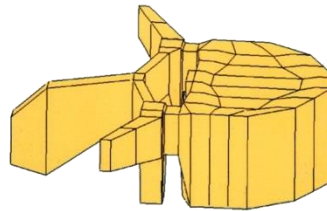


BIOMECHANIKA KRĘGOSŁUPA



Modelowanie





Istota i potrzeba modelowania

Cel opisu

Modelem danego rzeczywistego obiektu jest układ dający się wyobrazić lub materialnie zrealizować, który, odzwierciedlając lub odtwarzając obiekt, zdolny jest zastępować go tak, że jego badanie dostarcza nowych, nadających się do dalszego sprawdzenia informacji.

W. Sztoff



Model

modus (łac.) – miara, obraz, sposób

„model” – rzecz podobna pod jakimś względem do innej rzeczy

✓ **model materialny**

- (makieta) – zmiana skali
- (analog) – inne zjawisko fizyczne

✓ **model abstrakcyjny**



Model abstrakcyjny

„Model nie jest i nie może być odzwierciedleniem rzeczywistości, jest natomiast odzwierciedleniem naszej wiedzy o tej rzeczywistości” – *M. Dietrich*

Model nominalny (fizyczny)

Model matematyczny



Identyfikacja parametrów modelu

- ♦ **modele strukturalne**, których struktura połączeń elementów obiektu jest podobna do organizacji wewnętrznej badanego obiektu;
- ♦ **modele funkcjonalne**, przy tworzeniu których nie wnikamy w strukturę wewnętrzną obiektu.





Model fizyczny

Wyodrębnienie z rozważanego zjawiska rzeczywistego elementów istotnych z punktu widzenia celu modelowania:

- ustalenie praw fizycznych,
- ustalenie cech jakościowych i charakterystyk ilościowych obiektu oraz sygnałów wejściowych.

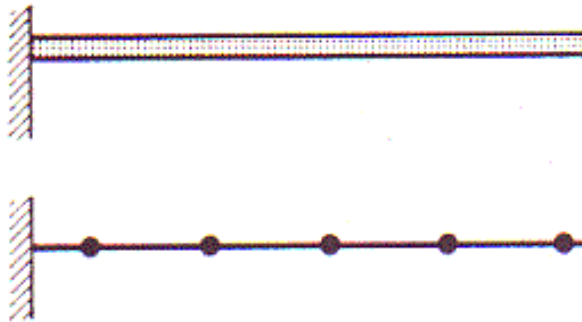
Cechy jakościowe:

- liniowość – nieliniowość,
- dyskretna lub ciągłą „natura” obiektu,
- deterministyczny – losowy.



Liczba stopni swobody układu mechanicznego

- ◆ Model dyskretny → równania różniczkowe zwyczajne
- ◆ Model ciągły → równania różniczkowe cząstkowe





Model matematyczny



$$y = \mathcal{L} \cdot x$$

Zbiory zmiennych opisujących badany obiekt oraz stan tego obiektu

zbiór parametrów

zbiór zmiennych stanu

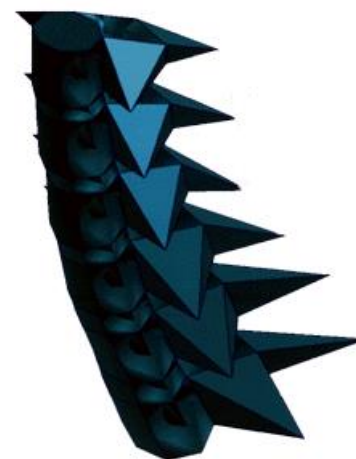
Parametry **niezależne** – **zależne** od czasu (zmiennych stanu)

Wrażliwość na zmianę parametrów modelu



Metody badania modeli matematycznych

- ◆ Metody analityczne
- ◆ Metody wykreślne
- ◆ Metody numeryczne
- ◆ Metody symulacyjne

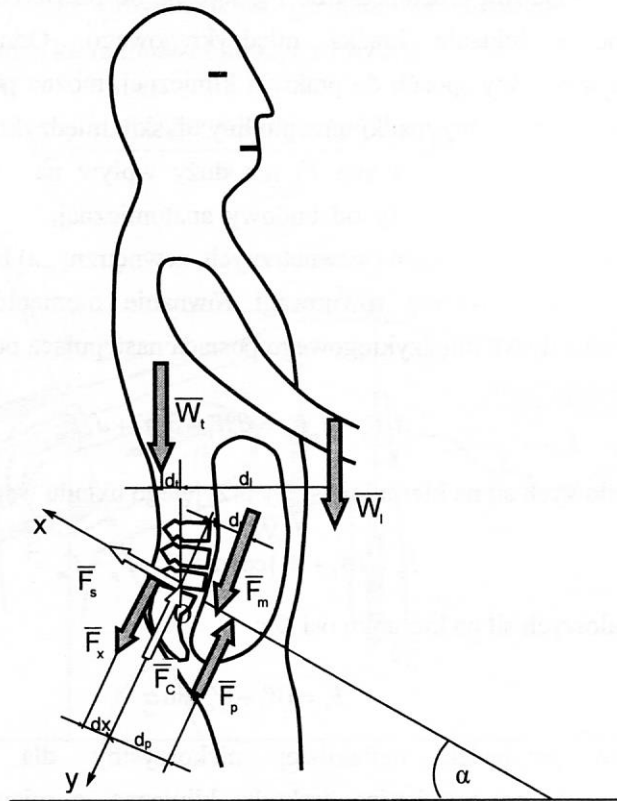




Model Stotte'a

założenia:

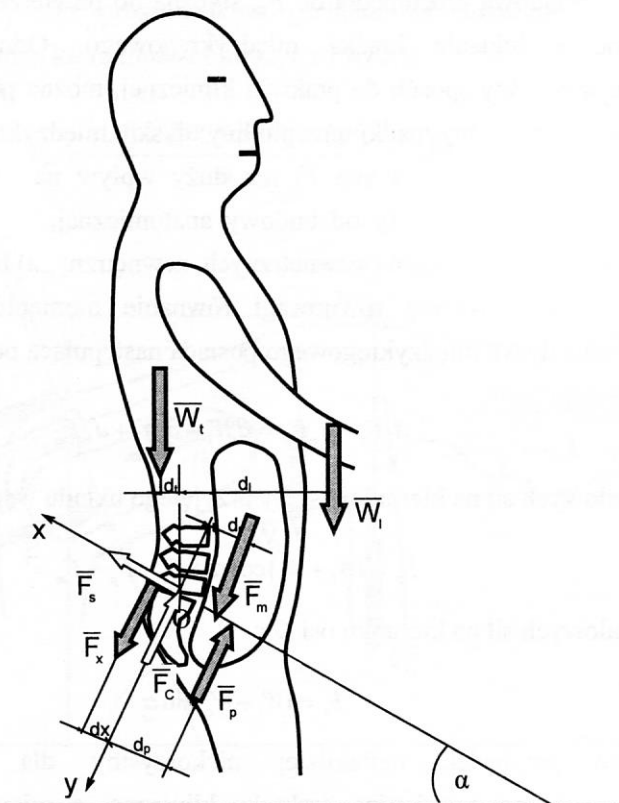
- **obc. statyczne**
- **model płaski (pł. strzałkowa)**



α - kąt pochylenia kości krzyżowej



Model Stotte'a



W_t – ciężar ciała powyżej L5-S1

W_1 – ciężar ramion i przedmiotów

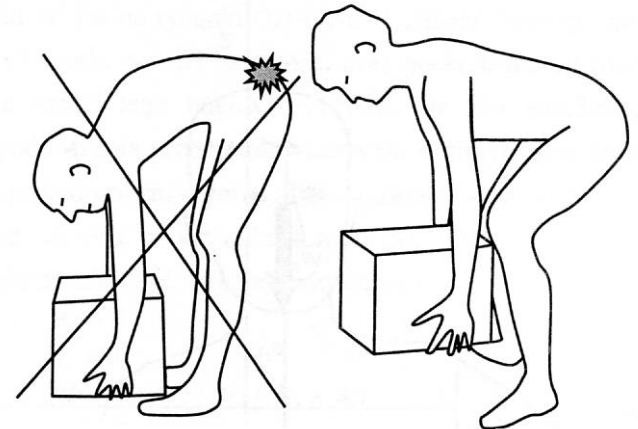
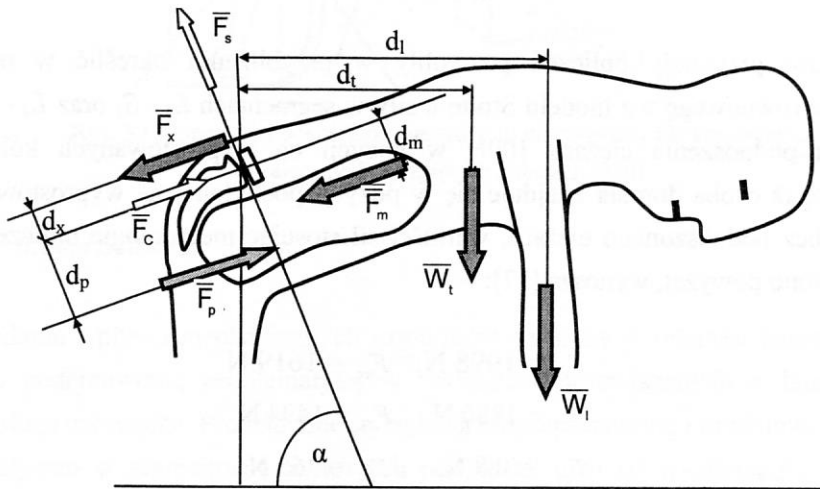
F_p – siła tłoczni brzusznej

F_m – składowa siły m. brzucha

F_x – siła prostowników grzbietu



Model Stotte'a





Model Stotte'a

P_p - siła pochodząca od ciśnienia jamy brzusznej (70 mmHg – 9,35 kN/m² działa na czynnej powierzchni $S = 0.035 \text{ m}^2$ i wywołuje siłę - 326 N),

P_m - składowa siły wzdluznej mięśni brzucha - 75 N,

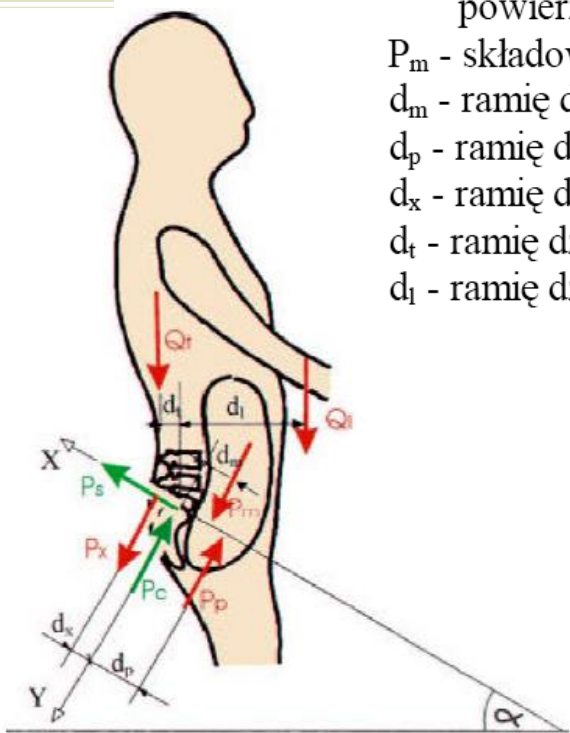
d_m - ramię działania siły wzdluznej mięśni brzucha - 10 cm,

d_p - ramię działania siły pochodzącej od ciśnienia jamy brzusznej - 9cm,

d_x - ramię działania siły prostowników grzbietu - 4,8 mm,

d_t - ramię działania siły ciężkości tułowia,

d_l - ramię działania siły ciężkości kończyn górnych.



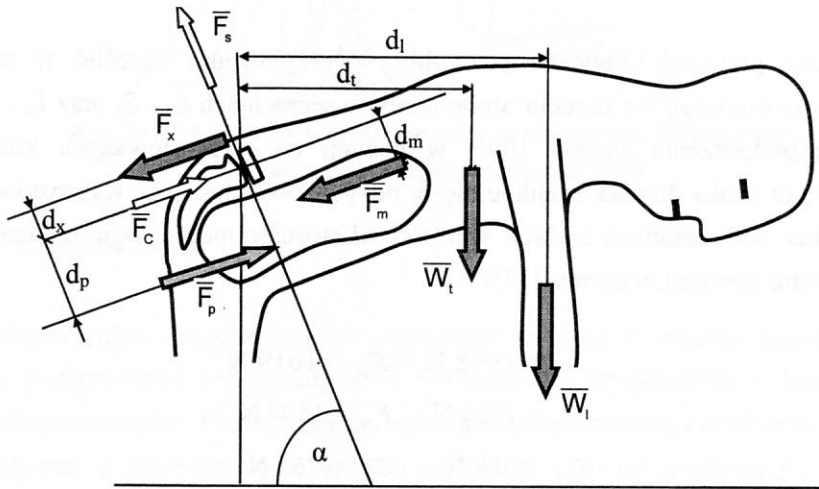
$$P_x d_x + P_p d_p = Q_l d_l \pm Q_t d_t + P_m d_m$$

$$P_c = (Q_l + Q_t) \cos \alpha + P_x - P_p + P_m$$

$$P_s = (Q_l + Q_t) \sin \alpha$$



Model Stotte'a



$$d_l = 100 \text{ mm}$$

$$d_t = 240 \text{ mm}$$

$$W_t = 337 \text{ N (45,2\% ciężaru ciała)}$$

$$W_l = 173 \text{ N (73 N czyli 9,8\% cc + 100 N)}$$

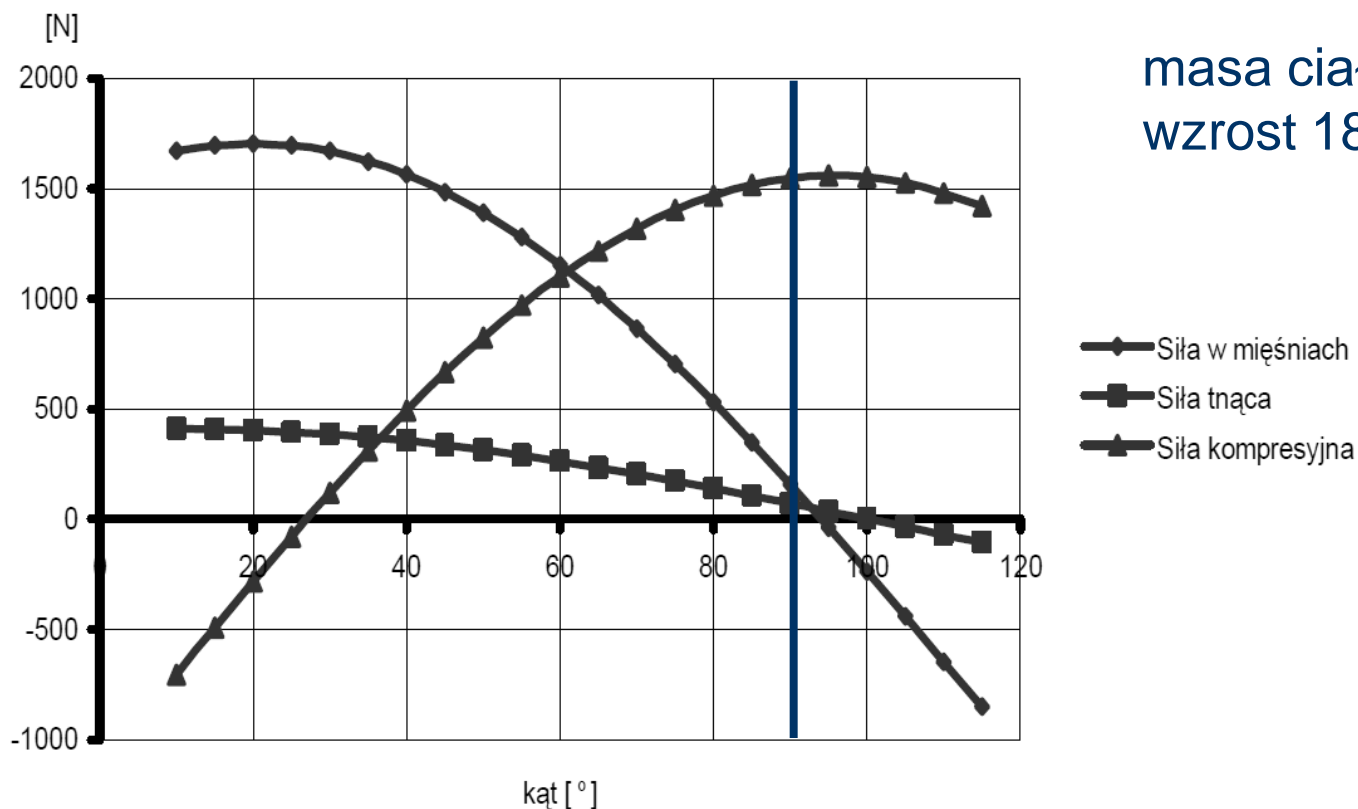
$$F_{x5} = \frac{W_l d_l + W_t d_t + F_m d_m - F_p d_p}{d_{x5}} = 3144 \text{ N}$$

$$F_{c5} = 3059 \text{ N}$$

$$F_{s5} = 482 \text{ N}$$



Model Stotte'a

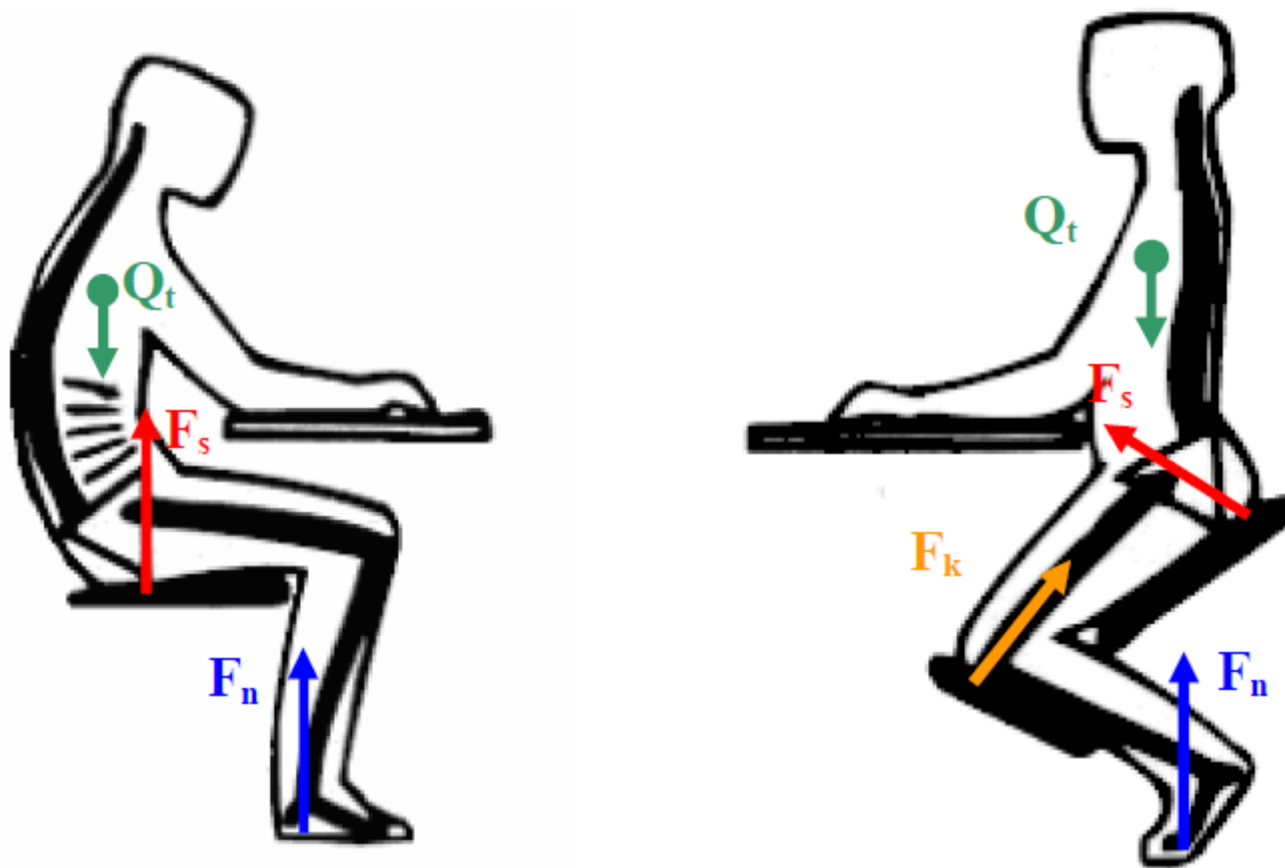


Wykres sił działających na poziomie L5 – S1
w zależności od kąta pochylecia tułowia

0° - tułów poziomo

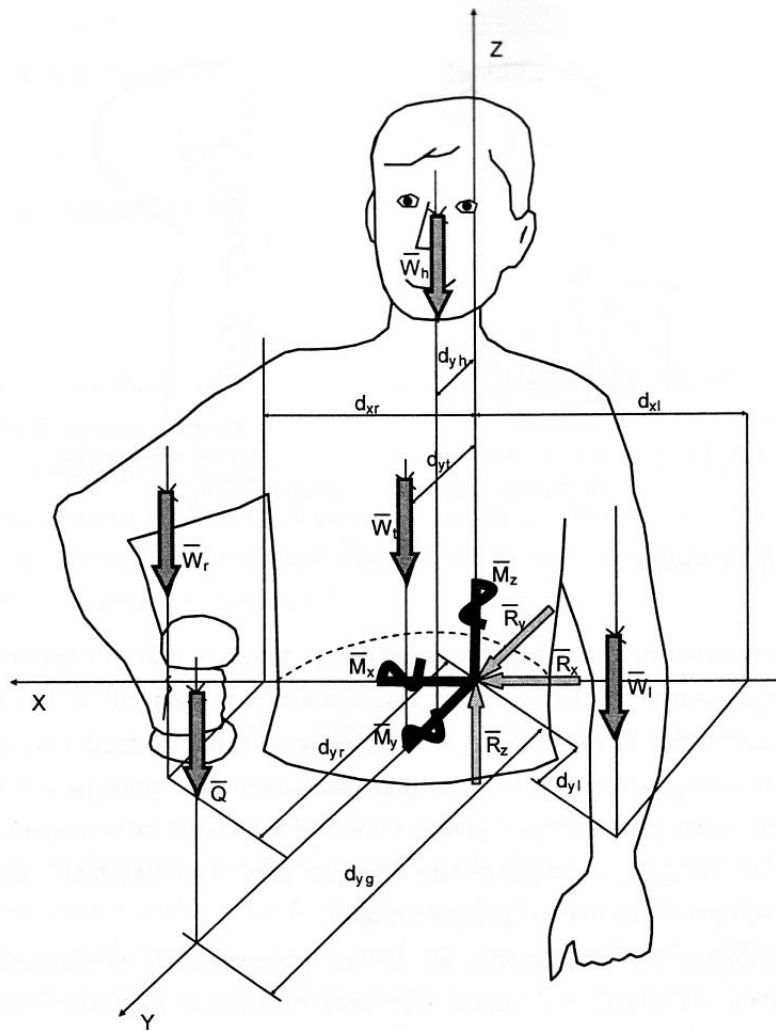


Oddziaływanie siedziska na operatora (przy komputerze)





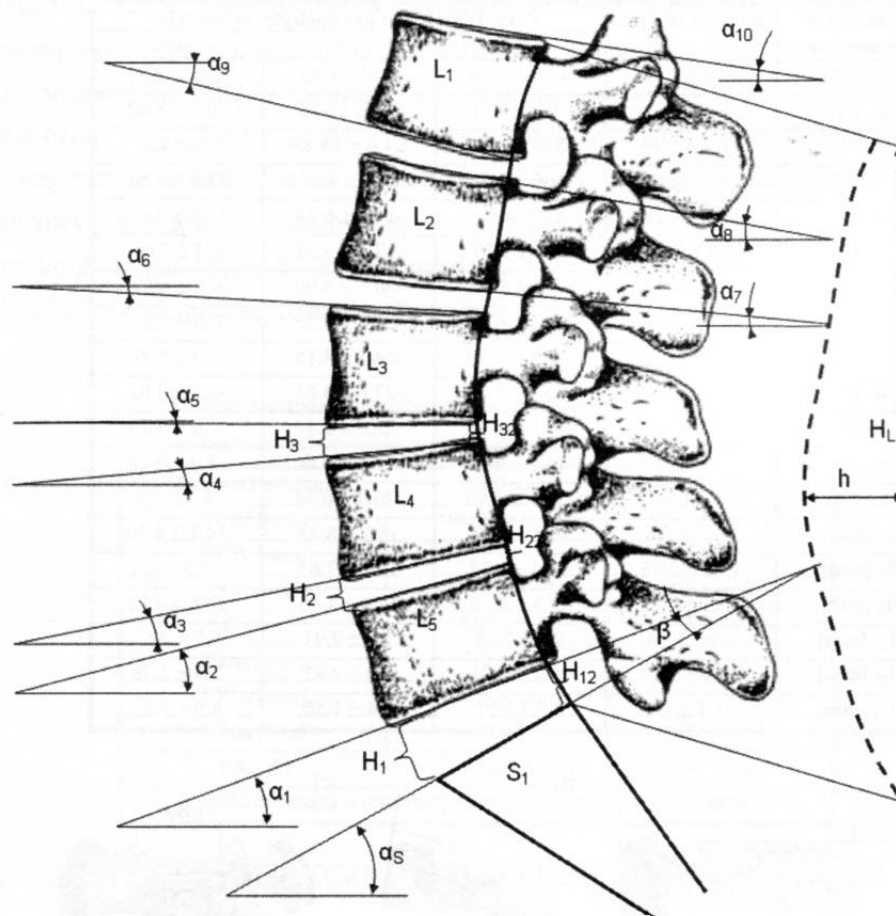
Model Schultza



**układ sił
na poziomie kręgu
L3**

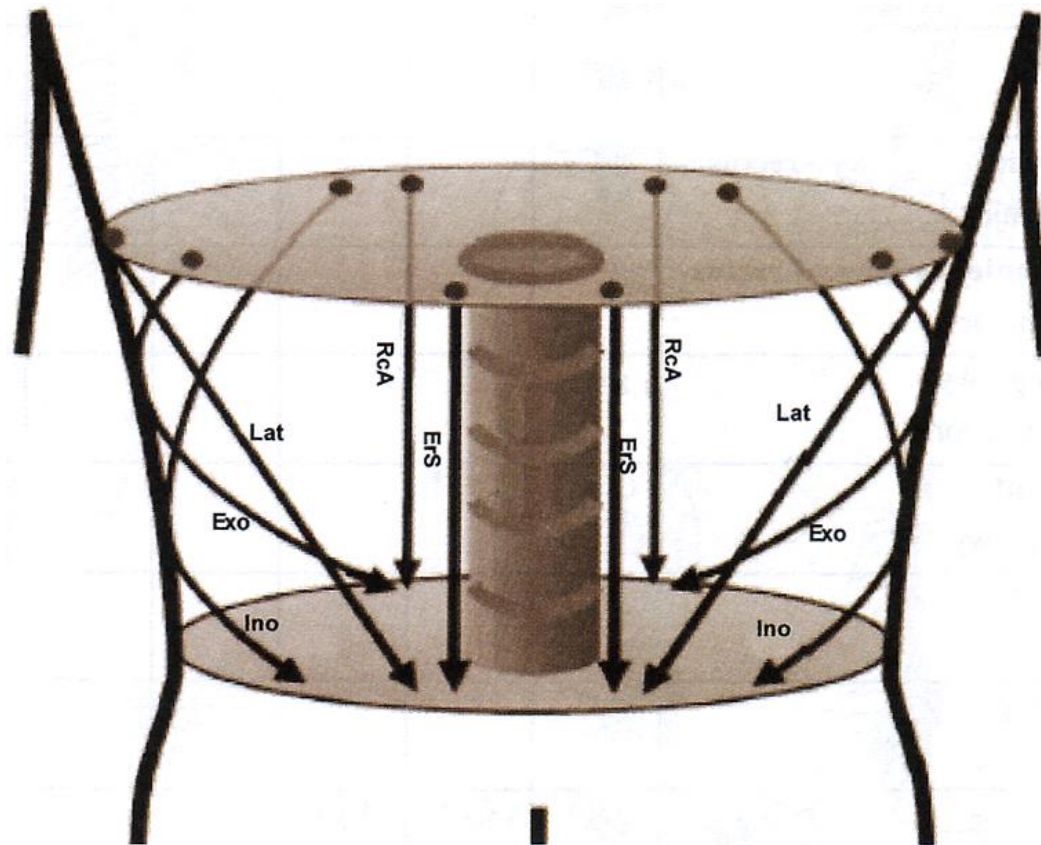


Parametry geometryczne kregoslupa lędźwiowego



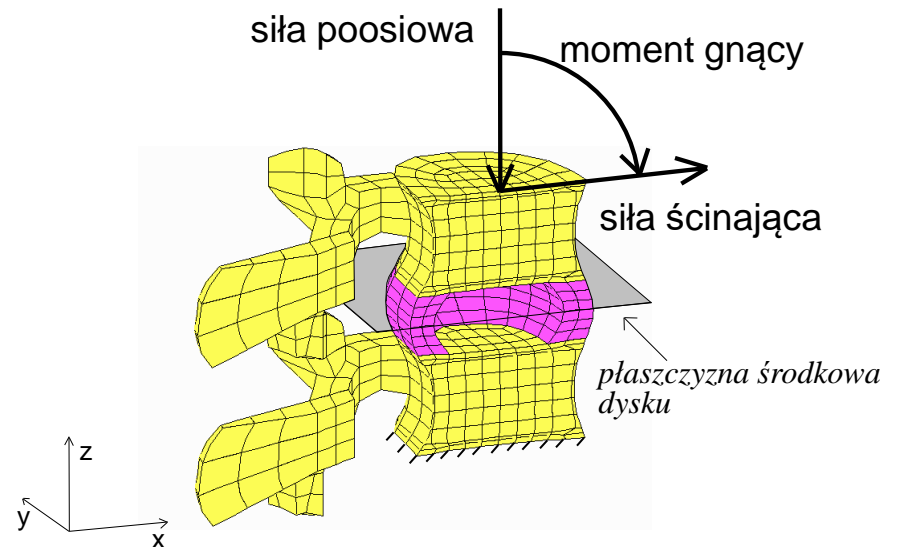
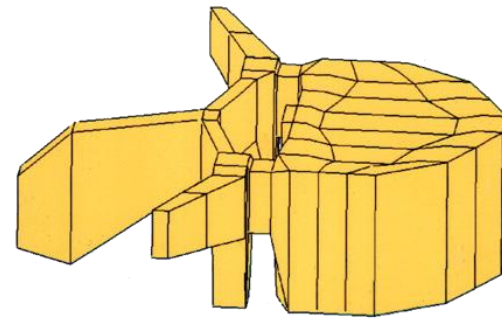
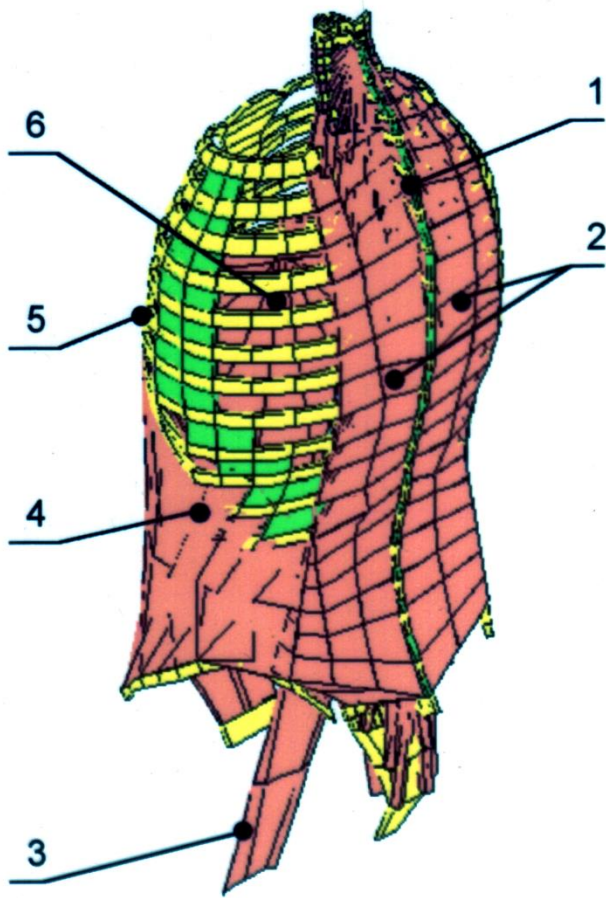


Model odcinka lędźwiowego



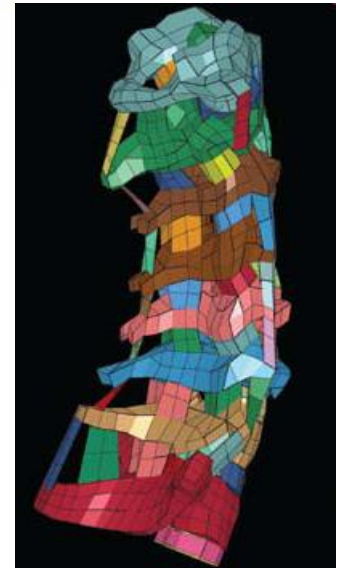
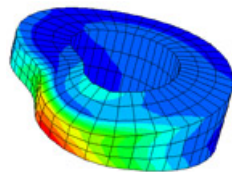
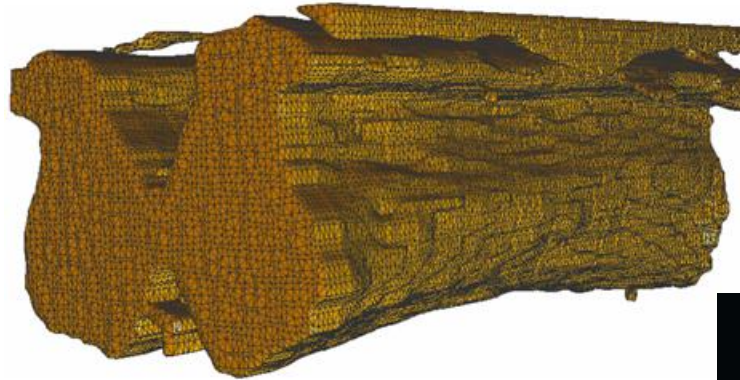
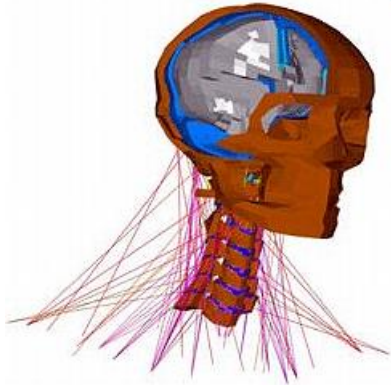


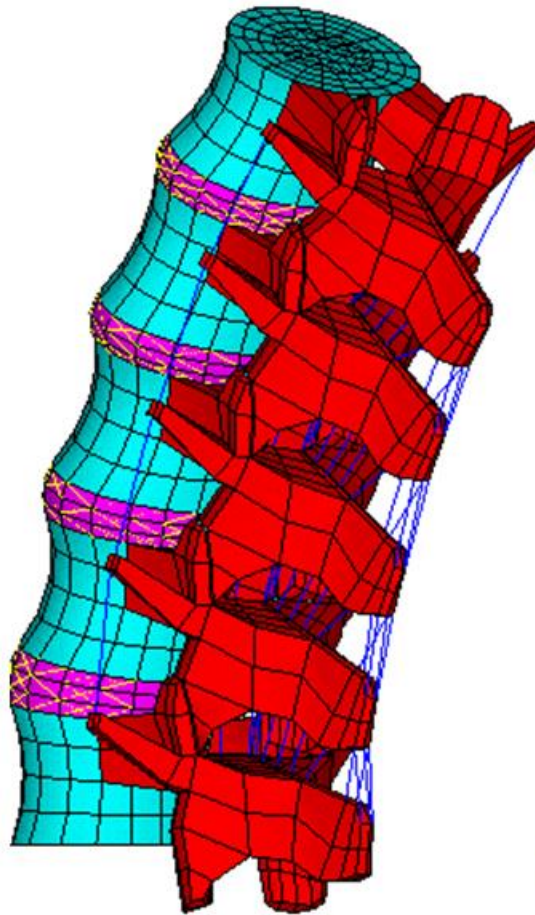
Metoda Elementów Skończonych (MES)



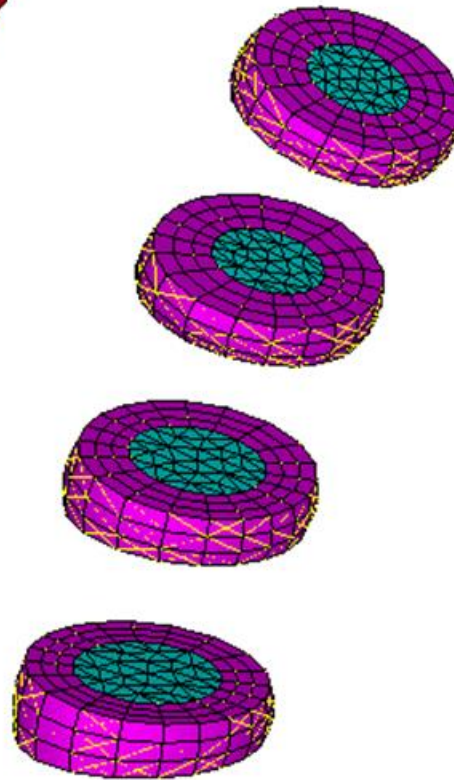


Modele MES

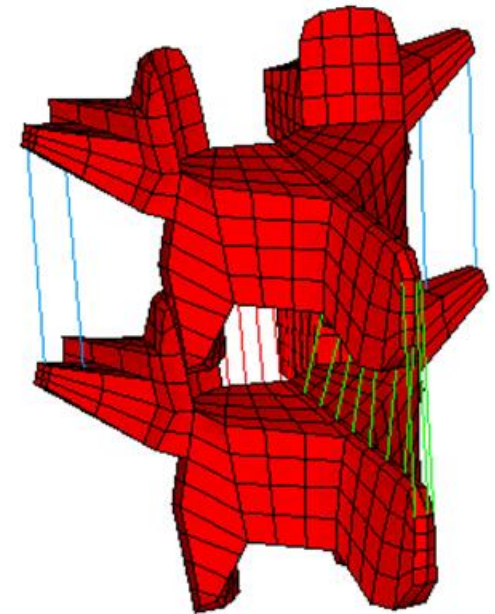




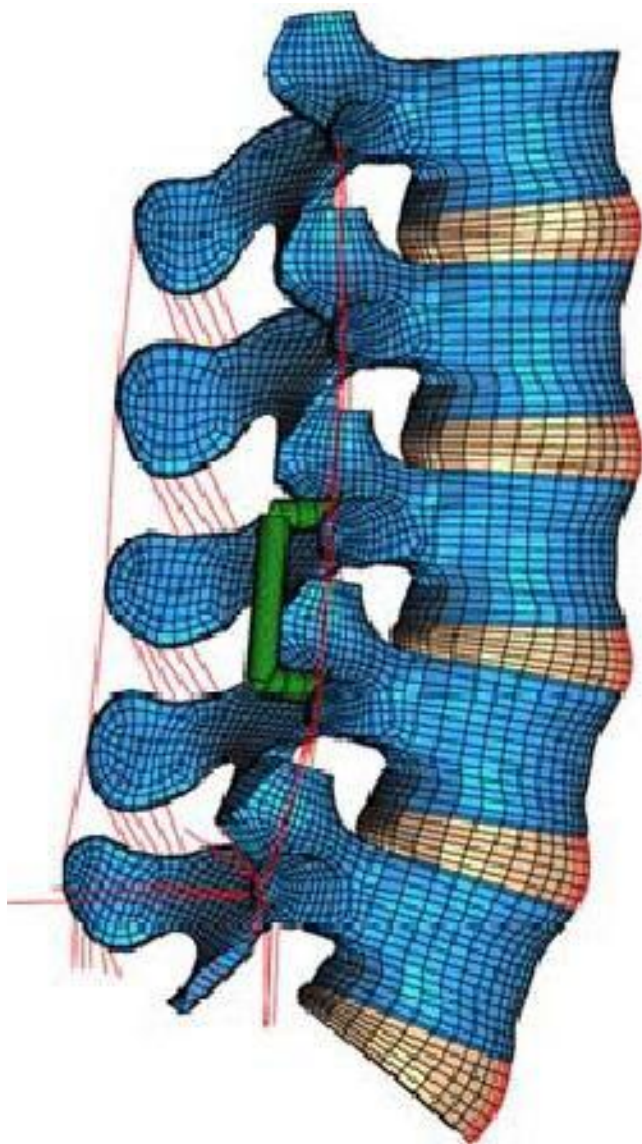
Lumbar Spine L1 to L5



Intervertebral discs



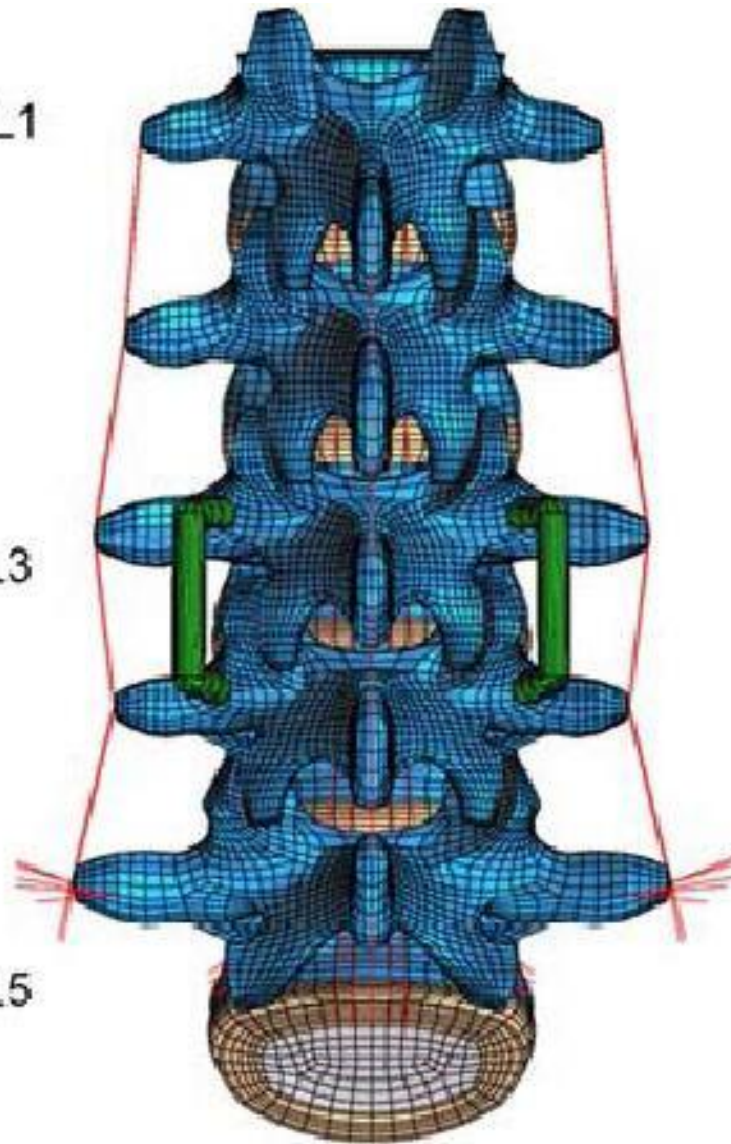
Posterior Elements

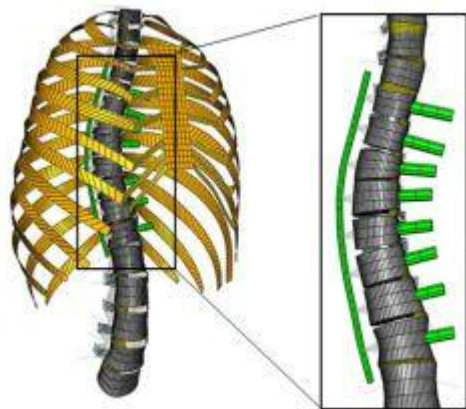
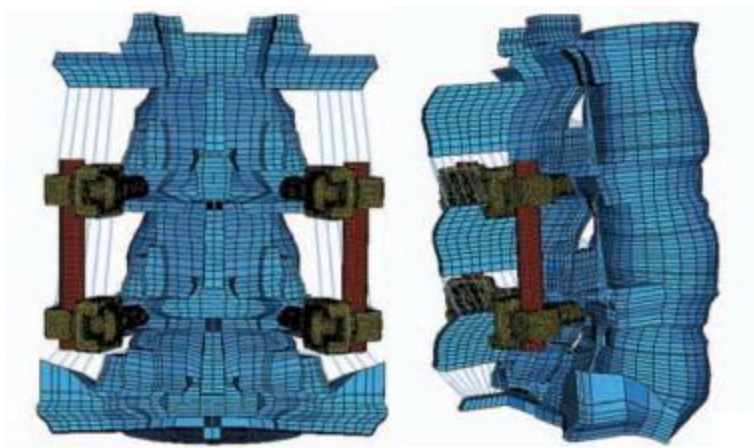
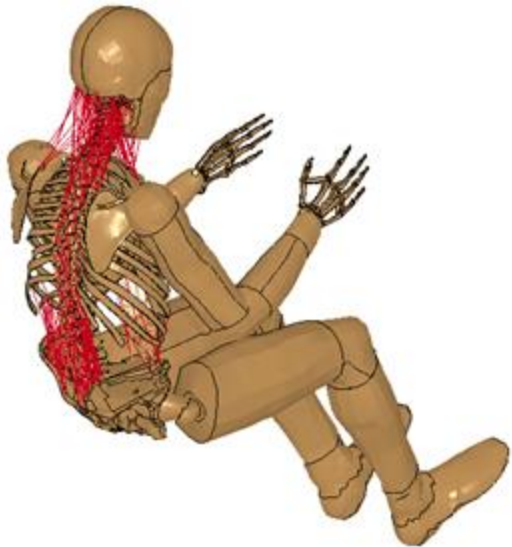


L1

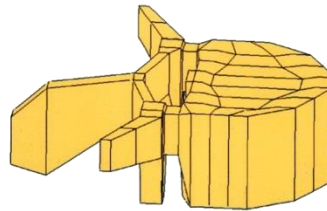
L3

L5





BIOMECHANIKA KRĘGOSŁUPA

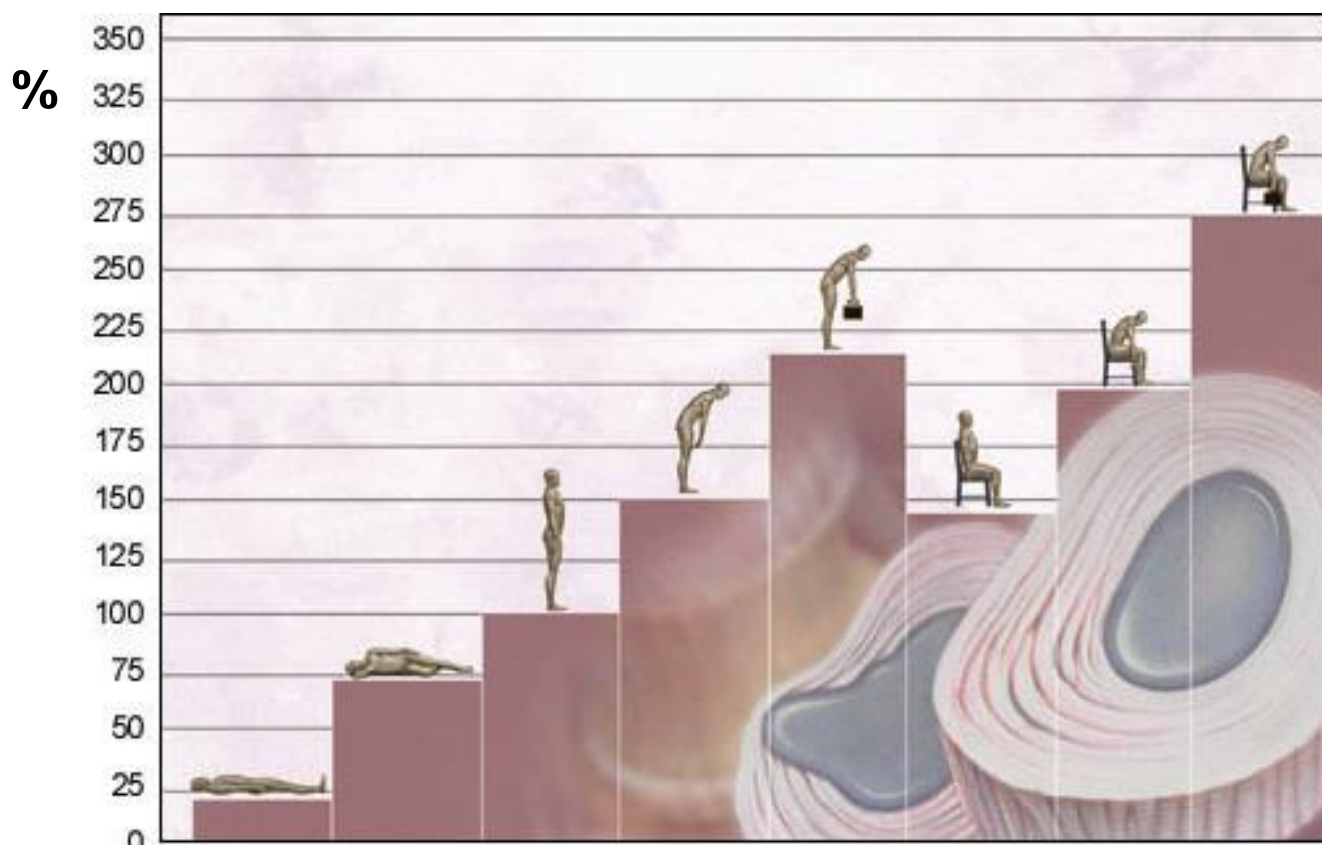


*Ciśnienie
w krążku międzykręgowym*



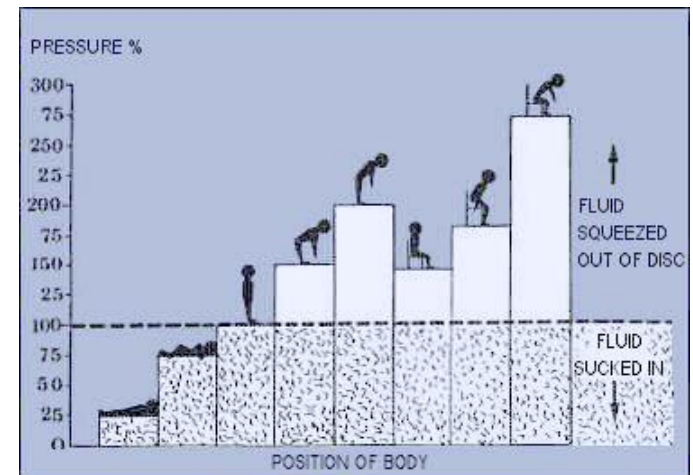
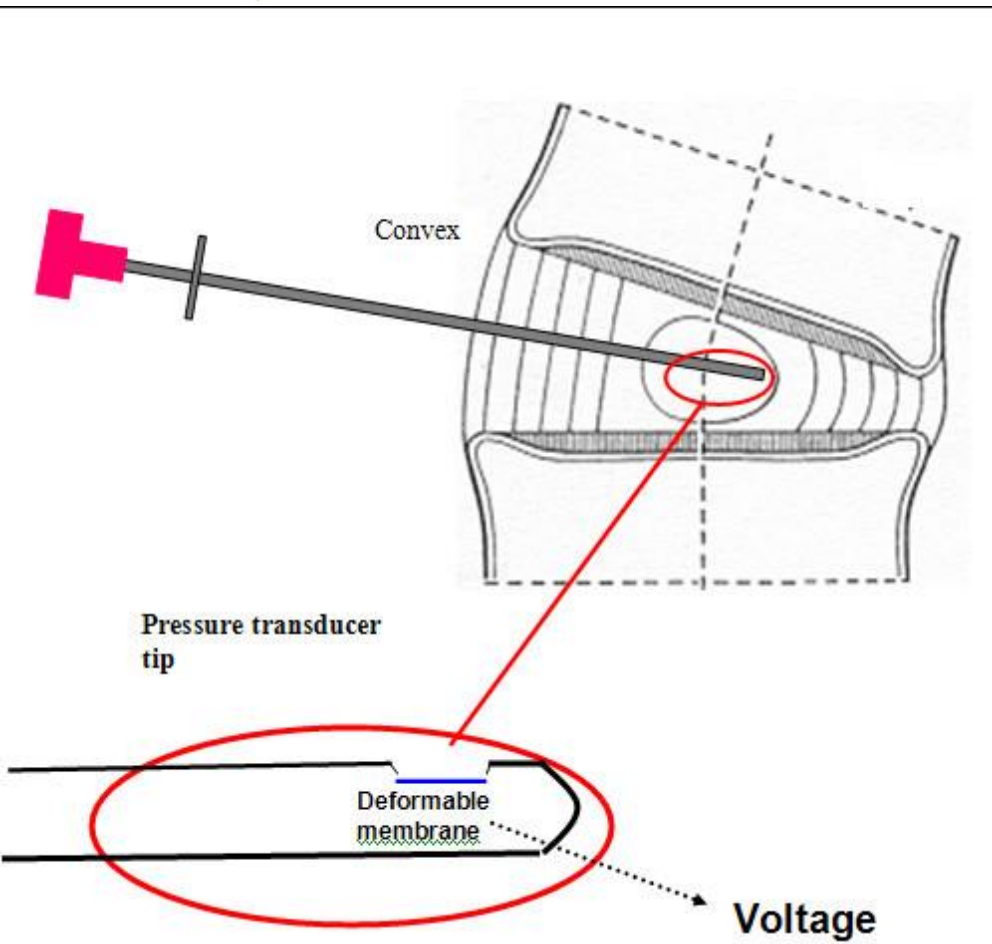


Zmiany ciśnienia w krążku L3 – L4 *in vivo* [A. Nachemson]



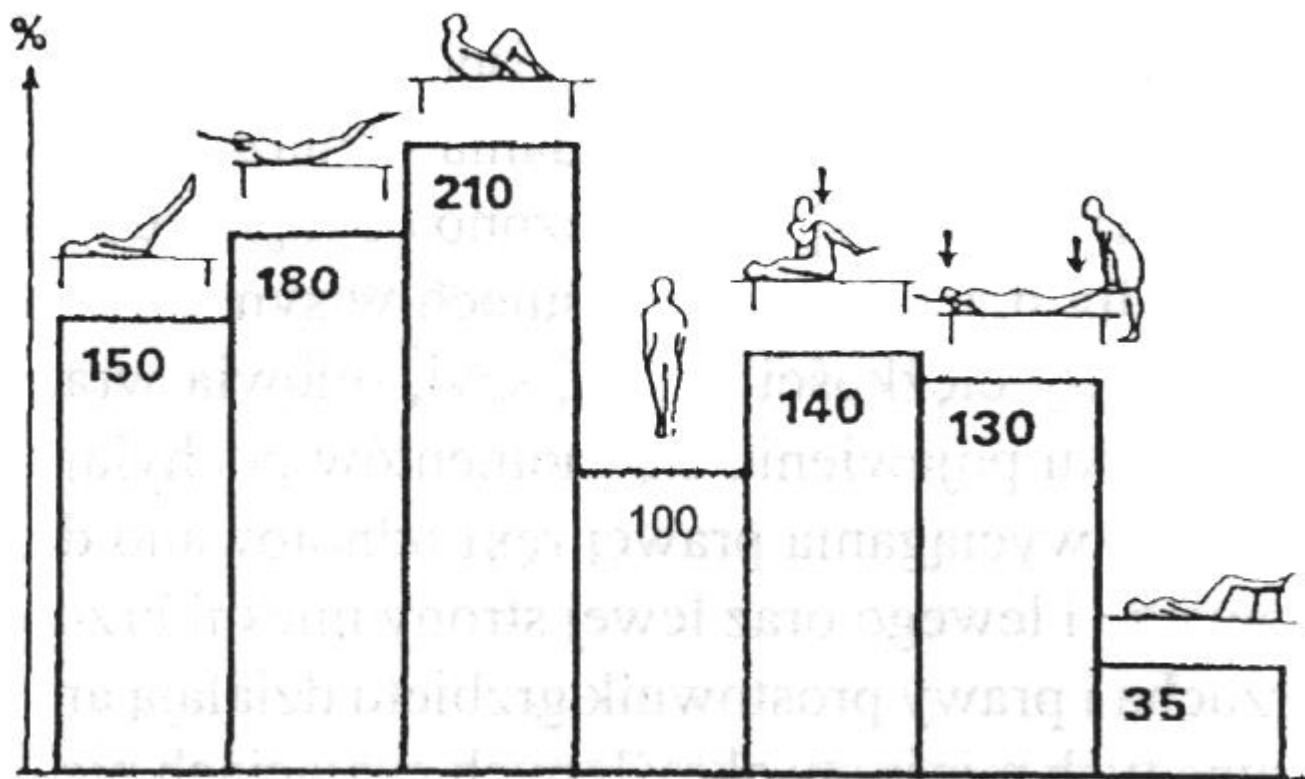


Metoda pomiaru ciśnienia w krążku *in vivo*



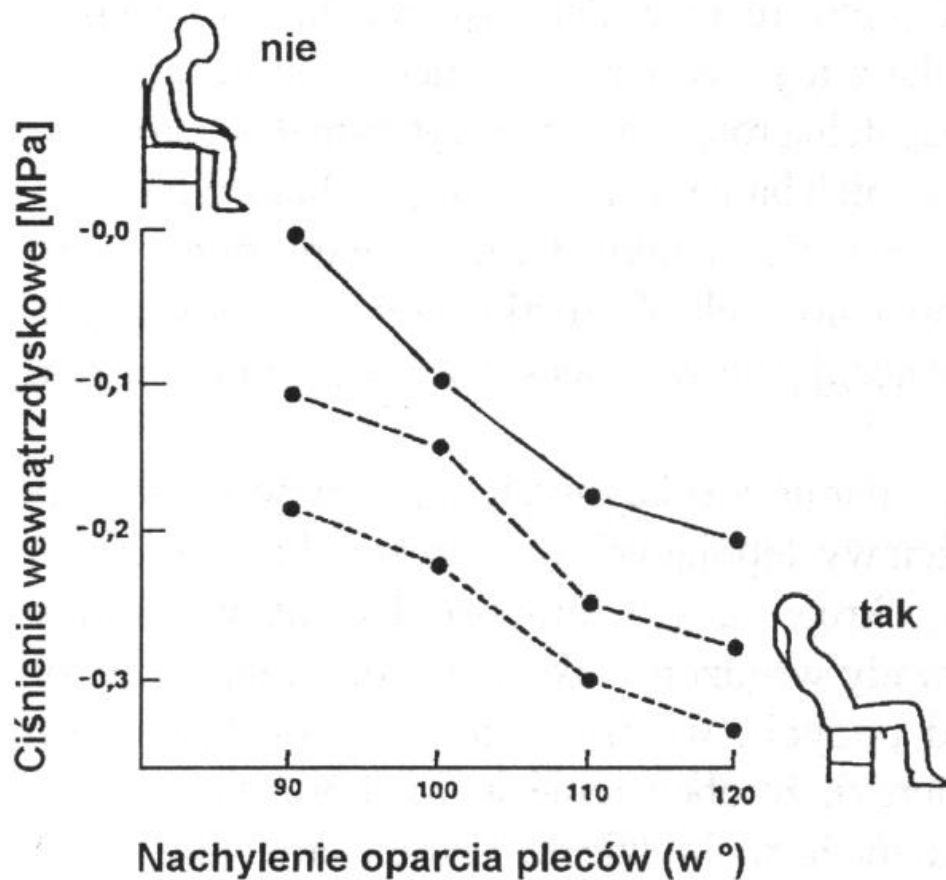


Porównanie ciśnienia w krążku L3 – L4 *in vivo* [A. Nachemson]





Wpływ zmian pochylenia pleców na zmiany ciśnienia





Obciążenia krążka

