

Kurz inštruktorov horolezectva 2. kvalifikačného stupňa  
*Lezenie v skalných nevel'horských terénoch*  
Slovenský horolezecký spolok JAMES, Horolezecká škola JAMES

---

Záverečná práca  
Fyzika v lezeckom pohybe



Banská Bystrica, 2020

Ing. Igor Zelina

# **OBSAH**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ÚVOD</b>  | <b>3</b>  |
| <b>1 BIOMECHANIKA</b>  | <b>4</b>  |
| 1.1 ZÁKLADNÉ BIOMECHANICKÉ CHARAKTERISTIKY                   | 4         |
| 1.1.1 HMOTNOSŤ A VÝŠKA JEDINCA                               | 5         |
| 1.1.2 ŤAŽISKO  | 5         |
| 1.1.3 ROVNOVÁŽNY BOD   | 7         |
| <b>2 PÁKOVÝ SYSTÉM TELA</b>                                  | <b>9</b>  |
| 2.1 SEGMENTY TELA  | 9         |
| 2.2 PÁKA TRETIEHO DRUHU                                      | 10        |
| 2.3 PÁKA DRUHÉHO DRUHU                                       | 11        |
| 2.4 PÁKA PRVÉHO DRUHU  | 12        |
| 2.5 NAKLONENÁ ROVINA   | 13        |
| <b>3 APLIKÁCIA ZÁKLADOV BIOMECHANIKY A FYZIKY DO LEZENIA</b> | <b>14</b> |
| <b>ZÁVER</b>   | <b>17</b> |
| <b>LITERATÚRA</b>  | <b>18</b> |

# Úvod

„Čo je to za pohyb to lezenie ? A prečo vlastne lezieme? Kde to vzniklo?“ Toto sú otázky, ktoré ma nasmerovali k výberu témy Fyzika v lezeckom pohybe. Leziem už pár rokov a nikdy som sa nezamyslel nad tým, aké máme predispozície ako ľudia na vykonávanie takého komplexného pohybu, akým je lezenie.

Za posledné desaťročie sa lezenie stáva čoraz populárnejším športom. Vplyv na to má v prvom rade samotná podstata pohybu a s tým spojené odporúčania lekárov, či už fyzioterapeutov alebo ortopédov, ktorí vidia prínos lezenia v kompenzácii zlých pohybových návykov a náprave pohybového aparátu. V druhom rade má na to vplyv popularizácia lezenia aj vzhľadom k nadchádzajúcim olympijským hrám v roku 2020.

V tejto seminárnej práci sa zameriam na základné charakteristiky biomechaniky s presahom na jednoduché vysvetlenie naklonenej roviny a aplikáciou pri lezeckom pohybe.

# 1 Biomechanika

Biomechanika je odbor, ktorý sa zaoberá mechanickou štruktúrou, mechanickým chovaním a mechanickými vlastnosťami živých organizmov a ich častí. Okrem toho je pole pôsobnosti biomechaniky zamerané na interakcie medzi živými organizmami a vonkajším okolím. Biomechanika človeka je odbor, ktorý študuje štruktúru, vlastnosti chovania človeka a jeho biomechanické interakcie na rôznych rozlišovacích úrovniach, ktoré delíme na makrobiomechanické a mikrobiomechanické. Jednoducho povedané, je to aplikácia mechanických zákonov na živý organizmus.

## Makrobiomechanika

- Odbor biomechaniky, pre ktorý je charakteristický makroskopický prístup k štruktúre a chovaniu organizmu, kedy rozlišovacia úroveň rozoznáva orgány, orgánové štruktúry a anatomicky ohraničené tkanivové komponenty a ich vzájomnú mechanickú interakciu ( napr. pohyb v lakt'ovom kĺbe a jeho zaistenie kooperujúcou svalovou skupinou).

## Mikrobiomechanika

- Odbor biomechaniky, pre ktorý je charakteristický mikroskopický prístup k štruktúre a chovaniu sledovaného objektu, kedy rozlišovacia úroveň rozozná jednotlivé bunky, bunkové komplexy, medzibunkové komponenty a ich vzájomnú komunikáciu ( napr. mechanická interakcia medzi aktínom a myozínom v priebehu svalovej kontrakcie)

([http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompodium/biomechanika/zaklady\\_definice.php](http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompodium/biomechanika/zaklady_definice.php))

## 1.1 Základné biomechanické charakteristiky

Biomechanické faktory:

- Hmotnosť a výška jedinca
- Ťažisko tela
- Oporná plocha a oporná báza
- Kontakt tela s podložkou
- Postavenie a vlastnosti hybných segmentov (Maylor, 2001; Véle, 1995)

Štúdiá Chiari aj. (2002) a McIlroy aj. (1997) ukazujú , že na udržanie rovnováhy a stability majú vplyv aj ďalšie zložky, a to telesná výška a dĺžka chodidla.

### 1.1.1 Hmotnosť a výška jedinca

Hmotnosť a telesná výška sú významné faktory ovplyvňujúce vzťahy biomechanických parametrov, ktoré významnou mierou dávajú predpoklady na udržiavanie posturálnej stability, jej efektívnosti a ekonomickosti (Vajčner, 2016).

Hmotnosť tela je známy prediktívny faktor znižujúci posturálnu stabilitu a majúci negatívny vplyv na rovnováhu. Ako uvádza Hue aj. (2007) : „zníženie balančnej stability silno koreluje so vzrastajúcou hmotnosťou tela“. Tohto faktu si musíme byť vedomí pri rehabilitácii jedincov s vyššou váhou, nakoľko sa dá predpokladať, že riziko pádu takéhoto jedinca bude vyššie.

Podľa Teasdale aj. (2006) sa miera posturálnej stability pri obéznych ľuďoch zlepšila po znížení telesnej hmotnosti. Vychádza z pozorovania silného vzťahu medzi veľkosťou straty telesnej hmotnosti a zlepšenia rovnováhy a stability, čo podporuje záver, že by hmotnosť mohla byť dôležitým ukazovateľom posturálnej stability.

Véle (2012) hovorí : „stabilita (stabilizácia) osoby nízkeho veku je väčšia ako stabilita osoby vysokého veku“.

Vplyv výšky je myslený vo vzťahu k výške umiestnenia ťažiska tela.. Čím je ťažisko tela umiestnené vyššie, tým je stabilita a rovnováha horšia. Ako dôvod znižujúcej sa stability je vyššia miera oscilácie, ako v zmysle rýchlosti, tak amplitúdy, ktorá je silno závislá na výške umiestnenia. (Chiari aj. 2002). Stabilita je zaistená za podmienok, kedy ťažnica spustená z ťažiska, smeruje do miesta opornej bázy ( base of support). Z toho plynie, že miera stability môže byť zvýšená, zväčšením opornej bázy, a/alebo čo najlepším umiestnením ťažiska do stredu opornej bázy bez nutnosti jeho rozšírenia. Inak povedané, vysoko umiestnené ťažisko stojacieho jedinca s úzkou opornou bázou vedie k rovnovážnej nestabilite v stoji (Smith aj., 2012)

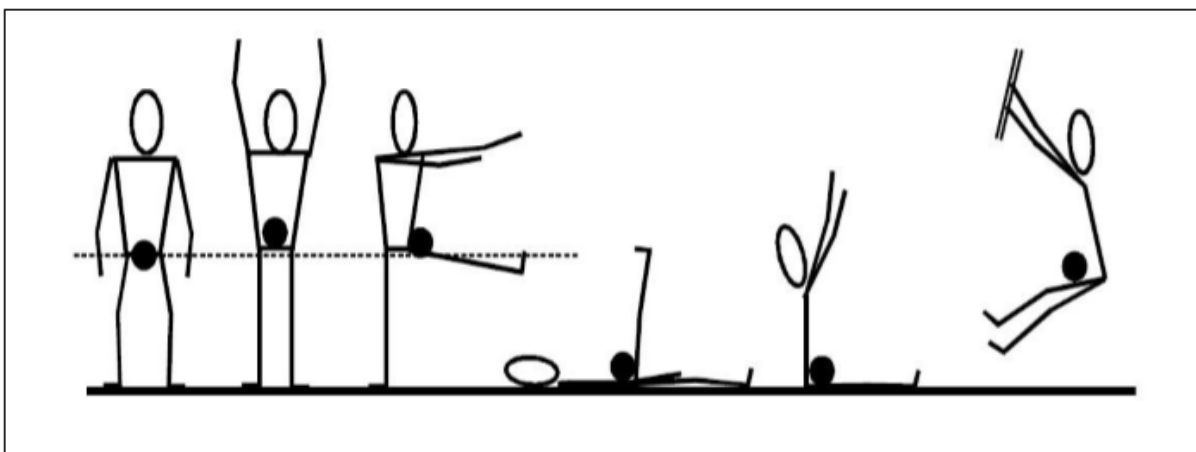
### 1.1.2 Ťažisko

Je definované hmotným bodom, ktorý kumuluje hmotnosť celého tela (Janura, 2011). Podľa Dylevského (2009) je každý hmotný článok tela vystavený pôsobeniu gravitačnej sily, tieto sily sa sčítajú a vytvárajú výslednú silu pôsobiacu z určitého bodu – ťažiska. Z biomechaniky vieme, že každé teleso sa chová tak, ako by gravitačná sila pôsobila vždy len

v jeho ťažisku. Z toho vyplýva, že ťažisko je pôsobisko gravitačnej sily telesa a ťažnica je priamka prechádzajúca ťažiskom (Dylevský, 2009).

Pri človeku vo vzpriamenom stoji, kde je telo v základnom anatomickom postavení, sa ťažisko nachádza v oblasti malej panvy v strednej čiare, zhruba 4 – 6 cm pred prednou plochou stavcových tiel S2 – S3. Pohlavný dimorfizmus panvy a celého tela dáva vznik rozdielnemu uloženiu ťažiska u mužov a žien, kde u žien je celkové ťažisko uložené o 2% smerom nižšie ku dolnému koncu chrbtice, ako je to u mužov. Ťažisko hornej končatiny leží v strede lakt'ového kĺbu, kde sa ťažisko predlaktia s rukou nachádza na hranici distálnej a strednej tretiny dĺžky predlaktia a ťažisko ruky leží v oblasti hlavice druhého metakarpu. Ťažisko dolnej končatiny sa nachádza 6 -10 cm nad štrbinou kolenného kĺbu.

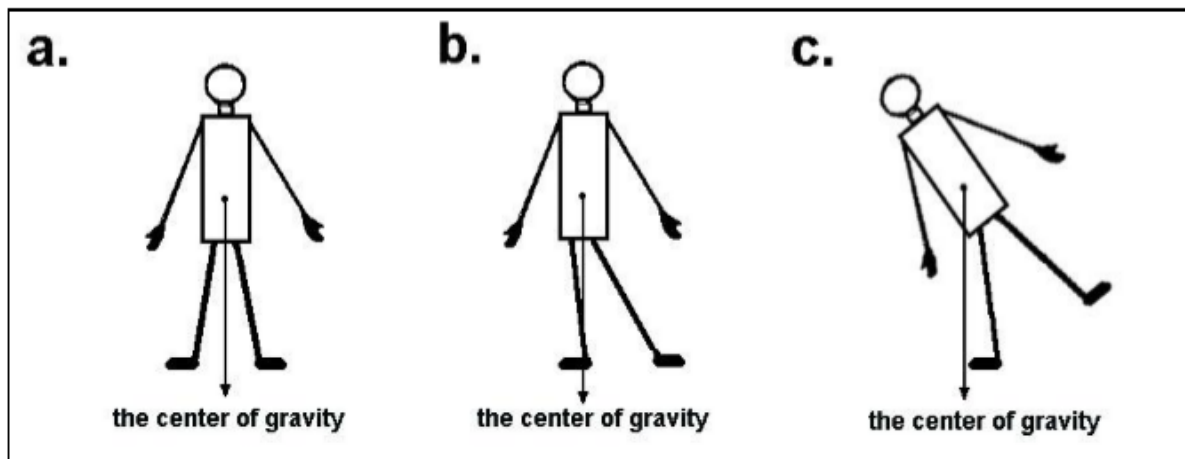
Vplyv na umiestnenie ťažiska majú tiež životné pochody v organizme, súvisiace s premiestňovaním telesnej hmoty počas života jedinca. Každý segment tela má z biomechanického pohľadu vlastné ťažisko, pričom ich vážený priemer dáva ťažisko celého tela. Ťažisko jednotlivých segmentov leží na úsečke ohraničenej dvoma koncovými bodmi, ležiacimi v strede osi pohybu v kĺbe. Z toho plynie, že so zmenou polohy, sa tiež mení umiestnenie celkového ťažiska a v niektorých prípadoch sa ťažisko môže nachádzať aj mimo telo, ako je zobrazené na obr. 1 (Dylevský, 2009; Grimshaw, 2006; Janura, 2011)



Obr. 1 Umiestnenie ťažiska v rôznych polohách tela (Janura, 2011)

### 1.1.3 Rovnovážny bod

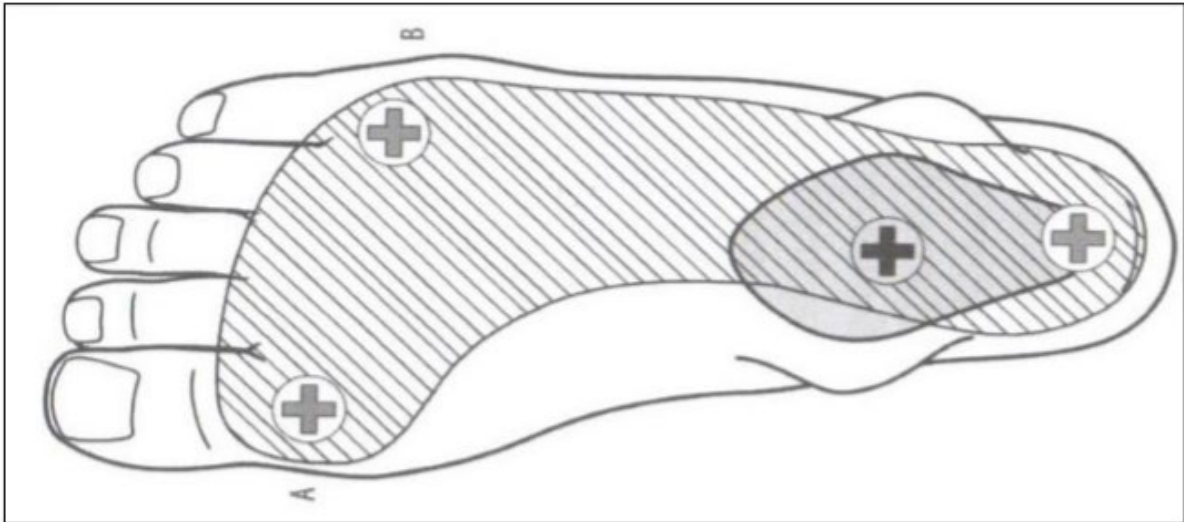
Je vertikálna projekcia ťažiska tela do roviny opornej bázy. V stoji, v sede a v inej nedokonale statickej polohe sa rovnovážny bod musí vždy vyskytovať v oblasti opornej bázy (Obr. 2). Ak dôjde k vychýleniu rovnovážneho bodu mimo opornú plochu, nie je už subjekt schopný návratu len pomocou vlastných vnútorných síl. Stav vyrovná len úpravou opornej bázy tak, že premiestni opornú plochu (kroková stratégia udržania stability). (Vařeka aj., 2009; Véle, 2012).



Obr. 2 Projekcia rovnovážneho bodu v rôznych polohách tela (<http://www.ycgf.org>)

#### Oporná plocha a oporná báza

Oporná plocha je definovaná, ako plocha kontaktu aktuálne využívaná k vytvoreniu opornej bázy. V oblasti chodidla sa planta nohy nepodieľa rovnomerne na prenose síl medzi nohou a podložkou, ale k najväčšiemu zaťaženiu dochádza pod kostnými prominenciami predstavovanými kalkaneom a hlavičkami metatarzov. Čo znamená, že len určité oblasti planty nohy biomechanicky realizujú posturálnu funkciu nohy. Tieto body označujeme ako oporné body. (Vařeka aj., 2003).



Obr. 3 Trojbodová opora (Véle, 2012)

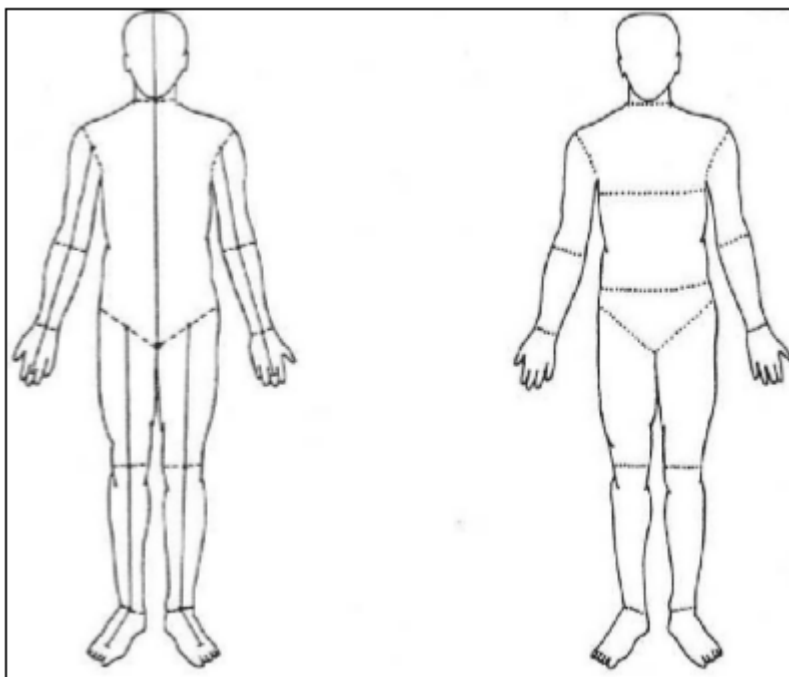
Oporná báza je plocha, ohraničená najvzdialenejšími hranicami opornej plochy. Oporná báza pri stoji rozkročnom je väčšia ako oporné plochy, ktoré zostávajú nezmenené. Naopak pri stoji na jednej dolnej končatine sa plocha opornej bázy a plocha opornej plochy takmer zhodujú. (Vařeka, 2002).



## 2 Pákový systém tela

### 2.1 Segmenty tela

V biomechanike sa telo rozdeľuje najčastejšie na 14 segmentový model ľudského tela, ako je zobrazené na obr. 7 (Janura, 2011). Telo sa teda, ako bolo povedané, skladá zo segmentov, ktorých jednotlivými stredmi prechádzajú ťažnice, vďaka ktorým je telo stabilné. Deviácia jedného segmentu vyvolá kompenzačnú reakciu iného segmentu na stranu opačnú. Plyní z toho teda fakt, že ďalším segmentom, ktorý je nutné vyvažovať sa stane aj akékoľvek prenášané bremeno. Či je toto bremeno ťažšie a vzdialenejšie umiestnené od ťažiska, tým sú zvýšené nároky na posturálnu stabilizáciu (Véle, 1995). Vo vzájomnom postavení telových segmentov závisí na tonuse svalov, elastických vlastnostiach väzivových tkanív a na kĺboch medzi segmentmi. Centrovane postavenie udržiavajúci segment v rovnovážnom stave je dané kľudovým svalovým tónom a svalovou aktivitou (Véle, 2012).



Obr. 4 Rozdelenie tela na jednotlivé segmenty (Janura, 2011)

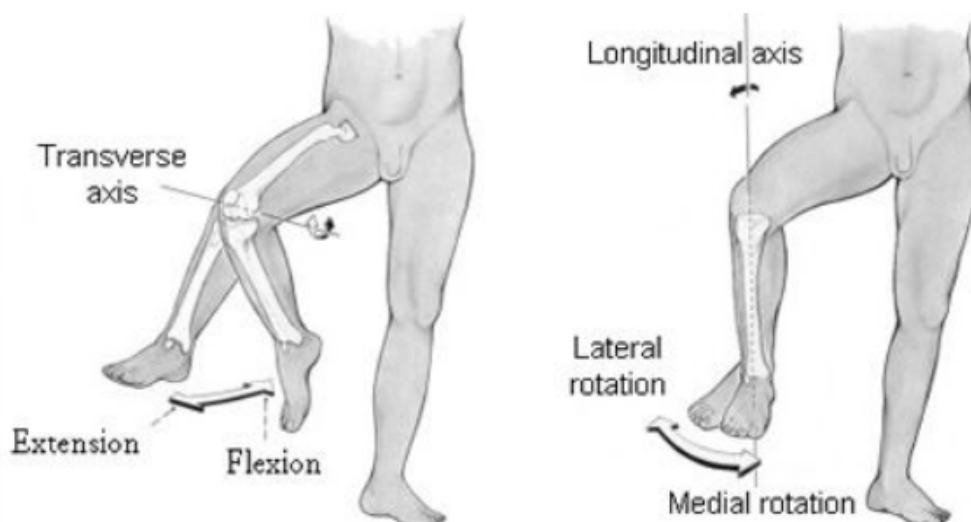
Pákový systém tela môžeme deliť na páky:

- Páka tretieho druhu (príklad: Kolenný kĺb)
- Páka druhého druhu (príklad: Členkový kĺb)
- Páka prvého druhu (príklad: Horná krčná chrbtica)

## 2.2 Páka tretieho druhu

Kolenný kĺb je najzložitejším kĺbom ľudského tela. Stýkajú sa v ňom femur, tibia a inkongruenciu styčných plôch vyrovnávajú menisky. Tieto štruktúry sú spojené dvoma skĺbeniami, femoropatellárnym a femorotibiálnym kĺbom. Kolenný kĺb sa vyznačuje v podstate len jedným stupňom voľnosti (pohybom v jednej rovine), avšak vo flexii sa pridáva taktiež druhý stupeň voľnosti, a to rotácia v pozdĺžnej osi predkolenia. Veľký rozsah pohybu kolenného kĺbu kladie vysoké nároky na dynamické stabilizátory kolena (svalový aparát kolenného kĺbu). Kolenný kĺb musí v extenzii vykazovať výbornú stabilitu a zodpovedajúcu pohyblivosť do flexii. Práve pohyblivosť do flexii je zásadná pre orientáciu chodidla pri vyrovnávaní nerovností povrchu. Pri flexii dochádza k najčastejším poraneniam väzov a meniskov, pretože pri tomto pohybe je kolenný kĺb nestabilný. Naopak v extenzii je najčastejším poranením poškodenie kĺbovej plochy alebo ruptúra väzu. (Kapandji, 1998; Stewart aj., 2006).

Pohyb v rovine sagitálnej, teda v prípade kolenného kĺbu flexie a extenzie, je z biomechanického hľadiska páka tretieho druhu. Ide o páku jednozvratnú, inak nazývanú páka rýchlosti. Medzi bodom otáčania a vektorom ťahovej sily sa nachádza vektor svalovej sily. V ťažisku segmentu teda pôsobí ťahová sila a bodom otáčania je stred kolenného kĺbu. Aby sme prekonalí účinok pôsobiacej ťahovej sily, je nutné vyvinúť väčšiu svalovú silu. Avšak vyššie vynaloženie sily má za následok väčší rozsah pohybu distálnej časti segmentu a vyššiu rýchlosť bodov na konci segmentu. ( Janura, 2011).

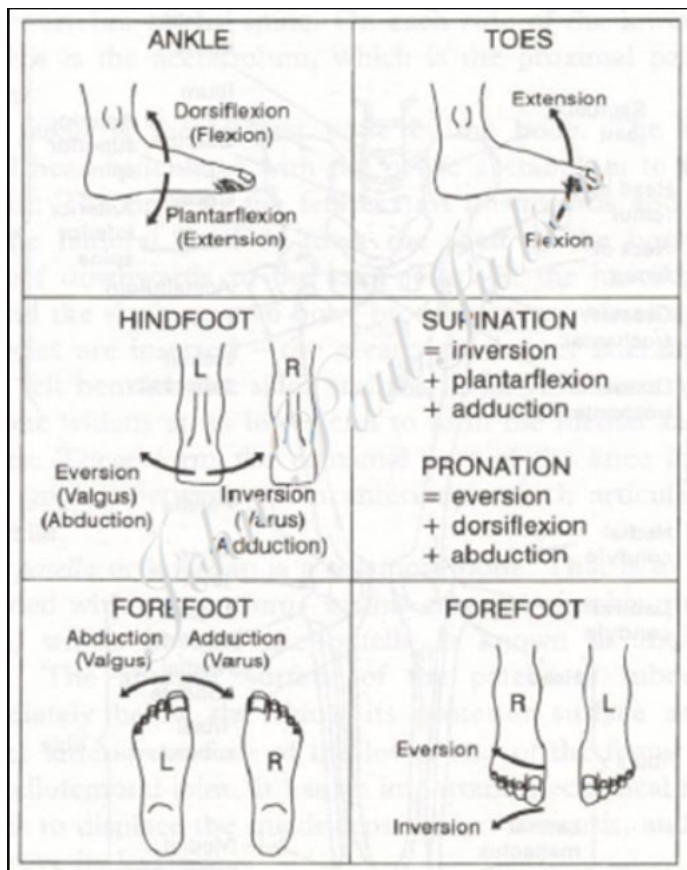


Obr. 5 Pohyb v kolennom kĺbe ( <http://www.howtorelief.com/knee-joint-anatomy-muscle-involvement/>)

## 2.3 Páka druhého druhu

Chodidlo je najdistálnejší posturálny lokomočný segment, ktorý je v kontakte s podložkou a prispôsobuje sa meniacim sa podmienkam podložky za účelom udržania vzpriameného držania tela. Dôležitosť chodidla tkvie v jeho precepcnej funkcii, nakoľko obsahuje proprioreceptory a exteroceptory, teda nevyhnutné aferentné zložky riadenia stability. Za predpokladu fyziologickej citlivosti z oblasti nohy v kľudnom stoji vykazujú aktivitu tieto svaly nohy, musculus soleus, hamstringy, musculus rectus femoris, flexory bedrového kĺbu a taktiež autochtónne svaly chrbta. Pri poruche citlivosti dochádza k nadbytočnej aktivite ďalších svalových skupín za účelom vyrovnania posturálnej neistoty. Zvýšené napätie v tejto situácii nachádzame pri svaloch panvy, thorakolumbálnej oblasti, svalov oblasti ramenných pletencov, krčných svalov a taktiež svalov žuvacích. (Hermachová, 1998).

Vzhľadom k tomu, že je stoj činnosťou kvázi-statickou, nie je možné stotožňovať body klasického trojbodového oporného systému s časťami nohy, ktoré plní posturálne funkcie nohy. Počas stoja sú totiž používané jednotlivé body podľa aktuálnych a meniacich sa podmienok. Pohyb v metatarzofalangeálnom kĺbe pri plantárnej flexii je typickým príkladom páky druhého druhu, inak nazývanej páky jednozvratnej, páky sily. Medzi bodom otáčania a vektorom sily sa nachádza vektor ťahovej sily. Ťahová sila teda pôsobí v ťažisku tela a bodom otáčania je kĺb



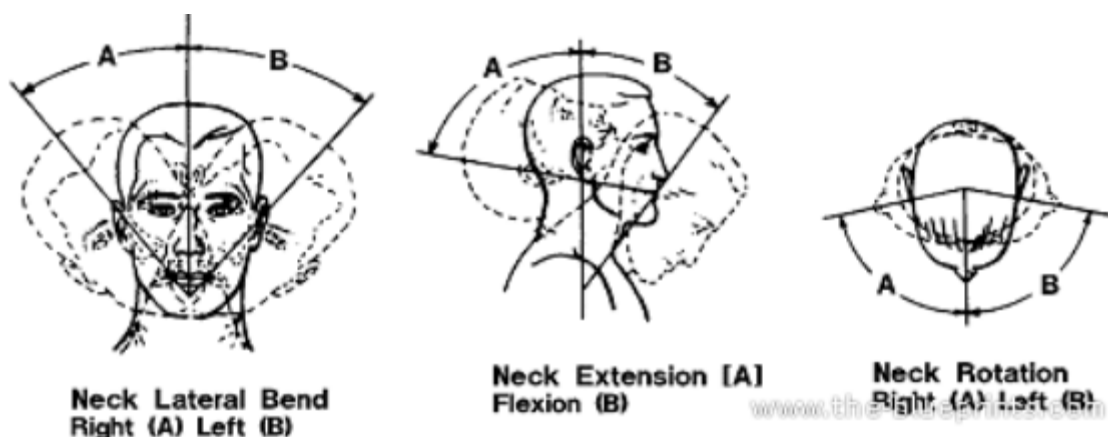
metatarzofalangeálny. M. triceps surae svojou kontrakciou vytvára silu umožňujúcu plantárnu flexiu, kde je smer vektora zhodný s priebehom Achillovej šľachy. Vždy je splnená podmienka, že rameno ťahovej sily je kratšie ako rameno svalovej sily, z čoho plynie, že ťahovú silu prekonávame silou svalovou, ktorá je menšia. (Janura, 2011)

Obr. 6. Pohyb v členkovom kĺbe  
(<https://medatrio.com/walking-movements-of-the-foot> )

## 2.4 Páka prvého druhu

Krčná chrbtica sa z pohľadu funkčnej a štrukturálnej anatómie delí na horný krčný sektor a dolný krčný sektor. Horný krčný sektor, majúci tri stupne voľnosti tvorí articulatio atlanto-occipitalis a articulatio atlanto-axialis. Ako dolný krčný sektor sa označuje úsek chrbtice od distálnej plochy axis po prvý hrudný stavec. Skĺbenia dolného krčného sektoru vykonávajú pohyb len v smere flexie a extenzie a lateroflexiu s rotáciou. Funkčne obidva sektory kooperujú pri pohyboch hlavy do rotácie, lateroflexie, flexie a extenzie. Hlava sa nachádza v rovnovážnej polohe v situácii, kde pohľad očí smeruje horizontálne, rovnobežne s aurikulo-nasálnou rovinou prebiehajúcu cez vrchol nosného chrbta a horný okraj meatus acusticus externus. Pri poruche integrácie optickej a vestibulárnej aferencie a aferencie prichádzajúcej z proprioreceptorov sa môže dostaviť pocit posturálnej nestability až vertigo. V kontexte posturálnej stability spočíva význam horného krčného sektora v proprioreceptívnej aferencii zo svalov šíjových. Šijové svaly obsahujú veľmi mnoho svalových snopcov vtiiahnutých na prierez svalu. (Kapandji, 1998; Véle, 1995)

Z biomechanického pohľadu je spojenie lebky a chrbtice páka prvého druhu, teda páka rovnováhy, kde sa bod otáčania nachádza medzi pôsobiacimi silami. Bodom otáčania je atlantookcipitálny kĺb. Vektor svalovej sily je tu vyjadrený kontrakciou extenzorov hlavy. Dochádza tu k neustálej premenlivosti veľkosti ramena ťahovej a svalovej sily, čím sa menia veľkosti pôsobiacich momentov. Neustále teda musí dochádzať k navráteniu hlavy do polohy charakterizovanej ako vzpriamenej držanie hlavy s minimálnou energetickou náročnosťou. Predná pozícia rovnovážnej polohy hlavy vysvetľuje vyšší tonus a silu dorzálnych skupiny svalov krku ako je tomu u ventrálnej skupiny, čiže svalová skupina extenzorov pôsobí antigravitačne. (Janura, 2011; Kapandji, 1998)

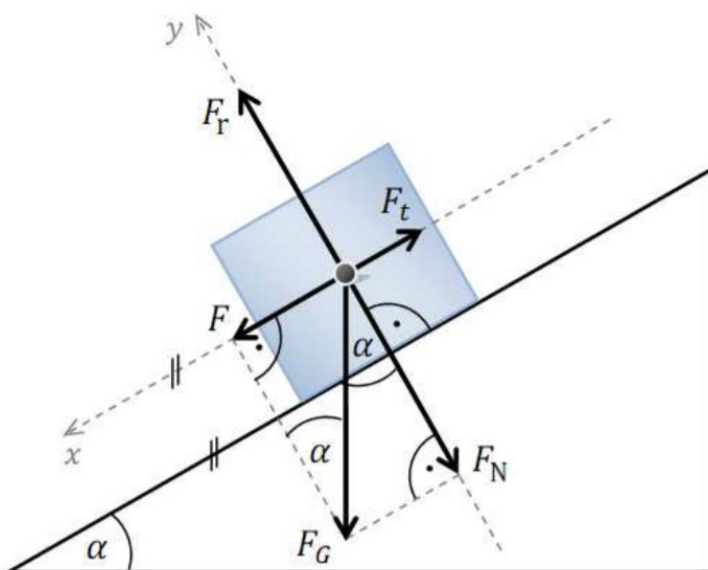


Obr. 7 Pohyb v krčnej chrbtici ([https://www.the-blueprints.com/blueprints/humans/anatomy/4760/view/head\\_neck\\_movement/](https://www.the-blueprints.com/blueprints/humans/anatomy/4760/view/head_neck_movement/))

## 2.5 Naklonená rovina

Na teleso nachádzajúce sa na naklonenej rovine pôsobí tiaž  $G$ , ktorú je možné rozložiť do dvoch kolmých smerov: na normálovú silu  $F_N$  (sila kolmá k naklonenej rovine) a pohybovú silu  $F$  (sila rovnobežná s naklonenou rovinou), ktorá spôsobuje pohyb telesa dole po naklonenej rovine. Ľubovoľnú silu (a teda aj tiaž telesa  $G$ ) je možné rozložiť nekonečne mnohými spôsobmi na rôzny počet síl, ktoré po spätnom zložení budú mať rovnaký smer a rovnakú veľkosť ako sila pôvodná. Práve rozklad na tieto dve navzájom kolmé zložky je v tomto prípade jednako jednoduchý na počítanie a jednako obidve získané zložky tiažovej sily majú fyzikálny zmysel. Na teleso pohybujúce sa po naklonenej rovine, okrem iných síl, pôsobí sila trecia  $F_t$ , ktorej pôsobisko je na styčnej ploche oboch telies, a sila reakcie podložky  $F_r$ , ktorá je rovnako veľká ako sila  $F_N$ , avšak pôsobí v opačnom smere. (Kubíček, 2010)

Za zmienku stojí tiež odporová sila vzduchu, ako príklad ďalšej sily, pôsobiacej na pohybujúci sa predmet. Tá je však v tomto prípade zanedbateľná a nebudeme na ňu brať zreteľ. (Kubíček, 2010).

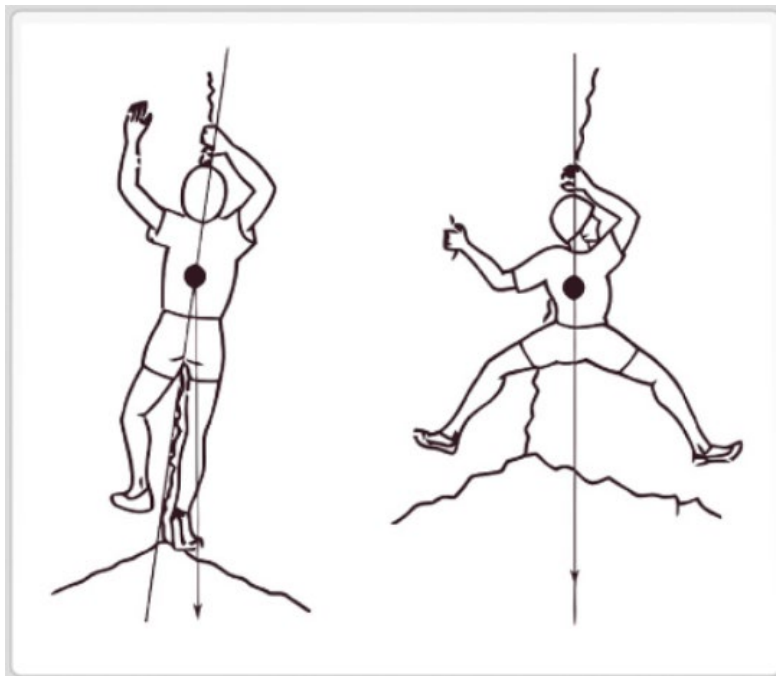


Obr. 8 Naklonená rovina (Kubíček, 2010)

### 3 Aplikácia základov biomechaniky a fyziky do lezenia

Lezecký pohyb ako taký je zakorenený v ľudskej prirodzenosti, preto nie je potrebné sa ho nijako zložito učiť. Ľudská motorika vychádza z kvadrupedálneho skríženého chôdzového cyklu a tento model lokomócie je typický aj pre lezenie, ktoré tak má fylogeneticky a ontogeneticky nesporné miesto medzi ľudskými lokomočnými prejavmi. Lezenie je preto rovnaká samozrejmosť ako chôdza, beh, skákanie, plazenie a pod. (Francová et. Al., 2006)

Voľné lezenie predstavuje prirodzenú realizáciu základných globálnych vzorov – reflexného plazenia a reflexného otáčania v priestore. Dochádza k precizácii a prenosu geneticky kódovaného lokomočného vzoru motorickej ontogenézie do športového využitia (Riegerová, 2003).

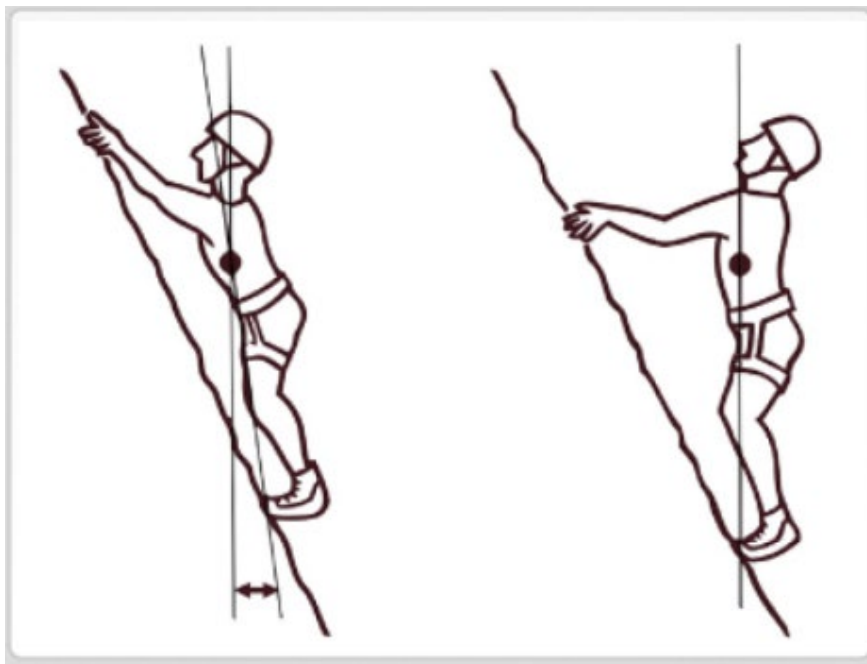


Obr. 9 Stabilita postavenia nôh ( Kublák, 2014)

Pohyb v kvadrupedálnom skríženom vzore vyžaduje koordinovanú spoluprácu horných a dolných končatín a svalov trupu. Pri vertikálnom pohybe po horolezeckej stene využívajú začiatočníci tzv. „pravidlo troch oporných bodov“. Lezec tak pre ďalší postup uvoľní len jednu končatinu, pričom ostatné zostávajú v kontakte so stenou. Pred uvoľnením končatiny je vždy potrebné vytvoriť pravo-ľavú rovnováhu. Následne dôjde k zvýšeniu reakčných síl pôsobiacich na zostávajúce tri plochy kontaktu, a to s prevahou na dva kontaktné body umiestnené kontralaterálne k fázickej končatine. Čím je amplitúda pohybu väčšia, tým je markantnejšie aj zaťaženie kontralaterálnych končatín. Toto zaťaženie v diagonálnej ose tela, kedy napr. pri úchope ľavou hornou končatinou je prevažná časť hmotnosti tela prenesená nad pravú dolnú

končatinu, je najbežnejšie a z hľadiska kondične-koordinačného najjednoduchšia. Rada lezeckých situácií však pomerne často vyžaduje aj opakované zapojenie rovnako-stranných končatín. Pokročilí lezci využívajú bežne len dva oporné body a v extrémnejších prípadoch len jeden (Noé, 2006; Winter, 2004)

Lezenie patrí medzi acyklickú, symetrickú pohybovú aktivitu. Žiadna lezecká cesta ani pohybový problém nie sú úplne identické. Telo lezca sa dostáva do rôznych pozícií v závislosti na rozložení chytov, stupov a smere ďalšieho pohybu. Lezec sa tak musí neustále prispôbovať a podľa situácie meniť pohybovú štruktúru. Vzhľadom k tomu, že sa pohyby väčšinou neopakujú, sú kladené nároky na celý pohybový aparát a rozvíjajú sa tak všetky svalové skupiny (Sheel, 2004; Noé et al. 2001; Winter, 2004). Lezci preto bývajú označovaní ako športovci s najmenej svalovými dysbalanciami, čo potvrdzuje vo svojej štúdií aj Riegerová a kol.(2003).



Obr. 10 Udržiavanie ťažiska pri lezení (Kublák, 2014)

Dôležitú rolu hrá pri lezení voľná kontrola rovnováhy. Pre udržanie rovnováhy je nevyhnutný horizontálny pohyb ťažiska a anticipačné posturálne nastavenie tela pred uvoľnením jednej končatiny a postupom nahor. Úsilie vyvinuté pri udržaní rovnovážneho stavu závisí na smere premietania vektoru ťahovej sily, pričom pozícia ťažiska závisí na pohyboch končatín a trupu. Pre jednoduchšie udržanie rovnovážneho stavu a ekonomický pohyb pri lezení by sa mal vektor ťahovej sily premietat' do opornej bázy. V opačnom prípade musí lezec vyvinúť oveľa väčšiu svalovú silu trupu a horných končatín k vyrovnaniu momentu ťahovej

sily tela. So zväčšujúcou sa plochou bázy a klesajúcou vzdialenosťou ťažiska od opornej bázy rastie stabilita lezca (Sheel, 2003; Noé et al., 2001; Winter, 2004)

Nevyhnutné je pre lezca osvojenie správnej techniky, ktorú nie je jednoduché definovať, pretože pre lezenie neexistujú štandardne stanovené pohybové pravidlá. Základom lezeckej techniky je neustála kontrola ťažiska tela, a to pri pohybe a v statickej pozícii. Pre uplatnenie adekvátnej techniky sú nevyhnutné obratnosť, pohyblivosť a zmysel pre rovnováhu a orientáciu v priestore.

Z kineziologického hľadiska je možné nazvať zaujatie polohy tela lezca a jeho segmentov v gravitačnom poli ako postúru. Udržiavanie tela v rovnovážnej polohe je proces dynamický a kladie značné nároky na riadiace mechanizmy subkorikálnych štruktúr. S postupnou orientáciou a pripravenosťou na konkrétny pohybový zámer sa potom postúra mení na tzv. atitúdu. Dôležitým aspektom pre dosiahnutie dobrých výkonov pri športovom lezení je schopnosť jemnej a citlivej práce s východiskovou atitúdou a premiestňovaním celkového ťažiska tela. Práca s ťažiskom celého tela sa vždy odohráva na základe polôh čiastkových ťažísk jednotlivých segmentov ľudského tela.

Lezenie vyžaduje zakomponovanie ako jemnej, tak aj hrubej motoriky. Jemná motorika je zastúpená pohybmi rúk a nôh, ich správne umiestnenie na chyt je zásadné. Hrubá motorika je využitá pri pohyboch celostného charakteru, kedy sa zapájajú veľké svalové skupiny a dochádza tak k presunu väčších častí tela, čo je pre lezenie typické (Véle, 2006).

Z pohľadu biomechaniky sa lezecký pohyb skladá zo striedania statických fáz (udržiavanie rovnovážnej polohy tela) a pohybových fáz. Z celkového trvania výstupu je pomer statickej fázy a vlastného pohybu pri lezení cca 37 : 63 (Watts, 2003). Pomer statických a dynamických fáz sa však môže značne líšiť v závislosti na zdatnosti lezca a obťažnosti lezenej cesty. Mermier et al. (1997) uvádza, že so stúpajúcou obťažnosťou cesty, alebo pri lezení neznámej cesty je možné sledovať pokles rýchlosti lezenia a zväčšenie podielu statických fáz. Podľa Baláša (2009) zaberajú statické fázy 30-70% celkového pohybu na stene.



## Záver

Z pohľadu postupnosti patrí lezenie k prvým komplexným pohybom človeka. Tento pohyb je vykonávaný automaticky, bez potrebného tréningu a vysvetlenia zákonitostí fyzikálneho pohybu. Napriek tomu tento pohyb za pár rokov zabudneme a musíme sa ho akoby znova naučiť. A pretože už za tie roky naberieme pocit, že všetko musíme najprv mentálne pochopiť, je potrebné poskytnúť vysvetlenia a príklady z praxe, že lezenie je pre naše telo prínosné. Z daného dôvodu som sa snažil spracovať základné informácie z pohľadu teórie biomechaniky, ktoré môžu poslúžiť ako teoretický základ pred praktickým výcvikom znovuobjavenia lezeckého pohybu.

Záverom je potrebné dodať, že pokiaľ má jedinec za cieľ posúvať sa v náročnosti tohto pohybu ďalej a ďalej, je potrebné nastaviť prípravu komplexne s cieľom rozvoja jemnej a hrubej motoriky, statickej a výbušnej sily a v neposlednom rade vytrvalosti.

## Literatúra

- BALÁŠ, J. Fyziologické aspekty sportovního lezení. Česká kinantropologie. 2009. 13(3): 156-167
- FRANCOVÁ, J., PAVLŮ, D., PÁNEK, D. Možnosti využití terapeutického lezení ve fyzioterapii. Rehabilitace a fyzikální lékařství, 2006. 13(1): 29-37
- DYLEVSKÝ, Ivan, 2009, Kineziologie: základy strukturální kineziologie. Vyd. 1. Praha : Triton. ISBN 978-80-7387-324-0.
- GRIMSHAW, Paul, 2006, Sport and exercise biomechanics. New York : Taylor. Bios instant notes. ISBN 978-1-85996-284-8.
- HERMACHOVÁ, H., 1998, Jaké boty? Rehabilitace a fyzikální lékařství. 1998. Vol. 5, no. 1p. 29 - 31.
- HUE, Olivier, SIMONEAU, Martin, MARCOTTE, Julie, BERRIGAN, Félix, DORÉ, Jean, MARCEAU, Picard, MARCEAU, Simon, TREMBLAY, Angelo and TEASDALE, Normand, 2007, Body weight is a strong predictor of postural stability. Gait [online]. 2007. Vol. 26, no. 1p. 32-38. DOI 10.1016/j.gaitpost.2006.07.005. Retrieved from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636206001470>
- CHIARI, Lorenzo, ROCCHI, Laura and CAPPELLO, Angelo, 2002, Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. Clinical Biomechanics [online]. 2002. Vol. 17, no. 9-10p. 666-677. DOI 10.1016/S0268-0033(02)00107-9. Retrieved from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268003302001079>
- JANURA, Miroslav, 2011, Biomechanika II. Vyd. 1. Ostrava : Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-044-5
- KAPANDJI, Adalbert Ibrahim, c1998, The physiology of the joints: annotated diagrams of the mechanics of the human joints. 5th ed. Edinburgh : Churchill Livingstone. ISBN 978-0-443-036187.
- KUBÍČEK, Martin. Nakloněná rovina. České Budějovice, 2010 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <<https://theses.cz/id/6dhbc8/>>. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Pavel Kříž
- MAYLOR, Elizabeth A., 2001, Effects of spatial and nonspatial cognitive activity on postural stability. British Journal of Psychology. 2001. Vol. 92, no. 2p. 319-338.
- MCILROY, WE and MAKI, BE, 1997, Preferred placement of the feet during quiet stance: development of a standardized foot placement for balance testing. Clinical

Biomechanics [online]. 1997. Vol. 12, no. 1p. 66-70. DOI 10.1016/S0268-0033(96)00040-X. Retrieved from:

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026800339600040X>

- MERMIER, C. M., ROBERGS, R. A., McMINN, S. M. et al. Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *Br J Sports Med*, 1997. 31(3): 224-228
- NOÉ, F. Modification of anticipatory postural adjustments in rock climbing task: The effect of supporting wall inclination. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2006. 16: 336-341 105
- NOÉ, F., QUAINÉ, F., MARTIN, L. Influence of steep gradient supporting walls in rock climbing: biomechanical analysis. *Gait and Posture*, 2001. 13: 86-94
- RIEGEROVÁ, J., JANČÍK, Z., KYTKA, P. Rozbor svalových funkcí a pohybových stereotypů u sportovců zabývajících se volným lezením a judem. *Česká antropologie*, 2003. 53: 64-66
- SHEEL, A. W. Physiology of sport rock climbing. *Br J Sports Med*, 2004. 38(3): 355-359
- SMITH, A. W., ULMER, F. F. and WONG, D. P., 2012, Gender Differences in Postural Stability Among Children. *JOURNAL OF HUMAN KINETICS*. 2012. Vol. 33, p. 25 - 32.
- STEWART, T. D. and HALL, R. M., 2006, Basic biomechanics of human joints: Hips, knees and the spine. *CURRENT ORTHOPAEDICS*. 2006. Vol. 20, no. 1p. 23 - 31.
- TEASDALE, N, HUE, O, MARCOTTE, J, BERRIGAN, F, SIMONEAU, M, DORÉ, J, MARCEAU, P, MARCEAU, S and TREMBLAY, A, 2006, Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *International Journal of Obesity [online]*. 09 May 2006. Vol. 31, no. 1p. 153-160. DOI 10.1038/sj.ijo.0803360. Retrieved from: <http://www.nature.com/doi/10.1038/sj.ijo.0803360>
- VAJČNER, Adam. Srovnání výsledků testování posturální stability na DeskBalance a Imoove [online]. Brno, 2016 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/kwb34/>>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Jaroslava Pochmonová.
- VAŘEKA, I., 2002a, Posturální stabilita (I. Část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2002a. Vol. 9, no. 4p. 115 - 121.
- VAŘEKA, I., ELFMARK, M. and JANURA, M., 2003, COP trajectory and tripod model of the foot. In : 2nd World Congress of the International Society of Physical and

Rehabilitation Medicine – ISPRMI „Reflection on Advances in Rehabilitation – Future Challenges“ - Abstracts. Praha : Kenes International. 2003. p. 277.

- VAŘEKA, Ivan and VAŘEKOVÁ, Renata, 2009, Kineziologie nohy. 1. vyd. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2432-3.
- VÉLE, František, 1995, Kineziologie posturálního systému. 1. vyd. Praha : Karolinum. ISBN 80718-4100-5.
- VÉLE, F. Kineziologie. 2. vydání. Praha: Triton, 2006. 375s. ISBN 80-7254-837-9
- VÉLE, František. 2012. Vyšetření hybných funkcí z pohledu neurofyzologie: příručka pro terapeuty pracující v neurorehabilitaci. Praha: Triton, 222 s.
- WATTS, P., JOUBERT, A., LISH, A., et al. Anthropometry of young competitive sport rock climbers. Br J Sports Med, 2003. 37: 420-424
- WINTER, S. Sportovní lezení. 1. vydání. Lenka Česenková. České Budějovice: KOPP, 2004. 128 s. ISBN 80-7232-234-6