

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Lezení u dětí a mládeže: akutní fyziologická odezva a využití
lezení pro rozvoj síly na příkladu horních končetin**

Autoreferát disertační práce

Autor: Mgr. Michaela Zozuláková

Školitel: prof. Ing. Václav Bunc, CSc.

Odborný konzultant: doc. Mgr. Jiří Baláš, Ph.D.

Vědní obor: Kinantropologie

Školící pracoviště: UK FTVS, Laboratoř sportovní motoriky

Oponenti:

1.

2.

Termín veřejné obhajoby disertační práce:

Předseda komise pro obhajobu:

Praha, březen 2019

ÚVOD

Vědecké studie se ve velké míře zabývají obezitou. Obezita je označovaná za světovou epidemii jako následek nedostatku pohybové aktivity a s tím související pokles pohybové zdatnosti. Předmětem zájmu se stává čím dál tím více dětská populace. Zásadním problémem je forma pohybové aktivity a způsob její nabídky. Čím dál tím více dětí má nechuť být aktivní v hodinách tělesné výchovy na školách a roste jejich nechuť se jakkoliv hýbat v čase po škole. „Klasické“ formy pohybových aktivit nemusí být pro děti dostatečně atraktivní. Proto dají přednost sedavému způsobu života před monitory počítačů před televizí s prohlubujícím se pohybovým deficitem.

Děti se hýbou spontánně. Pokud přemýšlí nad pohybem, tak s cílem zábavy, adrenalinu nebo rozptýlení, a to buď v individuální podobě, nebo v kolektivu. Lezení tyto požadavky splňuje. Důkazem je zájem malých dětí dobývat stromy. Lezení na stěně pak nabízí dětem dobývání vyšší výšky bezpečnou formou, zároveň s učením zodpovědnosti za život lezce.

Samotný lezecký pohyb má hluboké kořeny. Bez lezeckého pohybu by lidé v pravěku nebyli schopni vyšplhat na strom, schovat se před divokou zvěří nebo si ulámat větve ze stromů pro stavění svých chýší. Ve své podstatě lezení člověku od pradávna umožňuje život nad zemí a také zároveň návrat zpátky na zem. I malé děti začínají svůj život objevovat díky lezení ve smyslu horizontální roviny. Pak se za pomoci židlí, skříní a stoliček dostávají na lezeckou vertikální úroveň. V dětství s lezením možná nevědomky stále pokračují na různých prolézačkách a při překonávání plotů a zídek.

Lezení je přirozený pohyb, který už dítě zná a pracuje s vlastní tělesnou hmotností. Zkouška pro děti nastává s lezením do vyšší výšky a překonávání sebe sama. Od lezeckého kroužku se můžeme dostat k samotnému odvětví sportovního lezení, lezení s lanem. Při této pohybové aktivitě je každý svým vlastním soupeřem, každý si nastavuje své cíle, kam doleze a kdy už má dost. Pokud se podíváme do soutěžního prostoru, lezec by nikdy neměl soupeřit s ostatními, ale zaměřit se sám na sebe a soupeřit s připravenou cestou.

Postupně se lezení dostává do povědomí nejenom široké veřejnosti, ale začíná být velice často lékaři doporučováno dětem, které trápí problémy se zády anebo mají ochablé svalstvo horní části těla. Je důležité mít neustále na paměti, že lezení na umělé stěně je specifickým sportem vyžadujícím správnou techniku pohybu, se kterou souvisí i správné instruktorské vedení a korekce postavení celého těla. Na prvním místě je zároveň

bezpečnost a dodržování pravidel. Pokud se dítě ocitne v roli jističe, je na něj přenesena zodpovědnost za spolulezce a sebemenší chyba, ať už jen krátká nepozornost, může vést k fatálním následkům.

Existuje řada studií dokazujících prospěšnost lezení pro lidské tělo. Ukazují, co se v těle odehrává a mění nebo jak se lezec dokáže psychicky nastavit před výkonem. V ničem ale nejsou jen pozitiva, i lezení má své stinné stránky, které mohou vést k negativním dopadům na zdraví jedinců. Jsou to hlavně zranění horní části těla, především prstů, které jsou při lezení extrémně namáhány.

Řada studií již poukázala na to, že lezení se pro dospělou populaci řadí mezi sporty se středně energetickou náročností a je provozovaný na úrovni mírné až střední intenzity. Lezení by mohlo být sportem, který podporuje kardiovaskulární aktivitu u dětí a pomáhá k všestrannému tělesnému rozvoji s důrazem na rozvoj síly horní části těla. Je tedy potřeba se zaměřit více na dětskou populaci a ukázat zdravotní benefity tohoto sportu i pro ně.

SHRnutí TEORETIKÉ ČÁSTI A STANOVENÍ VÝZKUMNÉHO PROBLÉMU

Pro dítě je základem pohybově aktivní rodič, který může být pro dítě vzorem. Takové děti v aktivním stylu života většinou pokračují zbytek života a nedotýká se jich pohybový deficit. Dochází u nich k pozitivnímu přenosu pohybových návyků, které jsou schopny předávat svým vlastním dětem. Současným trendem je snížená pohybová aktivita u dětí a mládeže. Dochází k sedavému způsobu života, který s sebou nese rizika ohrožující zdraví. Místo rodičů přebírají časem úlohu vzdělávací instituce, které mohou neaktivním dětem otevřít dveře k pohybu. Čím dál tím více základních škol kromě tělesné výchovy a povinného plavání začíná dávat poptávky po možnosti navštěvovat místo tělesné výchovy lezecké stěny.

Pro nabídku pohybové činnosti je důležité znát její zdravotní benefity. U dětí je podstatná znalost jejich vnitřních fyziologických dějů a adaptace na zátěž, aby docházelo ke zdravé podpoře jejich zrání a vývoje. Dalším aspektem, kromě zdravotních benefitů, je také atraktivita pohybové činnosti, která může do budoucna znamenat pravidelnost jejího konání a předcházení pohybového deficitu nebo jeho snižování.

Lezení je jedním z nástrojů ke zvýšení pohybové aktivity. Vědecké studie ukázaly, že pravidelné lezení může pozitivně ovlivnit silovou vytrvalost horních končetin a sílu stisku ruky. Stěžejní roli hraje svalová vytrvalost flexorů prstů, výbušná síla, svalová vytrvalost pletence ramenního, hluboký stabilizační systém svalstva a dobrá flexibilita kyčelního kloubu ve směru abdukce a vnější rotace pro efektivnější práci dolních končetin.

Lezení je sportem, při kterém dochází k pohybu celého těla, kde se střídají statické a dynamické fáze a různorodost „terénu“ (obtížnost cesty, sklon stěny), způsob pohybu (rychlost lezení), lezecký styl, schopnosti a zkušenosti lezců jsou faktory, které odrážejí odezvu organismu při lezení. Ze známých studií víme, že podle intenzity působení uvedených faktorů se odvíjí odlišná spotřeba kyslíku, která se pohybuje v průměru okolo $20-34 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ a maximální hodnoty spotřeby kyslíku dosahují hodnot $30-45 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. To řadí lezení mezi aktivity se střední energetickou náročností, kdy doba lezení obvykle trvá od 2 do 7 minut.

Bylo prokázáno na specifických lezeckých testech (výdrž ve shybu, výdrž ve visu a ruční dynamometrie), že lezení podporuje rozvoj síly horní části těla u dospělých lezců. Platí stejné tvrzení také pro děti a mládež? Je reálné a vhodné použití testů výdrž ve shybu,

výdrž ve visu a ruční dynamometrie ke zjištění rozvoje síly na příkladu horních končetin vlivem lezení?

Bylo prokázáno, že lezení je sportem, který podporuje kardiorespirační zdatnost u dospělých lezců. Můžeme to říci v případě dětských lezců? A jaká je intenzita zátěže při lezení u dětí a mládeže v reálných podmínkách lezeckých kroužků?

CÍL, HYPOTÉZY A ÚKOLY PRÁCE

Cíl

Stanovit fyziologickou odezvu organismu během lezení v reálných podmínkách a zároveň posoudit využití lezení na rozvoj síly na příkladu horních končetin u dětí a mládeže.

Hypotézy

1. Pohybový trénink založený na lezení v době trvání 16 týdnů (minimálně 16 tréninkových jednotek s hodinovou časovou dotací) významně ovlivní adaptaci na tuto činnost hodnocenou pomocí spotřeby kyslíku u 21 dětí ve věku $9,2 \pm 1,3$ let.
2. Objem lezeckého tréninku v době 16 týdnů (minimálně 16 tréninkových jednotek s hodinovou časovou dotací) významně ovlivní sílu horních končetin hodnocenou pomocí testů výdrž ve shybu, výdrž ve visu a ruční dynamometrií u 91 dětí ve věku $10,4 \pm 3,0$ let.

Úkoly

- Analýza relevantní literatury a teoretická příprava.
- Výběr a oslovení lezeckého centra pro realizaci výzkumu.
- Ověření diagnostických metod.
- Kvantifikovat energetický výdej a energetickou náročnost lezení na umělé stěně pomocí nepřímé kalorimetrie.
- Posoudit využití lezení pro rozvoj síly na příkladu horních končetin.
- Získané údaje zpracovat, analyzovat a na základě získaných výsledků stanovit závěry práce.

METODIKA PRÁCE

Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor tvořilo 112 dětí ve věku $9,8 \pm 1,4$ let, 91 z nich podstoupilo testování specifických lezeckých testů a 21 z nich podstoupilo měření fyziologické odezvy organismu během lezení na lezecké stěně Ruzyně v Praze. Náhodně vybrané děti, které se zúčastnily jak měření specifických lezeckých testů tak měření fyziologické odezvy během lezení, buď měly lezecké zkušenosti, anebo se jednalo o začínající lezce.

Design studie

Studie má charakter experimentálního výzkumu s vícefaktorovým designem ($3 \times 2 \times 2$). S vnitroskupinovým faktorem počtem měření a meziskupinovým faktorem pohlavím a pohybovou aktivitou s vlivem na sílu horní části těla s kovarianční proměnnou počtem vylezených metrů. Studie trvala 16 týdnů a byla rozdělena do tří časových období. Během 16 týdnů děti navštěvovaly lezecký kroužek jednou nebo dvakrát týdně. Délka studie odpovídala jednomu školnímu pololetí. Jedna jednotka lezeckého kroužku trvala 60 minut.

Morfologické ukazatele

Počty dětí ve skupinách a průměrné hodnoty (\pm směrodatná odchylka) věku, tělesné výšky, tělesné hmotnosti a body mass indexu jsou uvedeny v Tabulce č 1.

Tabulka č. 1 – Počty dětí ve skupinách a průměrné hodnoty (\pm směrodatná odchylka) věku, tělesné výšky, tělesné hmotnosti a body mass indexu

Měření	Pohlaví	N	Věk (roky)	Tělesná výška (cm)	Tělesná hmotnost (kg)	Body mass index ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)
Skupina dětí - specifické lezecké testy	Ž	41	$10,4 \pm 3,4$	$139,8 \pm 17,4$	$36,3 \pm 13,7$	18 ± 3
	M	50	$10,3 \pm 2,8$	$144,1 \pm 17,4$	$37,2 \pm 12,7$	17 ± 2
Skupina dětí - fyziologická odezva	Ž	11	$9,3 \pm 1,3$	$139,0 \pm 9,0$	$34,6 \pm 8,9$	18 ± 2
	M	10	$9,1 \pm 1,4$	$132,6 \pm 7,4$	$29,3 \pm 5,6$	17 ± 2

Lezecký protokol a fyziologická odezva při lezení

Lezecký protokol

Kolmý profil (90°) byl vysoký 9,8 m a převislý profil (110°) byl vysoký 10,0 m. Cesta v kolmém profilu byla ohodnocena stupněm obtížnosti IV UIAA a cesta v převislém profilu stupněm obtížnosti IV+ UIAA. Stejný lezecký protokol platil jak pro cestu v kolmém profilu tak pro cestu v převislém profilu. Obě cesty byly lezeny stylem top rope a vlastní rychlostí.

Cestu v kolmém profilu lezlo 21 dětí a 9 dětí lezlo cestu v převislém profilu. Po dolezení následoval odpočinek do navrácení počátečních hodnot (SF, $\dot{V}O_2$) jako před lezením. Děti lezly obě cesty do posledního chytu cesty, poté bylo 30 s na spuštění dolů na zem a děti lezly tu samou cestu podruhé.

Energetická náročnost

Energetickou náročnost ($\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$), s kalorickým ekvivalentem pro smíšenou stravu (20,1 kJ), jsme použili pro hodnocení lezecké dovednosti podle následující rovnice (Máček & Radvanský et al., 2011):

$$\text{Energetická náročnost (EE)} = \dot{V}O_{2\text{peak}} \cdot \text{EEO}_2$$

EE ($\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$) = energetická náročnost.

$\dot{V}O_{2\text{peak}}$ ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) = vrcholová = nejvyšší dosažená hodnota spotřeby kyslíku během posledních 20 s lezení.

EEO₂ (kJ) = průměrné množství uvolněné energie na 1 litr spotřebovaného kyslíku je 20,1 kJ (4,82 kcal); označuje se jako střední energetický ekvivalent.

Během 16 týdnů děti lezly stále stejnou, obtížnostně nejfrekventovanější lezeckou cestu na stěně. Se zvyšující lezeckou dovedností by energetická náročnost lezené cesty měla být nižší a vzhledem k známosti cesty by se měl čas lezení zkracovat. Pak by měly mít děti více času a prostoru pro lezení více cest, což by se mělo projevit ve vylezení většího počtu vylezených metrů.

Energetický výdej

Prostřednictvím energetického výdeje jsme hodnotili funkční odezvu organismu během lezení u dětí.

Energetický výdej ($l \cdot \text{min}^{-1}$) byl vypočítán z hodnot spotřeby kyslíku ($\dot{V}O_2$) podle následující rovnice (Maughan, 2008):

Energetický výdej ($\dot{V}O_{2\text{výdej}}$) =

$$= [\dot{V}O_{2\text{průměr lezení+po lezení}} \cdot (t_{\text{lezení}} + t_{\text{po lezení}})] - [\dot{V}O_{2\text{před lezením}} \cdot (t_{\text{lezení}} + t_{\text{po lezení}})]$$

$\dot{V}O_{2\text{výdej}} (l \cdot \text{min}^{-1})$ = průměr energetického výdeje během lezení a po lezení

$\dot{V}O_{2\text{průměr lezení + po lezení}} (l \cdot \text{min}^{-1})$ = průměr spotřeby kyslíku během lezení a po lezení

$t_{\text{lezení}} (s)$ = čas lezení

$t_{\text{po lezení}} (s)$ = odpočinek po lezení do navrácení počátečních hodnot jako před lezením (4,5 minuty do zotavení + 0,5 minuty trvání spuštění lezce na zem, před druhým lezením stejné cesty

$\dot{V}O_{2\text{před lezením}} (l \cdot \text{min}^{-1})$ = průměr poslední minuty spotřeby kyslíku před lezením

Energetický výdej byl použit pro vyjádření celkové lezecké práce (mechanické účinnosti/efektivity lezení).

Specifické lezecké testy

Děti podstoupily měření specifických lezeckých testů. Ruční dynamometrii jako ukazatele maximální síly flexorů prstů, test výdrž ve visu, který určuje svalovou vytrvalost flexorů prstů a test výdrž ve shybu, který hodnotí svalovou vytrvalost pletence ramenního. Všechny tři testy představují izolované měření svalových skupin, které se zapojují při lezeckém pohybu.

Vyhodnocení výsledků

Pro hodnocení výsledků jsme použili statistickou a věcnou významnost. Za statisticky významné byly považovány rozdíly na hladině $p = 0,05$. K hodnocení relativní věcné významnosti jsme použili koeficient parciální η^2 . Statistické analýzy byly provedeny pomocí statistického softwaru SPSS pro Windows verze 19 (Chicago, IL, USA).

Tělesné ukazatele, lezeckou zkušenost a počet vylezených metrů jsme hodnotili základní deskriptivní statistikou (průměr ± směrodatná odchylka).

Pro závěrečnou analýzu výsledků specifických lezeckých testů jsme použili opakovanou analýzu kovariance (rANCOVA) s kovarianční proměnou počtem vylezených metrů k posouzení závislosti na vylezených metrech. Pro fyziologickou odezvu organismu u dětí při lezení jsme použili opakovanou analýzu rozptylu (rANOVA).

Po zjištění významného rozdílu jsme provedli post-hoc test Bonferroniho korekci k vyšetření rozdílů mezi úrovněmi.

VÝSLEDKY

Mezi chlapci a dívkami nebyly významné rozdíly v tělesných ukazatelích, stejně tak mezi chlapci a dívkami nebyly významné lezecké rozdíly (počet vylezených metrů, lezecká výkonnost a lezecké zkušenosti). Nepotvrdil se vliv pohlaví na energetickou náročnost a energetický výdej organismu během lezení, který jsme hodnotili nepřímou kalorimetrií. A nebyl shledán ani významný vliv pohlaví na výsledky testů výdrž ve shybu, výdrž ve visu a vliv pohlaví na test ruční dynamometrie.

Fyziologická odezva při lezení

Výsledky fyziologické odpovědi během lezení jsou rozděleny do dvou skupin podle lezené cesty. Ne všechny děti byly schopné vylézt mírně převislou cestu. První skupina je tvořena 21 dětmi, které lezly kolmou cestu a tato skupina je označena jako *kolmá cesta* ($n=12+9$). Devět dětí z této skupiny bylo schopných lézt mírně převislou cestu, tato skupina je označena jako *převislá cesta* ($n=9$).

Energetická náročnost

Během 16 týdnů nedošlo k významné změně v hodnotách energetické náročnosti během lezení obou cest. Nicméně za zmíněnou dobu 16 týdnů je patrná tendence ke snižování energetické náročnosti u obou lezených cest a zlepšení techniky pohybu.

Hodnoty energetické náročnosti se pohybovaly pro kolmou i převislou cestu v podobných hodnotách $\sim 25 \text{ kJ}\cdot\text{min}^{-1}$ (respektive vrcholové hodnoty spotřeby kyslíku pro kolmou cestu byly $\sim 37,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ a pro převislou cestu $\sim 40,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Bonferroniho korekce potvrdila signifikantní významnost ($p < 0,05$) výsledků ventilace a srdeční frekvence mezi 1. a 3. měřeními při lezení kolmé cesty.

Vrcholové hodnoty spotřeby kyslíku jak pro kolmou cestu tak pro mírně převislou cestu, se významně nezměnily, ačkoliv je zjevná tendence k poklesu hodnot. Stejně tak změny hodnot vrcholové srdeční frekvence nebyly významné pro převislou cestu, ale opět je zjevná tendence k poklesu hodnoty. U kolmé cesty došlo k významnému snížení $p < 0,05$. Obě hodnoty vyjadřují intenzitu zátěže během lezení a pokles obou hodnot, spotřeby kyslíku a srdeční frekvence, vysvětluje lepší adaptaci organismu na zátěž. Dalším vstupujícím faktorem intenzity je rychlost lezení, kterou jsme nesledovali. Děti lezly vlastním tempem.

Energetický výdej

Významný posun hodnot nastal v energetickém výdeji jak v kolmé cestě, o $0,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$; $p < 0,01$, tak v převislé cestě, o $0,9 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$; $p < 0,05$. Bonferroniho korekce potvrdila signifikantní významnost ($p < 0,05$) výsledků energetického výdeje mezi měřeními při lezení kolmé cesty.

Vrcholové hodnoty spotřeby kyslíku se během 16 týdnů lezení významně nezměnily (hodnoty $\sim 1,20 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$).

Na začátku studie byl čas lezení převislé cesty delší o 0,8 minuty oproti lezení kolmé cesty. Po 16 týdnech děti lezly převislou cestu téměř za stejný čas (rozdíl 0,1 minuty) jako děti, co lezly kolmou cestu. Zlepšení lezeckého času bylo významné u obou lezených cest ($p < 0,03$ u kolmé cesty, $p < 0,01$ u převislé cesty). Bonferroniho korekce potvrdila signifikantní významnost ($p < 0,05$) lezeckého času mezi 1. a 3. měřeními při lezení kolmé i převislé cesty.

Lezecký kroužek trval 60 minut. Během této doby děti strávily lezením $10,8 \pm 0,2$ minut. To odpovídá přibližně třem vylezeným cestám na stěně, která má výšku 10 metrů. Mezi energetickým výdejem lezení kolmé a převislé cesty nebyly významné rozdíly. Během 60 minut trvání lezeckého kroužku odpovídala energetická náročnost lezení $260 \pm 0,9$ kJ, respektive cca 65 kcal pro čistý čas lezení, což odpovídá 2,02 kcal na 1 kg tělesné hmotnosti pro výzkumný soubor dětí. Odděleně pro dívky energetická náročnost lezení odpovídá pro čistý čas lezení 64 kcal a u chlapců 59 kcal, potažmo 2,00 kcal na 1kg tělesné hmotnosti u chlapců a 1,84 kcal na 1kg tělesné hmotnosti u dívek. Hodnoty uvádíme v desetinném tvaru pro vyjádření přesného rozdílu mezi chlapci a dívkami.

Vrcholové hodnoty spotřeby kyslíku dosahovaly hodnot mezi 30 až 40 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, v průměru $38,7 \pm 4,5$ $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ pro obě lezené cesty. Hodnoty ventilačních parametrů a energetické nároky během lezení kolmé cesty dosahovaly podobných hodnot jako lezení mírně převislé cesty a neprokázal se statisticky významný rozdíl mezi spotřebou kyslíku lezení kolmé a převislé cesty. Vliv sklonu na spotřebu kyslíku se projevil na mezi přesnosti ve věcné významnosti. Rozdíl mezi spotřebou kyslíku kolmé a mírně převislé cesty byl větší jak 2 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Vyšší spotřeba kyslíku se projevila nejen při lezení převislé cesty, ale také při lezení kolmé cesty u dětí, které lezly převislou cestu. Tyto děti byly v kolmé cestě rychlejší v průměru o $0,7 \pm 0,1$ minutu a spotřebu kyslíku měly vyšší o $4,0 \pm 0,7$ $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, obě hodnoty jsou věcně významné.

Specifické lezecké testy

Tabulka č. 2 ukazuje průměrné hodnoty třech testů, výdrž ve shybu, výdrž ve visu a maximální sílu stisku ruky v relativních hodnotách (hodnoty vztažené k tělesné hmotnosti jednotlivce) i v absolutních hodnotách během 16 týdnů konání lezeckého kroužku.

Tabulka č. 2 - Průměrné hodnoty (\pm směrodatná odchylka) specifických lezeckých testů na začátku studie = měření 1, uprostřed studie = měření 2 a na konci studie = měření 3 během 16 týdnů lezení u dětí

Testy	měření 1	měření 2	měření 3	rozdíl mezi 1. a 3. měřeními	<i>p</i> - hodnota	Par. η^2
Výdrž ve shybu (s) */**	13,5 \pm 12,3	15,4 \pm 12,6	18,2 \pm 15,2	4,7 \pm 2,9	0,02	0,04
Výdrž ve visu (s) *	16,0 \pm 11,5	18,0 \pm 12,0	20,5 \pm 13,6	4,5 \pm 2,1	0,04	0,04
Maximální síla stisku ruky (relativní)	0,49 \pm 0,08	0,49 \pm 0,09	0,49 \pm 0,10	0,00 \pm 0,02	0,48	0,01
Maximální síla stisku ruky (kg)	18,2 \pm 7,8	18,4 \pm 8,1	18,9 \pm 8,5	0,7 \pm 0,7	0,13	0,02

* významné rozdíly mezi měřeními $p < 0,05$

** významné rozdíly s kovarianční proměnnou (vylezené metry) $p < 0,05$

Kovarianční proměnná, počet vylezených metrů, měla významný vliv ($p = 0,02$; $\eta_p^2 = 0,04$) v testu výdrž ve shybu. Došlo k významným posunům lezeckých časů. Nejvyšší posun je mezi prvním a třetím měřením, o 9,5 sekundy u dětí, které vylezly více jak 51 metrů (z 33,0 s na 42,5 s) během 16 týdnů. Děti, které vylezly mezi 21-50 metry během 16 týdnů byl posun o 5,8 s (z 12,5 s na 18,3 s) a děti, které vylezly méně, než 20 metrů byl posun 3 s (z 11,7 s na 14,7 s).

Bonferroniho korekce potvrdila signifikantní významnost ($p < 0,05$) výsledků testu výdrž ve shybu mezi měřeními.

Kovarianční proměnná, počet vylezených metrů, neměla významný vliv na další ze specifických lezeckých testů, výdrž ve visu ($p = 0,71$; $\eta_p^2 = 0,00$). I přesto je vidět trend ke zlepšení v tomto testu vzhledem k vylezenému počtu metrů. Posun mezi prvním a třetím měření byl cca o 4 sekundy (u první skupiny je posun 3,2 s, u druhé skupiny 5,7 s, a u třetí o 4,5 s). Je vhodné upozornit, že směrodatná odchylka nabývala vysokých hodnot, a tudíž je dobré na výsledky nahlížet s opatrností.

Bonferroniho korekce potvrdila signifikantní významnost ($p < 0,05$) výsledků testu výdrž ve visu mezi měřeními.

Děti se v lezecké výkonnosti zlepšily v průměru o jeden IRCRA stupeň. Ty, které lezly obtížnost VI až VII+, se ve výkonnosti dále nezlepšily. To ukazuje na to, že u začátečníků jde výkonnost rychleji nahoru, ale pokud se chce lezec zlepšit v lezecké výkonnosti a lézt cesty o obtížnosti nad VII+, je pravděpodobně třeba zapojit do tréninku specifické aktivity, které přeruší možnou adaptaci. Bonferroniho korekce potvrdila signifikantní významnost ($p < 0,01$) zlepšení v lezecké výkonnosti, hodnocenou IRCRA stupnicí, mezi měřeními.

Energetická náročnost, jakožto zdatností parametr, vykazovala klesající tendenci. Došlo k mírnému zlepšení techniky pohybu. Významně se zlepšila mechanická účinnost pohybu, což ukazuje adaptaci organismu na lezení u dětí. Specifická lezecká zátěž se významně projevila ve výsledcích specifických testů a to u výdrži ve visu a ve výdrži v přitahu, v měření maximální síly stisku ruky se zátěž neprojevila.

DISKUSE

Do studie se zapojilo celkem 138 dětí. Šest dětí se nezúčastnilo všech tří měření fyziologické odezvy během lezení a 20 jiným dětem chyběly hodnoty z některých měřeních specifických lezeckých testů. Hodnoty těchto dětí jsme nezapočítali do výsledků. Děti měření zvládaly velice dobře, potřeba byla správná motivace, aby v lezeckých aktivitách pokračovaly. Výběr výzkumné skupiny dětí neumožňuje zobecňovat prezentované názory, z toho vychází jistá opatrnost při interpretaci výsledků.

Studie Wattse & Ostrowskiho (2014) je nám jedinou známou a dostupnou studií, která se zabývá energetickou náročností během lezení u dětí. Tato studie a většina dalších studií, které se zabývají fyziologickou odezvou během lezení, mají charakter jednorázového měření. Je nám dostupná pouze jedna studie od autorů España-Romero et al. (2012), kteří provedli opakované měření na lezecké stěně. Výsledky této studie se shodují s naší studií, kdy během desetitýdenní intervence došlo k významnému zkrácení lezeckého času a snížení energetického výdeje.

Studie Geuse et al. (2006) a Bertuzziho et al. (2007) se shodují s naší studií v použití stejného lezeckého protokolu. Studie se odehrála na lezecké stěně a cestu lezci lezli stylem top rope vlastní rychlostí a jeden nebo dva stupně UIAA pod jejich maximálním lezeckým výkonem.

Hodnoty spotřeby kyslíku během lezení u dětí z naší studie v průměru $38,7 \pm 4,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ odpovídají doporučeným hodnotám minimální intenzity pohybové činnosti, která je potřeba k minimálnímu rozvoji tělesné zdatnosti u dětí a mladistvých pro evropské země (Adegboyeová et al., 2011).

Naše studie se shoduje s tvrzením dalších studií (Baláš & Bunc, 2007; Baláš et al. 2009), které uvádí lezení jako vhodnou pohybovou aktivitu pro rozvoj svalové síly a vytrvalosti. Důležitým parametrem je počet vylezených metrů, od kterého se odvíjí doporučení k udržení nebo rozvoji síly horní části těla zaměřenou na horní končetiny. V naší studii síla horní části těla na příkladu horních končetin rostla lineárně s počtem vylezených metrů u dětí s nižší lezeckou výkonností.

Diskuse k hypotézám

1. Pohybový trénink založený na lezení v době trvání 16 týdnů (minimálně 16 tréninkových jednotek s hodinovou časovou dotací) významně ovlivní adaptaci na tuto činnost hodnocenou pomocí spotřeby kyslíku u 21 dětí ve věku $9,2 \pm 1,3$ let.

Během 16 týdnů se energetická náročnost u dětí významně nezměnila, pohybovala se okolo $24\text{--}25 \text{ kJ}\cdot\text{min}^{-1}$, ačkoli jsme sledovali mírnou tendenci ke snižování energetické náročnosti u obou lezených cest. Došlo k významnému poklesu energetického výdeje pro kolmou $p < 0,01$ a převislou $p < 0,05$ cestu a významně se snížil čas lezení pro obě cesty, tj. o 0,4 min pro kolmou cestu a o 1,1 min pro mírně převislou cestu. Naše studie ukázala, mírnou tendenci ke zlepšení lezecké dovednosti během 16 týdnů u výzkumného souboru dětí. Především se lezecká technika projevila ve významném snížení času lezení u obou cest. Lezecký pohyb stál děti méně energie s menšími nároky na horní polovinu těla a došlo k fyzickému zlepšení a k adaptaci organismu v důsledku použitého pohybového zatížení a zlepšení mechanické účinnosti svalové práce.

Hypotézu č. 1 potvrzujeme.

2. Objem lezeckého tréninku v době 16 týdnů (minimálně 16 tréninkových jednotek s hodinovou časovou dotací) významně ovlivní sílu horních končetin hodnocenou pomocí testů výdrž ve shybu, výdrž ve visu a ruční dynamometrií u 91 dětí ve věku $10,4 \pm 3,0$ let.

Děti s lezeckou výkonností IV UIAA a menší vylezly během 60 minut o 5 cest méně než děti s výkonností VI UIAA a vyšší. Zároveň s rostoucí výkonností děti lezly nejen kolmé, ale také převislé cesty, což se projevilo v odezvě síly horní části těla při lezeckých testech. Děti s vyšší výkonností dosáhly v průměru o 30 s lepších výsledků v testu výdrž ve shybu a o 12 s lepších výsledků v testu výdrž ve visu. Zároveň děti, které se zlepšily v testu výdrž ve shybu o cca 50 %, vylezly více jak 50 m/týden oproti dětem, které vylezly metrů méně. To odpovídá zjištění, že děti pod výkonností IV UIAA vylezly 2 cesty v průměru na desetimetrové stěně během jedné lezecké lekce, oproti dětem s lezeckou výkonností VI UIAA a vyšší vylezly v průměru 7 až 8 cest. V naší studii síla horní části těla na příkladu horních končetin rostla lineárně s počtem vylezených metrů u dětí s nižší lezeckou výkonností.

Hypotézu č. 2 potvrzujeme.

Při lezení děti z naší studie dosáhly doporučených hodnot spotřeby kyslíku (okolo 37 až 40 ml·kg⁻¹·min⁻¹) pro efektivní rozvoj aerobní zdatnosti dětí a mladistvých podle doporučení studie Adegboyeové et al. (2011). Intenzita lezení na úrovni submaximální intenzity je dostatečná, ale čas, který děti stráví lezením na stěně, je nedostačující (okolo 11 minut) v případě doporučení Biddle & Smith (2008). Pro optimální nastavení rozvoje aerobní zdatnosti dětí a mladistvých by bylo potřeba, aby děti při lezeckém kroužku trvajícím 60 minut, strávily na stěně lezeckým pohybem 20 minut střední až vysokou intenzitou.

Děti z naší studie během 16 týdnů vykazovaly mírnou tendenci ke zlepšení lezecké dovednosti, došlo u nich ke zlepšení mechanické účinnosti svalové práce, lezecký pohyb stál děti méně energie a došlo k fyzickému zlepšení a významnému snížení času lezení u obou cest.

Pravidelné lezení s lanem na umělé stěně vede ke zlepšení síly horní části těla, ačkoli počet vylezených metrů je malý (cca 30 m za týden), ale zároveň realizovaný pravidelně po dostatečně dlouhou dobu (1x týdně, cca 11 minut čistého času lezení stráveného na stěně).

Děti se v lezecké výkonnosti zlepšily o jeden IRCRA stupeň v průměru. Ty, které lezly obtížnost VI až VII+, se ve výkonnosti dále nezlepšily. To může poukazovat na to, že intenzita lezení (jednou až dvakrát týdně; 60 až 120 minut při obtížnosti lezení cest VI až

VII+) nebyla dostatečným stimulem pro zlepšení v lezecké výkonnosti a mohl se zde objevit „efekt stropu“ anebo s čím vyšší úrovní výkonnosti děti do studie vstupovaly, tím k menším změnám došlo, tzv. princip počáteční hodnoty. Oproti tomu děti, které lezly pod touto výkonnostní hranicí, se zlepšily během 16 týdnů o půl IRCRA stupně v průměru. To by mohlo ukazovat na rychlou adaptaci svalů a zlepšení koordinace při setkání se s novým pohybem u začátečníků, kterým jde výkonnost do určité chvíle rychleji nahoru než dětem s vyšší výkonností.

Pokud se chce lezec zlepšit v lezecké výkonnosti a lézt cesty s obtížností nad VII+, je potřeba zapojit do tréninku specifické aktivity, které nabourají pohybový stereotyp a přerušují adaptaci.

Zda děti u lezení zůstanou a budou kroužek pravidelně navštěvovat, nevíme. Každopádně jsme měli v naší studii nízkou ztrátu testovaných dětí, z toho si dovoluujeme usuzovat, že děti kroužek navštěvovaly pravidelně. To je podnět pro budoucí studie.

Další vědecké studie by se mohly zaměřit na děti na výkonnostní úrovni se zasazením do konkrétního tréninkového období, jak z pohledu funkční odezvy organismus během lezení tak z pohledu vlivu síly horní části těla vztažené k počtu vylezených metrů. Z praxe je známý fakt, že výkonnostní děti by měly být vedeny k všeobecnému rozvoji pohybového fondu. Jaká je míra odezvy všeobecného pohybového rozvoje na lezeckou výkonnost nebo regeneraci u dětí, není z námi dostupných zdrojů, známa.

Naše studie může být odrazovým můstkem pro další vědecké práce zaměřené na lezeckou populaci dětí.

ZÁVĚR

Již několik studií ukázalo, že pravidelný lezecký pohyb pozitivně ovlivňuje silovou vytrvalost horních končetin, sílu stisku ruky, ale i celkové zapojení horní poloviny těla do pohybových vzorců.

Spotřeba kyslíku u lezení se pohybuje v průměru okolo $20-34 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ a maximální hodnoty spotřeby kyslíku dosahují hodnot $30-45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. To řadí lezení mezi aktivity se střední energetickou náročností, kdy doba lezení jedné cesty obvykle trvá od 2 do 7 minut.

Lezení je sportem s výrazným prvkem faktorů techniky a zkušenosti, které mají přímý vliv na spotřebu kyslíku.

Naše studie trvala 16 týdnů a zúčastnilo se jí 112 dětí ve věku $9,8 \pm 1,4$ let. Tyto děti se přihlásily do dlouhodobého lezeckého kroužku, kterému odpovídá délka školního pololetí. U výzkumné skupiny dětí jsme zjišťovali funkční odezvu organismu během lezení na nejvíce preferované obtížnosti cest IV-IV+ UIAA v kolmém a mírně převislém profilu stěny. Dále jsme zjišťovali vliv lezení na sílu horní části těla na příkladu horních končetin pomocí testů ruční dynamometrie, výdrž ve shybu a výdrž ve visu. Výsledné hodnoty jsme vztáhli k proměnné počtu vylezených metrů. V naší studii síla horní části těla na příkladu horních končetin rostla lineárně s počtem vylezených metrů u dětí s nižší lezeckou výkonností. Hodnoty energetické náročnosti lezení během 16 týdnů se pohybovaly v podobných hodnotách $\sim 25 \text{ kJ}\cdot\text{min}^{-1}$. Spotřeba kyslíku pro oba profily odpovídala hodnotám 37 až $40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Děti z naší studie lezly submaximální intenzitou po celou dobu 16 týdnů. U dětí tato intenzita vedla k mírné tendenci zlepšení lezecké dovednosti s menšími energetickými nároky a s fyzickým zlepšením adaptace organismu na tělesné zatížení.

Při lezení na průměrně kvalitním kroužku dosahují děti doporučených hodnot spotřeby kyslíku pro efektivní rozvoj aerobní zdatnosti dětí a mladistvých. Pro optimální nastavení rozvoje aerobní zdatnosti dětí a mladistvých by bylo potřeba, aby děti při lezeckém kroužku trvajícím 60 minut, strávily na stěně lezeckým pohybem 20 minut střední až vysokou intenzitou. Zároveň ale již při čase 11 minut, který děti v našem výzkumu strávily lezením, došlo k významnému snížení energetického výdeje, tj. zefektivnění kvality svalové práce.

Ačkoliv děti vylezou malý počet metrů cca 30 m/týden, ale zároveň pravidelně minimálně jednou týdně, vede tato intenzita k obecnému zlepšení síly horní části těla v testech výdrž ve shybu a výdrž ve visu. U testu maximální síly stisku ruky nebyly významné změny během 16 týdnů. Pouze test výdrž ve shybu byl v pozitivním vztahu s počtem vylezených metrů a test výdrž ve visu nikoliv, oba testy ukázaly významnou změnu v hodnotách během 16 týdnů lezení.

Děti by měly více kombinovat lezení kolmých cest s menšími chyty, ale stále se způsobem lezení na otevřený úchop a převislých profilů s většími chyty. V tomto případě jsou pravděpodobně schopny zapojit intenzivněji v kolmém profilu flexory prstů a zlepšit výkon v testu výdrž ve visu. S doplněním lezení převislých profilů by mohly docílit

zlepšení síly pletence ramenního a zlepšení testu výdrž ve shybu a celkově zapojit větší skupiny svalů celého těla.

Sportovní lezení je moderní zábavný komplexní atraktivní sport, který získává stále více příznivců z řad dětí, mládeže i dospělých. Popularita lezení jde využít k ovlivnění pohybového deficitu současné doby. Lezecký kroužek svoji časovou dotací a intenzitou splňuje denní doporučení pohybových aktivit, které by měli děti a dospívající provozovat.

VYBRANÉ POUŽITÉ ZDROJE

- Baláš, J. (2016). *Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení*. Praha: Karolinum, 279 s., ISBN 978-80-246-3361-9.
- Baláš, J., Panáčková, M., Jandová, S., Martin, A. J., Strejcová, B., Vomáčko, L., et al. (2014). The Effect of Climbing Ability and Slope Inclination on Vertical Foot Loading Using a Novel Force Sensor Instrumentation System. *Journal of Human Kinetics*, 44, 75-81.
- Baláš, J., Pecha, O., Martin, A. J., & Cochrane, D. (2012). Hand–arm strength and endurance as predictors of climbing performance. *European Journal of Sport Science*, 12(1), 16-25.
- Baláš, J. (2009). Fyziologické aspekty sportovního lezení. *Česká kinantropologie*. 2009, roč. 13, č. 3, s. 156-167.
- Baláš, J., Strejcová, B., Malý, T., Malá, L., & Martin, A. J. (2009). Changes in upper body strength and body composition after 8 weeks indoor climbing in youth. *Isokinetics & Exercise Science*, 17(3), 173-179.
- Baláš, J., & Bunc, V. (2007). Short-term influence of climbing activities on strength, endurance and balance within school physical education. *International Journal of Fitness*, 3(2), 33-42.
- Bar-Or, O. & Malina, R., M. (1995). *Activity, Fitness, and Health of Children and Adolescents*. IN Cheung, Richmond, Child Health, Nutrition and Physical Activity. Human Kinetics. ISBN: 0-8732-774-3.
- Bertuzzi, R. C. D., Franchini, E., Kokubun, E., & Kiss, M. (2007). Energy system contributions in indoor rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 101(3), 293-300. doi:10.1007/s00421-007-0501-0.
- Biddle, S. & Smith, A. L. (2008). *Youth physical activity and sedentary behavior*. Human Kinetics, 491 s. ISBN 978-0-7360-6509-2.
- Billat, V., Palleja, P., Charlaix, T., Rizzardo, P., & Janel, N. (1995). Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(1), 20-24.
- Blahuš, P. (2000). Statistická významnost proti vědecké průkaznosti výsledků výzkumu. *Česká kinantropologie*, Vol. 4, č. 2, s. 53-72.
- Booth, J., Marino, F., Hill, C., & Gwinn, T. (1999). Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *British Journal of Sports Medicine*, 33(1), 14-18.
- Bunc, V. (1998). Zdravotně orientovaná zdatnost a možnosti její kultivace na základní škole. *Tělesná výchova a sport mládeže*, roč. 64, č. 4, s. 2-10.
- Bunc, V. (1989). *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. Univerzita Karlova, 368 s., ISBN 80-7066-214-X.
- Draper, N., Giles, D., Schöffl, V., Konstantin Fuss, F., Watts, P., Wolf, P., Garrido, I., et al. (2015). Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement. *Sports Technology*, 8(3/4), 88-94.
- Draper, N., Dickson, T., Fryer, S., & Blackwell, G. (2011). Performance differences for intermediate rock climbers who successfully and unsuccessfully attempted an indoor sport climbing route. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(3), 1-1.
- Draper, N., Jones, G. A., Fryer, S., Hodgson, C. I., & Blackwell, G. (2010). Physiological and psychological responses to lead and top rope climbing for intermediate rock climbers. *European Journal of Sport Science*, 10(1), 13-20.

- Draper, N., Jones, G. A., Fryer, S., Hodgson, C. I., & Blackwell, G. (2008). Effect of an on-sight lead on the physiological and psychological responses to rock climbing. *Journal of Sports Science Medicine*, 7 (4), 492-498.
- España-Romero, V., Jensen, R., Sanchez, X., Ostrowski, M., Szekely, J., & Watts, P. (2012). Physiological responses in rock climbing with repeated ascents over a 10-week period. *European Journal of Applied Physiology*, 112(3), 821-828.
- Fawcner, S. G., Armstrong, N., Potter, C. R., & Welsman, J. R. (2002). Oxygen uptake kinetics in children and adults after the onset of moderate-intensity exercise. *Journal of Sports Sciences*, 20(4), 319-326.
- Ferjenčík, J. (2012). *Úvod do metodologie psychologického výzkumu*. Portál, 256 s., ISBN 978-80-7367-815-9.
- Fryer, S., Dickson, T., Draper, N., Blackwell, G., & Hillier, S. (2013). A psychophysiological comparison of on-sight lead and top rope ascents in advanced rock climbers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(5), 645-650.
- Geus, B., Villanueva O'Driscoll, S., & Meeusen, R. (2006). Influence of climbing style on physiological responses during indoor rock climbing on routes with the same difficulty. *European Journal of Applied Physiology*, 98(5), 489-496.
- Giles, L. V., Rhodes, E. C., & Taunton, J. E. (2006). The Physiology of Rock Climbing. *Sports Medicine*, 36(6), 529.
- Grant, S., Hasler, T., Davies, C., Aitchison, T. C., Wilson, J., & Whittaker, A. (2001). A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *Journal of Sports Sciences*, 19(7), 499-505.
- Grant, S., Hynes, V., Whittaker, A., & Aitchison, T. (1996). Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences*, 14(4), 301-309.
- Hills, A., King, N. & Byrne, N. (2007). *Children, obesity and exercise: prevention, treatment and management of childhood and adolescent obesity*. Abingdon: Routledge, 172 s., ISBN 978-0-415-40884-4.
- Máček, M., & Radvanský, J. et al. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*: Galén.
- Maughan, J. R. (2008). *Nutrition in sport – The Encyclopaedia of Sports Medicine*, John Wiley & Sons, 704 s. ISBN 978-047-0693-018.
- Mermier, C. M., Janot, J. M., Parker, D. L., & Swan, J. G. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34(5), 359-365. doi:10.1136/bjism.34.5.359.
- Mermier, C. M., Robergs, R. A., McMinn, S. M., & Heyward, V. H. (1997). Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 31(3), 224-228.
- Neuman, J. (2003). *Cvičení a testy obratnosti, vytrvalosti a síly*. Praha: Portál, 157 s., ISBN 80-7178-730-2.
- Neuman, J., Vomáčko, L. & Vomáčková, S. (1999). *Překážkové dráhy, lezecké stěny a výchova prožitkem*. Praha: Portál.
- Panáčková, M., Baláš, J., Bunc, V., & Giles, D. (2014). Physiological demands of indoor wall climbing in children. *Sports Technology*, 7(3/4), 183-190.
- Panáčková, M., Baláš, J., & Bunc, V. (2012). Vliv profilu stěny a rychlosti lezení na energetickou náročnost lezení u skupiny rekreačních a výkonnostních lezců. *Česká kinantropologie*, Vol. 16, 124–132.

- Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N. et al. (1995). Physical activity and public health. *The Journal of the American Medical Association*, 273(5), 402-7.
- Reis, V. (2011). Energy expenditure, aerobic energy cost and anaerobic energy cost. *Brazilian Journal of Kineanthropometry & Human Performance*, 13(6), 484-487.
- Rodio, A., Fattorini, L., Rosponi, A., Quattrini, F. M., & Marchetti, M. (2008). Physiological Adaptation in Noncompetitive Rock Climbers: Good for Aerobic Fitness? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 359-364.
- Rowland, T. W. (2005). *Children's exercise physiology*. Human Kinetics, 2nd edition, 295 s. ISBN 978-0-7360-5144-6.
- Schweizer, A., & Furrer, M. (2007). Correlation of forearm strength and sport climbing performance. *Isokinetics & Exercise Science*, 15(3), 211-216.
- Sheel, A. W. (2004). Physiology of sport rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 355-359.
- Sheel, A. W., Seddon, N., Knight, A., McKenzie, D. C., & Warburton, D. E. R. (2003). Physiological responses to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(7), 1225-1231.
- Siegel, S. R., Robinson, J. M., Johnston, S. A., Lindley, M. R., & Pfeiffer, K. A. (2015). Health-related Fitness and Energy Expenditure in Recreational Youth Rock Climbers 8-16 Years of Age. *International Journal of Exercise Science*, 8(2), 174-183.
- Sigmudová, D. & Sigmund, E. (2015). *Trendy v pohybovém chování českých dětí a adolescentů*. Univerzita Palackého v Olomouci, 160 s., ISBN 978-80-2444-840-4.
- Vigouroux, L., & Quaine, F. (2006). Fingertip force and electromyography of finger flexor muscles during a prolonged intermittent exercise in elite climbers and sedentary individuals. *Journal of Sports Sciences*, 24(2), 181-186.
- Watts, P. B., & Ostrowski, M. L. (2014). Oxygen Uptake and Energy Expenditure for Children During Rock Climbing Activity. *Pediatric Exercise Science*, 26(1), 49-55.
- Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91(4), 361-372. doi:10.1007/s00421-003-1036-7.
- Watts, P. B., Joubert, L. M., Lish, A. K., Mast, J. D., & Wilkins, B. (2003). Anthropometry of young competitive sport rock climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 420-424. doi:10.1136/bjism.37.5.420.
- Watts, P. B., Daggett, M., Gallagher, P., & Wilkins, B. (2000). Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *International Journal of Sports Medicine*, 21(3), 185-190. doi:10.1055/s-2000-302.
- Watts, P. B., & Drobish, K. M. (1998). Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1118-1122. doi:10.1097/00005768-199807000-00015.
- Watts, P. B., Martin, D. T., & Durtschi, S. (1993). Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Sciences*, 11(2), 113-117.