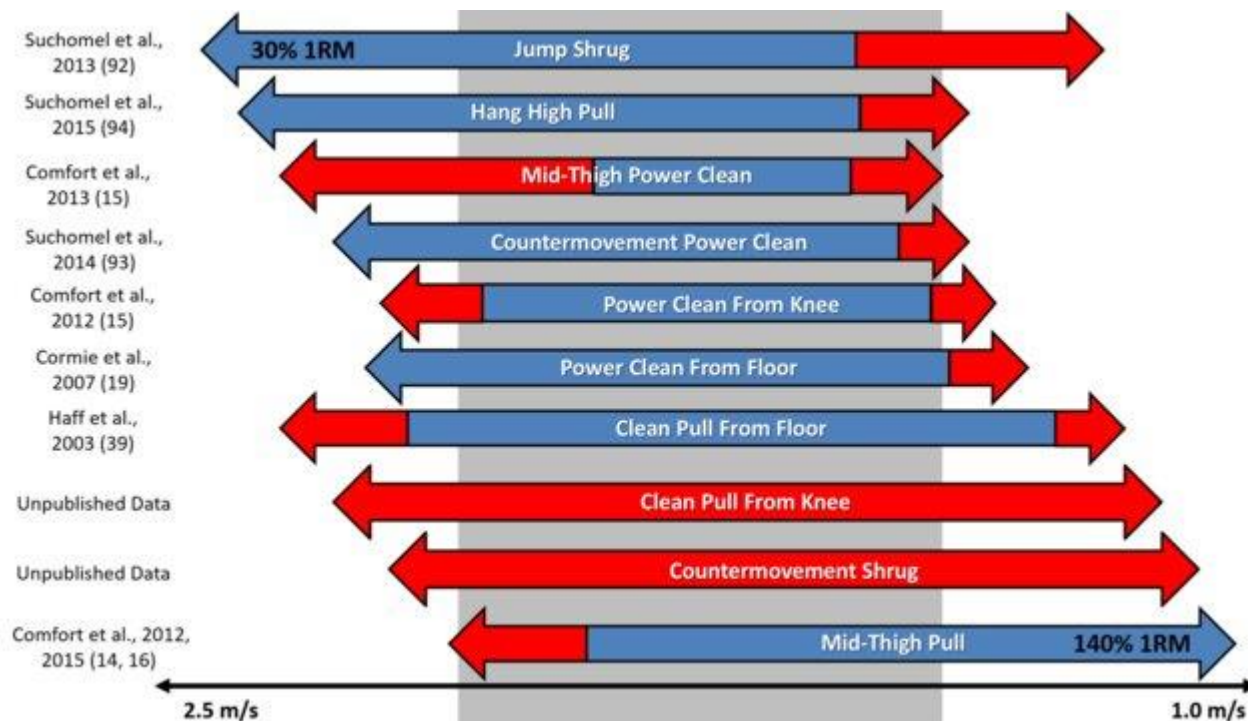
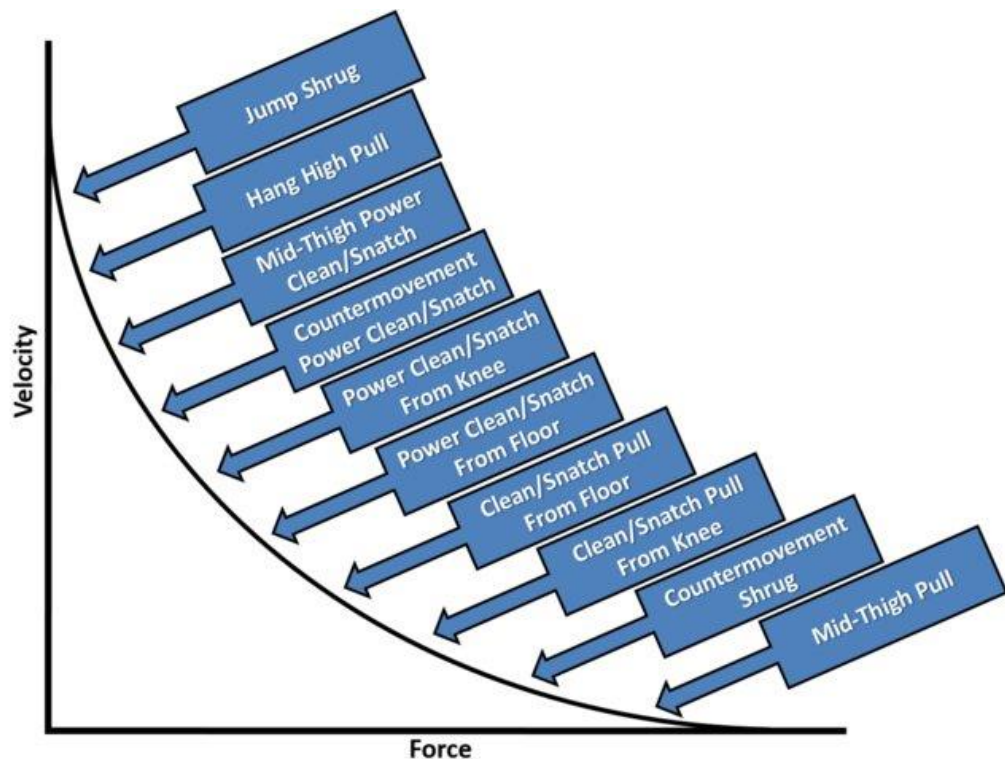
W inercyjnym układzie odniesienia jeśli

III zasada dynamiki

Oddziaływania ciał są zawsze wzajemne. W inercyjnym układzie odniesienia siły wzajemnego oddziaływania dwóch ciał mają takie same wartości, taki sam kierunek, przeciwne zwroty i różne punkty przyłożenia (każda działa na inne ciało).



MOC A DOBÓR ŚRODKÓW TRENINGOWYCH



Timothy et al. (2017)

2.6.

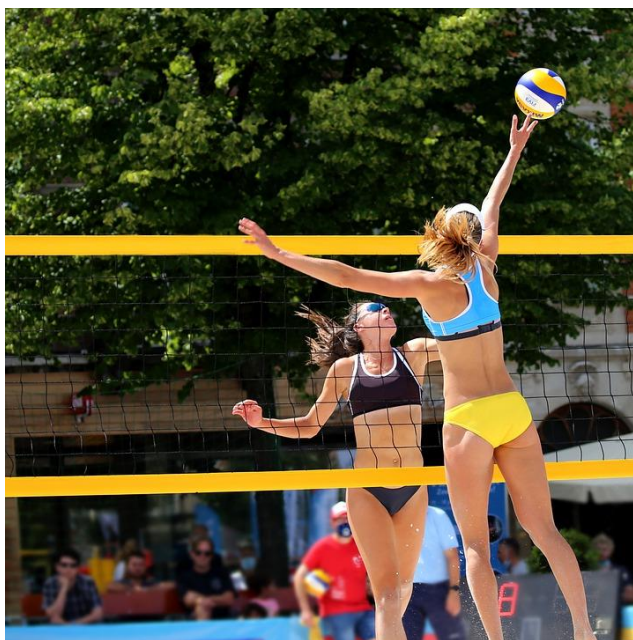


WPŁYW TRENINGU SIŁY MIĘŚNIOWEJ NA MOC

- Zwiększenie siły mięśniowej kończyn dolnych (1 RM w przysiadzie ze sztangą; $r = 0,84$) i siły tylnej taśmy mięśniowej (1 RM zarzut na wysoko; $r = 0,86$) prowadziło do zwiększenia mocy maksymalnej w skoku pionowym z zamachem u futbolistów i lekkoatletów (Nuzzo i wsp., 2008).
- Relatywny poziom siły mięśniowej (1RM/ masa ciała) u siatkarzy na poziomie klasy mistrzowskiej międzynarodowej istotnie koreluje z względną mocą rozwijaną w skoku pionowym z zamachem (przysiady tył – $r = 0,52$; zarzut na wysoko – $r = 0,5$; Sheppard i wsp., 2008).
- Poziom siły mięśniowej (1MTP) istotnie koreluje z maksymalną mocą rozwijaną w skoku pionowym u sztangistek ($r = 0,88$) i sztangistów ($r = 0,95$; Haff i wsp., 2005; Kawamori i wsp., 2006).
- Poziom bezwzględny i względny siły mięśniowej (1MTP) istotnie koreluje z mocą maksymalną rozwijaną w skoku pionowym obunóż ($r = 0,85$ (bezwzgl.) i $r = 0,41$ (wzgl.)) oraz jednonóż ($r = 0,86$ (bezwzgl.) i $r = 0,42$ (wzgl.)) u kolarzy (grupa mieszana, poziom mistrzowski krajowy; Stone i wsp., 2004).



WPŁYW TRENINGU SIŁY NA PODSTAWOWE UMIEJĘTNOŚCI SPORTOWE



fot. <https://cdn.pixabay.com>

3.1.



INSTYTUT
SPORTU
I NAUKI

UMIEJĘTNOŚCI SKAKANIA

- Popęd (impuls) siły kluczową cechą układu nerwowo-mięśniowego, która determinuje zdolności skocznościowe (Grahammer i Gregor, 1992) – silnie zależną od charakterystyki czasowo-siłowej skurczu mięśni (RFD).
- Zwiększenie siły mięśniowej na drodze treningu siłowego (10-tyg.) skraca czas fazy zamachu (Sole, 2015), zwiększa względną siłę reakcji podłoża podczas skoku pionowego (Cormie i wsp., 2010).



UMIEJĘTNOŚCI SKAKANIA

- Wynik w przysiadzie ze sztangą i rwaniu istotnie koreluje w wysokości skoku obunóż z zamachem (odpowiednio $r = 0,52$ i $0,60$) oraz skoku jednonóż ($r = 0,58$ i $0,64$) u juniorów trenujących podnoszenie ciężarów (Carlock i wsp., 2004).
- Podobnie u juniorów trenujących piłkę nożną wynik przysiadu ze sztangą na plecach istotnie korelował z wysokością skoku obunóż ($r = 0,76$) i jednonóż ($r = 0,76$; Comfort i wsp., 2014).
- Siła kończyn dolnych, oceniana za pomocą wyniku ze sztangą na plecach, istotnie korelował z odległością uzyskaną w próbie skoku obunóż z miejsca u lekkoatletów – sprinterów i trenujących konkurencje skocznościowe ($r = 0,81$; Koch i wsp., 2003).



PRZYSPIESZENIE/BIEG Z MAKSYMALNĄ PRĘDKOŚCIĄ

- Średni czas utrzymania prędkości maksymalnej w piłce nożnej i rugby wynosi około 2 s, co odpowiada pokonanej odległości 14-20 m (Bangsboo i wsp., 1991; Gabbett, 2012; Young i wsp., 1999).
- Czas kontaktu z podłożem w fazie przyspieszenia wynosi 0,17-0,2 s (Alexander, 2003) a w fazie prędkości maksymalnej 0,09-0,11 s (Weyand i wsp., 2009).
- Szybsi zawodnicy charakteryzują się silniejszym obiciem od podłoża, krótszym czasem kontaktu z podłożem oraz większą długością kroku, ale nie większą częstotliwością kroku biegowego (Weyand i wsp., 2000).



PRZYSPIESZENIE/BIEG Z MAKSYMALNĄ PRĘDKOŚCIĄ

- Zaobserwowano istotną korelację między siłą KKD (przysiad ze sztangą) a czasem biegu na 20 m ($r = -0,60$) u juniorów grających w lidze rugby (Seitz i wsp., 2014).
- Istotna korelacja występuje również u piłkarzy nożnych między siłą KKD ocenianą na wyniku podstawie pół-przysiadu ze sztangą a czasem pokonania dystansu 10 i 30 m (odpowiednio $r = 0,94$ i $0,71$; Wisloff i wsp., 2004).
- Siła izometryczna KKD w pozycji przysiadu (zgięcie w stawie kolanowym 120°) istotnie koreluje w czasem uzyskanym w biegu na 2,5 m oraz 10 m przy prędkości maksymalnej ($r = -0,72$ oraz $-0,79$; Young i wsp., 1995).



ZMIANY KIERUNKU BIEGU

- Nieplanowana zmiana kierunku biegu jest wysoce i w unikalny sposób zależna od zdolności poznawczych (antycypacyjnych) i sprawności fizycznej, dlatego przedstawiane wyniki badań będą dotyczyć wyłącznie planowanej zmiany kierunku biegu.
- Kluczową cechą układu nerwowo-mięśniowego, podobnie jak w przyspieszeniu jest RFD.
- Czas kontaktu z podłożem podczas pierwszego kroku w nowym kierunku waha się od 0,23-0,77 s i zależy od prędkości i masy zawodnika oraz wartości kąta o jaki bieg ma zostać zmieniony (Marshall i wsp., 2014).



ZMIANY KIERUNKU BIEGU

- Siła korelacji między siłą KKD a parametrami COD była zróżnicowana.
- Słabą korelację ($r = 0,18$) uzyskaną między wynikiem półprzysiadów ze sztangą a czasem uzyskanym w T-teście przez koszykarzy kadry narodowej Tunezji (Chaouachi i wsp., 2009).
- Silną korelację uzyskano między względną siłą KKD a czasem uzyskanym w teście 505 ($r = -0,80$) i t-teście ($-0,80$) u zawodowych koszykarek (Spiteri i wsp., 2014).
- Silniejszą korelację między prędkością po zmianie kierunku i wysokością wartości popędu siły zaobserwowano u zawodników silniejszych (Spiteri i wsp., 2013).



WPŁYW TRENINGU SIŁY NA SPECJALIZACJĘ SPORTOWĄ

- W licznych pracach wskazano na korzystny wpływ treningu siłowego w sportach o charakterystyce szybkościowo-siłowej (Stone i wsp., 2007; Cormie i wsp., 2011; Haff i Nimphius, 2012) oraz wytrzymałościowej (Stone i wsp., 2005; Sanders i wsp., 2004; Hickson, 1980, Aagaard i wsp., 2011).
- Silniejsi kolarze osiągają krótsze czasy (Stone i wsp., 2004), silniejsi szczypiorniści silniej rzucają piłkę z miejsca i rozbiegu (Gorostiaga i wsp., 2005), a silniejsi sprinterzy uzyskują krótsze czasy na 100 m (Meckel i wsp., 1995).
- Prac wskazujących na taką zależność można wskazać dużo więcej...



WPŁYW TRENINGU SIŁY NA WZMOCNIENIE

- Silniejsi zawodnicy uzyskują efekt wzmocnienia wcześniej (Jo i wsp., 2010; Seitz i wsp., 2014; Suchomel i wsp., 2015), utrzymuje się on przez dłuższy czas (Jo i wsp., 2010, Duthie i wsp., 2002; Rubben i wsp., 2010; Seitz i wsp., 2014; Berniing i wsp., 2010) i potrzebują krótszej przerwy wypoczynkowej, by wzmocnienie było ponownie możliwe (Suchomel i wsp., 2016).
- Bardziej widoczny (lub w ogóle) efekt wzmocnienia występuje u dostatecznie silnych zawodników, w zależności od protokołu eksperymentalnego, wystarczająco silny zawodnik to ten, który w przysiadzie ze sztangą pokona obciążenie równie od 1,7 (Berning i wsp., 2010) do 2-krotności swojej masy ciała (Rubben i wsp., 2010; Seitz i wsp., 2014; Suchomel i wsp., 2015).



ZMNIJSZENIE RYZYKA URAZÓW

- Wprowadzenie dodatkowego treningu siły zmniejszyło liczbę urazów u piłkarzy nożnych na 1000 h treningowych (Lehnhard i wsp., 1996).
- Zwiększenie siły mięśniowej u siatkarek zmniejszyła liczbę urazów w sezonie (Sole i wsp., 2013).
- W meta-analizie wskazano, że wprowadzenie treningu siły może zmniejszyć urazy sportowe o 2/3, a urazy przeciężeniowe niemal całkowicie wyeliminować (Lauersen i wsp., 2014).
- Trening siłowy wpływa na wzmocnienie elementów aparatu ruchu tj., więzadła, ścięgna, przyczepy ścięgien i więzadeł do kości, tkankę chrzęstną i łączną (Fleck i Falkel, 1986).



WYBRANE, MIERZALNE PRZEJAWY SIŁY MIĘŚNIOWEJ

- Siła izometryczna;
- siła dynamiczna;
- siła reaktywna (przejęcie między ekscentryczną a koncentryczną fazą skurczu);
- bezwzględna i względna siła.



7.1.

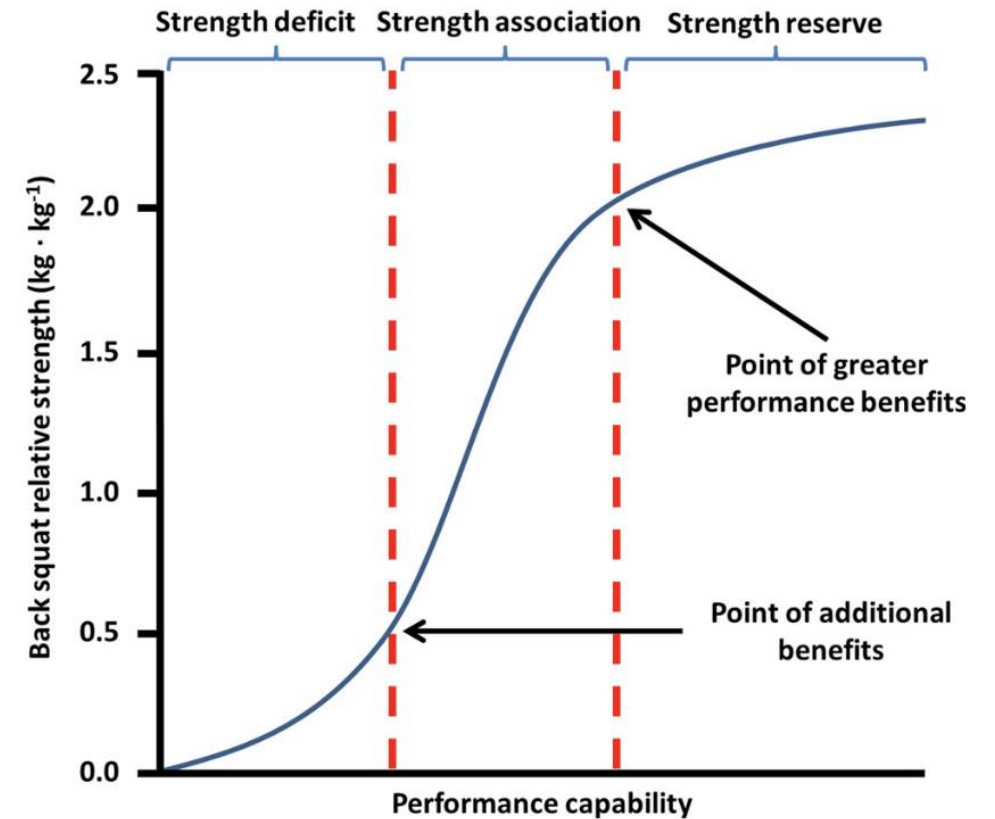


INSTYTUT
SPORTU
I NAUKI

TEORETYCZNY MODEL SIŁA WZGLĘDNA - WYDAJNOŚĆ

Faza deficytu siły:

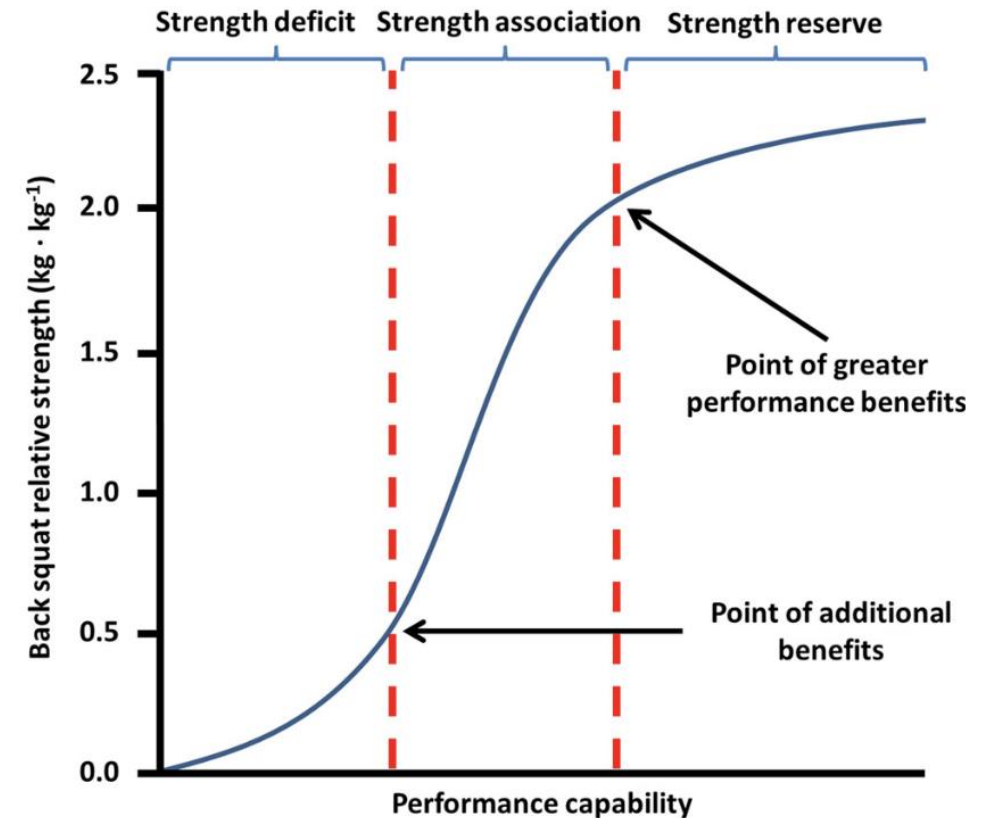
- najkrótsza ze wszystkich faz, jej czas trwania zależy od zdolności do nauczania motorycznego, jakie posiada zawodnik;
- następuje szybki przyrost siły, ale zawodnik niekoniecznie potrafi wykorzystać je w czynnościach sportowych;
- następują zmiany adaptacyjne w centralnym i obwodowym układzie nerwowym obserwowane przez zmianę rekrutacji jednostek ruchowych i kokontrakcji mięśni;
- zazwyczaj kończy się, kiedy zawodnik nabierze kompetencji (nauczy się techniki) wykonywania podstawowych ćwiczeń siłowych, a punkt przejściowy uznaje się za pokonanie oporu równemu $\frac{1}{2}$ masy własnej.



TEORETYCZNY MODEL SIŁA WZGLĘDNA - WYDAJNOŚĆ

Faza „asocjacji” siły:

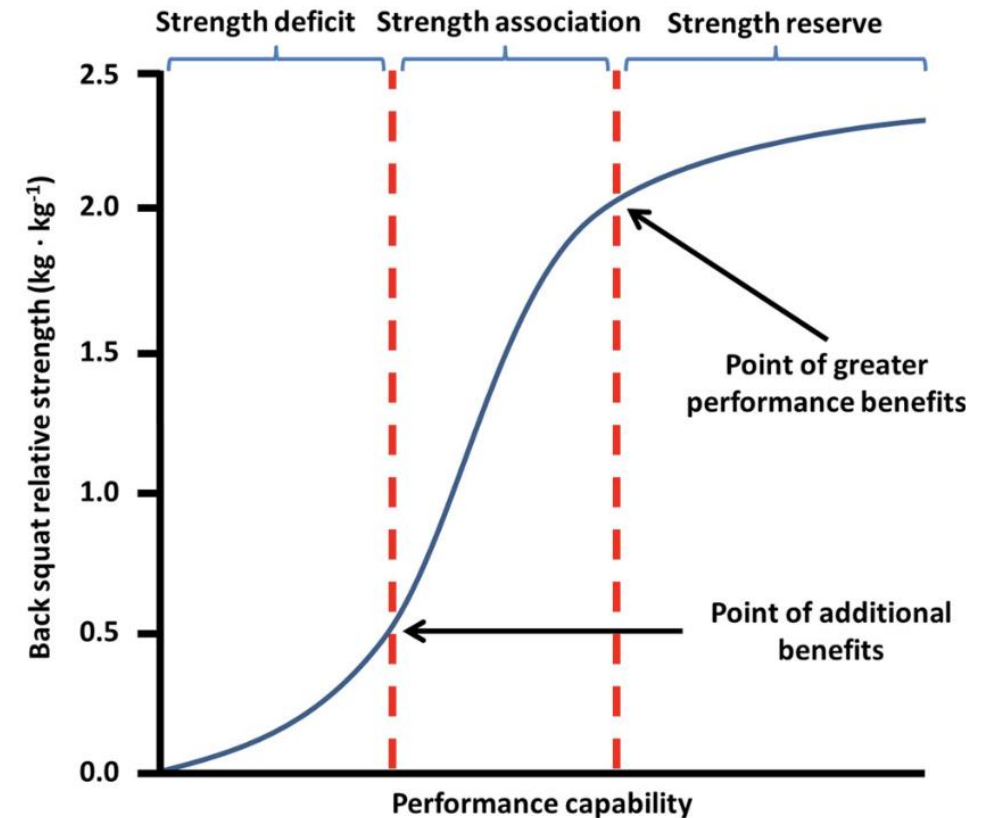
- zwiększenie siły mięśniowej niemal liniowo przykłada się na zwiększenie zdolności do wykonania czynności sportowych;
- czas trwania tej fazy jest zależna od dwóch grup czynników: 1) **centralnych (neuralnych)**; częstotliwość wyładowań motoneuronów, przewodnictwo nerwowe, wewnątrz- i międzymięśniowa koordynacja, rekrutacji jednostek ruchowych, efektywności wykorzystania cyklu rozciągnięcie-skurcz, hamowania neuronalnego oraz 2) **obwodowych** (mięśniowych; zmiana przekroju poprzecznego mięśnia, zmiana kąta ścięgna-mięśniowego, zmiana wytrzymałości niekurczliwych elementów łącznotkankowych);
- obserwowane zmiany morfologiczne w mięśniach pojawiają się po 4-5 tygodniach treningu siły (Blazevich i wsp., 2007; Seynnes i wsp., 2007), sztywność ścięgien wzrasta po 9-10 tygodniach (Seynnes i wsp., 2009; Kubo i wsp., 2010), prowadzą one do skrócenia czasu opóźnienia elektromechanicznego i zwiększeniu efektu cyklu rozciągnięcie-skurcz.



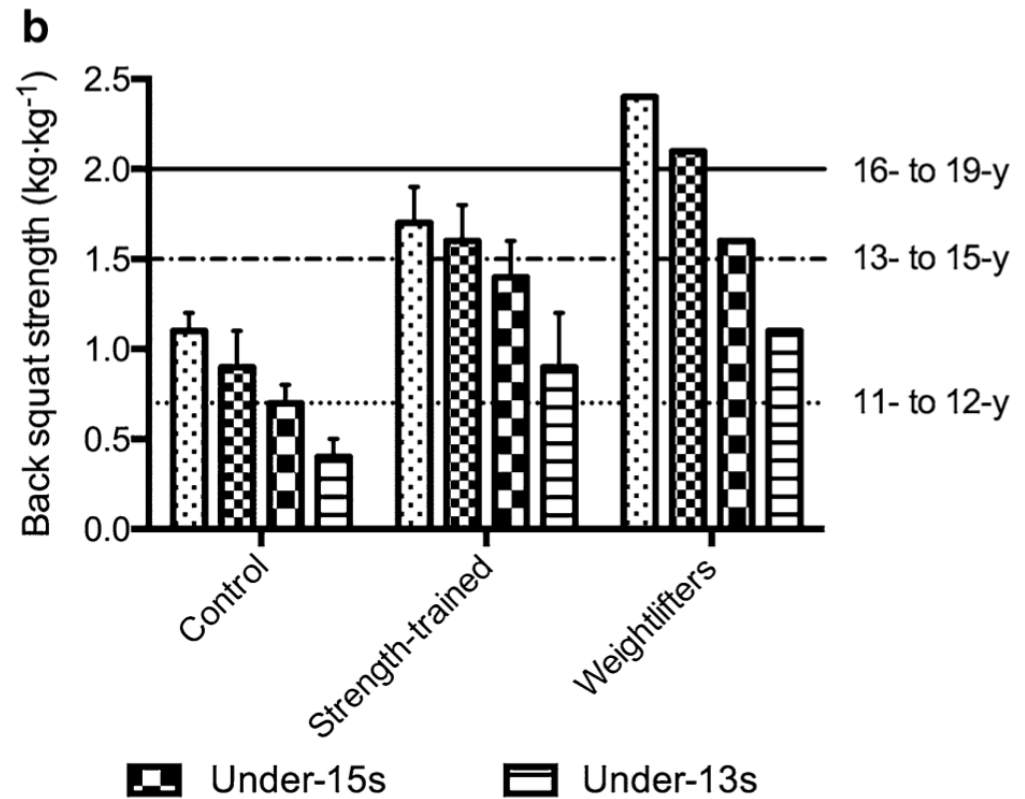
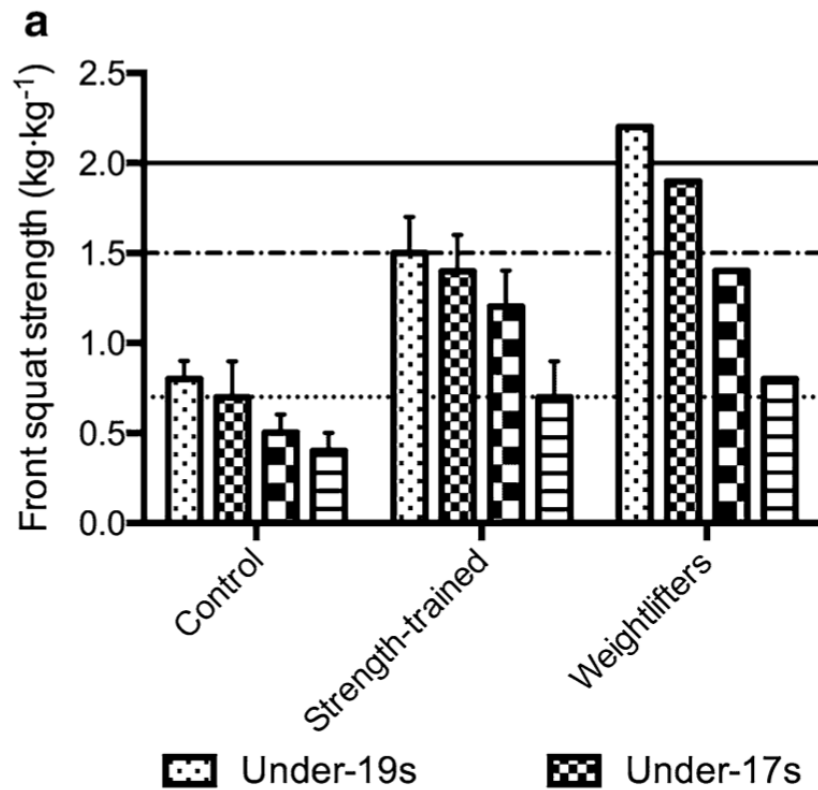
TEORETYCZNY MODEL SIŁA WZGLĘDNA - WYDAJNOŚĆ

Faza rezerwy siły:

- w tej fazie zawodnicy w dalszym ciągu są zdolni do zwiększania siły względnej, ale jej przyrost nie przekłada się w sposób znaczący na wydajność sportową (w niektórych sportach);
- rozważyć należy, czy w przebiegu dalszego rozwoju siłowego sportowca, powinno zakończyć się trening, którego celem jest kształtowanie siły mięśniowej (a jedynie zapewnić jej utrzymanie), a priorytetowo kształtować moc, siłę eksplozywną (popęd siły) oraz zdolność do szybkiego rozwoju mocy (RFD);
- brakuje w literaturze światowej jednoznacznych danych o różnicach w efektywności zawodników na poziomie siły wyrażonej przez 2,5-krotność podniesionej masy własnej i 2-krotności podniesionej masy własnej w przysiadzie ze sztangą (Suchomel i wsp., 2016).



TEORETYCZNY MODEL SIŁA WZGLĘDNA - WYDAJNOŚĆ



WNIOSKI KOŃCOWE

- Trening siły mięśniowej kształtuje siłowo-czasowe parametry ruchu, m. in. tempo rozwoju siły i moc maksymalną, a także korzystnie wpływa na efektywność wykonania podstawowych umiejętności ruchowych (skoki, przyspieszenia, zmiany kierunków), a także specjalistyczne umiejętności.
- Trening siły mięśniowej znacząco zmniejsza ryzyko urazów sportowych i przeciążeniowych i stanowi jednocześnie podstawowe narzędzie profilaktyki urazów.

