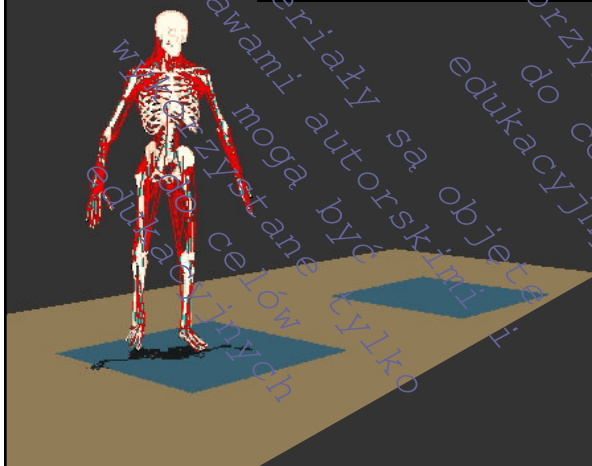
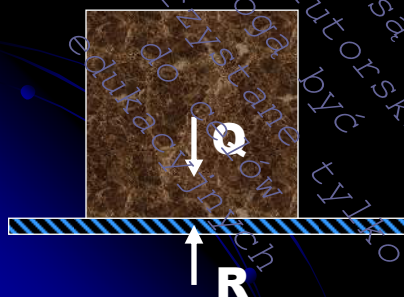


Siła Reakcji Podłoża Ground Reaction Force (GRF)



3 zasada dynamiki Newtona

Cieężar pudełka generuje w podłożu siłę reakcji, która jest równa ciężarowi co do wartości, ale ma przeciwny zwrot.



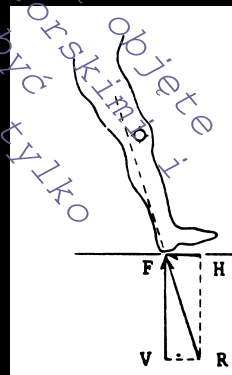
Czym jest GRF?

Siła reakcji podłoża (GRF) w chodzie jest siłą odpowiedzi podłoża na nacisk stopy.

Podobnie, jak siłę przyłożyć można pod dowolnym kątem do podłoża, tak **siła reakcji jest wektorem**, który może mieć dowolne zorientowanie w przestrzeni.

Aby ułatwić analizę, wektor GRF rozkładamy na trzy kartezjańskie składowe: pionową (z), poziomą przednio-tylną (x) i poziomą medio-lateralną (y):

$$\vec{R} = \vec{R}_x + \vec{R}_y + \vec{R}_z$$

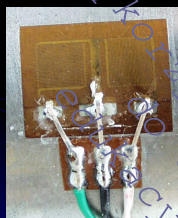


Zastosowanie

- Lokomocja (chód, bieg, skoki, chodzenie po schodach,...) ;
- równowaga i posturografia;
- podometria (rozkład ciśnienia pod stopą);
- diagnostyka narządu ruchu (patologie);

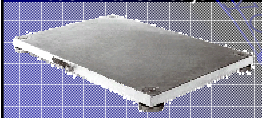
Jak mierzymy GRF ?

- GRF można zmierzyć stosując **mierniki tensometryczne** (mierniki odkształcenia) siły lub ciśnienia zamontowane w **platformie tensometrycznej** poprzez wykorzystanie **zjawiska elektrooporowego** (zmiana wydłużenia przewodnika powoduje zmianę rezystancji elektrycznej).



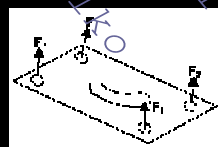
Tensometr foliowy

Platforma tensometryczna

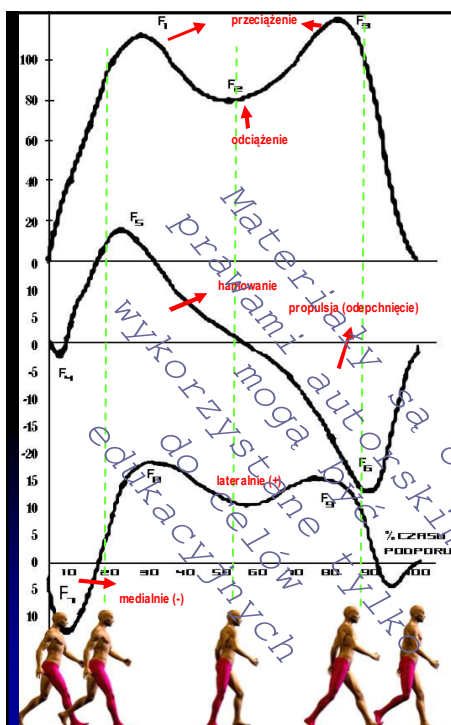


Dzięki umieszczeniu 4 czujników tensometrycznych w narożnikach platformy możliwy jest pomiar trzech składowych siły reakcji.

Dzięki specjalistycznemu oprogramowaniu możliwa jest wizualizacja wypadkowego wektora GRF.



$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$



Siła reakcji w chodzie

Składowa pionowa

– reakcja na pionowy nacisk stopy na podłoże

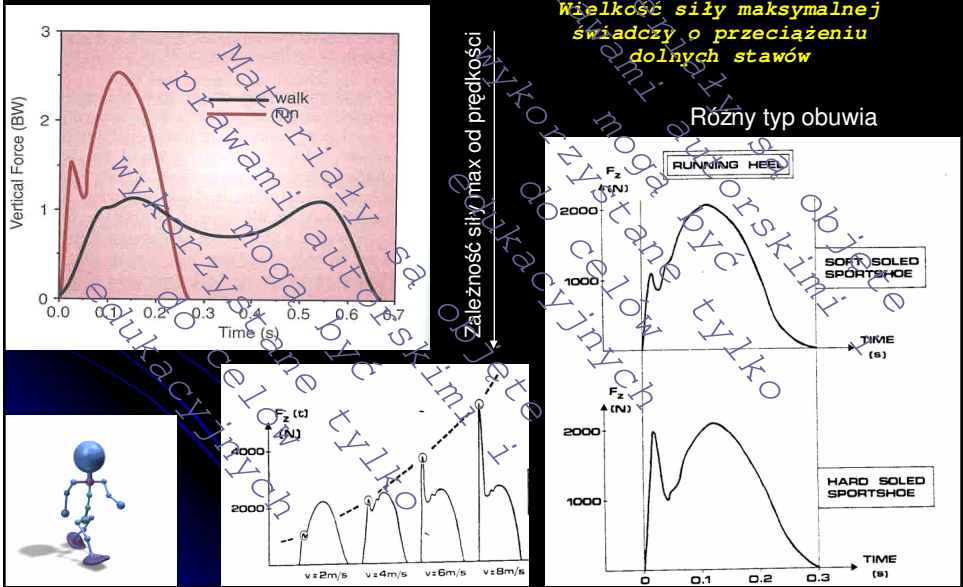
Pozioma: przednio – tylna

– przy postawieniu piety pojawia się TYLNA siła reakcji; podczas odepchnięcia palców pojawia się siła reakcji skierowana do PRZODU

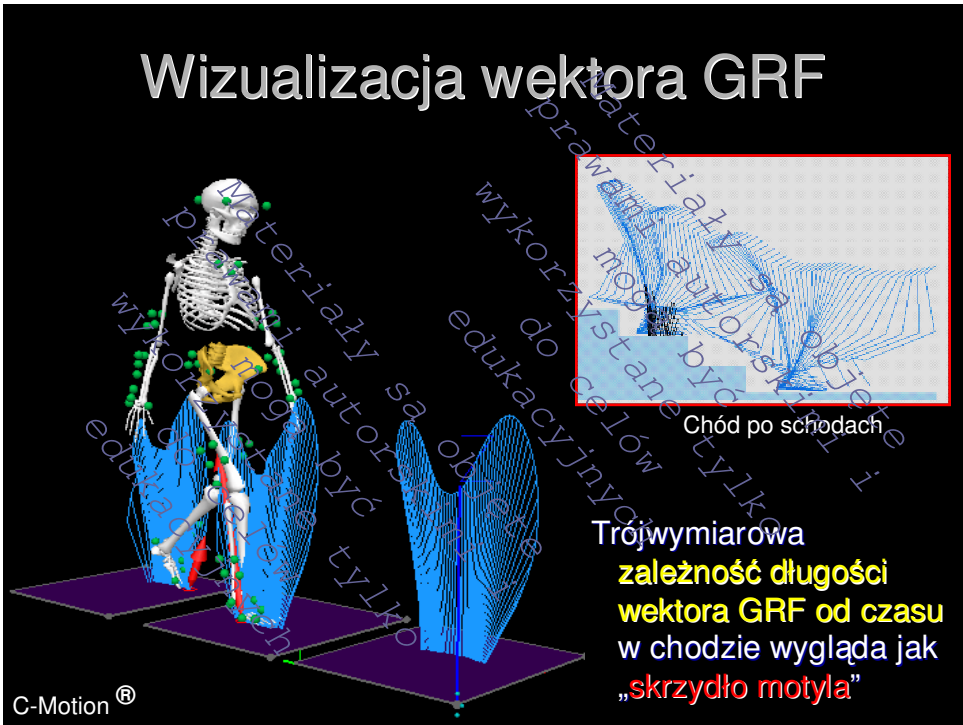
Pozioma: boczna (medio – lateralna)

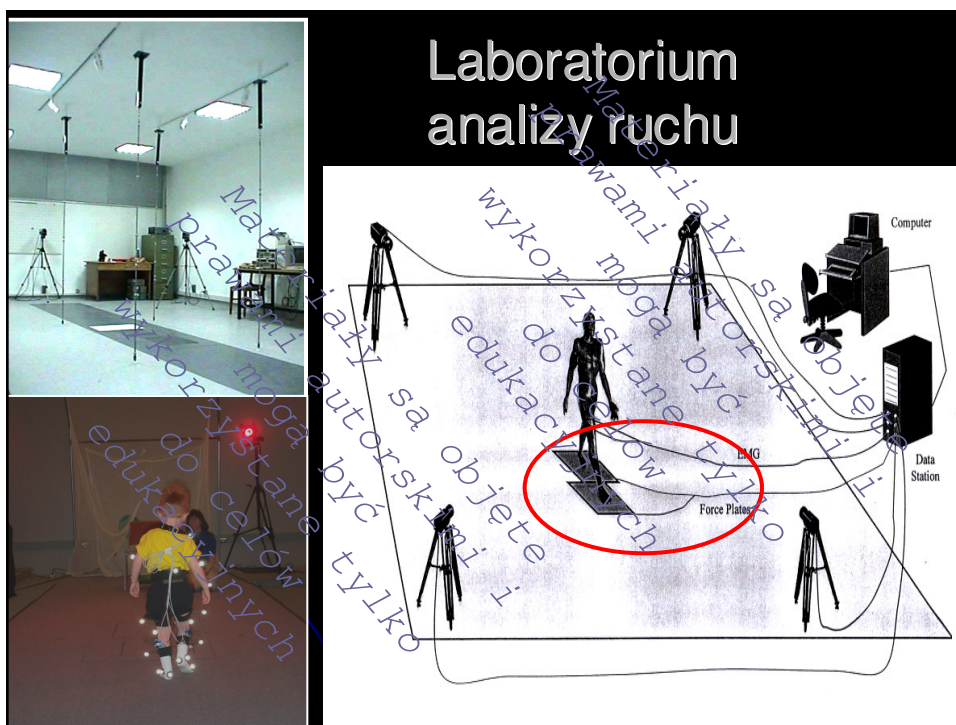
– środek ciężkości (oraz jego rzut na płaszczyznę podparcia) przesuwa się lateralnie po stronie kończyn w podporze.

GRF dla chodu i biegu



Wizualizacja wektora GRF





Przykład: Szacowanie momentów sił rozwijanych w stawach podczas chodu

Podpór (podwójny) końcowy

Płaszczyzna strzałkowa (sagittalna)

Sila GRF przechodzi:

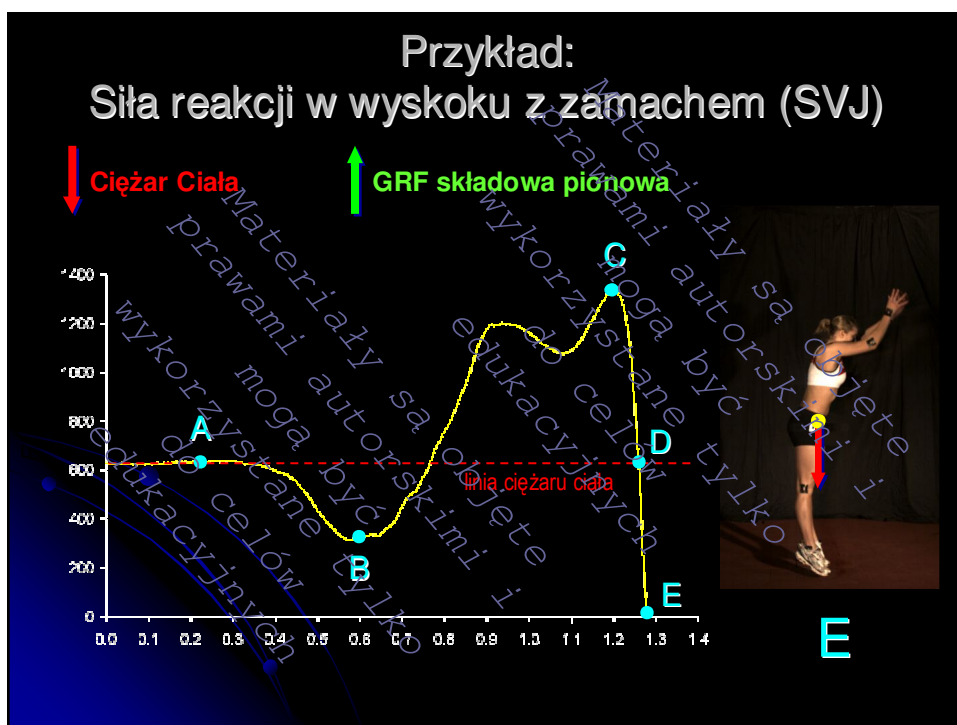
- z przodu stawu skokowego
- z przodu stawu kolanowego
- z przodu stawu biodrowego

GENERUJE :

- zginający podeszwowo moment siły w stawie skokowym
- prostujący mom. siły w st. kolanowym
- prostujący mom. siły w st. biodrowym

ODPOWIEDZ (reakcja) CIAŁA:

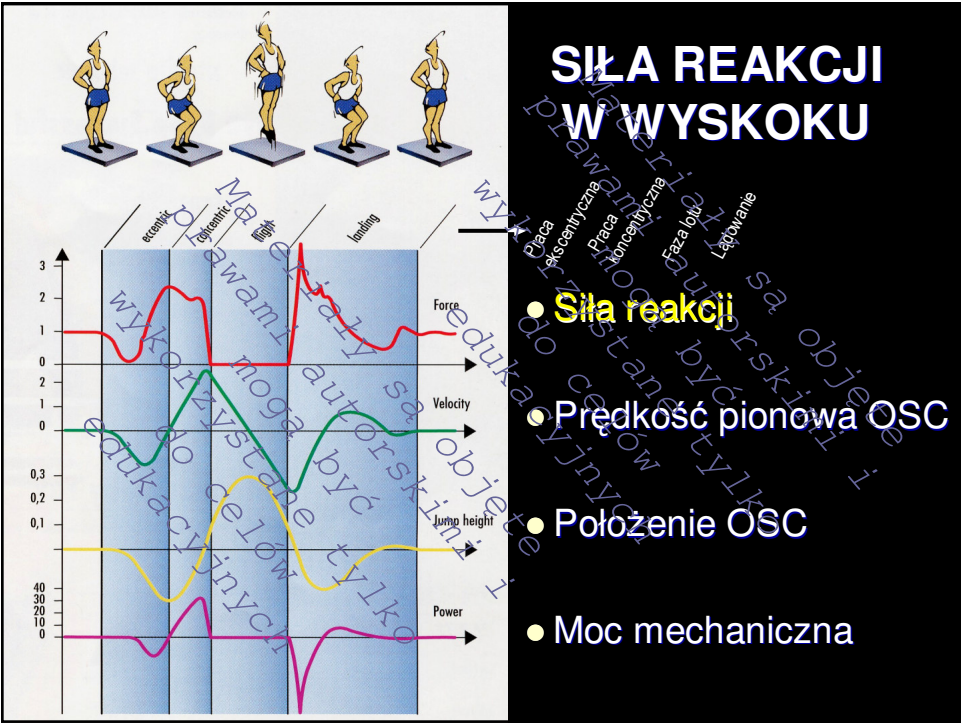
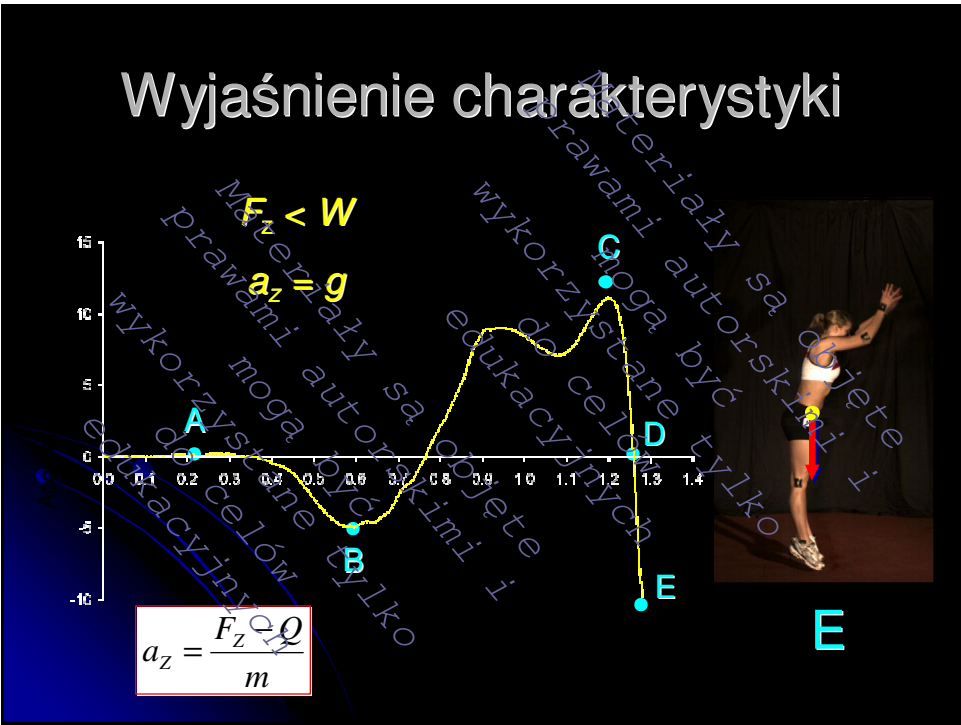
- aktywność izometryczna m. podeszwowych, które podczas podporu środkowego działały ekscentrycznie;
- pchnięcie podudzia ku przodowi i w następstwie uniesienie pięty;
- ekscentryczna aktywność m. prostowników st. biodrowego



Równanie ruchu

Wypadkowa siła związana z wypadkowym przyspieszeniem OSC (a_z) jest sumą wektorową wektora siły reakcji (F_z) i wektora ciężaru ciała (W):

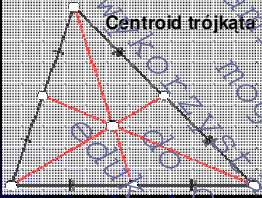
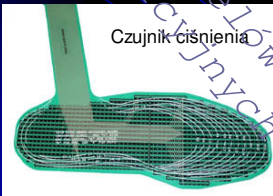
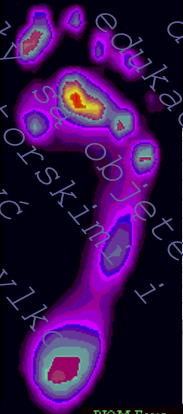
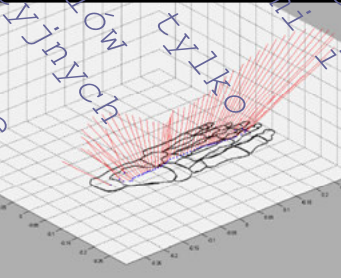
- zapis wektorowy: $\overline{m \cdot a_z} = \overline{F_z} + \overline{W}$
- zapis skalarny: $m \cdot a_z = F_z - Q$
- stąd: $a_z = \frac{F_z - Q}{m}$



Środek nacisku

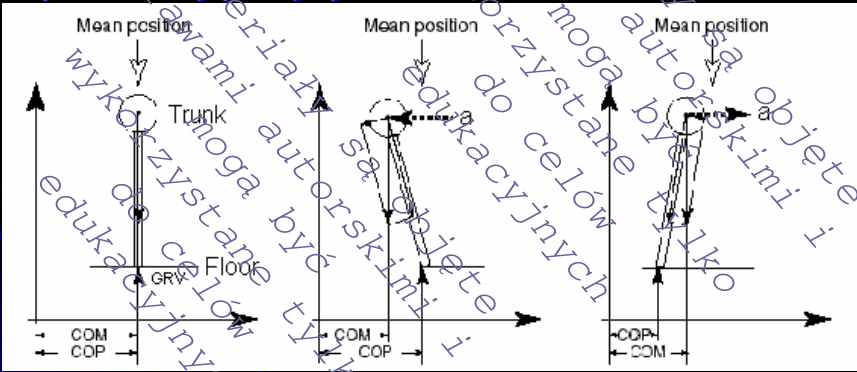
Center of Pressure (CoP)

- Środek nacisku stopy jest centroidem („środkiem obszaru”) działania sił reakcji

Równowaga

Równowaga jest sposobem utrzymywania pionowej pozycji ciała.

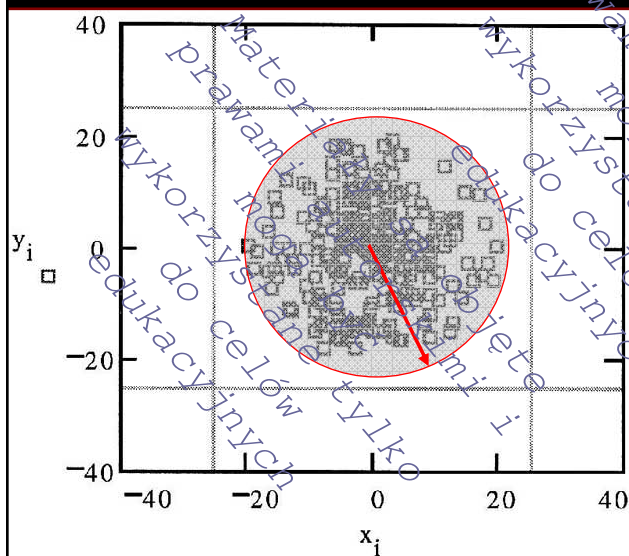


Równowaga idealna:
CoP bezpośrednio pokrywa się z CoP

Utrata równowagi:
CoP przesunięte względem CoP w wyniku zadziałania siły a

Odzyskanie równowagi:
Przesunięcie CoP na drugą stronę. Powrót do pozycji neutralnej

Równowaga - stabilogram



Podczas swobodnego stania na platformie CoP zmienia swoje położenie na płaszczyźnie podparcia.

Położenie rejestrowane może być z częstotliwością 50Hz (co 0,02 sek.) lub 100 Hz (co 0,01 sek.).

Im większy promień rozrzutu punktów pomiarowych, tym gorsza równowaga.