



PODSTAWY BIOMECHANIKI

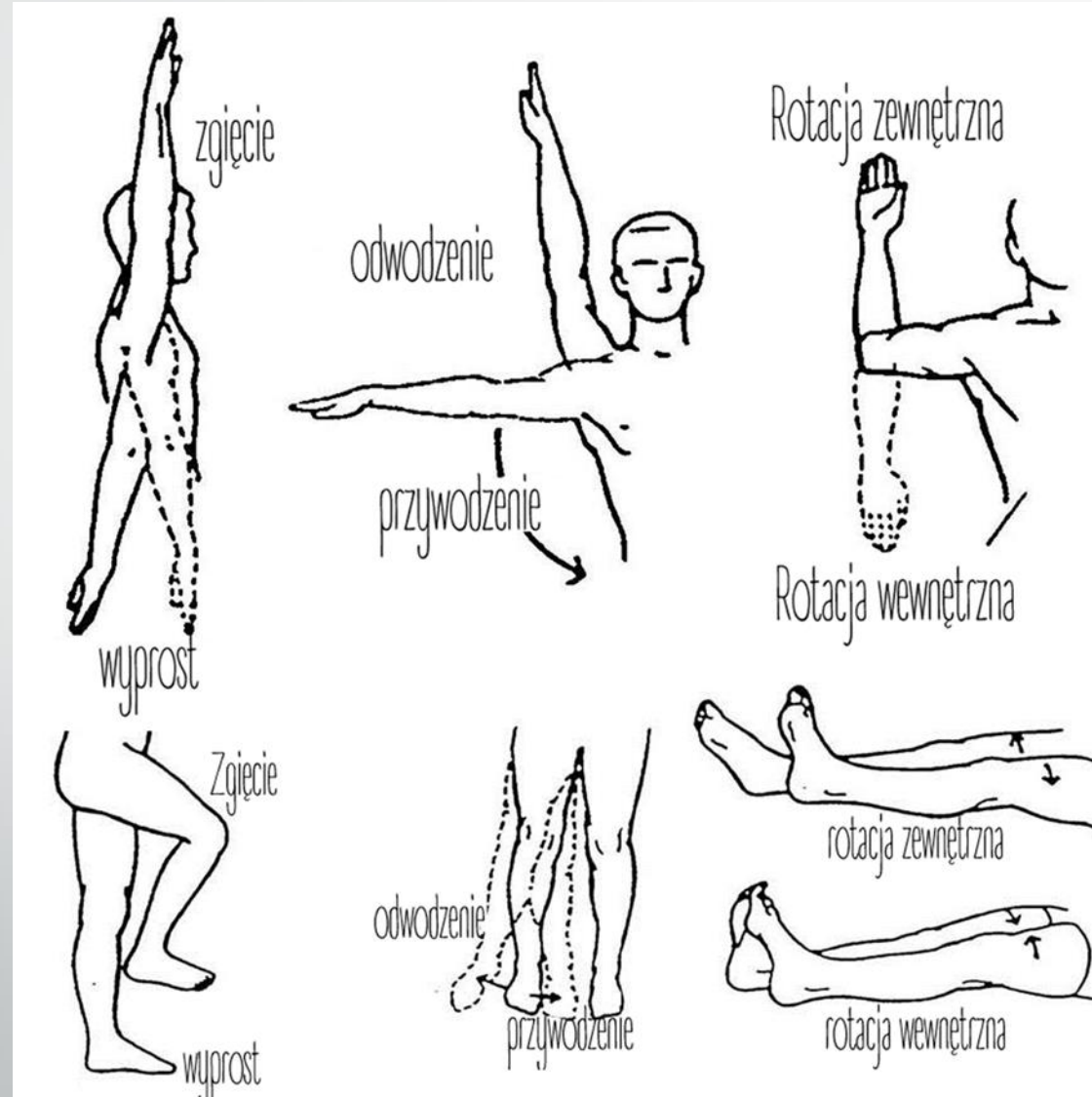
Wykład 3:
Zakresy ruchów ludzkiego ciała
Siły działające na układ ruchu



dr Ewa Polak



Rodzaje ruchów w ciele człowieka



Anatomiczne zakresu ruchów - kończyna górna

Pomiary kątowe systemem SFTR oraz normy zakresów ruchów zgodne z ISOM

Nazwa stawu	Płaszczyzna ruchu	Rodzaj ruchu	Symbol płaszczyzny	Normy wg ISOM w stopniach
Obręcz kończyn górnych	Sagittal	wyprost – 0 – zgięcie	S	50 – 0 – 170
	Frontal	odwodzenie – 0 – przywodzenie	F	170 – 0 – 0
	Transverse	wyprost – 0 – zgięcie	T	30 – 0 – 135
	Rotation	rotacja zew. – 0 – rotacja wew.	R(F0)*	60 – 0 – 70
	Rotation	rotacja zew. – 0 – rotacja wew.	R(F90)*	90 – 0 – 80
Staw łokciowy	Sagittal	wyprost – 0 – zgięcie	S	0 – 0 – 150
	Rotation	supinacja – 0 – pronacja	R	90 – 0 – 80
Staw promieniowo-nadgarstkowy	Sagittal	wyprost – 0 – zgięcie	S	50 – 0 – 60
	Frontal	odwracanie promieniowe – 0 – odwracanie łokciowe	F	20 – 0 – 30
Staw nadgarstkowo-śródręczny I	Frontal	wyprost – 0 – zgięcie	VF**	30 – 0 – 15
	Sagittal	odwodzenie – 0 – przywodzenie	VS**	40 – 0 – 0
	Rotation	odprowadzanie – 0 – obwodzenie	CR**	20 – 0 – 90



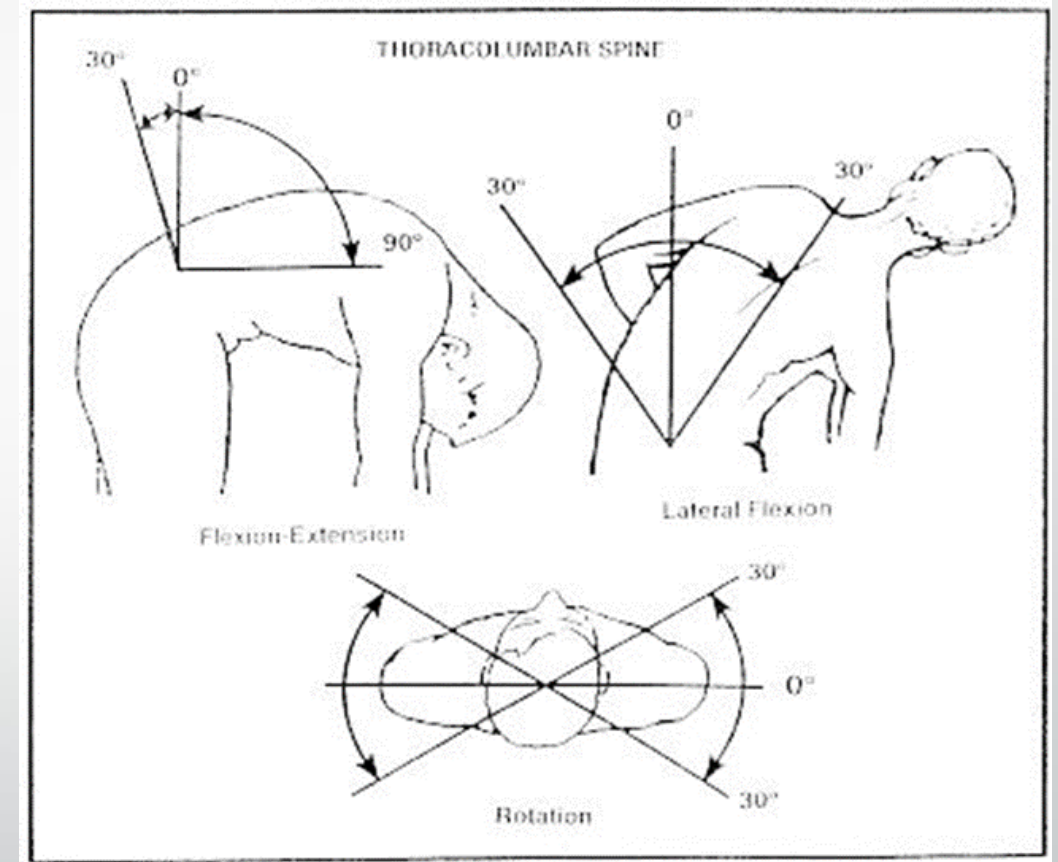
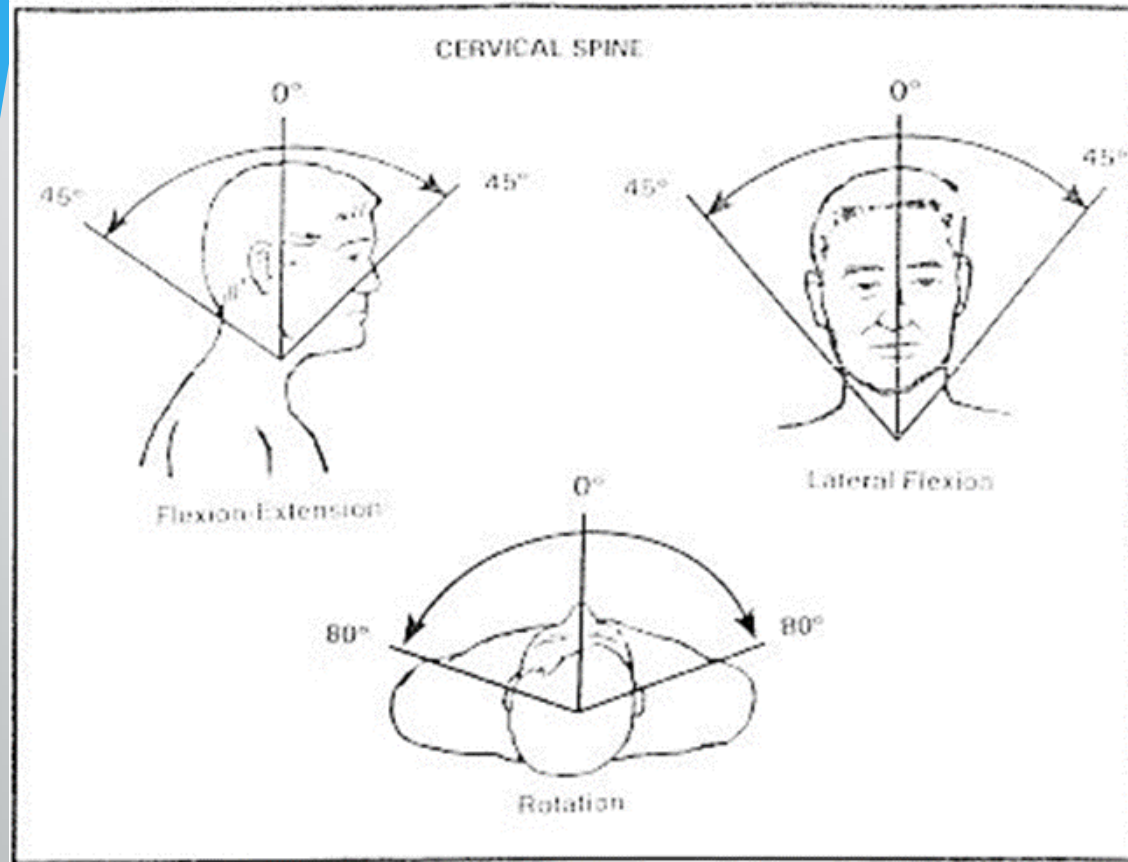
Anatomiczne zakresu ruchów - kończyna górna

Pomiary kątowe systemem SFTR oraz normy zakresów ruchów zgodne z ISOM

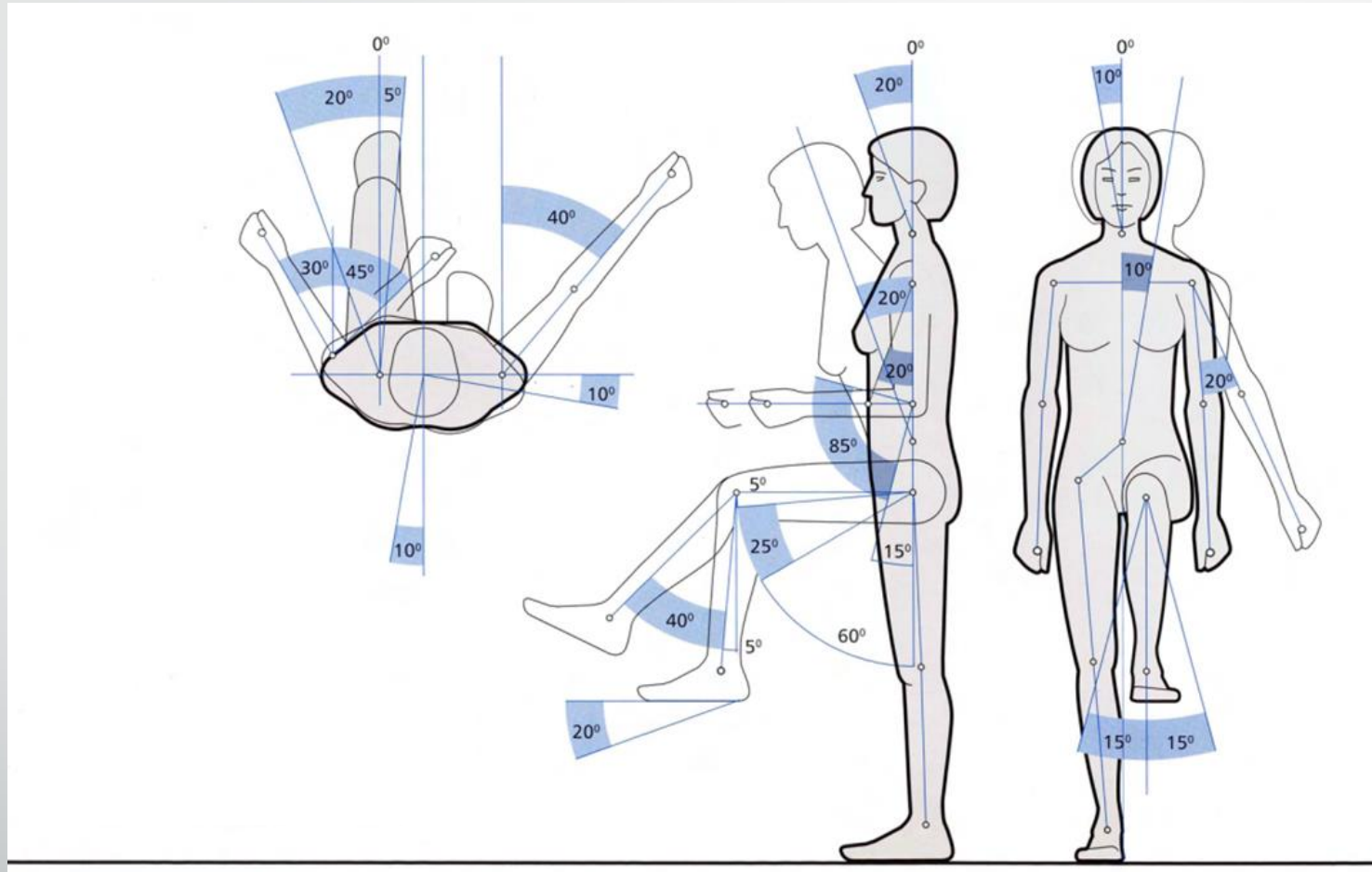
Nazwa stawu	Płaszczyzna ruchu	Rodzaj ruchu	Symbol płaszczyzny	Normy wg ISOM w stopniach
Staw śródręczno - palcowy I	Sagittal	wyprost – 0 – zgięcie	S	5 – 0 – 50
Staw śródręczno - palcowy II-V	Sagittal	wyprost – 0 – zgięcie	S	30 – 0 – 90
	Frontal	odwodzenie – 0 – przywodzenie	F	zmienne
Staw między - paliczkowy I	Sagittal	wyprost – 0 – zgięcie	S	15 – 0 – 85
Stawy między - paliczkowe bliższe II-V	Sagittal	wyprost – 0 – zgięcie	S	0 – 0 – 100
Stawy między - paliczkowe dalsze II-V	Sagittal	wyprost – 0 – zgięcie	S	0 – 0 – 80



Anatomiczne zakresu ruchów kręgosłupa



Optymalne zakresy kątowe ruchów części ciała

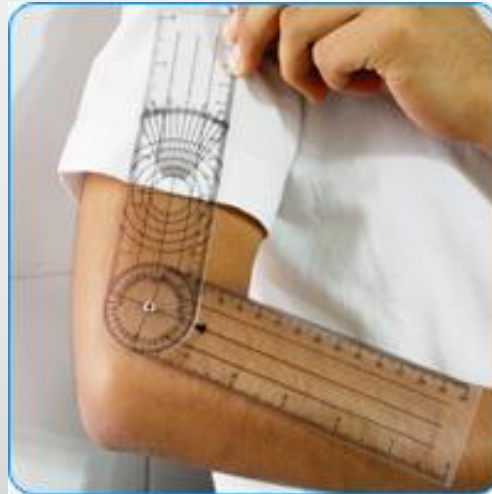


Podane kątowe zakresy ruchu obejmują wartości określone jako komfortowe lub łatwe, uwzględniające możliwości ponad 95% całej populacji (łącznie kobiet i mężczyzn).

Źródło: Gedliczka A, i wsp., Atlas miar człowieka. Dane do projektowania i oceny ergonomicznej. Wyd. CIOP, Warszawa, 2001.



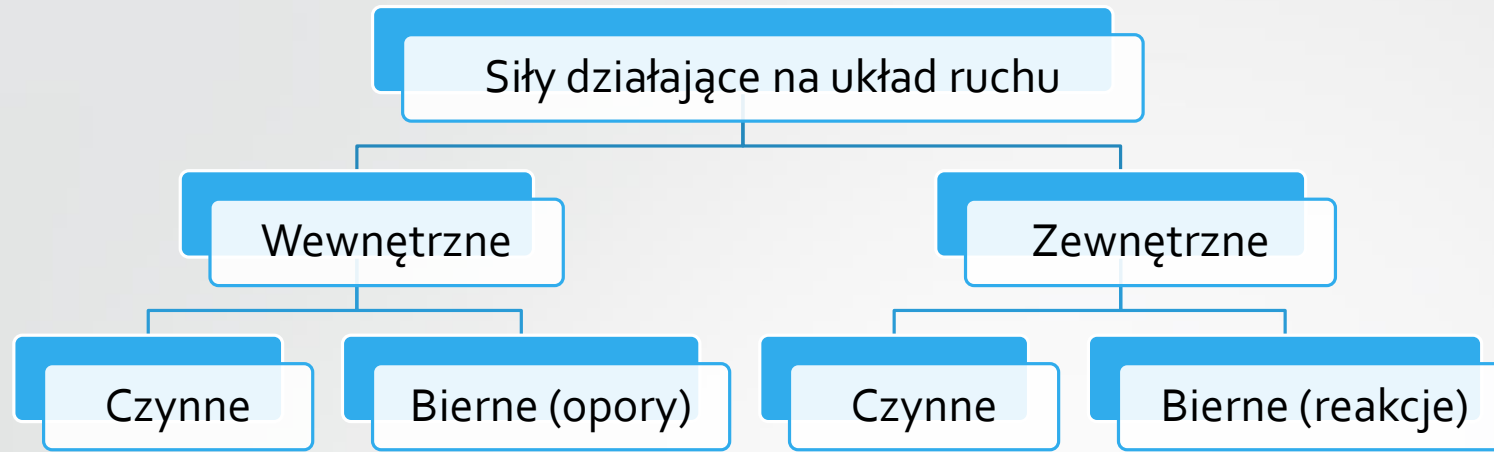
Goniometry



Goniometr mechaniczny



Elektrogoniometr



- Wewnętrzne: siły wytwarzane przez mięśnie, opór tkanek biernych, bezwładność;
- Zewnętrzne: przyciąganie ziemskie, partner/przeciwnik, wiatr, prąd wody, tarcie, reakcja podłoża;
- Czynne: siły pobudzonych mięśni, przyciąganie ziemskie, partner/przeciwnik, wiatr, prąd wody;
- Bierne: reakcja podłoża, tarcie, opór wody, opór powietrza, opór tkanek biernych, bezwładność, siły bierne mięśni.



Prawo powszechnego ciążenia

Isaac Newton sformułował w 1687 r. prawo powszechnego ciążenia, które brzmi:

Każde dwa ciała o masach m_1 i m_2 przyciągają się wzajemnie **siłą grawitacji** wprost proporcjonalną do iloczynu ich mas, a odwrotnie proporcjonalną do kwadratu odległości między nimi.

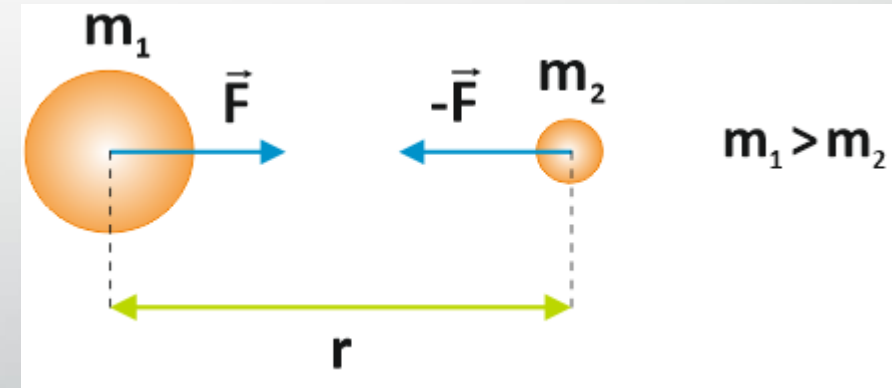
Wartość **siły grawitacji** można obliczyć ze wzoru:
$$F = \frac{G m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

gdzie:

$G[\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2]$ – stała grawitacji;

$m_1, m_2[\text{kg}]$ – masy ciał;

$r[\text{m}]$ – odległość między środkami mas ciał.



Przykład oddziaływania grawitacyjnego występującego pomiędzy dwoma ciałami.



Masa i ciężar (siła ciężkości)

Masa jest miarą liczby atomów lub cząsteczek, z których składa się ciało. Masę ciała mierzymy w kilogramach [kg]. Ciało, które ma na Ziemi masę 10 kg, ma masę 10 kg w dowolnym miejscu wszechświata. Masa ciała jest miarą jego bezwładności.

Ciężar (siła ciężkości) jest natomiast miarą siły działającej na ciało, jest wielkością fizyczną charakteryzującą zależność między masą a wartością przyspieszenia grawitacyjnego. Zależy on od miejsca na Ziemi, w którym znajduje się ciało. Ciężar ciała na Ziemi jest większy niż ciężar tego samego ciała na Księżycu. Jednostką ciężaru jest Newton [N]. Jeden Newton to siła, z jaką działa na obiekt o masie 1 kg powodująca, że będzie miał przyspieszenie 1 m/s^2 .

Ciężar jest to wartość mierzona przez każdą wagę (waga domowa nie mierzy masy tylko ciężar).



Masa i ciężar (siła ciężkości)

Ciężar (siła ciężkości) jest siłą, z jaką Ziemia działa na obiekt znajdujący się na jej powierzchni.

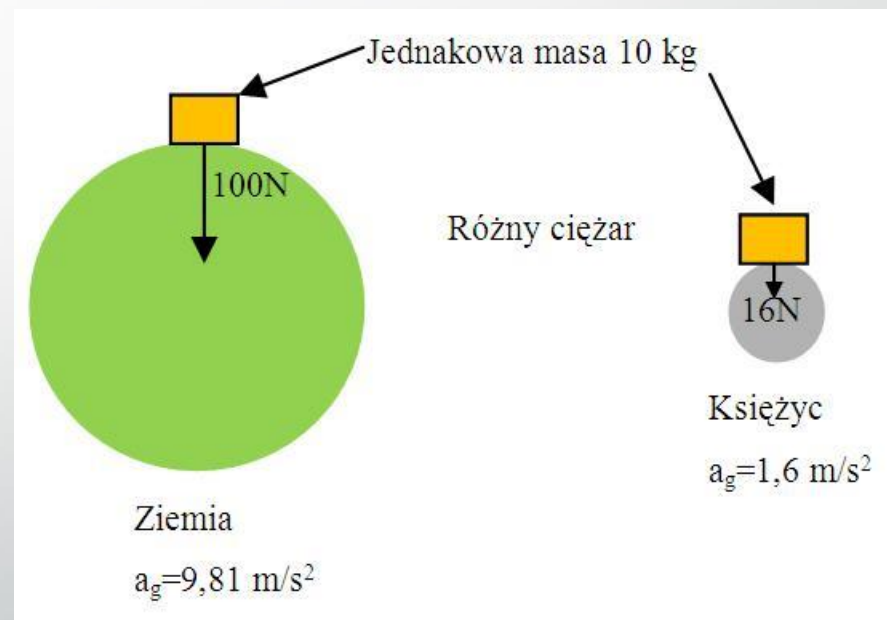
Do wyznaczenia tej wartości najłatwiej posłużyć się wzorem:

$$Q = m \cdot g$$

gdzie: Q – siła ciężkości na powierzchni ziemi [N],

m – masa rozpatrywanego obiektu [kg],

g – wartość przyspieszenia ziemskiego [m/s^2].



Wartość przyspieszenia ziemskiego jest wartością zmienną i wynosi średnio $9,81 \text{ m/s}^2$.



Siła ciężkości

To, że na powierzchni Ziemi doznajemy stale działania przyciągającej siły ciężkości, jest oczywiste dla każdego.

Wstanie z krzesła wymaga pewnego wysiłku, ponieważ Ziemia przyciąga nas do swego środka siłą grawitacji.

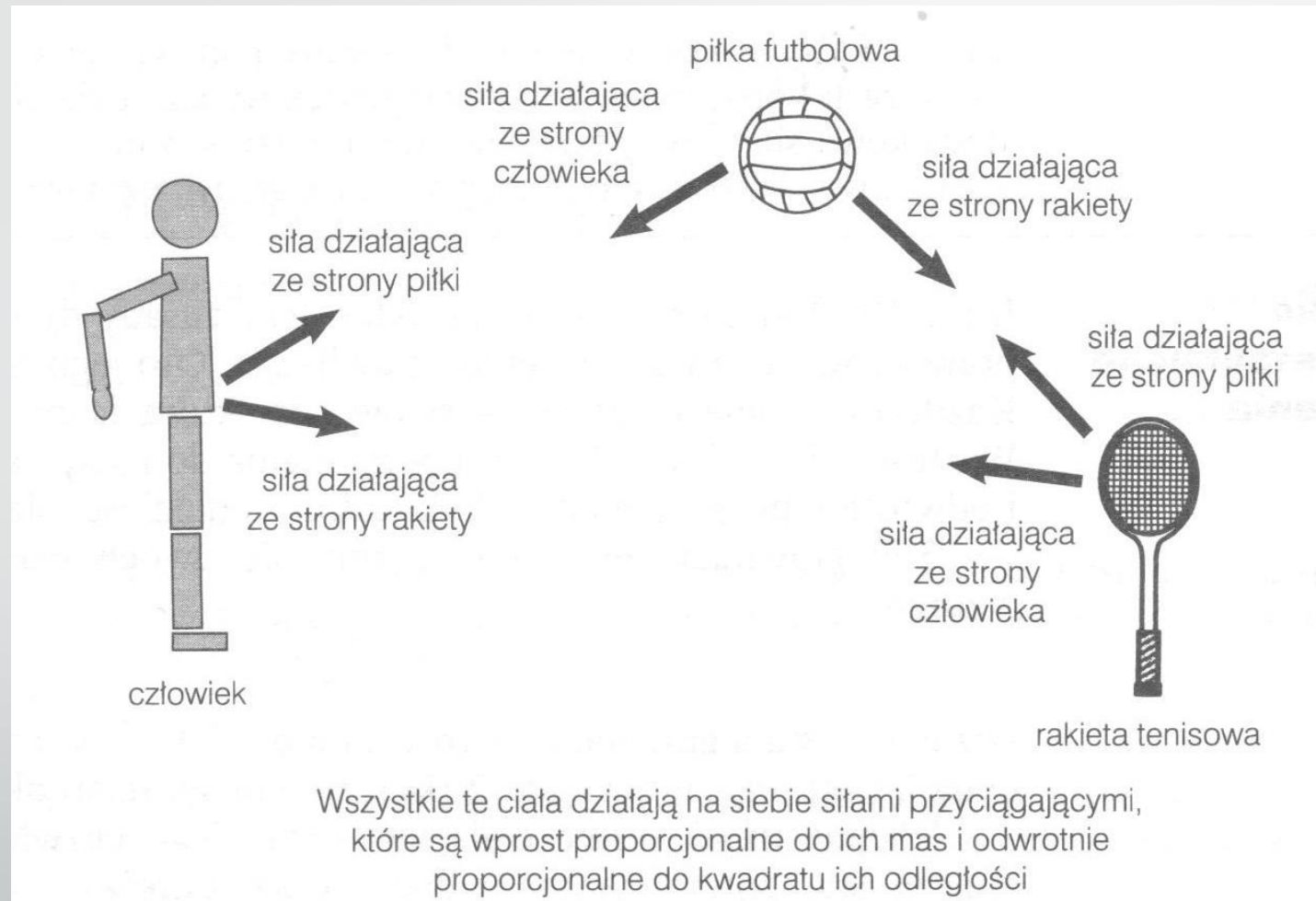
Gdy idziemy, siła ciężkości przyciąga nas do powierzchni Ziemi, dzięki czemu możemy pokonywać siły zewnętrzne (takie jak siła tarcia) i się przemieszczać.

Gdy rzucamy piłkę w górę, a potem chwytamy ją, gdy spada, też doznajemy działania siły grawitacji: najpierw, gdy trzymamy piłkę w ręce nieruchomo, potem, gdy wyrzucamy ją w powietrze i gdy chwytamy ją w locie w dół, wreszcie, gdy znów trzymamy ją w ręce (grawitacja działa cały czas).

Przyciągająca siła grawitacyjna, jaką Ziemia działa na nasze ciało, ma wpływ na wszystkie rodzaje aktywności fizycznej i na ciała, które przy tym wykorzystujemy.



Siła ciężkości



Siły przyciągania grawitacyjnego działające między różnymi ciałami.

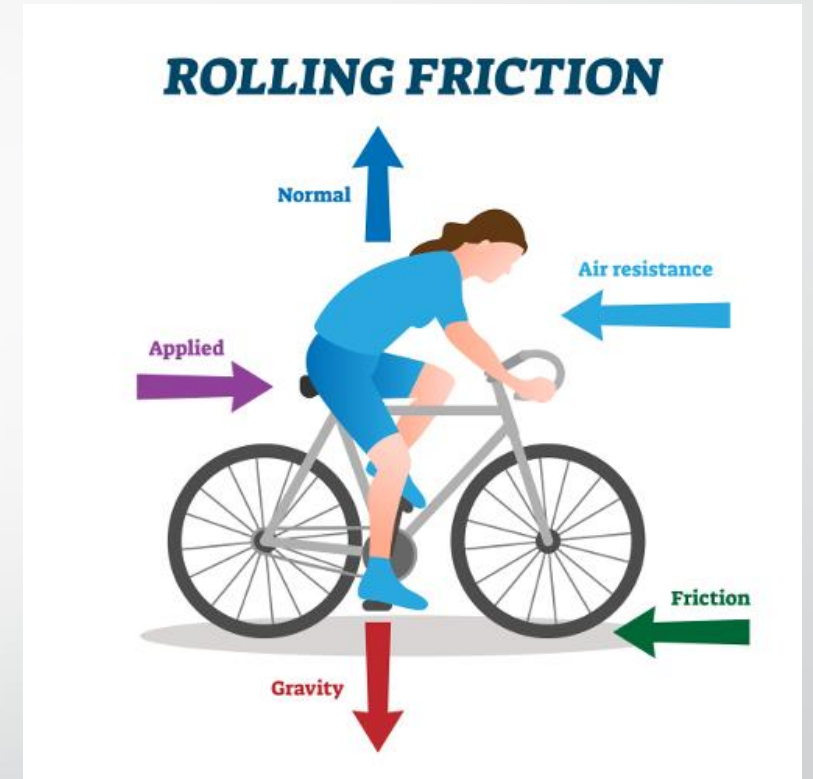


Siły oporu ruchu

Siły oporu ruchu to siły bierne działające na poruszające się ciała fizyczne, przeciwdziałające ruchowi tych ciał, o zwrocie skierowanym przeciwnie do kierunku do sił wprawiających te ciała w ruch. Siły oporu występują podczas przemieszczania się względem siebie ciał stałych stykających się ze sobą powierzchniami (siły tarcia) bądź poruszania się ciała stałego w ośrodku płynnym (siły oporu ośrodka).

Wartość siły oporu jest wprost proporcjonalna do szybkości ciała, czyli rośnie wraz ze wzrostem szybkości poruszania się ciała względem danego ośrodka. Siła oporu ruchu zależy również od kształtu i rozmiaru danego ciała oraz od właściwości ośrodka, w którym porusza się to ciało, które definiowane są przez współczynnik proporcjonalności.

Siły oporu ośrodka (siły oporu czołowego) występują podczas poruszania się ciała stałego w ośrodku płynnym – ciekłym (opór hydrodynamiczny) bądź gazowym (opór aerodynamiczny), niezależnie od sił tarcia wewnętrznych (lepkości) występujących pomiędzy warstwami tego płynnego ośrodka.

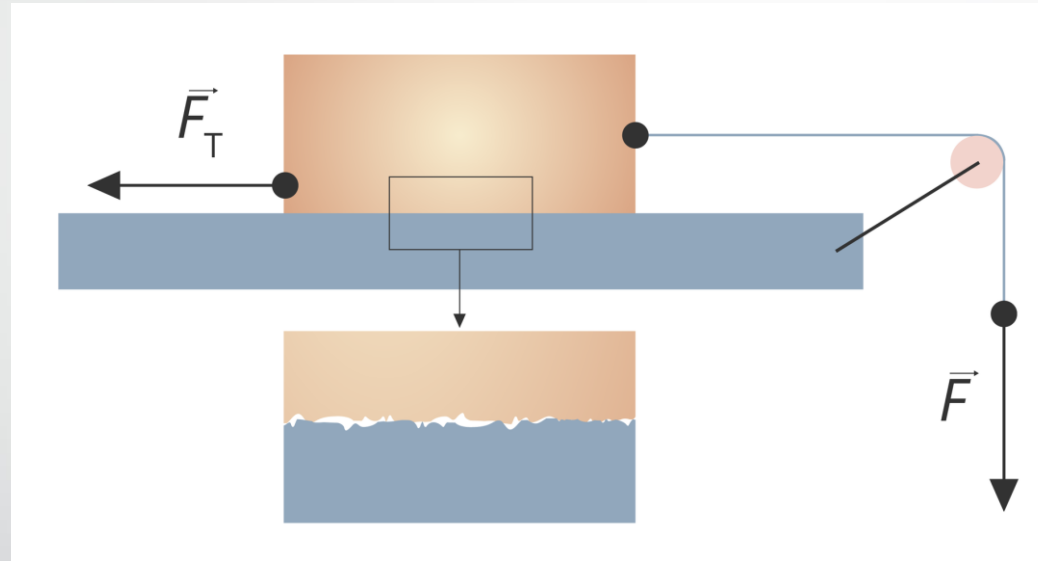


Siły działające na poruszający się rower.



Siły tarcia

Siły tarcia działają między wszystkimi stykającymi się ze sobą powierzchniami. Siła tarcia przeciwdziała się ruchowi względnemu dwóch ciał, które są w kontakcie, np. ślizganiu się jednego po drugim.



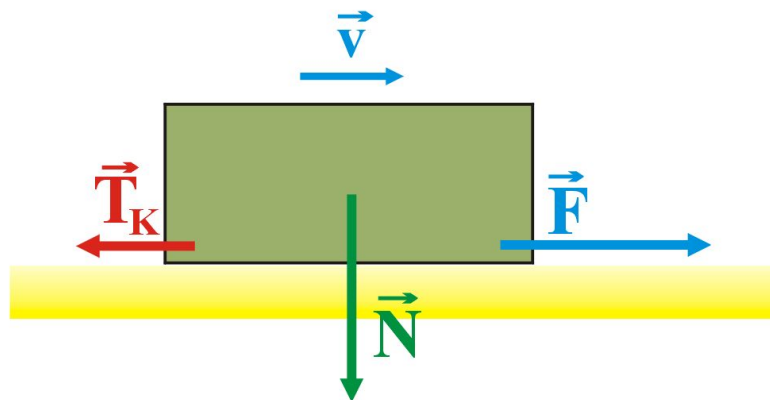
Siły tarcia są bardzo ważne przy badaniu ruchów ciała ludzkiego. Gdyby między stopą a podłożem nie działała siła tarcia, nie moglibyśmy chodzić!



Siły tarcia

Tarcie kinetyczne występuje podczas ruchu ciała po powierzchni.

Wektor siły tarcia kinetycznego skierowany jest przeciwnie do wektora prędkości ciała.



wartość siły tarcia:

$$T_K = \mu \cdot N$$

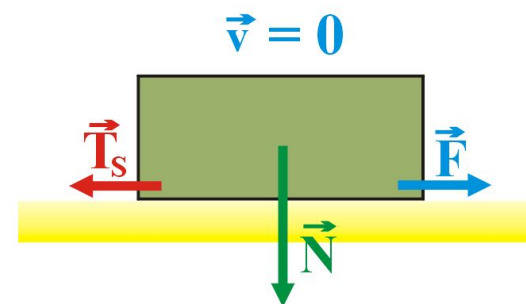
T_K - siła tarcia kinetycznego

μ - współczynnik tarcia (kinetycznego)

N - siła nacisku (prostopadła do powierzchni tarcia)

tarcie statyczne

ciało nie porusza się - siła tarcia statycznego (T_s) równoważy siłę działającą na ciało (F), maksymalna wartość, jaką może osiągnąć siła tarcia statycznego równa jest wartości siły potrzebnej aby poruszyć ciało





Przykłady sił tarcia w sporcie

Przy ruchu ciała ludzkiego spotykamy się zarówno z sytuacjami, w których dąży się do zwiększenia siły tarcia, jak i z takimi, w których staramy się siłę tarcia zmniejszyć, np.:

Biegacz chce, aby tarcie jego buta o podłoże było duże. Z kolei dla pływaków projektuje się jednoczęściowe stroje pływackie, które zapewniają jak najmniejsze tarcie między ciałem zawodnika a wodą.





Siła nacisku

Siła nacisku (siła normalna) N , tzn. siła reakcji podłoża działająca na ciało prostopadle do powierzchni, na której ciało leży, zależy od masy ciała. Siła tarcia jest proporcjonalna do siły normalnej, a więc jest większa dla ciał o większej masie.

Poniżej przedstawiono siłę nacisku i siłę tarcia działające na piętę biegnącego człowieka podczas kontaktu z podłożem (pokazano jedynie siły działające w płaszczyźnie ruchu):

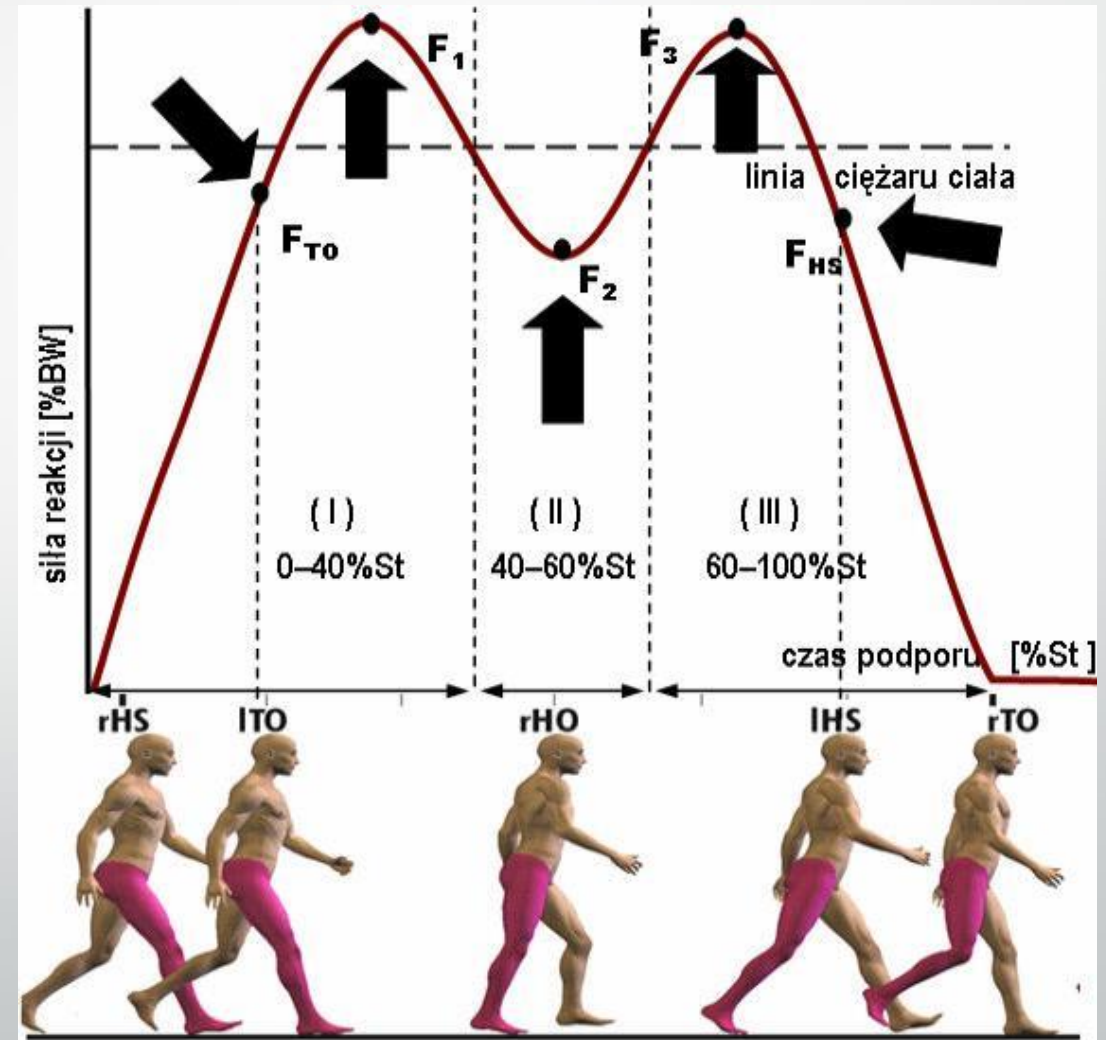




Zastosowanie siły reakcji podłoża do opisu ruchu

Analiza sił reakcji podłoża jest podstawą opisu parametrów chodu, biegu, wyskoku pionowego.

Przykład obok, to opis zmian siły reakcji podłoża podczas chodu człowieka.





Pomiary sił reakcji podłoża

Urządzenia do pomiarów sił reakcji podłoża umożliwiają wyznaczenie:

- Składowych siły reakcji podłoża
- Momentów obrotowych siły wokół trzech osi
- Punktu przyporu siły reakcji podłoża.

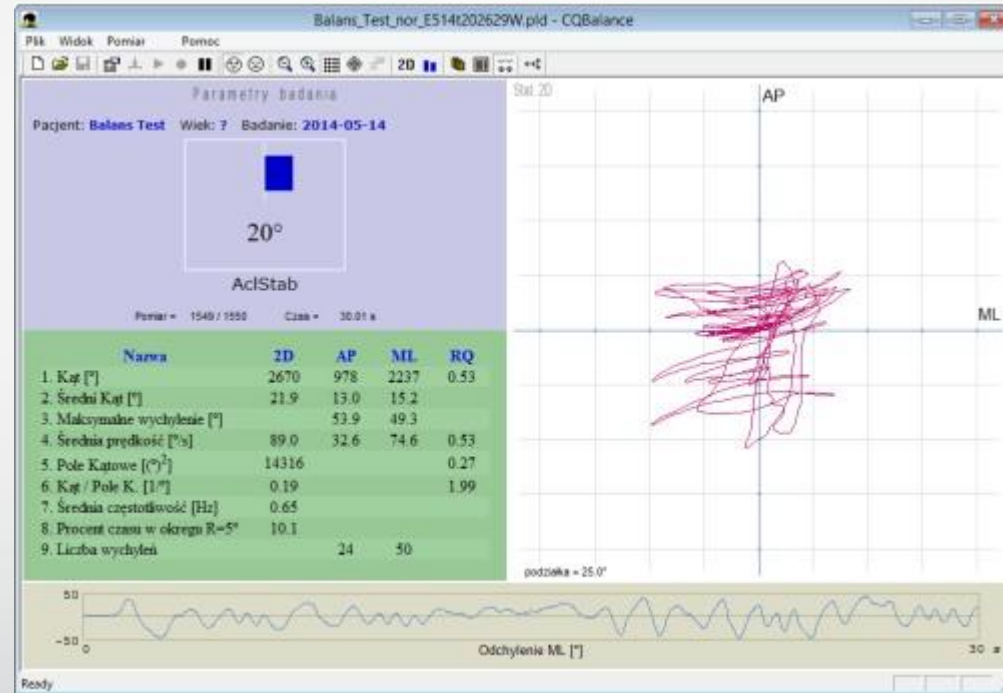
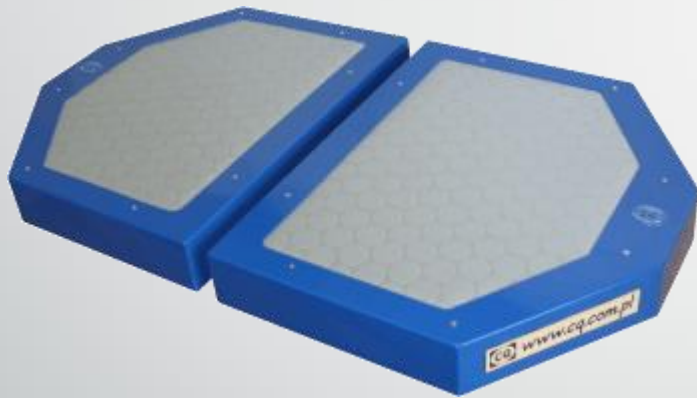
W tym celu wykorzystuje się platformy:

- Stabilometryczne np. platformę CQStab, platformę Alfa, platformę Biodex
- Piezoelektryczne np. platformę Kistler
- Tensometryczne (dynamograficzne) np. platformę AMTI



Pomiary sił reakcji podłoża

Platformy stabilometryczne:



Platforma CQSTab 2P



Pomiary sił reakcji podłoża

Platformy stabilometryczne:



Platforma Alfa

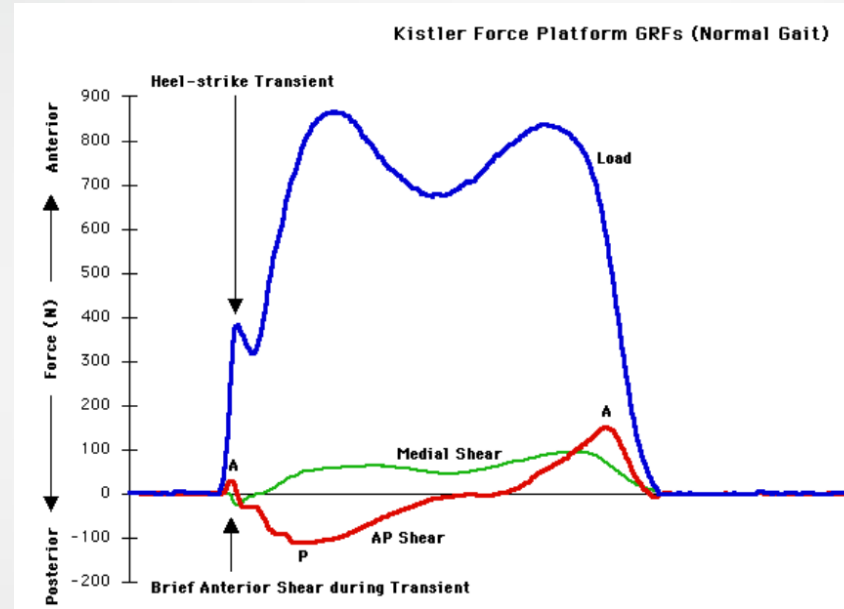
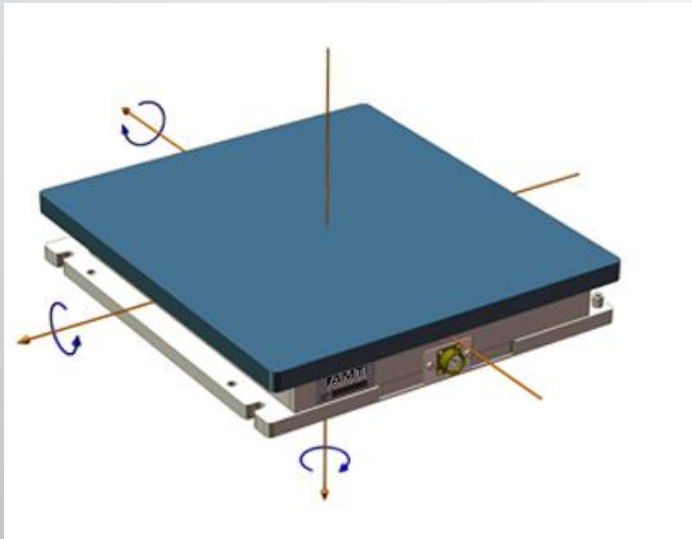


Platformy Biodex Balance System i BioSway

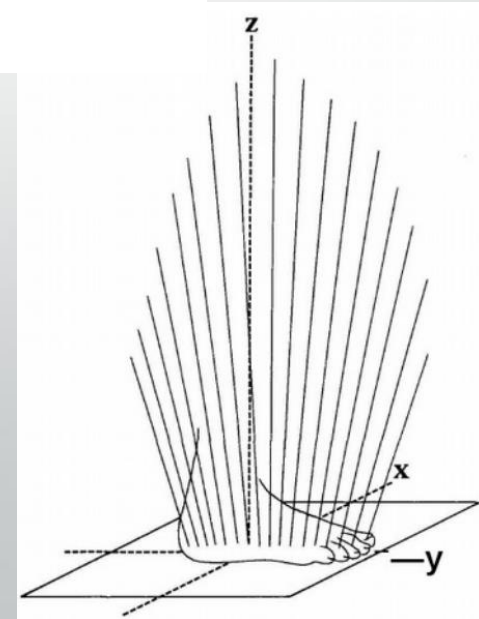


Pomiary sił reakcji podłoża

Platformy piezoelektryczne:



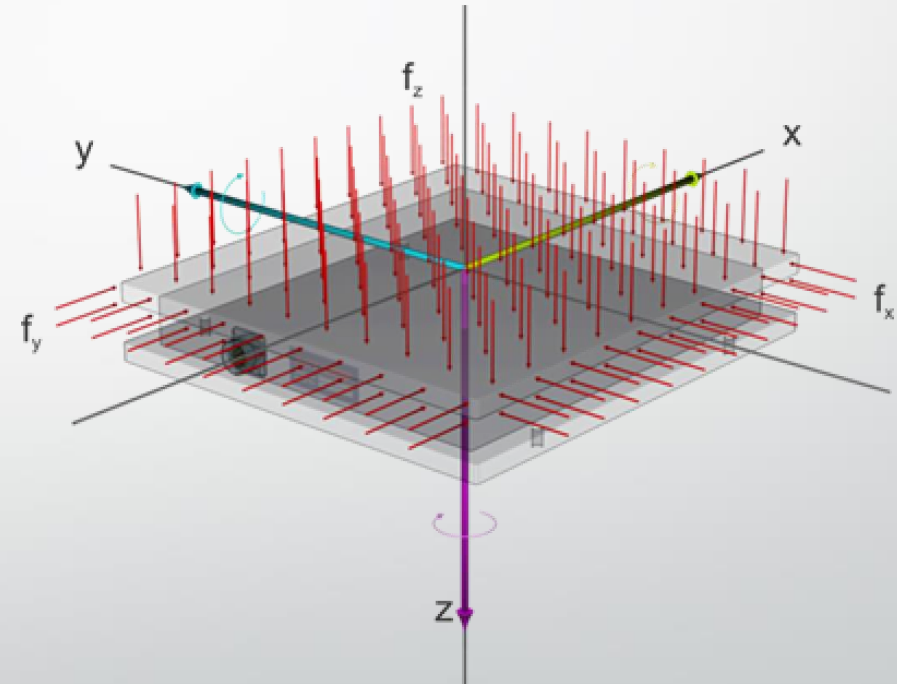
Platforma Kistler





Pomiary sił reakcji podłoża

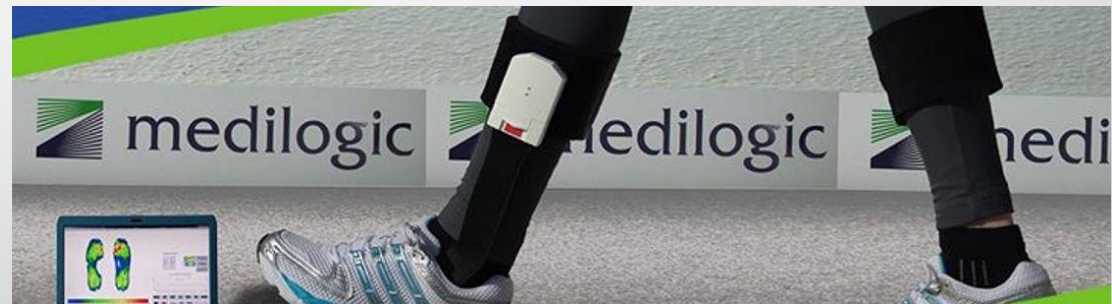
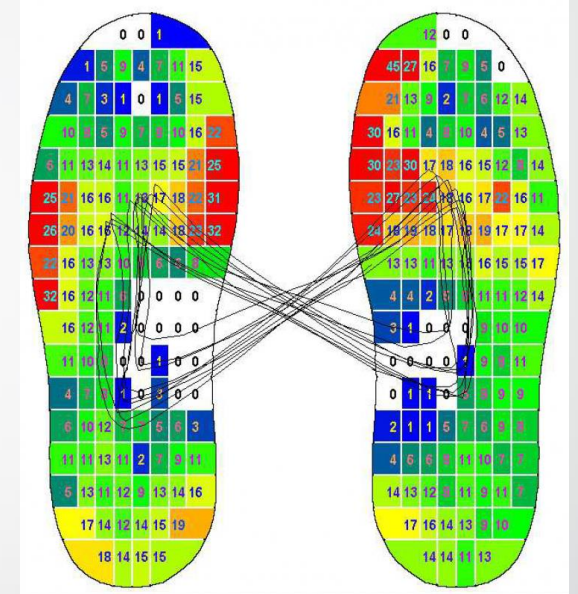
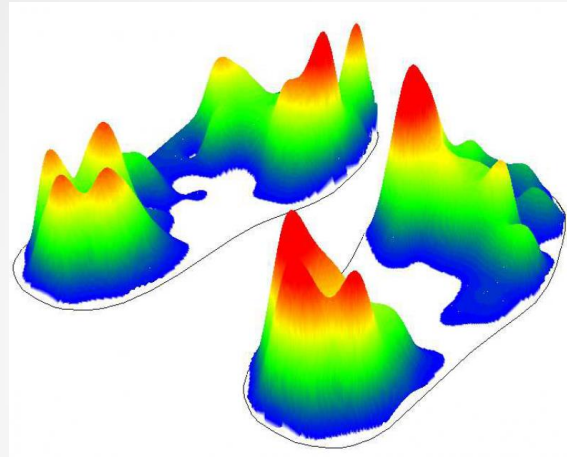
Platformy tensometryczne (dynamograficzne):



Platforma AMTI



Pomiary sił reakcji podłoża



Wkładki tensometryczne Medilogic Insoles



Obciążenia układu ruchu

Obciążenia układu ruchu definiuje się jako siły oddziałujące na system mięśniowo-szkieletowy. Siły działające na układ ruchu podzielono na siły wysokiej i niskiej częstotliwości.

Do pozytywnych skutków obciążania układu ruchu podczas treningów należy zaliczyć przyrost siły mięśni i wytrzymałości kości. Wzrost siły mięśni jest następstwem zwiększenia się masy mięśni, a także sprawniejszej synchronizacji pobudzeń jednostek motorycznych.

Natomiast wytrzymałość kości wzrasta w następstwie cyklicznych obciążeń pionowych. Dzieje się tak, ponieważ zwiększona amplituda zmian naprężeń w kości powoduje zwiększenie przepływu cieczy w ich naczyniach, intensyfikując mechanizm transportu polipeptydowych czynników wzrostu między dostarczoną krwią a osteocytami, w następstwie czego wzrasta masa i grubość kości (Będziński 1997).



Przeciążenia układu ruchu

Przeciążenie układu ruchu jest to taki stan, w którym pod wpływem działania sił w procesie przenoszenia obciążeń zostaje przekroczona wytrzymałość fizyczna tkanek, zdolność adaptacyjna oraz wydolność czynnościowa mięśni, więzadeł, stawów i kości u człowieka.

Do sposobów zapobiegania przeciążeniom układu ruchu zalicza się:

- identyfikacja kinematycznych różnic między techniką ruchu i ich wpływem na obciążenia układu ruchu,
- dostosowanie techniki wykonania ruchu do wzorców biomechanicznych,
- wymuszane reakcje układu ruchu człowieka przez zmiany konstrukcji używanego sprzętu.



Dostosowanie kości do obciążeń

Kości dostosowują się do działających na nie obciążeń przez to, że zbudowane są z różnych rodzajów tkanek:

- **Tkanki łącznej**, która składa się z włókien biegnących w jednym kierunku, zwartych i przylegających do siebie. Posiada dużą wytrzymałość zbudowanych z kolagenu i elastyny zapewniających sprężystość (ścięgna, więzadła i torebki stawowe).
- **Tkanki chrzęstnej**, która pełni rolę tkanki podporowej (powierzchnie stawowe, zakończenia żeber, w nosie i małżowinie usznej).
- **Tkanki kostnej**, która składa się z komórek kostnych (osteocytów, osteoblastów i osteoklastów) i twardej, zbitej substancji międzykomórkowej przesyconej nieorganicznymi solami wapnia. Na powierzchni kości substancja ta tworzy zwartą istotę zbitą.



Dziękuję za uwagę
i zapraszam na kolejny wykład.