

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD  
Ústav klinické rehabilitace

Vendula Navrátilová

**Využití slackline v rehabilitaci jako možnost ovlivnění  
posturální stability**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Petra Grufíková

Olomouc 2021

## **ANOTACE**

**Typ závěrečné práce:** Bakalářská práce

**Název práce:** Využití slackline v rehabilitaci jako možnost ovlivnění posturální stability

**Název práce v AJ:** Use of Slackline in Rehabilitation as a Possibility of Influencing Postural Stability

**Datum zadání:** 2020-11-30

**Datum odevzdání:** 2020-05-04

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav klinické rehabilitace

**Autor práce:** Navrátilová Vendula

**Vedoucí práce:** Mgr. Petra Grufíková

**Oponent práce:** PhDr. Barbora Kolářová Ph.D.

### **Abstrakt v ČJ:**

Slackline trénink je typ balančního tréninku, který si v posledních letech získává oblibu u čím dál větší skupiny lidí. Slackline je většinou 2,5-5 cm široký popruh, který je umístěn mezi dva pevné body. Základními aktivitami na slackline je především stoj na jedné dolní končetině, tandemový stoj, chůze a sed. Cílem práce je zjistit, zda je možné tuto tréninkovou metodu aplikovat v rehabilitaci pro zlepšení posturální stability. K dosažení cíle byla použita analýza studií zabývajících se tímto tématem. Pro jejich vyhledávání byly využity anglické ekvivalenty klíčových slov: *slackline*, *slackline trénink*, *balanční trénink* a *posturální stabilita* zadané v on-line databázích PubMed, Medline, Elsevier, ResearchGate, Google Scholar, Semantic Scholar, Springer Link, ProQuest a EBSCO. Z výsledků vyplynulo, že slackline trénink zlepšuje posturální stabilitu především v úkolech prováděných na slackline, což poukazuje na úkolovou specifickou této metody. Je tedy vhodné tento typ tréninku využívat především jako součást komplexního tréninkového plánu.

### **Abstrakt v AJ:**

Slackline training is a type of balance training that has gained popularity in recent years with a growing group of people. The slackline is usually a 2,5-5 cm wide strap that is placed between two fixed points. The basic activities on the slackline are mainly standing on one lower limb, tandem standing, walking, and sitting. The work aims to find out whether it is possible to apply this training method in rehabilitation to improve postural stability. An analysis of studies dealing with this topic was used to achieve this goal. English keyword equivalents, such as

*slackline, slackline training, balance training and postural stability*, were entered in the online databases including PubMed, Medline, Elsevier, ResearchGate, Google Scholar, Semantic Scholar, Springer Link, ProQuest and EBSCO, to search for the studies. The results showed that slackline training improves postural stability, especially in tasks performed on slackline, which points to the task specificity of this method. Therefore, it is appropriate to use this type of training primarily as part of a comprehensive training plan.

**Klíčová slova v ČJ:** slackline, slackline trénink, balanční trénink, posturální stabilita

**Klíčová slova v AJ:** slackline, slackline training, balance training, postural stability

**Rozsah:** 54 stran

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 4. května 2021

-----

podpis

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Mgr. Petře Grufíkové za pomoc při vedení bakalářské práce, za věcné připomínky, rady a čas, který mi při jejím zpracování věnovala. Děkuji také Mgr. Petře Hornišerové za pomoc při gramatické kontrole práce.

# Obsah

Úvod .....	8
1 Slackline .....	10
1.1 Historie.....	11
1.2 Typy slackline.....	11
1.2.1 Trickline .....	11
1.2.2 Yogaline .....	11
1.2.3 Longline.....	12
1.2.4 Highline .....	12
1.3 Slacklining .....	12
2 Posturální stabilita a související pojmy .....	14
2.1 Postura .....	14
2.2 Posturální stabilita (PS) .....	14
2.2.1 Faktory ovlivňující posturální stabilitu .....	15
2.2.2 Klinické projevy narušené posturální stability .....	18
3 Řízení posturální stability .....	19
3.1 Senzorická složka .....	19
3.2 CNS.....	19
3.3 Kosterně svalový systém .....	20
4 Vyšetření posturální stability.....	21
4.1 Klinické testy statické .....	21
4.1.1 Vyšetření stability ve stoji .....	21
4.1.2 Rhombergův test.....	21
4.1.3 Tandemový stoj .....	21
4.1.4 Stoj na jedné dolní končetině .....	21
4.2 Klinické testy dynamické.....	22
4.2.1 Vyšetření chůze a jejich modifikací .....	22
4.2.2 Další dynamické testy.....	22
4.3 Posturografie .....	22
5 Možnosti ovlivnění posturální stability .....	24
5.1 Balanční trénink .....	24
5.1.1 H-reflex.....	24
5.1.2 Balanční trénink ve vztahu k PS.....	26
5.2 Slackline trénink .....	28
5.2.1 Změny na úrovni CNS .....	28

5.2.2	Vliv ST na H-reflex .....	29
6	Přehled studií .....	30
6.1	Studie s dětmi a adolescenty .....	31
6.1.1	Netrénované osmileté děti .....	31
6.1.2	Judisté na regionální a národní úrovni.....	32
6.1.3	Fotbalisté pod 19 let na vrcholové úrovni .....	32
6.1.4	Netrénovaní chlapci od 8 do 14 let.....	33
6.2	Studie s dospělými jedinci .....	33
6.2.1	4 týdny ST .....	33
6.2.2	Hráčky basketbalu na vrcholové úrovni .....	34
6.2.3	Rozdíl mezi ST a klasickým senzomotorickým tréninkem.....	34
6.2.4	Stoj na jedné dolní končetině na slackline a na pevném povrchu .....	35
6.2.5	Hráčky házené .....	36
6.2.6	3 měsíce ST .....	36
6.3	Senioři.....	36
6.3.1	Efekt ST na posturální kontrolu seniorů.....	38
6.3.2	Efekt ST na neuromuskulární výkon seniorů .....	38
	Diskuze .....	40
	Závěr.....	43
	Referenční seznam.....	44
	Seznam zkratk.....	52
	Seznam obrázků.....	53
	Seznam tabulek.....	54

## Úvod

Hlavním smyslem této práce je najít odpověď na otázku, zda je možné pomocí slackline zlepšit posturální stabilitu jedince a zda je tato metoda využitelná v rehabilitaci a pokud ano, jestli existují nějaké limity jejího využití.

Úvodem je nutné zmínit, že slackline je většinou 2,5-5 centimetrů široký popruh ze syntetických vláken. Jde o zajímavou formu balančního tréninku, která má velmi motivující a zábavný charakter. Samotný trénink spočívá v natažení slackline mezi dva pevné body přiměřené tloušťky a následném provádění aktivit na slackline, jako je stoj na jedné dolní končetině, tandemový stoj, chůze apod. V posledních letech se tato aktivita rozšiřuje mezi čím dál větší spektrum lidí a těší se velké oblibě. Vzhledem k popularitě slackline by bylo dobré zjistit, zda dlouhodobější trénink vede k nějakým změnám v souvislosti s posturální stabilitou jedince.

„Posturální stabilita je schopnost zajistit vzpřímené držení těla a reagovat na změny zevních a vnitřních sil tak, aby nedošlo k nezamýšlenému a nekontrolovatelnému pádu“ (Janura, 2007, s. 86). Tato definice posturální stabilitu zcela vystihuje. Díky správné posturální stabilitě je možné kontrolovat pozici těla v prostoru a bránit jeho výchylkám, způsobeným podněty z vnějšího i vnitřního prostředí, které by mohly vést k pádu jedince. Narušená posturální stabilita může způsobit nejistotu, pády, závratě apod.

Pomocí klasického balančního tréninku je možné posturální stabilitu ovlivnit a zlepšit ji. Tato metoda je vhodná jak pro netréňované jedince, tak i pro sportovce. Využívá se jako prevence proti zraněním, pro zlepšení výkonnosti, i jako prevence proti pádům u starší populace. Většinou bývá součástí ucelených tréninkových nebo rehabilitačních plánů. Dalo by se tedy předpokládat, že stejný efekt jako po klasickém balančním tréninku by mohl nastat i po slackline tréninku.

První kapitola práce seznamuje čtenáře krátce s tím, co je to slackline, jaká je historie a jaké jsou jednotlivé typy. Ve druhé kapitole je blíže rozebrána právě posturální stabilita a k čemu dojde v případě jejího narušení. Jsou zde vysvětleny jednotlivé pojmy, které se s posturální stabilitou úzce pojí, jako je postura, opěrná plocha, plocha kontaktu, opěrná báze, těžiště, střed tlaku a střed gravitace. Třetí kapitola pojednává o řízení posturální stability a čtvrtá kapitola o možnostech jejího vyšetření. V páté kapitole jsou dostupné informace o klasickém balančním tréninku a slackline tréninku ve vztahu k posturální stabilitě. V šesté kapitole je podrobně rozebráno několik studií zabývajících se právě vlivem slackline tréninku na posturální stabilitu u dětí a adolescentů, dospělých jedinců a seniorů.

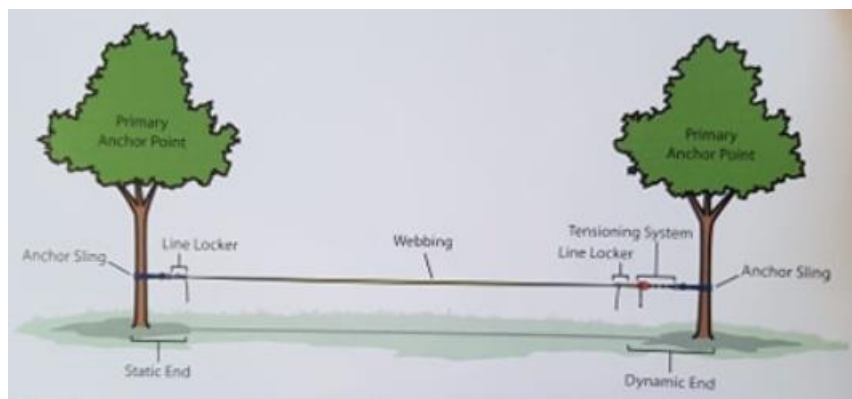


K vyhledávání odborných článků byly využity on-line databáze PubMed, Medline, Elsevier, ReaserchGate, Google Scholar, Semantic Scholar, Springer Link, ProQuest a EBSCO. Nejstarší uvedený článek je z roku 1995 a nejnovější z roku 2020. K vyhledávání potřebných článků byla využita klíčová slova: slackline, slackline trénink, balanční trénink, posturální stabilita; slackline, slackline training, balance training, postural stability. Celkem bylo k vypracování práce využito 56 zdrojů. Všechny použité články byly k dispozici v plnotextové podobě.

# 1 Slackline

Slackline je 2,5-5 cm široký popruh, který je vyroben ze syntetických vláken. Délka slackline se liší, obecně ale platí, že pro začátečníky je vhodnější kratší varianta (10-15 metrů), ale běžné je i využití slackline, která měří několik desítek až stovek metrů. Dle míry napnutí slackline je možné měnit její tuhost a tím také obtížnost samotných aktivit na slackline. Čím je napnutější, tím je stabilnější. Tím pádem jsou všechny aktivity na slackline celkově snazší. Naproti tomu slackline, která je pod menším napětím, se stává více labilní, a tak i všechny aktivity jsou rázem obtížnější, jelikož má větší exkurzibilitu (WEB – International slackline association). Aktivita prováděná na slackline je tradičně definována jako akt balancování na kusu popruhu, který je napnutý mezi dvěma body (Ashburn, 2013, s. 16).

Popruh je umístěn mezi dva pevné body, nejčastěji se jedná o dva stromy přiměřené tloušťky (viz obrázek 1). V případě využití dvou stromů je nutné nezapomínat na jejich ochranu. Je důležité si uvědomit, že slackline působí na stromy velkou silou a může je tak poškodit, nebo způsobit jejich smrt. Zvláště je tomu tak u stromů, které jsou na ukotvení pro slackline příliš malé. Nutná je ale i ochrana velkých stromů. Za tímto účelem se nejčastěji využívají staré koberce či karimatky (Ashburn, 2013, s. 29).



**Obrázek 1** Ilustrace upevnění slackline mezi dva pevné body (Ashburn, 2013, s. 22).

Slackline trénink (ST) je specifickým typem balančního tréninku (BT), který by mohl mít velký potenciál ve zlepšování rovnováhy a síly (Granacher et al., 2010, s. 717). Hlavním rozdílem mezi 'klasickým' BT a ST je ten, že ST má vyšší požadavky na posturální kontrolu. Pracuje s poměrně malou opěrnou bází a samotná slackline se v prostoru pohybuje v medio-laterálním směru (Thomas a Kalicinski, 2016, s.393). Co se týče klasického BT, tak pozice

veškerých balančních pomůcek je v prostoru více či méně neměnná (Pfusterschmied et al., 2013, s. 49).

## **1.1 Historie**

První zmínky o slackline se objevily v 80. letech minulého století v Yosemitešském národním parku. Adam Growsky a Jeff Ellington využili své horolezecké vybavení k balancování a nazvali tuto metodu „slacklining“. Poté ji představili v horolezeckých táborech v údolí Yosemitešského národního parku. Odtud se tento typ tréninku pomalu dostal do celého světa. Největší rozmach v Evropě nastal kolem roku 2006 (WEB – International slackline association).

## **1.2 Typy slackline**

V současné době můžeme rozlišit hned několik typů slackline, patří sem waterline, highline, trickline, yogaline, rodeoline a longline (WEB – slackline.us).

### **1.2.1 Trickline**

Trickline je příkladem tzv. lowliningu. To znamená, že je slackline natažena v malé výšce a většinou bývá poměrně krátká a úzká. Často obsahuje elastická vlákna, díky nimž mají prováděné triky a skoky větší sílu a dynamiku, ale zároveň vytváří pro jedince měkčí dopad (Ashburn, 2013, s. 18).

Triky na trickline jsou kombinací akrobacie, gymnastiky a slackline. Jsou rozděleny na statické a dynamické. Ty statické jsou charakterizovány tím, že dotyčný zůstává v kontaktu se slackline. Patří sem například i obyčejný sed, který je ovšem na slackline poměrně obtížný. Dynamické triky zahrnují celou škálu triků od skákání, přes různé otočky apod. Většinou dotyčný opustí slackline a přistane zpět bez ztráty rovnováhy (Ashburn, 2013, s. 18).

Tato technika je považována za nebezpečnou a je zde poměrně velké riziko úrazu (WEB – slackline.us).

### **1.2.2 Yogaline**

Yogaline je typ, který se soustředí na dýchání a koncentraci, jako tomu je u klasické jógy. Oproti trickline se jedná o velmi klidný a pomalý styl. Slackline umožňuje provedení různých typů jógových pozic a například i různých typů stojek. Pro yogaline není využíván žádný zvláštní typ slackline, ale obvykle se volí šířka okolo 2,5-3 cm.

Tento typ je vyhledávaný především jógíny, kteří chtějí svůj um posunout na další úroveň, jelikož jóga na slackline je zajímavým zpestřením běžné rutiny a přináší nové výzvy a nový rozměr jógového tréninku.

Pro lidi, kteří nemají zkušenosti s obyčejnou jógou, ale spíše se slackline, může být tento typ nástrojem k tomu, jak zlepšit své soustředění a koncentraci na prováděný úkon. Lepší koncentraci a soustředění dále využijí i u dalších typů slackline, jako například u longline (Ashburn, 2013, s. 20).

### **1.2.3 Longline**

U tohoto typu jsou využívány dlouhé slackliny, většinou s délkou větší než 30 metrů. Tento druh nabízí neustálé posouvání svých hranic a osobních rekordů. Je ovšem důležité si uvědomit, že k natažení slackline dlouhé několik desítek až stovek metrů je za potřebí daleko více času, investic a znalostí. Využívá se zde velkého množství kladek, ocelových karabin a různých popruhů (Ashburn, 2013, s. 22).

### **1.2.4 Highline**

Pravděpodobně nejnáročnějším typem je highlining. Slackline je v tomto případě natažena vysoko nad zemí, většinou někde v horách nebo kaňonech. Je důležité zmínit, že tento typ je určen zejména pro odborníky, nikoliv pro začátečníky s žádnou nebo minimální předchozí zkušeností se slackline (Ashburn, 2013, s. 22).

Přípravu před highline může tvořit tzv. waterline. Jedná se o jeden z nejtěžších typů slackline. Ta je v tomto případě natažena tak, že se pod ní nachází jakákoliv vodní plocha. Voda se neustále pohybuje všemi směry, což v praxi znamená, že mozek musí zpracovávat nepřetržitý příjem vizuálních informací z okolí a udržení rovnováhy je tak náročnější (Ashburn, 2013, s. 135).

## **1.3 Slacklining**

Prvním krokem je natažení slackline, která by měla být pro začátečníky asi ve výšce kolen a její délka by měla dosahovat kolem 10 metrů. Další kroky už spočívají v přípravě těla na samotný trénink. Jako u každé jiné sportovní aktivity by mělo proběhnout zahřátí a strečink. Dále je důležité zklidnit svůj dech a zkoncentrovat se na daný úkon. Vždy je dobré být v co největším kontaktu se slackline, to znamená, že pokud je to možné, je vždy lepší trénovat bez bot nebo využít uzavřené boty s poměrně tenkou a plochou podrážkou (Ashburn, 2013, s. 4).

Nejprve je důležité natrénovat jednoduchý stoj na jedné dolní končetině. V počátcích je dobré umístit na slackline svoji dominantní dolní končetinu a pomalu se vyhoupnout nahoru. Prsty by měly směřovat dopředu a horní končetiny by měly být nad hlavou a pokrčené do 90° v loketních kloubech. Pohled směřuje dopředu, nikoliv pod sebe, hlava je vzpřímená. Velkou roli hraje také pravidelné dýchání, které by nemělo být opomíjené. Pokud dojde ke zvládnutí stoje, může se začít s tréninkem chůze. Čím pomaleji bude pohyb probíhat, tím lépe. U chůze se musí stále dodržovat všechna pravidla – prsty u nohou směřují dopředu, hlava vzpřímená, oči koukají před sebe, ruce jsou nad hlavou a dech je pravidelný. Jak při stoji, tak i při chůzi může docházet ke třesu slackline. Jednoduchý prostředek, kterým lze třes ovlivnit, jsou pokrčená kolena. Postupem času se bude třes ztrácet vlivem zvýšené síly dolních končetin. Začne se vyvíjet svalová paměť a kontrolování slackline se stane reflexní (Ashburn, 2013, s. 4-12).

## **2 Posturální stabilita a související pojmy**

### **2.1 Postura**

Tento pojem dle Wintera (1995, s. 194) vyjadřuje orientaci libovolného tělesného segmentu vůči gravitačnímu vektoru. Postura je tedy definována jako „aktivní držení těla vůči působení vnějších sil“ (Vařeka a Vařeková, 2009, s. 119). Z předchozí věty vyplývá, že se jedná o držení těla ve všech polohách, do kterých se lidské tělo může dostat, a při všech aktivitách prováděných lidským tělem. To znamená samozřejmě stoj, ale i sed, leh, chůzi, běh apod. (Kolář, 2009, s. 38).

Bez postury by udržení klidové rovnováhy ani dynamické stability nebylo možné. Tělo, které je z fyzikálního hlediska tělesem labilním, by se nedokázalo vypořádat s gravitačními silami a zhroutilo by se (Dvořák, 2003, s. 35).

Aferentními zdroji, které poskytují informace o postuře, jsou telereceptory, exteroreceptory, interoreceptory, mechanoreceptory, proprioreceptory a vestibulární ústrojí. Efektorem jsou potom kosterní příčně pruhované svaly jak končetin, tak i osového skeletu (Dvořák, 2003, s. 35).

V souvislosti s posturou se velmi často objevuje tvrzení, že postura následuje pohyb jako stín (Magnus, 1924 in Kolář, 2009, s. 38). To ovšem není zcela pravdivé tvrzení. Postura pouze nenásleduje pohyb, ale musí stát na počátku jakéhokoliv pohybu, doprovázet ho a také stát i na jeho konci. Postura je základní podmínkou pohybu, nikoliv naopak (Kolář, 2009, s. 38). Zaujetí postury tak, aby bylo možné provést plánovaný pohyb, se nazývá atituda (Janura, 2007, s. 38).

### **2.2 Posturální stabilita (PS)**

„Posturální stabilita je schopnost zajistit vzpřímené držení těla a reagovat na změny zevních a vnitřních sil tak, aby nedošlo k nezamýšlenému a nekontrolovatelnému pádu“ (Janura, 2007, s. 86). S PS úzce souvisí také balanc neboli rovnováha. K tomu, aby se jedinec udržel například na cvičební pomůcce bosý a nespádl, je nutné, aby bylo neustále kontrolováno nastavení těla a systematicky kontrahovány a relaxovány různé svalové skupiny. Nedílnou součástí je i udržení pozornosti. Balanc představuje statické a dynamické strategie pro zajištění PS (Janura, 2007, s. 86).

„Rovnováha představuje stav, kdy výsledkem působení silového pole tvořeného všemi působícími silami je klidový stav tělesa, tedy tzv. nepohyb“ (Janura, 2007, s. 83). Lze rozlišit dva druhy rovnováhy, statickou a dynamickou. U rovnováhy statické se těžiště našeho těla nachází nad opěrnou bází, což nastává například během stoje. Čím níže je těžiště a čím větší je

opěrná báze, tím je těleso v prostoru stabilnější. U dynamické rovnováhy se průmět těžiště do podložky nachází mimo opěrnou bázi, k čemuž dochází například během chůze nebo právě při ST (Janura, 2007, s. 85). Aby nedošlo k pádu, musí výslednice zevních sil (setrvačnost, třecí síla, reakční síla atd.) směřovat do opěrné báze (Kolář, 2009, s. 39). Bylo dokázáno, že se statická a dynamická posturální kontrola zhoršuje v průběhu celého života (Baloh, Ying a Jacobson, 2003, s. 835).

PS ve stoji je zajišťována dvěma hlavními mechanismy. V předozadním směru hraje důležitou roli tzv. hlezenní mechanismus, který představuje aktivita svalů nohy a bérce (především aktivita plantiflexorů a dorsiflexorů nohy). Jelikož lidské tělo není tělesem absolutně symetrickým, objevují se rozdíly i v hlezenních kloubech. Liší se osou pohybu a také kontrolou pohybu, která není symetrická (Vařeka a Vařeková, 2009, s. 121). V laterolaterálním směru jde o tzv. kyčelní mechanismus, na kterém se výrazně podílejí svaly kyčle. Při stoji je člověk více stabilní do stran a méně stabilní v předozadním směru, což souvisí s anatomickou volností pohybu dolních končetin. Hlezenní mechanismus je tedy využitelný zejména ve stoji bez většího působení zevních sil. Jakmile se větší zevní síly vyskytnou, musí být zapojen i kyčelní mechanismus. Hlezenní a kyčelní mechanismus patří mezi statické strategie zajištění PS. To znamená, že nedochází ke změně plochy kontaktu a tím taky ke změně opěrné báze. PS je udržována pomocí rovnovážných reakcí (Vařeka, 2002b, s. 123-124).

Dynamické strategie pro udržení PS pracují se změnou opěrné báze. To znamená, že v případě nabourání PS dojde k částečnému přemístění plochy kontaktu. Toho můžeme dosáhnout například úkrokem směrem do strany či vpřed, nebo zachycením se o pevnou oporu apod. Jedná se o vynucenou změnu postury vzhledem k působení zevních sil. Není-li dynamická reakce dostatečná, dojde k preventivnímu řízenému pádu (Vařeka, 2002b, s. 123-124).

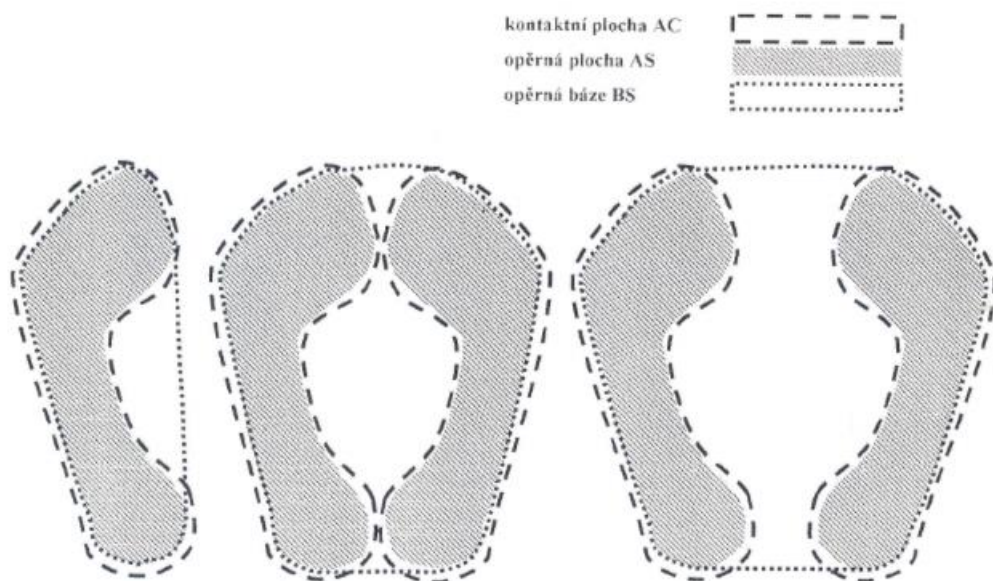
### **2.2.1 Faktory ovlivňující posturální stabilitu**

#### **Opěrná plocha a plocha kontaktu**

Opěrná plocha neboli „area of support“ (AS). Dříve se uvádělo, že jde o tu část podložky, která je v přímém kontaktu s tělem (Kolář, 2009, s. 39). Je důležité si uvědomit, že k aktivní opoře a kontrole PS nevyužíváme celou plochu kontaktu - „area of contact“ (AC). To znamená, že vztah mezi AS a AC je takový, že AS je pouze tou částí AC, která je momentálně zapojena do opěrné báze (Vařeka, 2002a, s. 116).

## Opěrná báze

Opěrná báze, tedy „base of support“ (BS) představuje většinou větší oblast. Ta je ohraničena nejbzdálenějšími body opěrné plochy a zahrnuje celý prostor mezi těmito body (Kolář, 2009, s. 39). Vztah mezi AS, AC a BS (viz obrázek 2). by se dal vyjádřit takto:  $BS \geq AC \geq AS$ . Představíme-li si na jedné straně stoj na jedné dolní končetině a na druhé straně pozici ve kliku, tak rozdíl ve velikosti BS je téměř maximální (Vařeka, 2002a, s. 116).



**Obrázek 2** Grafické znázornění AS, AC a BS (Vařeka, 2002a, s. 117)

Přímou úměru lze nalézt ve vztahu velikosti opěrné báze a hmotnosti vzhledem ke stabilitě. To znamená, že čím je větší BS a hmotnost, tím je také větší stabilita. Naopak je tomu ve vztahu stability k výšce těžiště nad opěrnou bází a sklonem opěrné plochy. Tedy čím výše je těžiště a čím je větší sklon opěrné plochy, tím je stabilita menší (Kolář, 2009, s. 39).

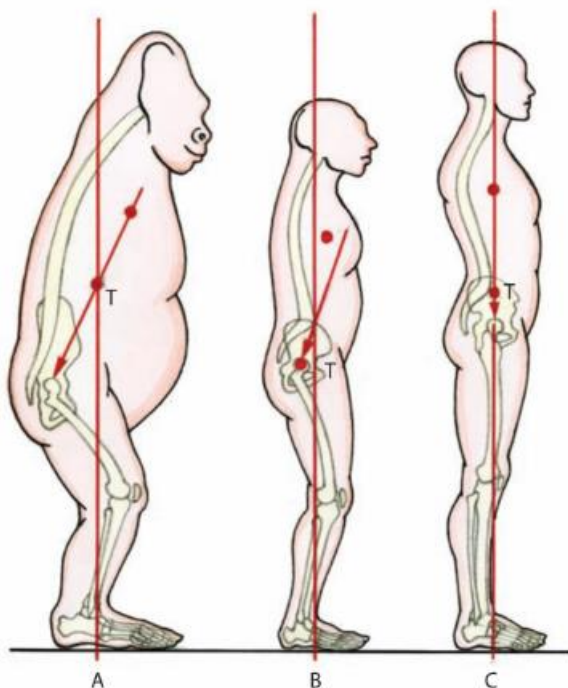
## Těžiště těla

V anglické literatuře používané pod pojmem „centre of mass“ (COM). „Těžiště je působištěm tíhové síly, která působí na hmotné těleso“ (Janura, 2003, s. 14). Jedná se o abstraktní bod, který se v základním anatomickém postavení vyskytuje v malé pánvi ve střední čáře ve výši obratle S2-S3. U žen, které jsou stejně vysoké jako muži, je umístěn o trochu níže. Těžiště těla se mění podle toho, v jaké poloze se tělo právě nachází. Může se tak dostat i mimo něj. Během vývoje dochází vlivem měnících se poměrů velikostí jednotlivých částí těla ke změně polohy



těžiště, to se posouvá směrem dolů (Janura, 2003, s. 15). Při chůzi se musí těžiště záměrně posouvat plánovaným směrem a mění se i opěrná báze (Dvořák, 2003, s. 36).

V průběhu ontogenetického vývoje člověka a jeho přechodu z kvadrupedální polohy do bipedální se poloha těžiště postupně měnila (viz obrázek 3) (Dylevský, 2007, s. 88).



**Obrázek 3** Změna těžiště během ontogenetického vývoje člověka (Dylevský, 2007, s. 88).

### **Střed gravitace a střed tlaku**

Průmětem COM do BS rozumíme tzv. „centre of gravity“ (COG). U poloh připomínajících polohy statické, jako je sed, stoj, poloha na čtyřech apod., se musí COG vždy promítat do BS. Dojde-li k posunu COG mimo BS, vnitřní síly už nejsou schopny tuto situaci zvrátit. V této chvíli je možné pouze změnit BS změnou polohy AC (Vařeka a Vařeková, 2009, s. 120).

„Centre of pressure“ (COP) neboli střed tlaku je působištěm vektoru reakční síly do podložky. Vzhledem k lidskému tělu je chybné zaměňovat COP s COM či COG (Winter, 1995 in Vařeka a Vařeková, 2009, s. 120).

Vztah mezi COG a COP je takový, že při stoji snožném výrazně kolísá průmět COP do BS, zatímco COG svoji polohu takto významným způsobem nemění. Významnou roli hraje aktivita svalů bérce a nohy, která ale vždy pracuje na tom, aby COG zůstávalo uvnitř BS (Vařeka a Vařeková, 2009, s. 120).

Dvě studie zabývající se vlivem ST na PS dospěly k rozdílným výsledkům a jedním z možných vysvětlení byl rozdílný způsob měření. Zatímco Pfüsterschmied et al. (2013) pracovali s hodnocením změny polohy COG, Granacher et al. (2010) počítá s posunem COP. Jelikož COP pracuje zejména s úrovní kontroly kotníků a COG měří spíše účinnost této kontroly (Benvenuti, 1999, s. 285), zdá se být vhodnější využití měření změny polohy COG (Pfüsterschmied et. al., 2013, s. 54-55).

### **2.2.2 Klinické projevy narušené posturální stability**

Pokud dojde k narušení PS jedince, může to mít vážné důsledky. Pacient se zhoršenou PS pociťuje subjektivně nejprve nejistotu a později se může dostavit i závrať (Véle, 1995, s. 83).

U lidí s narušenou stabilitou se objevují pocity nejistoty, ataxie, strachu z pádu apod. Nejistota se může projevit v sedě, ve stoje, při chůzi, jednoduše při všech každodenních aktivitách. K nejistotě bývá často přidružena i nauzea. Někdy se objeví i nevěle provádět tyto aktivity. Daný člověk pociťuje obavy až strach. Nejistota způsobuje zhoršenou pohybovou koordinaci, zhoršuje i prostorovou orientaci, ovlivňuje daný pohybový úkon v globále a díky tomuto celkovému zhoršení schopností hrozí danému člověku nekontrolovatelné pády spojené s výskytem traumat (fraktury, hematomy apod.) (Véle, 1995, s. 83).

Pokud stavy nejistoty přetrvávají, mohou dospět až k závratí. Závrať je vyšším stupněm nejistoty, kdy dochází k poruše orientace v prostoru vzhledem ke směru vykonávaného pohybu. Daná osoba má poruchu propioceptivního vnímání a narušené aferentní vstupy z vestibulárního ústrojí. Na základě této poruchy dostává mozeček špatné aferentní informace, které sice zpracuje, ale výsledkem tohoto zpracování je porucha prostorové orientace. Závrať má vliv na psychický stav jedince, ovlivňuje jeho chování a vnímání. Má vliv na pohyb ve smyslu negativního ovlivnění pohybového úkonu a pohybové koordinace. Se závratí se pojí nepříjemné vegetativní projevy, nauzea, někdy i zvracení. Pacient se může opotit a zblednout, může také docházet ke kolísání krevního tlaku a pulzu (Véle, 1995, s. 83).

### **3 Řízení posturální stability**

K tomu, aby mohla být udržována PS, je nezbytně nutná spolupráce mezi třemi systémy podílejícími se na zachování vzpřímeného držení těla. Jedná se o složku senzoryckou, která zahrnuje hluboké čítí neboli propiocepci, zrakové vnímání a vestibulární systém. Další částí je složka řídicí, tedy CNS zahrnující mozek a míchu. V neposlední řadě je zapotřebí složky výkonné, kterou představují kosti a svaly (Janura, 2007, s. 86).

Proces udržení PS pracuje v první fázi se zjištěním informací pomocí senzorycké aferentace, která je ve druhé fázi převedena do CNS a vyhodnocena. Třetí fáze zahrnuje aktivaci příslušných svalových skupin. Řídicí systém musí správně vyhodnotit na základě stavu soustavy, jakou strategii pro udržení PS zvolí. Důležitou roli v procesu volby hraje předchozí zkušenost a také aktuální fyzický a psychický stav. Systém posoudí, jestli je daná situace řešitelná pomocí statické strategie, nebo je již nutný přechod na strategii dynamickou, popřípadě jestli zvolí preventivní řízení pád (Vařeka, 2002b, s. 123).

#### **3.1 Senzorická složka**

Nejdůležitějším ze senzoryckých vjemů je propiocepce. Propriocepce představuje aferentaci ze svalových receptorů. Tento vjem si člověk neuvědomuje a nejde jej popsat slovy. Propriocepce bývá označována jako tzv. svalový smysl (Véle, 2006, s. 40). Při stožení hraje stejnou roli samostatné vyřazení propiocepce oproti současnému vyřazení zraku a vestibulárního aparátu (Vařeka, 2002b, s. 122).

Vestibulární aparát koná svoji hlavní roli zejména při rotačních pohybech hlavy a dalších rychlých změnách polohy hlavy. Zrak spolu se sluchem slouží zejména k orientaci v prostoru a k předvídání změn působení zevních sil a změn pohybu. Dále se zrak podílí na postavení hlavy v prostoru a kontrolování její polohy. Pokud dojde k zavření očí, rychle začne oscilovat poloha COP. Svoji roli zde zaujímá i exterocepce. Díky Ruffiniho a Maissnerovým tělískům lze rozpoznat místa s různým zatížením, a tedy i polohu COP. Mimo jiné kontrolují také tření (Vařeka, 2002b, s. 122).

#### **3.2 CNS**

CNS pracuje s informacemi, které dostává cestou senzorycké aferentace. Na základě těchto informací vytváří pohybové programy pro motoriku posturálního systému a zabezpečuje zpětnovazebnou korekci motorického výstupu (Véle, 1996, s. 66). Na nejnižší úrovni se nachází páteřní mícha, která dostává informace prostřednictvím periferních nervů, dále motorická jádra

hlavových nervů, mozeček, labyrint, jádra mozkového kmene, bazální ganglia, thalamus a mozková kůra (Nevšimalová, Tichý a Růžička, 2002, s. 21-22).

### **3.3 Kosterně svalový systém**

Z pohledu klasické kineziologie popisujeme sval jako anatomickou jednotku, která má začátek a úpon, díky čemuž můžeme odvodit funkci daného svalu. Ovšem sval z pohledu funkční kineziologie je chápán jako odraz funkce CNS (Kolář, 2009, s. 32). Jakmile CNS vytvoří potřebný program, následuje aktivace příslušných svalových skupin, které jsou nezbytné k udržení PS (Vařeka, 2002b, s. 123).

Kostra člověka představuje pasivní pohybový aparát a kosterní svaly vytváří aktivní pohybový aparát, který je ovšem řízený nervově (Čihák, 2011, s. 103 a 349). Hlavní motorickou dráhou řídicí pohyb je dráha pyramidová. Prostřednictvím této dráhy je veden impuls, který vychází z gyrus paecentralis, kde je lokalizovaný první motoneuron. Vlákná prvního motoneuronu se z osmdesáti procent kříží v oblasti decussatio pyramidum, což znamená, že pravá polovina těla je řízena levou mozkovou hemisférou a naopak. K přepojení na druhý motoneuron dochází v předních rozích míšních. Druhý motoneuron, tzv. periferní, pak spolu se svalovými vlákny, která inervuje, tvoří motorickou jednotku. V řízení pohybu hraje velkou roli extrapyramidový systém, který slouží k nastavení a zajištění výchozí polohy pro pohyb. Další složkou je mozeček, který pohyb zpřesňuje a koordinuje. V neposlední řadě sem patří samozřejmě i gama-systém a Golgiho svalová vřeténka, která ovlivňují svalové napětí. Všechny tyto struktury spolu navzájem komunikují a vytváří tak co nejlepší podmínky pro vykonání, průběh i ukončení pohybu (Seidl, 2008, s. 30).

## **4 Vyšetření posturální stability**

K vyšetření PS se využívají statické a dynamické testy. Testy se mohou provádět klinicky, nebo lze využít techniku (Vařeka, 2002b, s. 127).

### **4.1 Klinické testy statické**

#### **4.1.1 Vyšetření stability ve stoji**

Stoj se vyšetřuje s postupným zvyšováním nároků na PS. Postupně dochází ke snižování velikosti BS a vyloučení zrakové kontroly (Opavský, 2003, s. 72). Stabilita vzpřímeného stoje by vyloučením zrakové kontroly neměla být příliš ovlivněna (Véle, 2006, s. 188). Stabilitu během stoje hodnotíme podle tzv. hry šlach extenzorů a také podle výchylek trupu během probíhajícího vyšetření. K ozřejmění poruchy je vhodné vyzkoušet stoj i na měkkém podkladě, kde může být lépe pozorovatelná porucha propiocepce a tím i zhoršená PS. (Opavský, 2003, s. 72). Při hodnocení PS ve stoji je dobré myslet i na to, že ji zhoršuje délka stání. Například po podání betablokátorů dojde k redukci oscilací vlivem snížení kontraktility myokardu a s tím i snížení souvisejícího účinku kinetické energie srdce na tělo. Proto betablokátory patří mezi zakázané dopingové látky ve sportu (Vilikus, 2004, s. 80).

#### **4.1.2 Rhombergův test**

Rhombergův test se provádí ve třech modifikacích. Rhomberg I představuje klidný stoj na šířku ramen, Rhomberg II je stoj spojný a Rhomberg III je stoj spojný s vyloučením zrakové kontroly (Opavský, 2003, s. 72).

#### **4.1.3 Tandemový stoj**

Tandemový stoj se podobá stoju na laně. To znamená, že špička jedné nohy je těsně za patou druhé nohy. Vyšetření má dvě modifikace. Nejprve se testuje tandemový stoj s otevřenými očima a poté se zavřenými očima (Kolář, 2009, s. 48 a 367).

#### **4.1.4 Stoj na jedné dolní končetině**

Stoj na jedné dolní končetině se vyšetřuje nejprve s otevřenými očima, kdy pacient pokrčí jednu dolní končetinu v koleni, a jakmile dojde k ustálení oscilací, je vyzván k zavření očí (Opavský, 2003, s. 72). Stoj na jedné dolní končetině je součástí švihové fáze chůze. Jeho vyšetření je tedy velmi důležité. Čas, po který je člověk schopný stát na jedné dolní končetině,

se s přibývajícím věkem zkracuje. Stabilně stát na jedné dolní končetině jsou schopny děti přibližně od třetího roku života (Véle, 2006, s. 188)

## **4.2 Klinické testy dynamické**

### **4.2.1 Vyšetření chůze a jejich modifikací**

Mezi modifikované typy chůze patří (Kolář, 2009, s. 49; Opavský, 2003, s. 74):

- Chůze po čáře,
- po nerovném či měkkém povrchu,
- tandemová,
- pozpátku,
- se současným kognitivním úkolem,
- s elevovanými horními končetinami,
- různou rychlostí,
- se zavřenými očima,
- po patách nebo po špičkách.

### **4.2.2 Další dynamické testy**

- Vyšetření maximálních volných výchylek bez změny AC,
- člunkový běh,
- skok na jedné dolní končetině (do výšky, do dálky),
- skok sounož do výšky (Vařeka, 2002b, s. 127).

## **4.3 Posturografie**

Posturografie je metoda pro ozřejmění balanční insuficience u daného jedince. Jde o přístrojové vyšetření PS. Díky této metodě je možné sledovat výchylky těžiště. Posturografické vyšetření měří reakční síly, které působí na tenzometrickou plošinu. Součtem působení těchto sil je dále možné registrovat polohu COP v závislosti na čase. Není tedy měřena ani stabilita, ani postura. Měří se pouze změna polohy COP. Nejedná se ovšem o diagnostickou metodu. Výsledky posturografie musí být vždy hodnoceny v souvislosti s daným člověkem. Rozlišuje se posturografie statická a dynamická. (Kolář, 2009, s. 198-199; Vařeka, 2002b, s. 127; Vyskotová, 2006, s. 16)

V praxi je možné využít tzv. silové plošiny, v jejichž třech nebo čtyřech rozích se nachází snímače, které snímají reakční sílu (3 složky) a momenty těchto sil. Díky silové plošině je možné získat polohu COP v ploše jako dvourozměrnou veličinu. Na jedné plošině je možné

změřit jen celkovou hodnotu COP, tedy hodnotu pro obě dvě dolní končetiny. Pokud bychom chtěli COP pro každou dolní končetinu zvlášť, jsou zapotřebí plošiny dvě. Novější metodou je využití desek, které v sobě mají spoustu tlakových snímačů po celé ploše. To znamená, že pomocí jediné plošiny je možné zjistit polohu COP nejen k vztažnému systému desky, ale i nohou. Deska dokáže snímat rozložení tlaku pod každou nohou i jejími částmi, čímž lze zjistit, které oblasti plošky jsou zatěžovány více, či méně (Vařeka, 2002b, s. 127-128).

Pomocí posturografie je možné sledovat vývoj polohy COP v závislosti na čase. To znamená, že lze zjistit, jaký vliv má terapeutická intervence na PS jedince v daném časovém horizontu (Kolář, 2009, s. 199).

Statická posturografie neboli stabilometrie pracuje s plošinou, která se nepohybuje. Nepohybuje se ani samotný pacient. Jde tedy o vyšetření klasického stoje. Většinou ale tento stoj můžeme modifikovat vyřazením zrakové kontroly, vibrací plošiny apod. (Kolář, 2009, s. 199).

U dynamické posturografie neboli dynamometrie buď dochází k pohybu testovaného člověka po plošině, nebo k pohybu plošiny samotné. Může jít o pohyb plošiny v antero-posteriorním nebo medio-laterálním směru či o pohyb okolo vodorovné osy (klopení vpřed a vzad, klopení do stran) (Kolář, 2009, s. 199). U některých typů přístrojů se může pohybovat i okolní prostředí, čímž vyšetřovaný ztratí relativní pevný bod, o který se zrakem opírá, což může mít vliv na jeho stabilitu (Véle, 2006, s. 188). Kombinací s pohybem vizuálního okolí je možné zhodnotit souhru tří sensorických vstupů. Vstup zrakový, vestibulární a propioceptivní. Díky tomu lze říct, jak je dotyčná osoba schopna potlačit rušivé zrakové a propioceptivní vlivy (Vyskotová, 2006, s. 16-17).

## 5 Možnosti ovlivnění posturální stability

PS lze ovlivnit pomocí balančního tréninku. Ten využívá například metoda senzomotorické stimulace, která má za cíl zvýšit celkový výkon senzomotorického systému. Klade velký důraz na posturální kontrolu a zvyšování nároků na senzomotorický systém (Page, 2006, s. 77 a 83). U senzomotorické stimulace se využívají klasické tradiční balanční pomůcky, jako jsou kulové a válcové úseče, pěnové podložky, balanční sandály nebo také trampolíny či velké gymnastické míče (Kolář, 2011, s. 274).

Další možností ovlivnění PS je právě ST, který je zvláštním typem BT. Předpokládá se, že ST dokáže stejně jako klasický BT zlepšit PS i svalovou sílu. Toto tvrzení je ovšem potřeba ověřit (Granacher et al, 2010, s. 717). Zdá se být vhodný také z toho důvodu, že se jedná o velmi zajímavý typ tréninku, při kterém je možné neustále posouvat svoje hranice a zlepšovat se. Díky tomu může přinášet významnější pocity požitku a chuti v tréninku pokračovat, než je tomu u klasického BT (Giboin, Gruber a Kramer; 2018, s. 2).

### 5.1 Balanční trénink

Neexistuje jeden termín, který by sdružoval balanční cvičení pro zlepšení PS, ovšem pojmenování BT se jeví jako nejlepší. Zaměřuje se primárně na zlepšení rovnováhy. Nezmiňuje specifické biologické struktury, které mohou být změněny v reakci na trénink, ale popisuje spíše zlepšení v provádění konkrétního úkolu (Taube, Gruber a Gollhofer, 2008, s. 101).

BT je doporučován například pro zlepšení výkonnosti v různých sportech, ale i jako metoda preventivní, která snižuje riziko výskytu zranění ve sportu. Dále potom k urychlení rekonvalescence po zranění, a tedy i k urychlení celého rehabilitačního procesu. V neposlední řadě má svůj potenciál i v prevenci pádů u starší populace. Z klinického hlediska je to efektivní metoda, která zlepšuje statické posturální výchyly i dynamickou rovnováhu jak u sportovců, tak i nesportovců (Giboin, Gruber a Kramer, 2015, s. 22; Zech et al., 2010, s. 402).

#### 5.1.1 H-reflex

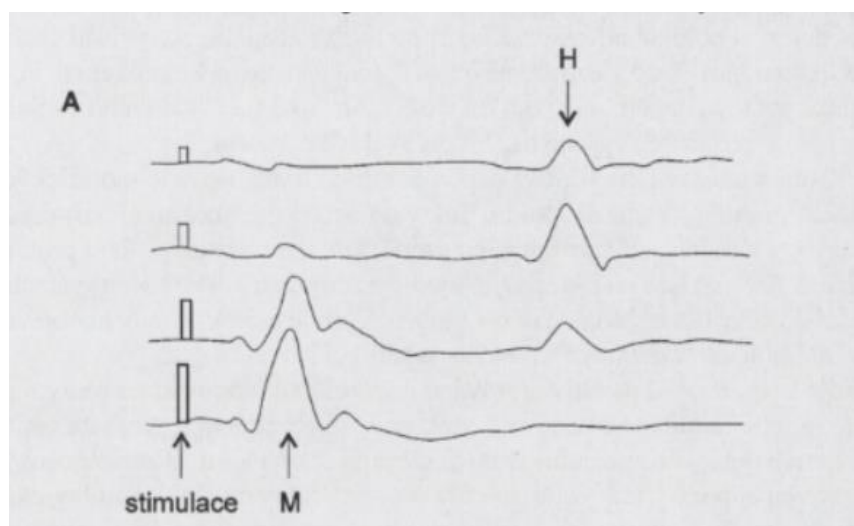
Významnou roli v této problematice zaujímá tzv. H-reflex neboli Hoffmanův reflex. Jedná se o reflexní odpověď svalu na elektrické podráždění nervu, který daný sval inervuje. Pro zhodnocení reflexní odpovědi se využívá elektromyografický záznam. Tento reflex je možné u zdravého člověka v klidu vyvolat jen v lýtkovém svalu, a to v jeho nejhlubší části, tedy v *musculus soleus* po podráždění *nervus tibialis*. Tento sval je považován za nejvíce posturální z celého těla. Je u něj velmi dobře vybavný také reflex myotatický, který lze vyvolat poklepem



neurologického kladívka na Achillovu šlachu a lze předpokládat, že oba tyto reflexy probíhají po stejných synapsích (Trojan, 2001, s. 88 a 92).

Reflexní odpověď vyvolaná dráždící elektrodou závisí u H-reflexu na délce a intenzitě impulsu. Změnu amplitudy mohou vyvolat i další podněty. Svoji roli zde může hrát jak fáze dechu, tak i poloha hlavy. Za pomoci H-reflexu lze zjistit měnící se dráždivost motoneuronů uvnitř CNS zapříčiněnou různými vlivy (Trojan, 2001, s. 92).

Z elektromyografického záznamu je možné odečíst reflexní odpověď, kterou představuje vlna H a také vlnu M, která reprezentuje přímou odpověď svalu na dráždění motorických nervových vláken. Bude-li se intenzita impulsu zvyšovat postupně, tak bude nejprve vybaven jen H-reflex s menší amplitudou. Ta se ovšem bude se zvyšující se intenzitou impulsu dále navyšovat až do svého maxima a postupně se začne objevovat i vlna M, jejíž amplituda bude zpočátku menší. Tento trend dále pokračuje navyšováním M vlny, ovšem vlna H po dosažení maxima začne pomalu klesat, až zcela vymizí (viz obrázek 4). Tento jev lze vysvětlit faktem, že sensorická vlákna vedoucí do svalového vřetenka jsou silnější než ta motorická. Proto mají motorická vlákna, která popisuje vlna M, vyšší práh dráždivosti a křivka se začíná objevovat až při vyšší intenzitě přicházejících impulsů. Vymizení H vlny je způsobené tím, že při podráždění motorických nervových vláken dojde k zablokování reflexní odpovědi vlivem šíření vzruchu nejen ke svalům, ale i k motoneuronům (Trojan, 2001, s. 92-94).



**Obrázek 4** Vývoj vlny H a vlny M v závislosti na intenzitě stimulace (Trojan, 2001, s. 93).

Vztah H-reflexů a BT je velmi úzký. K facilitaci H-reflexů dochází v momentu, kdy jsou posturální požadavky sníženy například pomocí přídavné mechanické podpory. Naopak ke

snížení amplitudy H-reflexů dochází při balancování na úzké kladině ve srovnání s obyčejnou chůzí nebo při stoji, jakmile dojde k vyřazení zrakové kontroly. U náročnějšího balančního úkolu dochází ke snižování aferentního přenosu informací (Taube, Gruber a Gollhofer, 2008, s. 104).

Lidský reflexní míšní systém má velkou schopnost adaptace a dokáže rychle reagovat na změny prostředí. Například pacienti s Parkinsonovou chorobou toho ovšem nejsou schopni. U labilního stoje nedokáží změnit amplitudu H-reflexu. Předpokládá se, že výhodou snížení míšních reflexů při balančním úkolu je prevence reflexně zprostředkovaných oscilací kloubu a přesun řízení pohybu na vyšší centra (Taube, Gruber a Gollhofer, 2008, s. 104).

Lidé jsou schopni modifikovat míšní reflexy v reakci na konkrétní stoj. Pokud musí zdravý člověk dlouhodobě čelit nestabilní opěrné ploše a H-reflex je využit jako prostředek, který způsobuje destabilizaci, subjekt se naučí potlačit H-reflexy do dvou hodin. Tato schopnost navíc přetrvává i u lidí nad 65 let a je doprovázena zvýšenou stabilitou stoje. K jejich potlačení dochází ale i po tréninku na nestabilní opěrné ploše bez rušivých vlivů elektrické stimulace (Taube, Gruber a Gollhofer, 2008, s. 104-105).

BT dokáže změnit míšní reflexy a vede k trvalému snižování H-reflexů u subjektů, které mají dlouhodobě zvýšené nároky na PS. Předpokládá se, že k modifikaci míšního reflexu ovšem dochází primárně u trénovaného úkolu (Taube, Gruber a Gollhofer, 2008, s. 105).

### **5.1.2 Balanční trénink ve vztahu k PS**

Důležité informace v této oblasti poskytují studie zabývající se právě BT a jeho hodnocením. Přesněji zda je, nebo není možné dovednosti získané jedním typem BT převést i do jiných forem BT. Jak již bylo zmíněno dříve, z klinického hlediska je to efektivní metoda, která zlepšuje statické posturální výchylky i dynamickou rovnováhu jak u sportovců, tak i nespportovců. Ovšem studie zabývající se tímto problémem došla k závěru, že BT a pokrok spojený s nácvikem daného úkolu je vysoce vázán právě na nacvičovanou dovednost. Což v praxi znamená, že nemusí globálně zlepšovat balanční schopnosti (Giboin, Gruber et Kramer, 2015, s. 22 a 30; Zech et al., 2010, s. 402).

Dalo by se uvažovat i nad faktem, že míra přenesení dovednosti z jednoho úkolu na druhý bude souviset s tím, jak si jsou dva dané úkony podobné. Ovšem takový trend neexistuje. Zdá se tedy, že balanční kapacita není univerzální, vezmeme-li v potaz množství balančních úkolů, se kterými se lze setkat. Ukazuje se, že jde spíše o součet specifických naučených dovedností. Ovšem metaanalýza pojednávající o této problematice porovnávala pouze studie,

kde se pracovalo jen se zdravými jedinci bez jakéhokoliv tělesného deficitu (Kümmel et al., 2016, s. 1265-1269).

Jedna ze systematických analýz došla k závěru, že zde může hrát roli i délka tréninku. Delší doba tréninku, od šesti do dvanácti týdnů, se jeví efektivnější než délka trvání pouhé čtyři týdny. To znamená, že chceme-li zaznamenat pozorovatelné změny v senzomotorické adaptaci, musí BT probíhat alespoň po dobu šesti týdnů. Ovšem tyto výsledky je nutné brát s určitou rezervou vzhledem k variabilitě porovnávaných studií. Ty se lišily použitými metodami i dávkováním zátěže (Zech et al., 2010, s. 402).

S podobným trendem pracovaly i další tři metaanalýzy a přehledové studie, které se zabývaly právě vztahem mezi dávkováním balančního tréninku a jeho efektem na rovnováhu. Každá ze studií pracovala s jinou skupinou populace. Jedna se zabývala efektem u dětí a adolescentů, další u dospělých jedinců ve věku mezi 16 a 40 lety a třetí u seniorů nad 65 let. Všechny tři se shodly v tvrzení, že optimální délka tréninkového období je 11-12 týdnů. V dalších parametrech se již mírně rozcházely. Zatímco u dětí a adolescentů jsou vhodné dva tréninky týdně, u skupiny dospělých jedinců jsou to již tréninky 3, a stejně tomu je i u populace nad 65 let. Významný rozdíl je tedy v celkovém množství tréninků, který je u dětí a adolescentů 24-36 a u populace nad 65 let 36-40 tréninků za celé období. Ovšem nejmarkantnější odlišnost lze pozorovat v délce jedné tréninkové jednotky. U dětí a adolescentů je dostatečná délka 4-15 minut, zatímco u populace nad 65 let je to 31-45 minut. Díky těmto poznatkům je možné stanovit efektivní parametry BT tak, aby vedly ke zlepšení rovnovážného výkonu. Ovšem je nutné podotknout, že tyto výsledky by neměly být využívány bez rozmyslu a paušálně na každého jedince, ale vždy s ohledem na danou situaci a konkrétní potřeby (Gebel et al., 2018, s. 2067-2068; Lesinski et al., 2015b, s. 1721-1722; Lesinski et al., 2015a, s. 557-558).

Rozdíl v množství tréninků za týden a jejich celkovém množství u dětí a adolescentů oproti dospělým a seniorům lze vysvětlit tím, že u dospívajících jsou kladeny větší nároky na délku neuromuskulárního zotavení a adaptaci v porovnání s dospělou populací. Jsou-li kontinuální stimuly BT aplikovány s nedostatečným odstupem, mohou být procesy obnovy a adaptace narušeny, což způsobí nedostatečné rozvinutí účinků vyvolaných BT a může dojít k negativnímu ovlivnění celkového výkonu (Gebel et al., 2018, s. 2085-2086).

Dále bylo zjištěno, že studie, které zahrnovaly trénink s vrcholovými sportovci, vykazovaly největší zlepšení při měření rovnováhy oproti neprofesionálním a rekreačním sportovcům a netrénovaným jedincům. Možným vysvětlením by mohl být fakt, že vrcholoví sportovci za svůj život absolvovali okolo 10 000 hodin tréninku ve srovnání s neprofesionálními a rekreačními sportovci nebo netrénovanými jedinci. Toto obrovské

množství předchozích zkušeností s tréninkem od útlého dětství může mít vliv na relevantní neurofyziologické vlastnosti. Profesionální sportovci vykazují oproti těm neprofesionálním vynikající schopnosti vnímání, předvídání a rozhodování, které napomáhají k efektivnějšímu nabývání nových motorických dovedností (Lesinski et al, 2015a, s. 557; Yarrow, Brown a Krakauer, 2009, s. 592).

## **5.2 Slackline trénink**

Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly, to, zda je ST vhodný jako tréninková strategie pro ovlivnění PS, tedy statické a dynamické rovnováhy, není zcela zřejmé (Donath et al., 2016, s. 1075).

Po roce 2000 bylo provedeno velké množství studií, které se tímto problémem zabývaly. Tyto studie se od sebe lišily většinou v mnoha parametrech. Významný rozdíl byl například v délce trvání ST, a to jak z pohledu délky jedné tréninkové jednotky a počtu tréninků za týden, tak i z pohledu trvání celého ST. Další proměnnou tvořila skupina jedinců, kteří se dané studie zúčastnili. Rozdílly byly především ve věku testovaných subjektů. Velké množství studií pracovalo s mladými jedinci v produktivním věku, zatímco těch s dětmi a seniory nad 60 let bylo celkově méně. Mnoho studií pracovalo s nespportovci, ale velká část naopak i s profesionálními sportovci. Vzhledem k informacím, které jsou shrnuty v předchozí kapitole, je zřejmé, že již tyto odchylky mohly hrát významnou roli v tom, k jakému výsledku nakonec daná studie došla. V neposlední řadě je nutné zmínit i rozdílný způsob v měření a zpracování výsledných dat napříč studiemi.

### **5.2.1 Změny na úrovni CNS**

Giboin et al. (2019, s. 6-7) zjistili, že šest týdnů ST vyvolalo zvýšení propojení mozkových systémů jak korových, tak i podkorových oblastí, které jsou spojené s plánováním, přípravou, provedením, hodnocením a korekcí pohybu a do určité míry i s motorickým učením. Oboustranně se jednalo o tyto korové oblasti; premotorickou a primární motorickou kůru, primární a sekundární somatosenzorickou kůru, insulu, horní část parietálního laloku a horní, střední a dolní část temporální kůry. Zvýšení konektivity vyzorovali i u těchto podkorových oblastí; amygdala, hippocampus, oboustranně nukleus caudatus, globus pallidum, claustrum, pulvinar, mediální a laterální mozeček a mozkový kmen. Žádnou z těchto změn nepozorovali u kontrolní skupiny. Tato studie je vůbec první, která prokazuje současné zlepšení výkonu u konkrétního úkolu a změny konektivity mezi velkým množstvím struktur, které jsou tradičně spojovány s rovnováhou, posturou a motorickou kontrolou.

Významným poznatkem je i to, že zvýšené propojení mozkových systémů bylo spojeno s vysoce specifickým zlepšením, které bylo detekovatelné pouze pro daný tréninkový úkol, v tomto případě ST. U netrévaného balančního úkolu se tato změna v konektivitě nijak neprojevila. Toto tvrzení potvrzuje i fakt, že výkon účastníků trénované skupiny a kontrolní skupiny se nijak nelišil u netrévaného balančního úkolu (Giboin et al., 2019, s. 8).

### **5.2.2 Vliv ST na H-reflex**

Keller et al. (2012, s. 472) ve své studii ověřovali počáteční hypotézu, zda 4 týdny ST vedou ke zlepšení PS a snížení H-reflexů v různých posturálních podmínkách. Došli k závěru, že po čtyřech týdnech ST došlo k zřetelnému poklesu reflexní aktivity. Naproti tomu u kontrolní skupiny nebyly registrovány žádné změny. Pokles reflexní aktivity byl ovšem pozorován po čtyřech týdnech i u běžného stoje, stoje na balanční čočce i stoje na posturomedu. Tato studie tedy jako první poukazuje na to, že po ST stejně jako po klasickém BT dochází ke změně H-reflexů.

Giboin et al. (2019, s. 8) dokázali díky metodě měření H-reflexů během ST změřit míšní dráždivost. Vypozorovali, že dochází ke snížení amplitudy H-reflexu v závislosti na trénované činnosti a následnému zlepšení výkonů v této činnosti. Vzhledem k tomu, že došlo ke snížení H-reflexu výlučně u trénovaného úkolu, je tato studie první, která poukazuje na možnou úkolovou specifičnost tohoto reflexu.

Tyto dvě výše zmíněné studie jsou ve vzájemném rozporu. Keller et al. (2012) prokazují změnu H-reflexu i u netrévaných balančních úkolů, zatímco Giboin et al. (2019) poukazuje na možnou úkolovou specifičnost tohoto reflexu, jelikož nedošlo ke změně H-reflexů u netrévaných balančních úkolů. Ovšem další studie, které pozorovaly vliv BT na H-reflex, došly k podobnému závěru jako Giboin et al. (2019), tedy že snižování H-reflexů je úkolově specifické (Taube, Gruber a Gollhofer, 2008, s. 105; Giboin et al., 2020, s. 1957).

## 6 Přehled studií

V úvodu předchozí kapitoly bylo zmíněno, že po roce 2000 bylo zpracováno několik studií, které se zabývaly vlivem ST na PS. V tabulce č. 1 je přehled studií, které budou v další části práce blíže rozebrány. Je možné z ní vyčíst celkový počet studií zahrnutých v bližší analýze, jaká věková kategorie byla cílovou skupinou dané studie a jak dlouho probíhal samotný ST.

**Tabulka 1** Přehled podrobněji rozebraných studií.

	4 týdny	6 týdnů	12 týdnů
<b>Děti a adolescenti</b>	2 studie	2 studie	X
<b>Dospělí</b>	3 studie	4 studie	1 studie
<b>Senioři</b>	X	2 studie	X

Ze záznamů v tabulce je zřejmé, že nejvíce studií s touto tematikou pracuje s dospělými jedinci. Naopak studií zabývajících se vlivem ST na PS u seniorů je méně. Tento fakt může dle mého názoru souviset s potenciálním strachem z pádu ze slackline a následným zraněním, které by mohlo nastat.

Dalším viditelným rozdílem je délka prováděné studie. Nejčastěji byl ST rozložen do šesti týdnů, ovšem absolutní časová dotace na minuty byla různá. V souvislosti s informacemi uvedenými v kapitole 5.1.2 se tato délka může jevit jako nedostatečná, jelikož optimální délka, která byla zjištěna prostřednictvím 3 zmíněných metaanalýz, je 11-12 týdnů. Takovou časovou dotaci měla však jen jedna posuzovaná studie. Gebel et al. (2018, s. 2085) uvádí, že kratší časové období, než je 11-12 týdnů, není u dětí příliš efektivní. S vyšším počtem tréninkových týdnů ale efektivita neklesá. Taktéž zmiňují, že BT může být velmi nápomocný, pokud je prováděn dlouhodobě. Ovšem díky malému počtu studií delších jak 12 týdnů není možné předvídat, jaký dlouhodobý efekt může BT na děti a adolescenty opravdu mít. Lesinski et al. (2015a, s. 573) naproti tomu popisují vztah optimální délky tréninku a jeho efektivitu u dospělých jedinců pomocí Gaussovy křivky. Vrcholem křivky je v tomto případě BT dlouhý 11-12 týdnů, jehož efektivita je zde největší. Jak s ubývajícím, tak i s přibývajícím počtem tréninkových týdnů ovšem efektivita klesá. Vzhledem k malému počtu studií delších jak 12 týdnů je toto tvrzení předběžné a mělo by být posuzováno s rozvahou.

## 6.1 Studie s dětmi a adolescenty

Dle tvrzení z roku 1985 dochází v sedmi letech k ukončení vývoje struktur zodpovědných za motorické řízení, a právě v tomto věku je ukončeno i zrání posturální kontroly (Shumway-Cook a Woollacott, 1985 in Sá et al. 2017, s. 71). Ovšem dle Assaiante et al. (2005) tyto děti nemají dostatek motorických zkušeností na to, aby již došlo ke kompletnímu vývoji motorického řízení a posturální kontroly. Další studie pracující celkem se 289 dětmi ve věku od 6 do 14 let došla k závěru, že PS těchto dětí nedosáhla na úroveň dospělých jedinců ani ve věku mezi 13-14 lety. Zde dochází k rozkolu mezi studiemi. Ovšem jejich velká část poukazuje na to, že k vývoji a zrání PS dochází v průběhu celého dětství a přechází i do adolescence. Dokonce ani mezi 14. a 15. rokem ještě proces zrání nedosáhl úrovně dospělých jedinců (Barozzi et al., 2014, s. 2070, 2073 a 2077).

Dle Gebel et al. (2018, s. 2068) je optimální délka trvání balančního tréninku u dětí a adolescentů 11-12 týdnů s celkem dvěma tréninky týdně, kdy jeden má délku 4-15 minut. Příliš dlouhá doba trvání jednoho tréninku celkově snižuje zlepšení výkonnosti vyvolané BT.

Blíže jsou zde rozebrány 4 studie, které pracovaly s dětmi či adolescenty. Dvě z nich byly zaměřeny na netréňované jedince a dvě naopak na sportovce na regionální či národní úrovni ve fotbale nebo v judu.

### 6.1.1 Netréňované osmileté děti

Tato studie měla vůbec nejmenší absolutní časovou dotaci, která byla 90 minut a tento čas byl rozprostřen do 2-4 týdnů. Účastníky byly osmileté děti a dospělí jedinci. Původní hypotéza spočívala v tvrzení, že děti jsou méně stabilní než dospělí během statického vzpřímeného stoje, a autoři předpokládali, že tatáž situace bude platit i pro jiný úkol, který ovšem bude nový jak pro děti, tak i pro dospělé a bude velmi dynamický. Tím zmíněným dynamickým úkolem byl stoj na jedné dolní končetině na slackline. Z měření, které bylo provedeno před a po ST, vyplynulo, že sice zpočátku nebyly schopny ani děti, ani dospělí stát na slackline déle jak 5 sekund, ale u dospělých došlo po dvou tréninkových jednotkách k výrazné změně. Zatímco medián délky stání na slackline byl u dětí po dvou lekcích stále 5 sekund, u dospělých byl medián 60 sekund. Z tohoto lze vyvodit, že posturální kontrola dospělých se efektivněji adaptuje na neznámý a nový úkol a že mají dospělí také lepší schopnost propriocepce (Schärli et al., 2013, s. 1664-1671). Sá et al. (2017, s. 73) uvádí, že mezi 5. a 12. rokem života se posturální výchylky snižují s narůstajícím věkem a zvyšují s narůstajícími posturálními nároky.

Dále bylo možné pozorovat, že děti nebyly schopny fixovat během ST svůj pohled na vizuální pevný bod tak jako dospělí a také že děti měly výrazně větší pohyby hlavy v prostoru

než dospělí. Jelikož se schopnost kontrolovat stabilitu hlavy během pohybového úkolu rozvíjí mezi třetím a šestým rokem dítěte, dalo by se uvažovat, že si děti mohou uvědomovat méně než dospělí, že stabilita hlavy je zásadní pro úspěšné udržení rovnováhy při náročném balančním úkolu, jako je stoj na jedné dolní končetině na slackline (Cumberworth et al., 2007, s. 449; Schärli et al. 2013, s. 1671-1672). Toto odkazuje mimo jiné na výzkum Assaiante et al. (2005), který poukazuje na nedostatek zkušeností s prováděním motorických úkolů u sedmiletých dětí a potřebě nabývat nové zkušenosti a rozvíjet tak své posturální dovednosti.

### **6.1.2 Judisté na regionální a národní úrovni**

Tento výzkum byl zaměřen na judisty pod 20 let na regionální a národní úrovni, kteří podstoupili po dobu 4 týdnů celkem 8 tréninků na slackline s absolutní časovou dotací 480 minut. U jedinců spadajících do experimentální skupiny došlo po této době ke značnému zlepšení posturální kontroly oproti kontrolní skupině, což bylo zjištěno pomocí měření výchylek COP na baropodometrické plošině během bipedálního stoje a stoje na jedné dolní končetině. Rozdíl proti první studii je velmi významný jak v absolutní časové dotaci, která byla zde vyšší o téměř 400 minut, tak i ve věku testovaných subjektů. Věkový průměr experimentální skupiny byl 16 let. Důležité je také neopomenout fakt, že se jedná o elitní atlety na regionální i národní úrovni (Santos et al., 2014, s. 541-546). Jak již bylo jednou zmíněno v kapitole 5.1.2, elitní sportovci vykazují oproti neelitním sportovcům skvělé schopnosti vnímání, předvídání a rozhodování, které napomáhají k efektivnějšímu nabývání nových motorických dovedností (Yarrow, Brown a Krakauer, 2009, s. 592).

### **6.1.3 Fotbalisté pod 19 let na vrcholové úrovni**

Tato studie je velmi podobná té s mladými judisty. Testovanými subjekty byli opět elitní atleti, a to hráči fotbalu pod 19 let hrající národní ligu. Absolutní časová dotace byla ovšem pouze 90-162 minut a trénink byl rozprostřen do celkem šesti týdnů. Ve výsledku došlo opět ke zlepšení posturální kontroly u experimentální skupiny oproti kontrolní skupině, což bylo zjištěno pomocí měření výchylek COP na baropodometrické plošině při bipedálním stoji a stoji na jedné dolní končetině. Zajímavým zjištěním této studie ovšem bylo, že k většímu zlepšení měřených parametrů došlo u hráčů na jejich levé dolní končetině (nedominantní dolní končetina) a to zejména pokud byli postaveni na nestabilní plošinu. Nedominantní dolní končetina se zdá být slabší a méně obratná. Stoj na jedné dolní končetině na slackline by tak mohl být nápomocný při změně těchto zmíněných parametrů (Fernández-Rio et al., 2019, s. 242-243).



### **6.1.4 Netrénovaní chlapci od 8 do 14 let**

Předmětem tohoto výzkumu byli chlapci v rozmezí od 8 do 14 let. Časová dotace byla v tomto případě 1080 minut. ST byl rozprostřen do šesti týdnů a každý týden proběhly 3 tréninky, všechny dlouhé jednu hodinu. Ani po takto dlouhém období nedošlo u dětí ke zlepšení dynamické rovnováhy, která byla měřena pomocí Bass testu na dynamickou rovnováhu, který spočívá v provádění skoků na jedné dolní končetině s následným přistáním ve vyznačené oblasti na podložce. Ovšem znatelné změny byly pozorovány u statické rovnováhy, která byla měřena pomocí stoje na jedné dolní končetině nejprve na stabilním povrchu s otevřenými i zavřenými očima, a nakonec i na balanční čočce o průměru 65 cm. Její zlepšení bylo významné, zejména když byla statická rovnováha měřena na nestabilním povrchu, to znamená na balanční čočce. Zlepšení autoři vysvětlují tím, že je možné předpokládat velkou úkolovou specifickou balančního tréninku a že ST neposkytuje, stejně jako stoj na balanční čočce, stabilní povrch (Ferri-Marini et al., 2020, s. 412-416).

## **6.2 Studie s dospělými jedinci**

Do této skupiny spadá největší množství posuzovaných studií, a to celkem 8. Jejich design byl často velmi rozdílný, stejně jako tomu bylo u studií s dětmi a adolescenty.

Optimální délka BT je u dospělých stejně jako u dětí a adolescentů 11-12 týdnů. Trénink by měl probíhat 3x až 6x týdně a měl by být dlouhý 11-15 minut. Trénink delší jak 15 minut již nemá žádný další efekt (Lesinski et al., 2015a, s. 573 a 575).

Účastníky studií byli ve všech případech zdraví jedinci v produktivním věku. Většinou se jednalo o netrénované jedince bez předchozí zkušenosti se ST. Pouze v jednom případě studie pracovala s elitními atlety na vrcholové úrovni, kteří ale také neměli předchozí zkušenost se slackline.

### **6.2.1 4 týdny ST**

Do této kategorie spadají hned 3 studie. Jedna z nich byla blíže rozvedena v kapitole 6.1.1. Zbývající dvě měly stejný cíl, a to zjistit, zda ST zlepšuje PS, či nikoliv. Zajímavé je, že každá z nich došla k jinému závěru, i když obě trvaly právě 4 týdny.

Studie od Granacher et al. (2010, s. 717-722) říká, že po čtyřech týdnech ST nenastalo zlepšení statické ani dynamické posturální kontroly u trénovaných jedinců. Naproti tomu Pfusterschmied et al. (2013, s. 49-56) uvádí, že 4 týdny ST zlepšují medio-laterální balanc během stoje na jedné dolní končetině na stabilní i nestabilní ploše. Rozdíl lze nalézt v absolutní časové dotaci, která byla u Granacher et al. 550 minut a u Pfusterschmied et al. 900 minut. Další

odlišnost, které Pfusterschmied et al. ve své práci dávají velký význam, je rozdílný způsob měření, který by mohl způsobit takový rozpor. Zatímco oni ve své práci využili měření COG, což považují za lepší metodu, Granacher et al. využili měření COP. Změny v pozici COP zajišťuje kontrola kotníků a měření COG říká, jak účinná tato kontrola je (Benvenuti, 1999, s. 285).

Na základě svých výsledků Pfusterschmied et al. uvádí, že dovednosti získané při ST mohou být převedeny do jiných posturálních úkolů. Tento typ tréninku se zdá být vhodný jak pro zlepšení PS, tak pro redukci rozsahů pohybu v kloubech na dolních končetinách, zvláště během stoje na jedné dolní končetině.

To, že u studie od Granacher et al. nedošlo ke zlepšení, autoři vysvětlují tím, že délka ST 4 týdny nemusí být dostačující na to, aby vyvolala změny v posturální kontrole dospělých. Dále zvažují chybu v nastavení designu ST, pro který nejsou předepsána pravidla podobně jako pro klasický BT, a zdůrazňují, že aby se ST stal více efektivní, měla by tato pravidla vzniknout.

### **6.2.2 Hráčky basketbalu na vrcholové úrovni**

Trénink byl v tomto případě prováděn 3x týdně po pěti až devíti minutách a po dobu 6 týdnů. U účastnic bylo měřeno COP pomocí baropodometrické plošiny. Po šestitýdenním ST u nich došlo ke zlepšení posturální kontroly. Výchyly COP byly sníženy a významné změny bylo možné pozorovat zejména na levé dolní končetině, která byla pro všechny tou nedominantní. Všechna zlepšení byla možná pozorovat pouze tehdy, když byly testy prováděny na nestabilním povrchu na jedné dolní končetině, a nikoliv u bipedálního stoje. To autoři vysvětlují tak, že při ST je převaha úkolů spojena právě se stojem na jedné dolní končetině. Podstatné je ovšem to, že nedošlo k žádnému zlepšení parametrů COP při měření na stabilní pevné ploše, což opět odkazuje na malý přenos získaných dovedností do netrénovaných úkolů. Také uvažují nad možností, že pokud je cílem zlepšení posturální kontroly na pevném povrchu, měla by být slackline pod velkým napětím, aby jej dokázala alespoň částečně poskytnout (Santos et al., 2016, s. 654-662).

### **6.2.3 Rozdíl mezi ST a klasickým senzomotorickým tréninkem**

Klasický senzomotorický trénink probíhal na několika typech balančních pomůcek – balanční desky, podložky, čocky apod. ST zahrnoval balanční úkoly na slackline, jako je stoj na jedné nebo obou dolních končetinách apod. Po šesti týdnech se třemi tréninky týdně po patnácti minutách došlo u obou skupin ke zlepšení senzomotorických dovedností měřených senzomotorickými testy. Mezi výstupy ovšem byly nějaké rozdíly, které poukazují na úkolovou

specifičnost těchto dvou přístupů, což je v souladu s výsledky Giboin, Gruber et Kramer (2015) o BT (Volery et al., 2017, s. 839-845).

Subjektivně vnímali členové skupiny provádějící ST větší zlepšení ve srovnání s druhou skupinou. Vzhledem k poznatkům, které poukazují na to, že zdravé sebevědomí má pozitivní vliv na následný výkon (Hays et al., 2009, s. 1195), mohl by být ST skvělým doplňkem klasického senzomotorického tréninku (Volery et al., 2017, s. 844-845).

#### **6.2.4 Stoj na jedné dolní končetině na slackline a na pevném povrchu**

V této studii se všichni účastníci podrobili šestitýdennímu ST. Cílem byl co možná nejdelší stoj na jedné dolní končetině na slackline. Po uplynutí šesti týdnů provedli autoři měření, kde porovnali délku stání na jedné dolní končetině na slackline s délkou stání na jedné dolní končetině na pevném povrchu. Zatímco jeden z úkolů byl předmětem šestitýdenního tréninku, druhý úkol trénován nebyl. V konečném důsledku došlo ke zlepšení posturální kontroly u obou úkolů, ale 3x větší efekt bylo možné pozorovat u stoje na jedné dolní končetině na slackline (Serrien et al., 2017, s. 3428-3433). Stejně jako u jiných studií tento výsledek poukazuje na specifičnost klasického BT a velmi malé možnosti přenosu naučených dovedností z trénovaného úkolu do netrénovaného (Giboin et al., 2015; Kümmel et al., 2016).

Jednou z možností nízkého přenosu dovedností z jednoho úkolu na druhý může být dle autorů rozdílná koordinační strategie. Stoj na slackline je závislý na předpokladu nestabilního pohybujícího se povrchu. Tuto strategii pravděpodobně není vhodné využít pro úkol na stabilním povrchu (Serrien et al., 2017, s. 3433).

Samotná slackline se pohybuje zejména v medio-laterálním směru. Po ST ovšem nedošlo u trénovaných jedinců ke změnám kinematiky těla pouze v této rovině (laterální náklon trupu a pánve, abdukce a addukce kyčle, pronace a supinace kotníku). Změny v rozsahu pohybů nastaly i u antero-posteriorní roviny (náklon pánve a trupu v sagitální rovině, flexe a extenze kyčle, flexe a extenze kolene, flexe a extenze kotníku) a roviny transverzální (rotace pánve a trupu). Za normálního stoje jsou výchylky těla omezeny jen na malý rozsah vlivem příkazů na reflexní úrovni. Tuto strategii jedinci využijí i při prvním kontaktu se slackline. V průběhu ale dochází k postupnému zvyšování rozsahu pohybů v kloubech ve všech směrech. Pohyb jednoho kloubu kompenzuje pohyb v jiném kloubu tak, aby bylo neustále udržováno COM ve stabilní oblasti. Dalo by se uvažovat nad možností, že díky velmi rychlým a nepředvídatelným výchylkám slackline není vhodná kontrola převážně reflexní cestou. CNS potom spíše zvolí zvýšení rozsahů pohybu ve všech směrech pro udržení COM ve stabilní poloze (Serrien et al., 2017, s. 3434).

### **6.2.5 Hráčky házené**

V tomto případě se nejednalo o hráčky házené na vrcholové úrovni, ale studie se účastnily dva amatérské kluby házené. Celý ST probíhal 6 týdnů, vždy 2 tréninky týdně po 10 minutách. Těchto 12 tréninků vedlo k významnému zlepšení ve stoji na slackline, ale nedošlo k větším změnám statické a dynamické rovnováhy u jiných balančních úkolů, které byly některé více a některé méně podobné ST. Autoři také zmiňují, že pokud dojde ke krátkodobé adaptaci na BT, tuto adaptaci nelze zobecnit a musíme vzít v potaz, že v reálných podmínkách může zmizet. U hráček, které podstoupily ST, bylo dále možné pozorovat skvělý výkon u testu sprintu ve srovnání s hráčkami, které tento trénink nepodstoupily (Ringhof et al., 2018, s. 557-565). Důvodem by mohla být skutečnost, že ST zlepšuje aktivaci a koordinaci svalů pro inverzi a everzi nohy. Tyto dovednosti jsou nezbytné jak pro udržení rovnováhy, tak i pro sprint (Sekulic et al., 2013, s. 809).

### **6.2.6 3 měsíce ST**

Tato studie měla jako jediná z posuzovaných délku celé 3 měsíce, což znamená 12 týdnů. Tato délka je dle Lesinski et al. (2015a) neefektivnější pro BT. Navzdory délce celého ST nedošlo u účastníků ke zlepšení balančních dovedností u netrénovaných úkolů, ale pouze u provádění úkolů na slackline. To znamená, že ve výsledku se zjištění této studie shoduje s dalšími, které však měly poloviční i menší časovou dotaci. Autoři předpokládají, že aby mohlo dojít k celkovým změnám rovnováhy, které budou natolik významné, že ovlivní výkon ve všech netrénovaných balančních úkolech, musí ST a respektive tedy i BT trvat ještě déle než 12 týdnů (Giboin, Gruber a Kramer, 2018, s. 2-7). Závislost délky tréninku a jeho efektivity byla ovšem již dříve popsána pomocí Gaussovy křivky, která uvažuje, že delší BT než 12 týdnů bude méně efektivní. Ale jak již bylo jednou zmíněno, vzhledem k malému množství studií zabývajících se BT, které jsou delší jak 12 týdnů, nemůže být toto tvrzení bráno s absolutní platností a jde tak pouze o spekulaci (Lesinski et al. 2015a, s. 573).

## **6.3 Senioři**

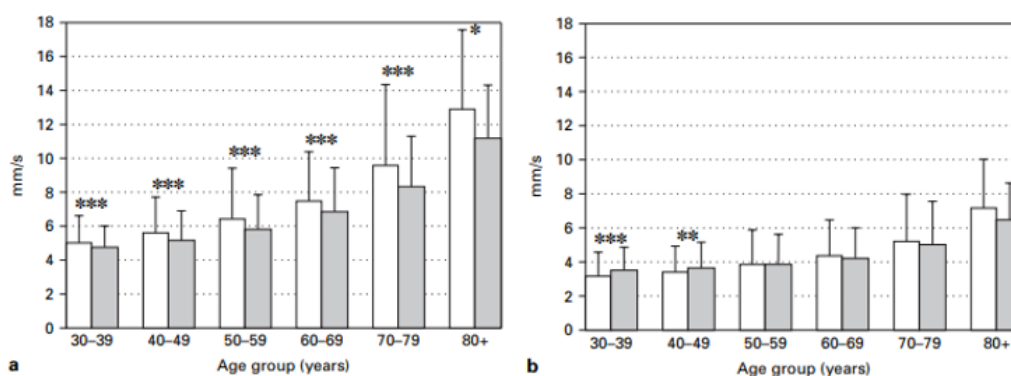
Do této skupiny patří jedinci starší 60 let. Bylo zjištěno, že statická i dynamická posturální kontrola se zhoršuje v průběhu celého života (Baloh, Ying a Jacobson, 2003, s. 835).

Pomocí měření bylo zjištěno, že s narůstajícím věkem dochází k navyšování rychlosti pohybu COP během klidného stoje s otevřenými očima trvajících 30 vteřin. Větší rychlost pohybu COP bylo možné sledovat v antero-posteriorním směru než v medio-laterálním směru. Rozdíly bylo možné pozorovat mezi všemi testovanými věkovými skupinami, ale velký rozdíl

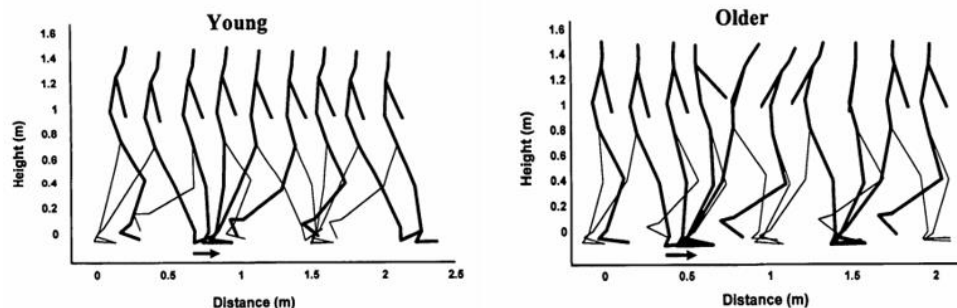
se projevil u lidí nad 60 let, kdy významněji byli postiženi muži (viz obrázek 5). Velmi podobné výsledky byly pozorovány i u stoje se zavřenými očima, tandemového stoje a polo tandemového stoje. Tato zjištění poukazují na zhoršující se statickou posturální stabilitu v průběhu celého života (Era et al., 2006, s. 207-212).

Horší dynamickou PS lze pozorovat u seniorů například po uklouznutí při chůzi. Po uklouznutí se u seniorů častěji projevila nestabilita v porovnání s dospělými. Tato nestabilita se může manifestovat například extenzí trupu nebo elevací horních končetin (viz obrázek 6, s. 38) (Tang a Woollacott, 1998, s. 475-479).

Optimální délka BT je u seniorů opět 11-12 týdnů. Trénink by měl probíhat 3x týdně a měl by být dlouhý 31-45 minut (Lesinski et al., 2015b, s. 1734-1736).



**Obrázek 5** Změny polohy COP při bipedálním stoji s otevřenými očima. Graf **a** zobrazuje rychlost výchylky COP v antero-posteriorním směru v závislosti na věku. Graf **b** zobrazuje rychlost výchylky COP v medio-laterálním směru v závislosti na věku. Bílé sloupce představují muže a šedé sloupce představují ženy (Era et al., 2006, s. 207).



**Obrázek 6** První obrázek znázorňuje chůzi dospělého jedince, kdy tučná šipka naznačuje bod, kdy došlo k uklouznutí. Druhý obrázek znázorňuje chůzi seniora, kdy tučná šipka naznačuje bod, kdy došlo k uklouznutí. U seniora lze vidět extenzi trupu s elevací horních končetin značící jeho nestabilitu (Tang a Woollacott, 1998, s. 477).

### 6.3.1 Efekt ST na posturální kontrolu seniorů

ST probíhal 2x týdně po dobu šesti týdnů. Pro zhodnocení účinnosti ST byly provedeny dva testy na nestabilním povrchu (posturomed). Jednalo se o tandemový stoj a stoj na jedné dolní končetině. Z výsledků je možné vyvodit, že ST je prospěšný pro seniory a dochází ke zlepšení jejich PS. Účastníci ST byli schopni lépe zredukovat zrychlení balanční plošiny. K chůzi na slackline je nutné zlepšit schopnost udržet ji pod COM co nejvíce stabilní, čímž se zabrání eskalacím slackline. Dle výsledků této studie je možné schopnosti získané ze ST využít i v dalších balančních úkolech na nestabilní plošině (Thomas a Kalicinski, 2016, s. 393-397).

Výsledky se zdají být opět v rozporu s několika dalšími studiemi, které došly k závěru, že dovednosti získané ST jsou nepřenosné. Dle autorů lze tyto odlišnosti vysvětlit rozdílným metodologickým postupem každé ze studií (Thomas a Kalicinski, 2016, s. 397).

### 6.3.2 Efekt ST na neuromuskulární výkon seniorů

ST probíhal v tomto případě 3x týdně po dobu šesti týdnů. Ke zjištění efektivity tréninku byly opět využity dva testy, a to stoj na jedné dolní končetině a tandemový stoj. Oba tyto testy byly provedeny jak na slackline, tak i na silové desce. Posturální výchyly během testování na silové plošině byly určovány pomocí změn polohy COP. Autoři předpokládali, že dojde zejména k úkolově specifickému zlepšení balančního výkonu na slackline, což se také stalo. Tuto skutečnost ale považují za velmi pozoruhodnou, vzhledem k negativním účinkům stárnutí na posturální kontrolu (Donath et al., 2016, s. 275-283)

Jelikož autoři nenalezli žádný významný přenos získaných dovedností do jiných balančních úkolů (Donath et al., 2016, s. 281), je tato studie v rozporu s tou od Thomas a Kalicinski (2016).

## Diskuze

V konečném důsledku došlo u tří ze čtyř studií prováděných u dětí či adolescentů ke zlepšení posturální kontroly po ST (Yarrow, Brown a Krakauer, 2009; Fernández-Rio et al., 2019; Ferri-Marini et al., 2020) a pouze u jedné ke zlepšení nedošlo (Schärli et al., 2013).

To, že u osmiletých dětí ke zlepšení nedošlo (Schärli et al., 2013), lze vysvětlit tím, že PS ještě není zcela vyvinuta (Assaiante et al., 2005; Barozzi et al., 2014; Sá et al., 2017) a pro takto malé děti může být ST příliš náročný. Ale je nutné zmínit, že Ferri-Marini et al. (2020) pozorovali zlepšení statické rovnováhy u dětí mezi 8-14 lety. To může být možná způsobené rozdílem v době trvání ST, který byl v tomto případě téměř o 1000 minut delší.

Zlepšení balančních dovedností nastalo i přesto, že ST netrval 11-12 týdnů, což je dle Gebel et al. (2018) nejefektivnější doba. To může znamenat, že i délka 4 a 6 týdnů může být dostatečná pro zlepšení PS. Vzhledem k tomu, že ke zlepšení parametrů posturální kontroly došlo při měření bipedálního stoje a stoje na jedné dolní končetině na baropodometrické plošině (Yarrow, Brown a Krakauer, 2009; Fernández-Rio et al., 2019), poukazují tyto výsledky na možnost přenosu dovedností získaných ze ST do netrénovaných balančních úkolů. Podobné je to i u Ferri-Marini et al. (2020), kde došlo ke zlepšení statické rovnováhy během stoje na jedné dolní končetině na stabilním povrchu, ale bylo výraznější na balanční čočce. Kümmel et al. (2016, s. 1268) ovšem uvádí, že přenesení balančních dovedností z trénovaného úkolu do netrénovaného není závislé na podobnosti těchto úkolů. Toto tvrzení by mohlo podporovat i zjištění Giboin et al. (2019, s. 8), které poukazuje na fakt, že při ST dochází ke zvýšení propojení mozkových systémů, které je také velice specifické a vázané na trénovaný úkol a nijak se neprojeví u netrénovaného balančního úkolu.

U sedmi z osmi studií prováděných na dospělých došlo u trénovaných jedinců ke zlepšení PS v úkolech prováděných na slackline (Giboin, Gruber a Kramer, 2018; Pfusterschmied et al., 2013; Ringhof et al., 2018; Santos et al., 2016; Serrien et al., 2017; Schärli et al., 2013; Volery et al., 2017). Zlepšení bylo možné pozorovat stejně jako u dětí i tehdy, nebyl-li ST dlouhý 11-12 týdnů, což Lesinski et al. (2015a) udává jako nejefektivnější dobu trvání, ale ke zlepšení docházelo i po 4 a 6 týdnech. U jedné z těchto studií se měřila pouze délka stání na slackline na jedné dolní končetině a nebylo nijak zhodnoceno, zda došlo ke zlepšení výkonu i v jiných balančních dovednostech (Schärli et al., 2013). Dalších pět studií poukazuje na specifičnost ST z důvodu toho, že nedošlo k významnému zlepšení balančních dovedností v netrénovaných balančních úkolech (Giboin, Gruber a Kramer, 2018; Ringhof et al., 2018; Santos et al., 2016;



Serrien et al., 2017; Volery et al., 2017). Jedna studie svými výsledky poukazuje na to, že ke zlepšení PS dochází i u netrénovaných balančních úkolů (Pfusterschmied et al., 2013).

Co se týče specifčnosti ST, tak i když zmíněných 5 studií na ni poukazuje (Giboin, Gruber a Kramer, 2018; Ringhof et al., 2018; Santos et al., 2016; Serrien et al., 2017; Volery et al., 2017), neznamená to ještě, že u některých nedošlo vůbec k žádnému zlepšení v jiných posturálních úkolech. U studie od Santos et al. (2016) například došlo ke zlepšení posturální kontroly při testování stoje na jedné dolní končetině na balanční čočce a k žádnému zlepšení nedošlo při měření na stabilní pevné ploše. Zmiňují, že pokud je cílem zlepšení posturální kontroly na stabilní ploše, měla by mít slackline velké napětí. Slackline natažená pod větším napětím sice poskytuje pevnější oporu, ale výchyly zcela vyřadit nelze. Proto také nelze srovnávat stoj na jedné dolní končetině na slackline, i když je natažena pod velkým napětím, a stoj na jedné dolní končetině na pevné podložce. Ani v tomto případě by pravděpodobně nedošlo ke zlepšení při měření parametrů COP. Sice by se výchyly slackline zmenšily, ale nikdy by zcela nezmizely. Serrien et al. (2017) zase zjistili, že po ST dochází i ke zlepšení délky stání na jedné dolní končetině na pevném povrchu. Ovšem efekt byl u tohoto úkolu 3x menší než u stoje na jedné dolní končetině na slackline.

Studie prováděné na seniorech se ve svých výsledcích rozcházejí (Donath et al., 2016; Thomas a Kalicinski, 2016). Zatímco Donath et al. (2016) došli k závěru, že přenos získaných dovedností ze ST do jiných balančních úkolů je minimální, Thomas a Kalicinski, (2016) poukazují na to, že přenos je možný, a získané dovednosti se tak dají využít i při jiných úkolech.

Myšlenku o specifčnosti BT, a tedy i ST podporuje zcela jistě studie od Giboin et al. (2019), která poukazuje na fakt, že při tomto typu tréninku dochází ke zvýšení propojení mozkových systémů zodpovědných za plánování, přípravu, provedení, hodnocení a korekci pohybu. Tuto změnu v konektivitě mozkových oblastí ale nelze pozorovat u netrénovaného úkolu. To znamená, že pokud byl předmětem studie pouze ST, tak by dle těchto poznatků k větším změnám u netrénovaných balančních úkolů docházet nemělo.

Jen jedna studie ze všech posuzovaných napříč věkovými kategoriemi nedokázala zaznamenat žádné zlepšení PS ani u úkolů na slackline (Granacher et al., 2010). Autoři to vysvětlují tím, že celková délka ST 4 týdny s absolutní časovou dotací 550 minut pravděpodobně není dostatečná, což je možné vysvětlit.

Změna po ST nastává i u H-reflexu. Giboin et al. (2019) poukazují na to, že jeho snížení je úkolově specifické, zatímco Keller et al. (2012) tvrdí pravý opak. Vzhledem k tomu, že jsou srovnávány pouze dvě studie, nelze na základě toho vyvozovat přesný závěr. Ale vzhledem

k vlivu klasického BT na H-reflex, který poukazuje na jeho úkolovou specifičnost (Taube, Gruber a Gollhofer, 2008, s. 105; Giboin et al., 2020, s. 1957), je pravděpodobné, že i změny po ST budou specifické pro trénovaný úkol.

Z výsledků vyplývá, že je ST vhodným BT pro dospělé jedince i seniory. U dětí a adolescentů je pravděpodobně případné s tímto typem tréninku začít až okolo 14 let vzhledem k ukončení zrání PS. ST vzhledem ke všem získaným výsledkům zlepšuje PS jedince, a to zejména při úkolech prováděných na slackline. Při netrénovaných balančních úkolech se dovednosti získané ST buď vůbec neprojeví, nebo jsou velmi malé. Díky jeho motivačnímu charakteru se jeví jako skvělý doplněk ke klasickému BT a je vhodné jej zařadit do komplexních tréninkových plánů. Metaanalýza hodnotící 8 studií, z nichž 7 bylo v této práci podrobně rozebráno, se s těmito výsledky shoduje. ST má dle výsledků pozitivní efekt na plnění balančních úkolů, které jsou úzce spjaté s tréninkovým obsahem, jako je délka stání na slackline a dynamická rovnováha. Ovšem přenos do plnění statických a dynamických úkolů je omezený. V důsledku toho by slackline měla být zapojena do náročných multimodálních balančních tréninkových programů a nikoliv praktikována jako samostatná forma tréninku (Donath et al., 2016, s. 1075-1086).

## **Závěr**

Slackline trénink je dle poznatků získaných z provedených studií po roce 2000, které byly předmětem rozboru, vhodnou metodou pro zlepšení posturální stability jedince. Je ovšem nutné zohlednit velmi malý transfer těchto nově nabitých posturálních dovedností do jiných posturálně náročných úkolů. Největší změny bylo možné pozorovat právě u úkolů prováděných na slackline, menší potom u jiných netrénovaných dynamických úkolů. Téměř žádné změny nenastaly u statických balančních úkolů.

Na úkolovou specifčnost slackline tréninku poukazuje i změna v konektivité mozkových oblastí podílejících se na plánování, přípravě, provedení, hodnocení a korekci pohybu. Tyto změny bylo možné pozorovat pouze u trénovaného úkolu a nikoli u toho netrénovaného. Stejně změny je možné pozorovat i u snížení H-reflexu po slackline tréninku.

Všechny tyto poznatky je nutné zohlednit. Díky své motivující povaze je tento typ tréninku vhodným doplňkem klasického balančního tréninku, ale neměl by být používán jako jediná forma terapie. Pravděpodobně nejvhodnější je jeho začlenění do uceleného tréninkového programu, kde zcela jistě zaujme své místo a získá si oblibu trénovaných jedinců.

## Referenční seznam

ASHBURN, H. 2013. *How to slackline!: a comprehensive guide to rigging and walking techniques for tricklines, longlines, and highlines*. Helena, Montana: FalconGuides, an imprint of Globe Pequot Press. ISBN 9780762784998.

ASSAIANTE, Ch., MALLAU, S., VIEL, S., JOVER, M., SCHMITZ, Ch. 2005. Development of Postural Control in Healthy Children: A Functional Approach. *Neural Plasticity* [online]. 12(2-3), 109-118 [cit. 2021-03-21]. ISSN 2090-5904. Dostupné z: doi:10.1155/NP.2005.109.

BALOH, R. W., YING, S. H., JACOBSON, K. M. 2003. A Longitudinal Study of Gait and Balance Dysfunction in Normal Older People. *Archives of Neurology* [online]. 60(6), 835-839 [cit. 2020-11-5]. ISSN 0003-9942. Dostupné z: doi:10.1001/archneur.60.6.835.

BAROZZI, S., SOCCI, M., SOI, D., DI BERARDINO, F., FABIO, G., FORTI, S., GASBARRE, A. M., BRAMBILLA, D., CESARANI, A. 2014. Reliability of postural control measures in children and young adolescents. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* [online]. 271(7), 2069-2077 [cit. 2021-03-21]. ISSN 0937-4477. Dostupné z: doi:10.1007/s00405-014-2930-9.

BENVENUTI, F., MECACCI, R., GINEPRARI, I., BANDINELLI, S., BENVENUTI, E., FERRUCCI, L., BARONI, A., RABUFFETTI, M., HALLETT, M., DAMBROSIA, J. M., STANHOPE, S. J. 1999. Kinematic characteristics of standing disequilibrium: Reliability and validity of a posturographic protocol. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 80(3), 278-287 [cit. 2021-11-5]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/S0003-9993(99)90138-7.

CUMBERWORTH, V. L., N. N. PATEL, W. ROGERS, G. S. KENYON. 2007. The maturation of balance in children. *The Journal of Laryngology & Otology* [online]. 121(5), 449-454 [cit. 2021-03-16]. ISSN 0022-2151. Dostupné z: doi:10.1017/S0022215106004051.

DONATH, L., ROTH, R., ZAHNER, L., FAUDE, O. 2016. Slackline training and neuromuscular performance in seniors: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 26(3), 275-283 [cit. 2021-03-30]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/sms.12423.

DONATH, L., ROTH, R., ZAHNER, L., FAUDE, O. 2017. Slackline Training (Balancing Over Narrow Nylon Ribbons) and Balance Performance: A Meta-Analytical Review. *Sports Medicine*. 47, 1075–1086. DOI: 10.1007/s40279-016-0631-9.

DVOŘÁK, R. 2003. *Základy kinezioterapie* (2. vyd.). Olomouc: Univerzita Palackého, ISBN 80-244-0609-8.

DYLEVSKÝ, I. 2007. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada, ISBN 978-80-247-1649-7.

ERA, P., SAINIO, P., KOSKINEN, S., HAAVISTO, P., VAARA, M., AROMAA, A. 2006. Postural Balance in a Random Sample of 7,979 Subjects Aged 30 Years and Over. *Gerontology* [online]. 52(4), 204-213 [cit. 2021-03-29]. ISSN 0304-324X. Dostupné z: doi:10.1159/000093652.

FERNÁNDEZ-RIO, J., SANTOS, L., FERNÁNDEZ-GARCÍA, B., ROBLES, R., CASQUERO, I., PAREDES, R. 2019. Effects of Slackline Training on Acceleration, Agility, Jump Performance and Postural Control in Youth Soccer Players. *Journal of Human Kinetics* [online]. 67(1), 235-245 [cit. 2021-03-21]. ISSN 1899-7562. Dostupné z: doi:10.2478/hukin-2018-0078.

FERRI-MARINI, C., LUCERTINI, F., VALENTINI, M., FEDERICI, A. 2020. The effect of slackline training on balance performance in healthy male children. *Journal of Human Sport and Exercise* [online]. 15(2), 411-418 [cit. 2021-03-21]. ISSN 1988-5202. Dostupné z: doi:10.14198/jhse.2020.152.15.

GEBEL, A., LESINSKI, M., BEHM, D. G., GRANACHER, U. 2018. Effects and Dose–Response Relationship of Balance Training on Balance Performance in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* [online]. 48(9), 2067-2089 [cit. 2021-03-04]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-018-0926-0.

GIBOIN, L-S., LOEWE, K., HASSA, T., KRAMER, A., DETTMERS, Ch., SPITERI, S., GRUBER, M., SCHOENFELD, M. A. 2019. Cortical, subcortical and spinal neural correlates of slackline training-induced balance performance improvements. *NeuroImage* [online]. 202, 1-12 [cit. 2021-03-07]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2019.116061.

GIBOIN, L-S., GRUBER, M., KRAMER, A., MOSSELLO, E. 2018. Three months of slackline training elicit only task-specific improvements in balance performance. *PLOS ONE* [online]. 13(11), 1-9 [cit. 2020-11-15]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0207542.

GIBOIN, L-S., GRUBER, M., KRAMER, A. 2015. Task-specificity of balance training. *Human Movement Science* [online]. 44, 22-31 [cit. 2021-03-08]. ISSN 01679457. Dostupné z: doi:10.1016/j.humov.2015.08.012.

GIBOIN, L-S., TOKUNO, C., KRAMER, A., HENRY, M., GRUBER, M. 2020. Motor learning induces time-dependent plasticity that is observable at the spinal cord level. *The Journal of Physiology* [online]. 598(10), 1943-1963 [cit. 2021-03-14]. ISSN 0022-3751. Dostupné z: doi:10.1113/JP278890.

GRANACHER, U., ITEN, N., ROTH, R., GOLLHOFER, A. 2010. Slackline Training for Balance and Strength Promotion. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 31(10), 717-723 [cit. 2020-11-15]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: doi:10.1055/s-0030-1261936.

HAYS, K., THOMAS, O., MAYNARD, I., BAWDEN, M. 2009. The role of confidence in world-class sport performance. *Journal of Sports Sciences* [online]. 27(11), 1185-1199 [cit. 2021-03-28]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640410903089798.

JANURA, M., JANUROVÁ, E. 2007. *Fyzikální základ biomechaniky*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-1805-6.

JANURA, M. 2003. *Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 80-244-0644-6.

KELLER, M., PFUSTERSCHMIED, J., BUCHECKER, M., MÜLLER, E., TAUBE, W. 2012. Improved postural control after slackline training is accompanied by reduced H-reflexes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 22(4), 471-477 [cit. 2021-03-14]. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01268.x.

KOLÁŘ, P. 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.

KÜMMEL, J., KRAMER, A., GIBOIN, L-S., GRUBER, M. 2016. Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* [online]. 46(9), 1261-1271 [cit. 2021-03-04]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-016-0515-z.

LESINSKI, M., HORTOBÁGYI, T., MUEHLBAUER, T., GOLLHOFER, A., GRANACHER, U. 2015a. Dose-Response Relationships of Balance Training in Healthy Young Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* [online]. 45(4), 557-576 [cit. 2021-03-04]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-014-0284-5.

LESINSKI, M., HORTOBÁGYI, T., MUEHLBAUER, T., GOLLHOFER, A., GRANACHER, U. 2015b. Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine* [online]. 45(12), 1721-1738 [cit. 2021-03-04]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-015-0375-y.

NEVŠÍMALOVÁ, S., TICHÝ, J., RŮŽIČKA, E. *Neurologie*. 2002. Praha: Galén. ISBN 80-246-0502-3.

OPA VSKÝ, J. 2003. *Neurologické vyšetření v rehabilitaci pro fyzioterapeuty*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 80-244-0625-X.

PAGE, P. 2006. Sensorimotor training: A “global” approach for balance training. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 10(1), 77-84 [cit. 2021-02-16]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbmt.2005.04.006.

PFUSTERSCHMIED, J., BUCHECKER, M., KELLER, M., WAGNER, H., TAUBE, W., MÜLLER, E. 2013. Supervised slackline training improves postural stability. *European Journal of Sport Science* [online]. 13(1), 49-57 [cit. 2021-03-04]. ISSN 17461391.

RINGHOF, S., ZEEB, N., ALTMANN, S., NEUMANN, R., WOLL, A., STEIN, T. 2018. Short-term slackline training improves task-specific but not general balance in female handball players. *European Journal of Sport Science* [online]. 19(5), 557-566 [cit. 2021-03-28]. ISSN 1746-1391. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2018.1534992.

SANTOS, L., FERNÁNDEZ-RÍO, J., FERNÁNDEZ-GARCÍA, B., JAKOBSEN, M. D., GONZÁLEZ-GÓMEZ, L., SUMAN, O. E. 2016. Effects of Slackline Training on Postural Control, Jump Performance, and Myoelectrical Activity in Female Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 30(3), 653-664 [cit. 2021-03-27]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000001168.

SANTOS, L., FERNÁNDEZ-RÍO, J., FERNÁNDEZ-GARCÍA, B., DUE JAKOBSEN, M. 2014. The effects of supervised Slackline Training on postural balance in Judoists. *MEDICINA DELLO SPORT*. 67(4), 539-553 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <(PDF) The effects of supervised Slackline Training on postural balance in judoists (researchgate.net)>.

SÁ, C. dos Santos Cardoso de, BOFFINO, C. C., RAMOS, R. T., TANAKA, C. 2018. Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages a cross-sectional study. *Brazilian Journal of Physical Therapy* [online]. 22(1), 70-76 [cit. 2021-03-21]. ISSN 14133555. Dostupné z: doi:10.1016/j.bjpt.2017.10.006.

SEIDL, Z. 2008. *Neurologie pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2733-2.

SEKULIC, D., SPASIC, M., MIRKOV, D., CAVAR, M., SATTTLER, T. 2013. Gender-Specific Influences of Balance, Speed, and Power on Agility Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 27(3), 802-811 [cit. 2021-04-16]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e31825c2cb0.



SERRIEN, B, HOHENAUER, E., CLIJSEN, R., TAUBE, W., BAEYENS, J-P., KÜNG, U. 2017. Changes in balance coordination and transfer to an unlearned balance task after slackline training: a self-organizing map analysis. *Experimental Brain Research* [online]. 235(11), 3427-3436 [cit. 2021-03-28]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-017-5072-7.

SCHÄRLI, A. M., KELLER, M., LORENZETTI, S., MURER, K., VAN DE LANGENBERG, R. 2013. Balancing on a Slackline: 8-Year-Olds vs. Adults. *Frontiers in Psychology* [online]. 4, 1-11 [cit. 2021-03-16]. ISSN 1664-1078. Dostupné z: doi:10.3389/fpsyg.2013.00208.

TANG, P-F., WOOLLACOTT, M. H. 1998. Inefficient Postural Responses to Unexpected Slips During Walking in Older Adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* [online]. 53A(6), M471-M480 [cit. 2021-03-29]. ISSN 1079-5006. Dostupné z: doi:10.1093/gerona/53A.6.M471.

TAUBE, W., GRUBER, M., GOLLHOFER, A. 2008. Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica* [online]. 193(2), 101-116 [cit. 2021-03-07]. ISSN 1748-1708. Dostupné z: doi:10.1111/j.1748-1716.2008.01850.x.

THOMAS, M., KALICINSKI, M. 2016. The Effects of Slackline Balance Training on Postural Control in Older Adults. *Journal of Aging* [online]. 24(3), 393-398 [cit. 2021-03-04]. DOI: 10.1123/japa.2015-0099. ISSN 10638652.

TROJAN, S. 2001. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka* (2. vyd.) Praha: Grada. ISBN 80-2470-031-x.

VAŘEKA, I., VAŘEKOVÁ, R. 2009. *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2432-3.

VAŘEKA, I. 2002a. POSTURÁLNÍ STABILITA (I. část) TERMINOLOGIE A BIOMECHANICKÉ PRINCIPY. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 9(4), 115-121. ISSN 1211-2658.

VAŘEKA, I. 2002b. POSTURÁLNÍ STABLITA (II. část) ŘÍZENÍ, ZAJIŠTĚNÍ, VÝVOJ, VYŠETŘENÍ. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 9(4), 122-129. ISSN 1211-2658.

VÉLE, F. 2006. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapie poruch pohybové soustavy* (2. vyd.). Praha: Triton. ISBN 80-7254-837-9.

VÉLE, F. 1996. POHYB A VĚDY O POHYBU III. ČÁST. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 3(2), 65-69. ISSN 1211-2658. Dostupné z: <<https://ndk.cz/view/uuid:5c7f7290-a5a3-11ea-a182-005056825209?page=uuid:8a7cf900-a5ae-11ea-b633-5ef3fc9ae867>>.

VILIKUS, Z, BRANDEJSKÝ, P., NOVOTNÝ, V. 2004. *Tělovýchovné lékařství*. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-0821-9.

VOLERY, S., SINGH, N., DE BRUIN, E. D., LIST, R., JAEGGI, M. M., MATTLI BAUR, B., LORENZETTI, S. 2017. Traditional balance and slackline training are associated with task-specific adaptations as assessed with sensorimotor tests. *European Journal of Sport Science* [online]. 17(7), 838-846 [cit. 2021-03-28]. ISSN 1746-1391. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2017.1317833.

VYSKOTOVÁ, J. 2006. *Přístrojová technika v rehabilitaci pro fyzioterapeuty*. Ostrava: Ostravská univerzita, Zdravotně sociální fakulta. ISBN 80-7368-196-X.

What is slacklining? *Slackline.us* [online]. [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <<https://slackline.us/what-is-slacklining/>>.

What is slacklining? *International slackline association* [online]. [cit. 2020-11-5]. Dostupné z: <<http://www.slacklineinternational.org/what-is-slacklining/>>.

WINTER, D. A. 1995. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture* [online]. 3(4), 193-214 [cit. 2020-11-15]. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/0966-6362(96)82849-9.

YARROW, K., BROWN, P., KRAKAUER, J. W. 2009. Inside the brain of an elite athlete: the neural processes that support high achievement in sports. *Nature Reviews Neuroscience* [online]. 10(8), 585-596 [cit. 2021-03-15]. ISSN 1471-003X. Dostupné z: doi:10.1038/nrn2672.

ZECH, A., HÜBSCHER, M., VOGT, L., BANZER, W., HÄNSEL, F., PFEIFER, K. 2010. Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training* [online]. 45(4), 392-403 [cit. 2021-03-04]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-45.4.392.

## Seznam zkratek

<b>AC</b>	opěrná plocha
<b>AS</b>	plocha kontaktu
<b>BS</b>	opěrná báze
<b>BT</b>	balanční trénink
<b>COG</b>	střed gravitace
<b>COM</b>	těžiště
<b>COP</b>	střed tlaku
<b>ST</b>	slackline trénink

## Seznam obrázků

**Obrázek 1** Ilustrace upevnění slackline mezi dva pevné body (Ashburn, 2013, s. 22).

**Obrázek 2** Grafické znázornění AS, AC a BS (Vařeka, 2002a, s. 117).

**Obrázek 3** Změna těžiště během ontogenetického vývoje člověka (Dylevský, 2007, s. 88).

**Obrázek 4** Vývoj vlny H a vlny M v závislosti na intenzitě stimulace (Trojan, 2001, s. 93).

**Obrázek 5** Změny polohy COP při bipedálním stoji s otevřenýma očima (Era et al., 2006, s. 207).

**Obrázek 6** Reakce dospělého jedince a seniora na uklouznutí (Tang a Woollacott, 1998, s. 477).

## **Seznam tabulek**

**Tabulka 1** Přehled podrobněji rozebraných studií.