

# Biomechanika 11

## Moment síly

Daniel Jandačka, PhD.

Projekt: Cizí jazyky v kinantropologii - CZ.1.07/2.2.00/15.0199



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost**



UNIVERSITAS  
OSTRAVIENSIS

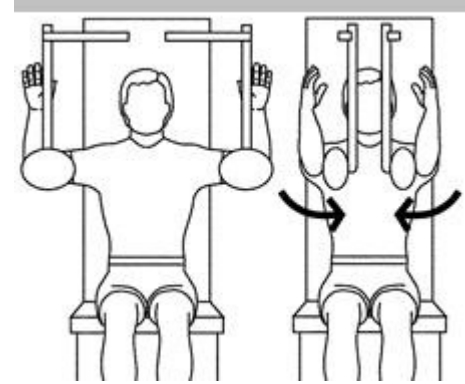


INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Moment síly

Otáčivý účinek síly nazýváme moment síly.

Pohyby našich končetin přes kloubní spojení jsou způsobeny momenty sil, které vytvářejí naše svaly. Pomocí svalů, které produkují momenty sil v našich kloubech, se můžeme pohybovat.



Při cvičení se vám může zdát 50-ti kg zátěž někdy jako „poloviční“. Co způsobuje, že můžeme zvedat i těžké závaží s relativně malou silou?

# Máme tři druhy situací, ve kterých vnější síla působí na volné těleso

1. **Centrální síla** – vnější síla, jejíž vektorová přímka prochází těžištěm tělesa, způsobuje pouze pohyb posuvný. Taková síla působí na závodní boby v nestočené části tunelu.
2. **Excentrická síla** – vnější síla, jejíž vektorová přímka neprochází těžištěm tělesa a způsobuje jak změnu posuvného, tak změnu otáčivého pohybu. Příkladem může být síla působící na gymnastu v době odrazu při přeskoku přes koně.
3. **Dvojice sil** – jsou síly, které mají stejnou velikost, působí v opačném směru, ale neleží na téže přímce. Způsobují změnu pouze otáčivého pohybu. Výslednice těchto dvou sil je nula, takže podle prvního Newtonova zákona nezpůsobují změnu posuvného pohybu.

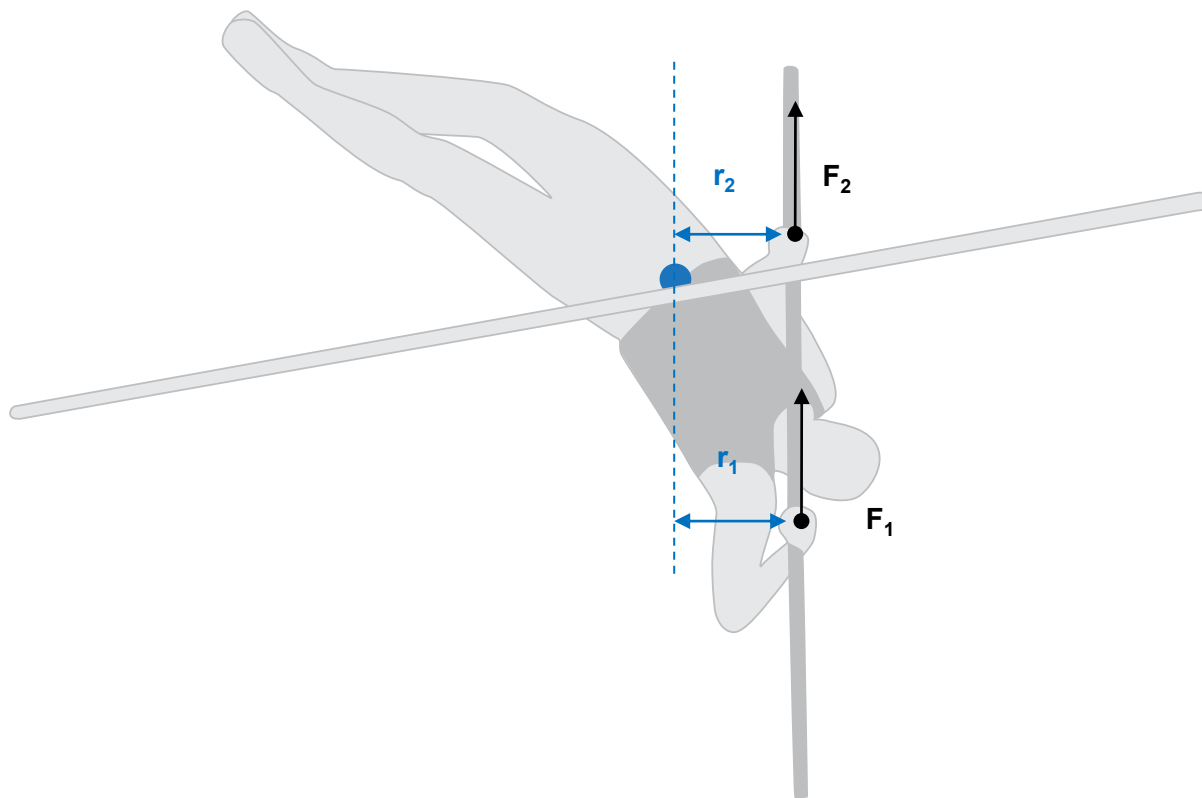
# Definice momentu síly

Velikost momentu síly vzhledem k momentovému bodu je přímo úměrná velikosti působící síly a vzdálenosti tohoto bodu od vektorové přímky síly, která moment vyvolává.

Vzdálenost mezi vektorovou přímkou síly a zvoleným bodem označujeme jako **rameno síly**.

$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F} ,$$

Diagram volného tělesa – skok o tyči. Modrý plný bod označuje těžiště atleta. Černé šipky představují reakční síly, kterými působí tyč na ruce atleta. Modré šipky představují ramena síly vzhledem k ose otáčení a těžišti.



# Příklady použití momentu síly při sportu

Protože bod otáčení pádla je v místě úchopu horní ruky, tak čím níže posuneme naši spodní ruku, tím větší moment síly budeme mít. V praxi to znamená, že naše záběry budou sice delší, ale například při stejné síle záběru s větším otáčivým účinkem.

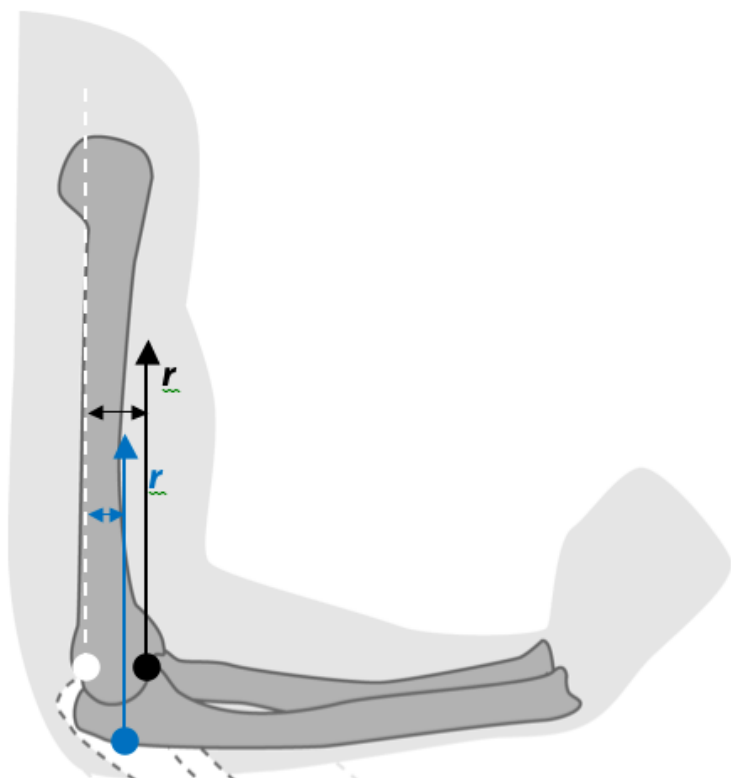


V tenisu, golfu, hokeji a podobně je moment síly, který vyvoláme silovým působením, závislý na uchopení hokejky, golfové hole a tenisové rakety.

Moment síly musí být také použit v těch sportech, kde se my nebo naše náčiní otáčí.

V bojových sportech, jako je judo nebo řeckořímský zápas, sportovci volí takové chvaty, aby působili co největším momentem síly na svého protivníka.

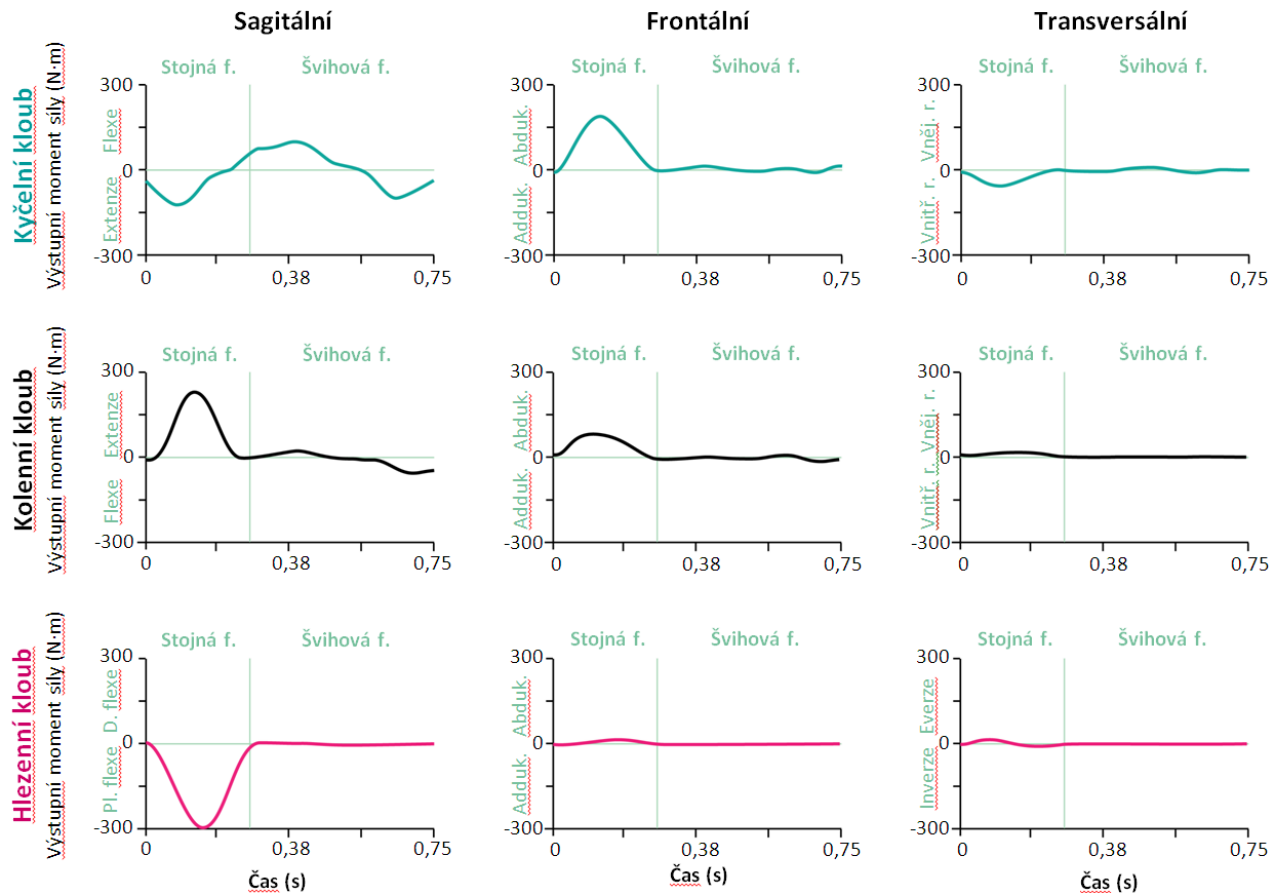
# Moment svalové síly



Na obrázku vidíme sílu vyvolanou bicepsem brachii na předloktí, když se mění poloha loketního kloubu z plné extenze do flexe 90°. Vytváří v průběhu tohoto pohybu svaly stále stejný moment síly? Schopnost bicepsu brachii vytvářet moment síly v loketním kloubu je závislá na poloze loketního kloubu. Rameno síly svalů se mění v závislosti na vzájemné poloze jednotlivých segmentů kloubu

Rameno momentu síly svalu biceps brachii klesá z  $r_1$  na  $r_2$ , když v lokti dochází k extenzi. Střed otáčení loketního kloubu je označen bílým plným bodem, úpon bicepsu brachii černě v poloze 90° a modře v poloze 120°. Šipky označují síly, kterými působí úpon bicepsu brachii na tuberosity radia a bicipital aponeurosis hluboké fascie mediální části předloktí.

Výstupní momenty sil v levém kyčelním, kolenním a hlezenním kloubu v krokovém cyklu běhu (4 m/s) atleta (první kontakt přes špičku).



Měreno v Centru diagnostiky lidského pohybu OU



# Síly a momenty sil při rovnováze

Aby těleso bylo ve statické rovnováze, součet vnějších sil a součet vnějších momentů sil působících na těleso se musí rovnat nule.

## Odhad svalových sil pomocí rovnic statické rovnováhy

Představme si, že držíme činku o hmotnosti 30 kg. Náš loket je v 90° flexi a předloktí je paralelní s podlahou. Pokud je naše předloktí dlouhé 0,4 m, jakým momentem bude činka působit na předloktí vzhledem k ose otáčení (loketní kloub)?

$$M = rF$$

$$M = mgr$$

$$M = (30 \cdot 9,81 \cdot 0,4) \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$M = 117,6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Jestliže jsou flexory loketního kloubu upnuty přibližně 0,03 m od osy loketního kloubu na předloktí, potom platí:

$$\Sigma M = 0$$

$$-mgr_{\text{předloktí}} + F_{\text{m}} r_{\text{svalu}} = 0$$

$$F_{\text{m}} = \frac{mgr_{\text{předloktí}}}{r_{\text{svalu}}}$$

$$F_{\text{m}} = \frac{(30 \cdot 9,81 \cdot 0,4) \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{0,03 \text{ m}}$$

$$F_{\text{m}} = 3924 \text{ N}$$

Flexory loketního kloubu musí působit silou téměř 4 000 N, aby udržely činku o hmotnosti 30 kg! To znamená, že naše svaly musí vytvářet relativně velké síly, aby produkovaly efektivní momenty v našich kloubech, neboť jejich rameno síly je mnohdy velmi malé. Výhodou je, že k vyvolání efektivních momentů je dostačující nepatrné zkrácení našich svalů.

Děkuji za pozornost



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost**



UNIVERSITAS  
OSTRAVIENSIS



**INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ**