

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

**2022**

**Bc. Antonín Bohadlo**

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Vztah kritického sklonu jako ukazatel maximálního metabolického setrvalého  
stavu a lezecké výkonnosti.**

Vedoucí diplomové práce:

**Mgr. Dominika Krupková**

Vypracoval:

**Bc. Antonín Bohadlo**

Praha

Červenec 2022

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne

.....

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:      Fakulta / katedra:      Datum vypůjčení:      Podpis:

---

## Poděkování

Touto cestou děkuji vedoucí práce Mgr. Dominice Krupkové, za její plnohodnotné rady, připomínky a pomoc při psaní diplomové práce. Také bych chtěl poděkovat doc. Jiřímu Balášovi, Ph.D., který mi poskytl důležité informace, které mi pomohly napsat diplomovou práci.

## Abstrakt

**Název:** Vztah kritického sklonu jako ukazatel maximálního metabolického setrvalého stavu a lezecké výkonnosti.

**Cíle:** Cílem diplomové práce je zjistit vztah mezi kritickým sklonem při stupňovaném lezeckém testu do vyčerpání a maximálním výkonem RP.

**Metody:** Testování se účastnilo 26 jedinců (18 mužů a 8 žen), ve věku  $30,32 \pm 8,23$  let u mužů,  $26,17 \pm 2,82$  let u žen, výkonnost na škále Union International des Associations d'Alpinisme (UIAA) 8 muži a 7+/8- ženy. Lezci podstoupili lezecký stupňovaný test do subjektivního maxima a 3krát v určitém sklonu do vyčerpání. Na základě stupňovaného testu se odhadem určily 3 další sklony do vyčerpání. Výsledné hodnoty byly dosaženy do vzorce, který nám udal hodnoty kritického sklonu. Následně jsme výsledky vynesly do dvou grafů a zjišťovali mezi maximálním sklonem a obtížností Red Point (RP) korelační koeficient a mezi kritickým sklonem a obtížností RP korelační koeficient.

**Výsledky:** Na základě provedených experimentů, bylo zjištěno, že mezi maximálním sklonem a obtížností RP, je dosažený sklon silně negativně korelující s hodnotou RP ( $r = -0,62$ ;  $p = 0,001$ ) a v rámci kritického sklonu a obtížností RP je nízký negativně korelující vztah ( $r = -0,34$ ;  $p = 0,087$ ).

**Závěr:** Je zřejmé že na základě výsledků, se může doporučit první test maximálního sklonu a obtížností RP do způsobů testování výkonnosti u elitních i rekreačních lezců.

**Klíčová slova:** Lezení, maximální sklon, kritický sklon

## **Abstract**

**Title:** Relationship of critical slope as an indicator of maximum metabolic steady state and climbing performance.

**Objectives:** The aim of the diploma thesis is to find out the relationship between the critical inclination in the graded climbing test until exhaustion and the maximum performance of RP.

**Methods:** The test involved 28 individuals (18 men and 8 women), aged  $30.32 \pm 8.23$  years for men,  $26.17 \pm 2.82$  years for women, performance on the scale of the Union International des Associations d'Alpinisme (UIAA) 8 men and 7 + / 8- women. Climbers underwent a graded climbing test to a subjective maximum and 3 times with a certain inclination until exhaustion. Based on a graded test, an estimate of 3 additional tendencies to exhaustion was determined. The resulting values were obtained in a formula that gave us the values of the critical slope. Subsequently, we plotted the results in two graphs and determined the correlation coefficient between the maximum slope and the difficulty of Red Point (RP) and the correlation coefficient between the critical slope and the difficulty of RP.

**Results:** Based on the performed experiments, it was found that between the maximum slope and difficulty RP, the achieved slope is strongly negatively correlated with the value of RP ( $r = -0.62$ ;  $p = 0.001$ ) and within the critical slope and difficulty RP there is a low negative correlation ( $r = -0.34$ ;  $p = 0.087$ ).

**Conclusion:** It is clear, that based on the results, the first test of maximum inclination and difficulty of RP to the methods of performance testing for elite and recreational climbers can be recommended.

**Keywords:** Climbing, maximum slope, critical slope

## Obsah

1	Úvod .....	11
2	Teoretická východiska .....	12
2.1	Lezení s lanem.....	12
2.1.1	Lezení na obtížnost.....	12
2.1.2	Top Rope (TR) .....	13
2.1.3	Red Point (RD).....	13
2.2	Bouldering.....	13
2.3	Lezení na rychlost .....	13
2.4	Výkon ve sportovním lezení .....	14
2.5	Zatížení ve sportovním lezení .....	15
2.5.1	Zatížení v lezení na obtížnost.....	16
2.5.2	Zatížení v boulderingu.....	16
2.5.3	Zatížení při lezení na rychlost .....	17
2.6	Hodnocení zón intenzity zatížení .....	17
2.6.1	Borgova škála .....	18
2.6.2	Srdeční frekvence .....	18
2.6.3	Spotřeba kyslíku .....	20
2.6.4	Laktát.....	21
2.7	Kritický výkon .....	22
2.7.1	Ukazatele maximálního metabolického setrvalého stavu.....	24
2.7.2	Určení kritické síly u lezců.....	25
3	Shrnutí teoretické část .....	26
4	CÍLE, ÚKOLY A METODIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	27
4.1	Cíl práce a hypotézy .....	27
4.1.1	Hypotézy.....	27



4.1.2	Úkoly .....	27
5	Metodika práce .....	27
5.1	Výzkumný soubor .....	27
5.2	Metoda měření .....	29
	Realizace měření .....	29
6	Výsledky .....	35
7	Diskuze .....	38
8	Závěr .....	40
	Zdroje .....	41
	Seznam příloh .....	48

## **Seznam zkratek**

TR – Top Rope

RD – Red Point

IFCS - International Federation of Classification Societies

PRE – Ratings of perceived exertion

VO<sub>2</sub> – Spotřeba kyslíku

VO<sub>2</sub>max – Maximální spotřeba kyslíku

MOB – Bod okysličení svalů

CF – Kritická síla

UIAA – Union Internationale des Associations d'Alpinisme

## 1 Úvod

Lezení se stalo součástí Olympijských her od roku 2021, a proto můžeme v tomto sportu považovat za nezbytnost kvalitní testování a dokonalý trénink profesionálních sportovců. Specifičtější tréninkové plány pro konkrétního lezce můžou maximalizovat jeho výkony.

Hlavním tématem této diplomové práce je zjistit úroveň výkonnosti lezce pomocí použitých metod, která jsou obsažena v praktické části. Odborný termín pro výsledek tohoto zjištění se nazývá kritický sklon lezců při stupňovaném lezeckém testu.

Při měření této práce, jsme zjišťovali kritický sklon lezců. Po sérii měření lezců jsme následně spočítali data a zjistili jsme kritický sklon. Dá se tedy konstatovat, že během tréninku, si jednou za čas udělat tento test, by mohlo průběžné testování napomáhat k lepším úspěchům. Lezecký ergometr, na kterém jsme měřili, je z mého hlediska jedna z největších zajímavostí, se kterou jsem se setkal. Jedná se o velkou rotační stěnu určenou pro trénink. Je možné si na ní sestavit různé cesty, jak silové, tak technické. Toto zařízení je bezobslužný a rychlost otáčení se dá nastavit automaticky. Při měření jedné cesty, kterou jsme sestavili k testování, bylo velmi zajímavé pozorování lezců, jejich techniku lezení, jak je každý odlišný a má svůj styl lezení.

Dnes se využívají další metody externích kontrol určující zdatnosti lezce, především síla flexorů prstů, pomocí srdeční frekvence nebo maximální množství kyslíku které dokáže tělo využít při fyzické aktivitě neboli  $VO_{2max}$ .

Důvod, proč jsem si zvolil toto téma, je můj osobní zájem o lezení jako aktivitu samotnou. Tomuto sportu jsem chtěl více porozumět i po technické stránce.

## 2 Teoretická východiska

### 2.1 Lezení s lanem

V anglickém termínu „lead climbing“ je popsáno lezení, při kterém se lezci navážou na sedací úvazek a používají fixní jištění. Tohle platí jak pro tradiční lezení, tak i pro sportovní lezení. V angličtině také lead climbing představuje soutěžní odvětví, pro kterou se v českém jazyce používá ekvivalent lezení na obtížnost (Baláš, 2016).



Obrázek č. 1: Lezení s lanem (Bohadlo 2022)

#### 2.1.1 Lezení na obtížnost

Lezení na obtížnost je disciplína, při které je cílem závodníka vylézt neznámou cestu, která má minimální délku 15 metrů a výše, a to v jediném pokusu. Délka cesty záleží na pořadateli. Soutěž probíhá tříkolově, podle pravidel IFSC a to kvalifikace, semifinále a finále. V kvalifikaci je ukázka dvou cest, buď video záznam anebo živé přelezení. V semifinále a finále závodníci lezou pouze jednu cestu stylem OS (on sight), což představuje přelez cesty bez dřívějšího nacvičení a závodníkům nejsou předem podány žádné informace o cestě. Závodníci mají 6 minut na vylezení jedné cesty (IFSC, 2019).

### **2.1.2 Top Rope (TR)**

Nejvíce vhodný způsob přelezu pro trénink. Lezec je jištěný pomocí lana svrchu, které vede jištěním, jenž je také umístěno nad lezcem. Díky tomu se minimalizuje riziko přímého pádu, pouze kyvadlový pád může nastat, pokud není jištění přímo nad lezcem (Hudy sport, 2006).

### **2.1.3 Red Point (RD)**

Je to jeden z velmi používaných a respektovaných stylů. Na začátku, ještě před nástupem, se lezec může blíže seznámit s cestou. Lezec je jištěný pomocí lana zdola a lezení zahajuje pod cestou, a to bez připravených expresek či dalších prostředků. Lezcům je zakázáno odpočívat na jisticích bodech. Pokud lezec spadne, jeho pokus o vylezení dané cesty končí (Hudy sport, 2006).

Rád bych se ještě zmínil o boulderingu či o lezení na obtížnost a rychlostní lezení, o kterém se dále zmíním v kapitole o charakteristice zatížení.

## **2.2 Bouldering**

V boulderingu lezec překonává určitý lezecký problém různé obtížnosti. Kvůli bezpečnosti výška lezení obvykle nepřekračuje výšku bezpečného seskoku (zhruba 3 metry). Pod touto cestou se vždy nacházejí položené dopadové matrace, například bouldermatka. Bouldering se zrodil z anglického slovíčka boulder = balvan a to z původního přelézání kamenů, takže bouldering se může provozovat jak v přírodních podmínkách, tak i na umělých stěnách (Baláš, 2016). Charakter této lezecké disciplíny má velmi blízko gymnastice. Díky malé výšce je lezec neustále nízko nad zemí a nemá strach z pádu, a proto může lezec využít veškerou koncentraci na velice náročné cesty a jejich přezení (Frank, Kublák a kol., 2007). Mnoho lezců pokládá bouldering za tzv. královskou lezeckou disciplínu, jelikož pohybové aspekty lezení jsou tu nejpodstatnější k překonání cesty (Winter, 2007).

## **2.3 Lezení na rychlost**

Tato disciplína má pouze soutěžní charakter, jelikož závodníci usilují přelézt trasu co nejrychleji. Od roku 2007 je kategorie dospělých a kategorie starších mládežnických stále stejná a může proto přisuzovat světové rekordy. Cesta se leze stylem TR (top rope), což znamená pomocí jištění z hora. Nad cestou je umístěno tlačítko, kterým lezec stopne

svůj čas. Soutěží se ve více kolech a při poslední fázi se leze vyřazovací metodou kdo prohraje, ten vypadne. Po kvalifikaci se vytvoří pavouk a závodníci jsou do něj zařazeni dle získaných kvalifikačních časů (Vomáčko, Bošτίková, 2008). Lezení na rychlost může být velice zajímavé pro diváky, protože se jedná o dynamickou disciplínu. Dalo by se říci, že se podobá atletice. Pro lezeckou veřejnost ale až tak zajímavé není.

## 2.4 Výkon ve sportovním lezení

V dnešní době je mnohá řada sportů a jejich celkový výkon je složený z různých dílčích komponentů. Sanchez, Xavier, M. Torregrossa, T. Woodman, G. Jones a D. J. Llewellyn, (2019) se ve svém výzkumu ptal zkušených lezců na podmínky, o kterých soudí, že by mohly ovlivnit výkonnost při lezení. Pro určení zkušeného lezce je důležitý faktor, že zvládá lézt obtížnostní skupinu 7a+ až 8b, výkony jsou označeny jako on sight, tedy cesta bez předcvičování a bez jakékoli informace o cestě, a kterou předtím nikdy nelezl a nenacvičoval. Tento lezec je také registrován jako lezecký instruktor. Z provedeného výzkumu plynou tyto aspekty: aspekty síly a kondice, interakce s prostředím, přezení obtížného místa, vlastnost zásoby lezeckých pohybů, plánování cesty, komunikace s ostatními lezci, risk management a náhled cesty. Podle výzkumu je zřejmé, že genetika může být velmi důležitá v některých částech výkonu.

Při vrcholovém lezeckém výkonu, jsou genetické faktory velmi těžko pozorovatelné. U těchto výzkumů, které se zaměřují na to, do jakého stupně je výkon ve sportu závislý na genetických faktorech, vykazují nemalou souhrnnost tématu rozporuplnými teoriemi a výsledky mezi vědci. Především se jedná o uchycení šlachy na kosti v předloktí, kde mírná odchylka v umístění proti normálu poskytuje delší páku. Tyto jedinci dostávají jedinečnou sílu na sevření prstů oproti jiným lezcům, kteří dosáhnou této síly až po několika letech tréninku. Jde také o druh svalových vláken, délku kostí a hormonální profil, jenž se u všech lezců liší (Bloomfield, J., Ackland, T., & Elliott, B., 1994).

V některých studiích se upozorňuje, že při úmyslném tréninku je zásadní komponent určující výkon, ale jiné studie tvrdí, že genetická výbava je jen z poloviny odpovědná za výkon mezi jednotlivými lezci (Hörst, Eric J., 2016).

U všech těchto studií je v praxi zjevné, že žádná z nich není správná. U jakéhokoliv sportu hraje genetika odlišnou roli, ovšem pravidelné tréninky jsou velmi podstatné u výkonu na vrcholové úrovni. Sportovní lezení je mezi sporty velice unikátní, je potřeba téměř stejná míra technických, psychických a fyzických schopností (Horst, 2016).

Goddard a Neumann (1993) představili ve sportovním lezení model struktury výkonu, a to okolnosti, jež působí na lezecký výkon. Rozdělují je do šesti kategorií, a to na koordinaci, techniku, tělesnou výkonnost, vnější podmínky, zázemí, psychické faktory a další. Všechny tyto modely jsou pouze teoretické.

## **2.5 Zatížení ve sportovním lezení**

Lezecký výkon je velmi obtížné nestranně určit. U lezeckého výkonu je známo, že ho obecně bereme jako intermitentní zatížení, jež je složené z dynamických a statických fází. Během dynamické fáze je vykonáván vlastní lezecký pohyb, kdežto u statické fáze lezec zvažuje strategii k následnému postupu cesty (Baláš, 2016). Při opětovné izometrické kontrakci flexorů prstů, zapříčiňující ischemii, je to nedostatečné prokrvení předloktních svalů. Rozdíl mezi nedostatečným prokrvením a schopností opětovného zotavení, rozděluje výkonnostní skupiny lezců do jednotlivých disciplín. Pozitivní je na této schopnosti, že se může trénovat. Tato rezistence proti vyčerpání se řadí mezi jedny z hlavních faktorů v lezeckém výkonu (Giles D., Chidley J., Taylor N., Torr O., Hadley J., Randall T., Fryer S., 2018).

Při lezení pomocí lana statické fáze zabírají 30–70 % času a u boulderingu to je 25 %. Je zřejmé že statické fáze u lezení s lanem můžou být o dost delší než u boulderingu (Baláš, 2016).

Je důležité zmínit, že i je i rozdílný čas s kontaktem chytu, který se pohybuje kolem 10–12 vteřin u lezení na obtížnost (Donath, L., Rösner, K., Schöffl, V., Gabriel, H. H. W., 2013). Kdežto u boulderingu je tento čas o něco kratší, pohybuje se okolo osmi vteřin (White, Olsen, 2010).

V lezení je zátěž dána intenzitou, objemem a dobou odpočinku. S intenzitou to je složitější, jelikož běžné posouzení jako rychlost lezení či maximální síla u vykonání pohybu bohužel není u lezení proveditelné, protože rychlost není rozhodujícím faktorem pouze u disciplíny v lezení na rychlost. Při vlastním lezeckém výkonu se velikost použité síly neustále mění v procento maximální síly. Intenzita zatížení se odvíjí od několika faktorů jako jsou sklon profilu, rychlost lezení, velikost a styl výstupu, tvar a konfigurace chytů. V lezení se využívají různé klasifikační škály, které mluví o kompletní náročnosti výstupu. U Objemu zatížení se převážně posuzuje počet přelezaných metrů i čas lezení nebo případně počet lezeckých kroků (Baláš, 2016).

Z toho plyne, že při sportovním lezení je zatížení podmíněno danou disciplínou, kterou si zvolíme a zároveň na délce a profilu cesty. Další zatížení závisí na kratších převislých cestách, nebo na kolmých cestách i při několika-krokových problémech, které se týkají především boulderingu.

#### **2.5.1 Zatížení v lezení na obtížnost**

Baláš (2016) uvedl ve své studii čas lezení během soutěže v průměru kolem 4,5 min, kdežto Watts (2004) uvedl, že lezec, když nesoutěží, potřebuje 2-7 min na vylezení cesty s lanem, kde lezci tráví 38% času ve statické pozici. Donath et al. (2013) uvádí, že průměrný čas strávený s chytem je 10-12 vteřin, také ale zároveň přiznává, že lezci, kteří jsou výkonnostně lepší, lezou větší rychlostí a následně mají kratší čas strávený v kontaktu s chytem. V soutěži bude tedy tento čas kratší. De Geus, B., O'driscoll, S. V., Meeusen, R., (2016) uvádí, že při rychlosti známé cesty při osobním maximu je rychlost přibližně 4-6 m/min.

#### **2.5.2 Zatížení v boulderingu**

Tato disciplína vyžaduje velmi velkou tělesnou zdatnost, ale i technika je důležitá. Hlavním ukazatelem výkonu je síla ve svalech prstů a předloktí. Využívají se i skoky, takže i výbušná síla dolních končetin je důležitá, i koordinace pohybů. U boulderingu je energie dodávána z anaerobních procesů (White, Olsen, 2010).

V kvalifikačním kole se leze 5 boulderů podle pravidel IFSC, následně v semifinálovém a finálovém kole pouze 4 bouldery. Pro kvalifikační a semifinálové cesty je čas stanoven na 5 minut, ve finále pouze 4 minuty. Přestávka mezi bouldery je



shodná s časem lezení. Objem lezení v boulderingu se znázorňuje množstvím kroků. Při soutěžích je průměrný množství chytů mezi čtyřmi až osmi (IFSC, 2019).

### **2.5.3 Zatížení při lezení na rychlost**

Cesta je vždy stejně dlouhá a to 15 metrů. Nejlepší časy se pohybují okolo 6 vteřin, takže je velmi důležitá výbušnost, ale nedílnou součástí je i technika. Současný světový rekord je 5,48 vteřin u mužů a 7,101 vteřin u žen. Výše zmíněná závodní disciplína ještě nebyla v rámci výzkumu posuzována, zatížení na člověka v rámci této disciplíny tedy není zřejmé.

## **2.6 Hodnocení zón intenzity zatížení**

Aktivita s lokálním zatížením, mezi které spadá např. lezení, jsou složitější na určení tréninkové intenzity, jelikož zde nefungují obvyklé ukazatele, jako je srdeční frekvence či laktátový a ventilací práh. Pro tyto aktivity je tedy vhodné využít koncept kritického výkonu, který umožňuje určit intenzitu, dobu zatížení či dobu odpočinku v rámci tréninkového plánu. V lezeckém tréninku v současné době je k dispozici mnoho výcviků a postupů pro vývoj silových a vytrvalostních schopností. Do nich spadají různé druhy statických lišt (Jones, Vanhatalo, 2017).

Intenzitu můžeme měřit subjektivně a objektivně. U měření subjektivní intenzity odpovídá testovaný během zatížení na určitou škálu, která popisuje jeho pocity. Nejpoužívanější škála na hodnocení je Borgova škála Viz. Tabulka č. 1. Baláš, J., Panáčková, M., Strejcová, B., Martin, A. J., Cochrane, D. J., Kaláb, M., Draper, N., (2014) a Engel Fa, Sperlich B, Stöcker U, Wolf P, Schöffl V, Donath L., (2018) využili tuto škálu k měření lezeckých testů. Bohužel pro jejich testování se tato kontrola neukázala validní. Měření objektivního externího zatížení se provádí pomocí neměřené síly na chytu nebo liště. Interní měření se zabývá fyziologickými a psychologickými ukazateli jako jsou například srdeční frekvence a objem kyslíku, jenž je schopen jedinec využít (VO<sub>2</sub>).

Podle Periče a Dovalila (2010) v lezení srdečně-cévní systém odráží celkovou úroveň zatížení. S navyšováním intenzity zatížení stoupá a klesá srdeční frekvence, tím současně při cvičení podíl aerobních a anaerobních procesů. Dále ve výzkumu jsou ukazatele intenzity zatížení i fyziologické konstanty, např. nashromáždění laktátu v krvi, spotřeba kyslíku a další.

### 2.6.1 Borgova škála

K určení únavy po zátěži, jsme se ptali na Borgovu škálu (PRE – Ratings of perceived exertion) (Borg, 1998). Gunnar Borg v 70. letech vyvinul stupnici ke zhodnocení vynaloženého úsilí při lezení. Dnes se využívají dvě Borgovy stupnice a to PRE 10 se škálou od 1 do 10 a PRE 15 se škálou od 6 do 20. Je důležité určit Borgovu škálu, než uplyne 5 minut po zátěži, protože, když je časová prodleva delší než 5 minut, může docházet změnám pocitů a tyto změny mohou ovlivnit výsledky. V této práci využíváme stupnici RPE 15 viz tabulka č. 1 (Gil-Moreno-De-Mora, G., Guerrero, J. P., & Prat-Subirana, J. A., 2017).

**Tabulka č. 1: Borgova škála subjektivního pocitu únavy RPE 15 (Borg, 1998)**

	Úroveň námahy
6	Žádná námaha
7	Extremně lehká
8	
9	Velmi lehká
10	
11	Lehká
12	
13	Trochu těžká
14	
15	Těžká
16	
17	Velmi těžká
18	
19	Extremně těžká
20	Maximální námaha

### 2.6.2 Srdeční frekvence

Srdeční frekvence je nejčastější prostředek k měření intenzity zátěže ve sportu, při které v lezení může být, více než v ostatních sportech dohromady, způsobená seskupením fyzikálních a psychologických faktorů (Hodgson, C. I., N. Draper, T. McMorris, G. Jones, S. Fryer a I. Coleman, 2009). Různé dopady mohou mít na fyzické, kognitivní a emocionální požadavky při stylech RP vs. TR, které zažívá při lezení stejné

cesty. Z velké části je tedy lezení ovlivněno subjektivní složkou. Zejména zvýšení srdeční frekvence je způsobeno stresovými hormony (Benson, Connolly, 2012).

Výrazné zapojení horních končetin a intermitentní práce svalů při lezení může mít vliv na vztah spotřeby kyslíku ( $VO_2$ ) a srdeční frekvence. Posouzení aerobních potřeb lezců s využitím srdeční frekvence je tedy diskutabilní (Michikami, Tatsuhiro, Chikatashi HONDA, Hideaki Miyamoto, 2002). Baláš J. et al., (2014) se zabývali odlišnostmi mezi submaximální a maximální fyziologickou odezvou na lezení pro lezce s různými schopnostmi. Ve studii zjistili, že lezecká úroveň, kterou si lezci vybrali a oznámili ji, s minutovou spotřebou kyslíku negativně korelovala se srdeční frekvencí a při submaximálním testu v 90stupňovém sklonu. Ukazuje to, že kvalitnější lezecká technika a lepší zdatnost vynahrazuje zvýšenou poptávku na ekonomiku pohybu, a to směřuje ke zlepšení výkonu a prodloužení času do vyčerpání.

Pokud roste úroveň obtížnosti při lezení, stupňuje se i srdeční frekvence a  $VO_2$ . Při ustálení s  $VO_2$  ovšem dojde k neúměrnému zvýšení srdeční frekvence. Tento fakt se při lezení připisuje intermitentním izometrickým kontrakcím svalstva paže a opírá se o aerobní a anaerobní metabolismus (Sheel A., W. Seddon, N., Knight, A., McKenzie, D. C. Warburton., D. E. R., 2003). Analýza na odpovědi srdeční frekvence a  $VO_2$  představila, že lezení nevykazuje klasický lineární vztah mezi těmito dvěma činiteli, který je typický pro cvičení na cyklickém ergometru nebo na běžeckém páse. Během tří lezeckých pokusů, se srdeční frekvence na lehké, střední a těžké cestě, zvýšila na 74-85 % předpokládaných maximálních hodnot. Obdobný energetický výdej byl jako u běhu mírným tempem 8–11 minut na 1609,34 metrů (1 míle) (Mermier, C. M., R. A. Robergs, S. M. McHinn a V. H. Heyward, 1997).

Tito lezci mohou podněcovat chemické aferenty izometrickými kontrakcemi pomocí takzvaného svalového metaboreflexu, u toho je iniciován hipoxií, metabolity ve svalové tkáni a nižším pH. Zprostředkovanou odezvu vyvolává sympaticky metaboreflex, který se skládá z ventrikulárního výkonu, zvýšené srdeční frekvence, srdečního výdeje a mobilizace centrálního objemu krve, neaktivních kosterních svalech a vazokonstrikce v ledvinách, a i zvýšeného systémového arteriálního tlaku (Sheel, 2004). Jedno z dalšího vysvětlení, než je očekávaná větší srdeční frekvence během lezení je i míra pokrčení paže. Paže jsou při lezení většinou drženy nad úroveň srdce, také jejich poloha přispívá ke zvýšení srdeční frekvence a systolického tlaku (Astrand I.,

A. Guharay a J. Wahren, 1968). V lezení následně hodnotíme intenzitu zatížení srdeční frekvencí, ale i obtížnější měřitelné činitele jako emoce, statické kontrakce a míru pokrčení paže. Vztah mezi srdeční frekvencí a VO<sub>2</sub> by se neměl využívat při analýze lezení ani ke stanovení intenzity cvičení pro lezení.

V taktice a technice lezení cesty se hlavně projevují lezecké zkušenosti. Špatně zvolená lezecká technika se projeví ve výsledné ekonomice lezení a tím vzniká vyšší energetická náročnost. Tím se dá říct, že zkušenější lezec bude mít kardiorespirační odezvu daleko nižší než začáteční lezec při zvolení identické lezecké cesty.

### 2.6.3 Spotřeba kyslíku

Maximální spotřeba kyslíku na lezeckém ergometru VO<sub>2</sub> byla výrazně spojena s maximálním dosaženým RP výkonem. Zvýšením 1 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> k přizpůsobení věku a horolezecké zkušenosti se nárůst obtížnosti RP výstupu velice nepřizpůsoboval, ale VO<sub>2</sub>max na běžeckém ergometru se projevila. Index oxidační kapacity, Vo<sub>2</sub>peak a maximální deoxygenace svalu během lezení na ergometru ukázali 67,1 % rozptylu v RP výkonu (Fryer, S., K. J. Stone, J. Sveen, T. Dickson, V. Espana-Romero, D. Giles, J. Balas, L. Stoner a N. Draper, 2017). Pokud budeme izolovat některé proměnné, jako je rozměr, tvar a umístění chytů a rychlost lezení, zvyšující se sklon cesty se hlavně projevívá na vyšší funkční odpovědi organismu. Při lezení se VO<sub>2</sub> ve 112 stupních, na rozdíl od kolmé stěny, navýšila o 34 %, a následně u sklonu 132 stupních se zvýšila dokonce o 66 % (Baláš, 2016) Tato rovnice s lineárním nárůstem může být znázorněna takto, přičemž x reprezentuje sklon stěny (stupně):

$$VO_2(\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}) = 0,3734x - 9,9209; (R^2 = 0,99) \text{ (Baláš, 2016, str.151)}$$

K vyvolání maximální lezecky specifické VO<sub>2</sub> však nevede zvyšováním sklonu. Bez zřetele na výkon v lezení, VO<sub>2</sub> dosahuje kolem 40 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>, ovšem při vyšší sklonitosti ho lepší lezci dosáhnou dříve. Naopak na běžeckém ergometru byla dosažená hodnota VO<sub>2</sub>peak daleko nižší (Baláš et al., 2014).

Baláš et al. (2021) se snažil vymezit systémové lokální reakce svalů na kyslík při separované flexi prstů a stupňovaných testů lezení do vyčerpání. Během stupňovaného testu byl identifikovatelný hraniční bod okysličení svalů (MOB) na lezeckém ergometru (82 +/- 8 % a 88 +/- 8 %) při spotřebě kyslíku za minutu.

S průměrem minutové spotřeby kyslíku a saturace flexor digitorum profundus kyslíkem byl dosažen nejvyšší dosažitelný sklon lezení, při submaximálním lezení následně vyznačil 83 % rozdílu způsobilosti lezce.

V lezení se rychlost tolik netrénuje, ale lezci s lepší výkonností a kondicí získají při testu při zvyšujícím se tempu delší čas výdrže při lezení. Lezci, kteří jsou výkonnostně slabší dosáhli spotřeby  $VO_2\max$  hodnot kolem 44 ml.min<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup> muži a 49 ml.min<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup> ženy. Toto naznačuje, že spotřeba kyslíku je nejvíce dosažená při protokolu do rychlosti a je v bezprostředním vztahu s výkonností (España-Romero V., Ortega Porcel, F., Artero, E., Jiménez-Pavón, D., Gutiérrez Sainz, Á., Castillo Garzón, M., Ruiz, J., 2009). V kardiopulsační odezvě mezi RP a TR výstupem při různých stylech lezení u profesionálních lezců není žádný rozdíl u obou typu přelezu RP a TR psychická odezva a funkční odezva bude podobná. Lezcům, kteří mají menší výkonnosti, se při přelezu RP zásadně úroveň kognitivní a somatické úzkosti zvýší, a projeví se i na lehce vyšší spotřebě kyslíku (Aras a Akalan, 2014).

#### **2.6.4 Laktát**

Anaerobní laktátový systém se v lezení jednoznačně nejvíce zapojuje a projevuje na výdrži lezce. V lezení se přednostně zvyšuje produkce laktátu hlavně v předloktních svalcích, což se rovná již zmíněné poloze paží nad úroveň hlavy (Astrand et al., 1968).

Testování uvádějí po lezení střední až těžké úrovni, že únava předloktí se dostavila daleko dříve než únava nohou. Především ve větším sklonu při lezení může být produkce laktátu v předloktí, díky tomu nedosahuje celková hodnota laktátu vysokých hodnot, laktát tvoří především malé svalové skupiny (Mermier et al., 1997).

Nepřetržitě lezení po více strmém terénu například 80-110 stupňů představuje velmi těžkou pracovní výzvu, hodnoty jsou v průměru okolo 8,4-9 ekvivalentů metabolismu, bez zřetele na sklon. Pokud je srdeční frekvence stejná, tak i přes stejné posouzení citění námahy a množství laktátu, je poměrná intenzita cvičením podnícena simulovaným lezením daleko nižším (Watts a Drobish, 1998).

Při vysoké lezecké výkonnosti je také propojena schopnost uchovat vyšší lokální kapacitu krevního laktátu, i přesto jsou sumární hodnoty nízké (Billat, V., Palleja, P., Charlaix, T., Rizzardo, P., Janel, N., 1995).

Menší laktátovou křivku projevují lezci s vysokou úrovní silové vytrvalosti, která je téměř až lineární. Velký význam hodnocení laktátu má v retrospektivních, longitudiálních a průřezových studiích, ale nemá žádný význam v určování tréninkových intenzi (Schöffl, V., Möckel, F., Köstermeyer, G., Roloff, I., Küpper, T., 2006). Se sklonem, rychlostí lezení namáhavějších cest a při vertikálním pohybu se více zvyšuje krevní laktát než oproti traverzování. Při lezení produkují laktát převážně menší skupiny svalů a není rozdíl, jestli jde o svaly předloktní nebo pletence ramenní. Následně maximální úroveň laktátu u lezců nenabývá hodnot klasických pro anaerobně-glykolytické aktivity (Baláš, 2016). Dynamičnost přeměn koncentrací laktátu a odbavení laktátu záleží především na svalové zátěži, technických a případně taktických dovednostech lezce (Magiera, Artur, Robert Rocznio, Ewa Sadowska-Krepa, Katarzyna Kempa, Oskar Pplcek a Aleksandra Mostowik, 2018).

Při lezení mohou být odpovědi na organismus různé. Především se to týká faktorů obtížnosti cesty, zvoleného sklonu cesty, stylu a rychlosti lezení a také to souvisí se zkušeností lezce.

## **2.7 Kritický výkon**

Teoretickou definici vyjádřil ve své studii Place, Nicolas, Joseph D. Bruton a Hakan Westerblad, (2009) tak, že kritický výkon byl vymezen jako externí výkon, jenž je možný zachovat nekonečně dlouho nebo velmi dlouze bez vyčerpání, ale víme, že žádné cvičení nelze praktikovat do nekonečna.

Kritickým výkonem se dnes rozumí, že nejvyšší rychlost metabolismu vede ke kompletnímu poskytnutí oxidační energie. V tomto průběhu se bere v úvahu aktivní organismus jako celek. Význam tohoto tvrzení je, že hlavní dodávka energie díky fosforylaci na úrovni substrátu nabývá stabilního stavu, proto nedojde k rostoucí akumulaci laktátu v krvi ani k rozpadu intramuskulárního fosfokreatinu. Definice tohoto tvrzení vyjadřuje, že při rychlosti produkce laktátu v aktivním svalu naznačuje jeho rychlosti odbourávání ve svalech i dalších tkání. Nesmíme však zapomenout, že při určování kritického výkonu pokaždé nastává chyba, jelikož se každý den může trochu odlišovat (Smith a Hill, 1993).

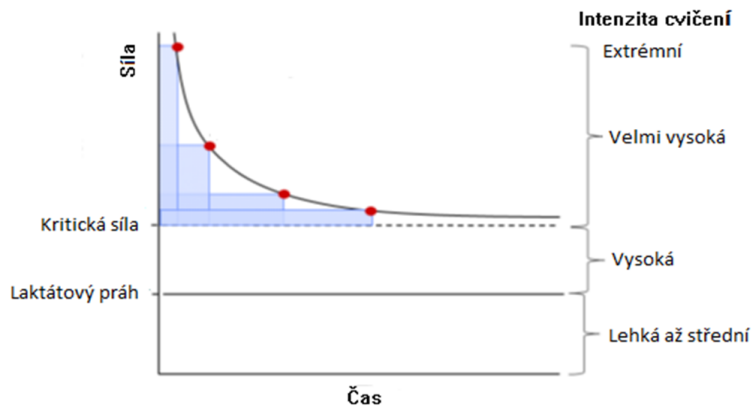
Baláš (2016) uvedl, že kritický výkon byl navržen jako intenzita nad laktátovým prahem, u kterého jde vydržet po dobu 20–30 minut, každý kritický výkon je osobitý

a pohybuje se kolem 70-90 %  $VO_{2max}$ . Tento kritický výkon se získává z 2-10 testů na běžecím pásu nebo na kole s délkou trvání 1-30 minut.

Ve fyziologii představuje kritický výkon hranici mezi doménami intenzity cvičení v nestacionárním i ustáleném stavu, smysluplnější index výkonu může udávat takto než jiné zlomy aerobní zdatnosti, které jsou například prahová hodnota laktátu, či maximální absorpce kyslíku (Vanhatalo, Anni, Andrew M. Jones a Mark Burnley, 2011).

Další definice kritického výkonu je maximální práce, při které může svalová skupina vydržet bez přerušení delší dobu, zatím co pracovní kapacitu nad kritickým výkonem označujeme  $W$ , což většinou vyjadřuje zásobu energie (Poole, David C., Mark Burnley, Anni Vanhatalo, Harry B. Rossiter a Andrew M. Jones, 2016). U kritického výkonu, který je omezený přístupností oxidačních substrátů neboli glykogenu, centrální únavou a hypertermií,  $W$  je limitované akumulací metabolitů spojených s periferní únavou a progresivním vyčerpáním vysoko energetických fosfátů (Jones, Andrew M., Daryl P. Wilkerson, Fred Dimmna, Jonathan Fulford a David C. Poole, 2008). Pokud je výstupní výkon značně nad kritickým výkonem, tak konstantní množství práce jako parametr  $W$  bude pohodově použit a doba do vyčerpání bude krátká. Pokud se bude výkon blížit ke kritickému výkonu, poté  $W$  bude zužitkován pomaleji a to znamená, že čas do vyčerpání bude delší. Pro všechny výkony nad kritickým výkonem se předpokládá že  $W$  bude konstantní a že absolutní výkon cvičení je především podmíněn hodnotě kritického výkonu a hodnotě  $W$ . Tyto parametry se mohou lišit u jednotlivců v návaznosti na tréninku, zdravotním stavu a stáří (Vanhatalo et al., 2011).

Pokud je čas do vyčerpání nanesený kontra daným výkonům nebo rychlostem, tak vztah je hyperbolický, a přitom schopnost zachovat pohyb klesá rychleji v porovnání s nižšími výkony (Zat'ková, 2021).



**Obrázek 2: Hyperbolický vztah mezi časem do vyčerpání a silou.  $W'$  je konstanta zakřivení (označená obdélníkovými rámečky nad CP a vyjádřená v kJ) (přeloženo od Lucie Malečkové z Poole et al., 2016)**

### 2.7.1 Ukazatele maximálního metabolického setrvalého stavu

Zásobování energie pomocí substrátové fosforylace dosahuje konstantní a také nenastává nahromadění krevního laktátu či rozložení intramuskulárního kreatinfosfátu. Kritický výkon je tedy pokládán jako nejintenzivnější zátěž, a to dle oxidačního zásobování energie. Velikost intenzity laktátové produkce ve svalu, který pracuje, je shodný s ostatními svaly a tkáněmi (Smith JC, Hill DW, 1993). Subjekt by tedy měl brát ohled na to, aby cvičil přesně na hranici určené CP, jelikož, pokud by cvičil nad hranici CP, mohlo by to vyvolat důsledky ve fyziologických odezvách a v toleranci cvičení (Poole et al., 2016). Hranice kritického výkonu se nachází cca ve shodné vzdálenosti mezi laktátovým prahem a maximálním výkonem (kritický výkon), který je dosažen během stupňovaného cvičení. Ovšem, laktátový práh a maximální výkon se od sebe mohou lišit kvůli rozdílnému zdravotnímu stavu nebo míry trénovanosti. U zdravých, mladých jedinců laktátový práh a maximální výkon se pohybuje kolem 50 % - 60 % či 70 % - 80 %  $VO_{2max}$ . U trénovaných jedinců, u kterých největší intenzita zatížení aerobního metabolismu je zvýšena díky vytrvalostním tréninkům, se pohybuje okolo 70 % - 90 %  $VO_{2max}$ . U pacientů s chronickým onemocněním se tyto hodnoty pohybují na stejné úrovni, jako u trénovaných jedinců (Van Der Vaart H., Murgatroyd SR, Rossiter HB., Chen C., Casaburi R., Porszasz J., 2014).



### **2.7.2 Určení kritické síly u lezců**

Metody pro určení kritického výkonu u lezců, byly prokázány u několika svalových skupin. Bohužel neexistuje dostatek testů a následných dat, charakterizujících použití kritického výkonu na flexorech prstů u lezců. První využití ručních dynamometrů pro určení kritického výkonu se ve své studii zabývala (Kellawan JM. Tschakovsky, 2014). Bohužel se ukázaly jako nevhodné, protože neměly dostatečnou specifickou k lezeckému výkonu. Vymezení kritického výkonu u flexorů prstů, by měl velký vliv na monitorování a zlepšení lezeckých tréninků. Giles, David, Joel B. Chidley, Nicola Taylor, Ollie Torr, Josh Hadley, Tom Randall a Simon Fryer, (2019) vedl studii, kde zjišťoval, zda matematický model kritického výkonu, může být využitelný u intermitentní izometrické kontrakce flexorů prstů.

### 3 Shrnutí teoretické část

Nejdůležitějším poznatkem z teoretické části je kritický výkon, kterým se rozumí nejvyšší rychlost metabolismu, která vede ke kompletnímu poskytnutí oxidační energie. Rychlost produkce laktátu ve svalu, který je aktivní, naznačuje i rychlost jeho odbourávání ve svalech či jiných tkáních. Je to ovšem velice individuální. Na kritický výkon lze i nahlížet jako na výši maximální práce, při které sval dokáže pracovat bez přerušování po danou dobu. Pracovní kapacitu nad kritickým výkonem vyjadřujeme pomocí zásoby energie.

V odborné literatuře není dostatek podkladů pro určování kritického výkonu. Výsledky studie, které provedl Kellawan JM. a Tschakovsky v roce 2014, se ukázaly jako nevhodné.

## **4 CÍLE, ÚKOLY A METODIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

### **4.1 Cíl práce a hypotézy**

Cílem diplomové práce je zjistit vztah mezi kritickým sklonem při stupňovaném lezeckém testu do vyčerpání a maximálním výkonem RP.

#### **4.1.1 Hypotézy**

Vztah mezi maximálním sklonem a obtížností RP bude statisticky významný.

Vztah mezi kritickým sklonem a obtížností RP bude statisticky významný.

#### **4.1.2 Úkoly**

Studium literatury

Výběr výzkumného souboru

Testování lezců v laboratoři na UK FTVS

Analýza dat

Stanovení závěrů a odporných doporučení

## **5 Metodika práce**

### **5.1 Výzkumný soubor**

Testovaný soubor se skládal celkem z 26 lezců ve věku od 20 let do 45 let, z toho bylo 8 žen a 18 mužů. Vybírali jsme zkušenější lezce s obtížností nad 6+ podle hodnocení UIAA viz tabulka č. 2.

**Tabulka č. 2: UIAA Srovnávací tabulka lezeckých obtížností pro lezení s lanem (Baláš, 2016).**

<i>Lezecká výkonnost (muži)</i>	<i>USA</i>	<i>Francouzská</i>	<i>Britská tradiční</i>	<i>Ewbankova</i>	<i>Saská</i>	<i>UIAA</i>	<i>UIAA metrická</i>	<i>Wattsova</i>	<i>Lezecká výkonnost (ženy)</i>	
Nižší výkonnost	5,1	1	D	1	9	I	I	1	Nižší výkonnost	
	5,2	2	VD	2	10	II	II	2		
	5,3	3	HVD	3a	11	III	III	3		
	5,4	4a	S	3b	12	IV	IV	4		
	5,5	4b	HS	4a	13	V	IV+	4,33		
	5,6	4c	VS	4b	14	VI	V	5		
	5,7	5a	VS	4c	15		V+	5,33		
	5,8	5b	HVS	5a	16	VIIa	VI-	5,66		
5,9	5c	E1	5b	17	VIIb	VI	6	0,75		
Pokročilí lezci	5.10a	6a	E1	5b	18	VIIc	VI+	6,33	1	Pokročilí lezci
	5.10b	6a+	E2	5c	19	VIIIa	VII-	6,66	1,25	
	5.10c	6b	E2	5c	20	VIIIb	VII	7	1,5	
	5.10d	6b+	E3	6a	21	VIIIc	VII+	7,33	1,75	
	5.11a	6c	E3	6a	22		VII+/VIII-	7,5	2	
	5.11b		E4	6b	22			7,5	2,25	
	5.11c	6c+	E4	6b	23	IXa	VIII-	7,66	2,5	
Výkonnostní lezci	5.11d	7a	E4	6b	23	IXb	VIII	8	2,5	Výkonnostní lezci
	5.12a	7a+	E5	6b	24	IXc	VIII+	8,33	2,75	
	5.12b	7b	E5	6c	25		VIII+/IX-	8	3	
	5.12c	7b+	E6	6c	26	Xa	IX-	8,5	3,25	
	5.12d	7c	E6	6c	27	Xb	IX	9	3,5	
	5.13a	7c+	E7	7a	28	Xc	IX+	9,33	3,75	
	5.13b	8a	E7	7a	29		IX+/X-	9,5	4	
Elitní lezci	5.13c	8a+	E7	7a	30	XIa	X-	9,66	4,25	Elitní lezci
	5.13d	8b	E8	7a	31	XIb	X	10	4,5	
	5.14a	8b+	E8	7a	32	XIc	X+	10,33	4,75	
	5.14b	8c	E9	7a	33		X+/XI-	10,5	5	
	5.14c	8c+	E9	7b	34	XIIa	XI-	10,66	5,25	
Vysoce elitní lezci	5.14d	9a	E10	7b	35	XIIb	XI	11	5,25	Vysoce elitní lezci
	5.15a	9a+	E10	7b	36		XI+	11,33	5,75	
	5.15b	9b	E11	7b	37		XI+/XII-	11,5	6	
	5.15c	9b+	E11	7b	38		XII-	11,66	6,25	

## 5.2 Metoda měření

### Realizace měření

**Dotazník:** Lezci v dotazníku uváděli věk, výšku, váhu a lezecké a sportovní aktivity, které jsou zapsané viz. Příloha 1.

**Rozcvičení:** rozcvičení se skládalo z vyběhnutí schodů nahoru a dolu 3x, následná mobilizace kloubů 10 min, rozcvičení se na ergometru po všech cestách s programem light – 20 m, rychlost 6m/min, poté byl 5 minut odpočinek, druhá cesta na program medium 25m jen po dané lezecké cestě, která bude použita v testu s rychlostí 9m/min. Po druhé cestě následuje odpočinek 10 min.

**Test na lezeckém ergometru:** Po rozcvičení si lezec sednul a byl v klidu po dobu 10 minut, pak se zahájil test. Stupňovaný test lezení do maximální zátěže se skládal z výchozí polohy na lezeckém ergometru v +3 stupních s lezeckou rychlostí 9m/min, po uplynutí 1 minuty následovala lezecká pauza 10 vteřin, kdy lezci vytrvali na stěně a drželi se chytů a měli prostor na odpočinek, během těchto 10 vteřin jsme naklonili lezecký ergometr +3 stupně, tedy do 0 stupňů, pak následovala další minuta lezení a následovalo další naklonění ergometru +3 stupně, tedy do -3 stupňů, takhle se postupovalo dokud daný lezec nespadnul. Po chvilkovém odpočinku jsme se zeptali lezce na hodnocení svého výkonu podle Borgovy škály viz tabulka č. 1, pro vnímání velikosti zatížení, to nám pomohlo zjistit, jestli končili ve vyčerpání. Následoval půl hodinový odpočinek, pak jsme na základě stupňovaného testu určili odhadem 3 sklony do vyčerpání, které byly v rozmezí 2–15 min. V této fázi měření se pouze naklonil ergometr do určitého sklonu a lezec lezl bez přestávky do vyčerpání, v dalších dnech měření lezl už jen pouze určité sklony.

**Tabulka č. 3: časový rozvrh měření**

Testovací den	Průběh měření
1. Den	Dotazník Rozcvičení Rozlezení na program Light Lezení v programu medium po naší cestě
	24 hodin bez sportování
2. Den	Rozcvičení Stupňovaný test na lezeckém ergometru do vyčerpání Půl hodinová pauza Lezení v určitém sklonu do vyčerpání
	24 hodin bez sportování
3. Den	Rozcvičení Druhé lezení v určitém sklonu do vyčerpání Půl hodinová pauza Třetí lezení do vyčerpání v určitém sklonu

**Použité metody:**

Použili jsme lezecký ergometr Climb Station generation, Forssa z Finska s pásem dlouhým 6 m. Je to umělá rotační stěna, která má několik programů lezení a lezec na ní může lézt i sám bez jakékoliv obsluhy dalšího člověka viz. Obrázek č. 3, Joyride Games Oy (Ltd.) 2022.



**Obrázek č. 3 Climb Station generation, Forssa z Finska**

Použili jsme chyty od značky AIX, která již od roku 1996 vyrábí různé druhy chytů. Firma AIX byla jedním z hlavních dodavatelů lezeckých chytů na několika světových pohárech ve sportovním lezení. Chyty jsou vyráběny z umělé hmoty, polyesterové a následně z polyuretanové směsi. Tento postupný vývoj lezeckých chytů umožňoval výrobu nejrůznějších druhů chytů, na kterém je kladený velký důraz na soutěžích. Viz. Obrázek č. 4, All Rights Reserved | AIX © 2018.



**Obrázek č. 4 Chyty od firmy AIX**

#### **Výpočet kritického sklonu**

Zvolili jsme vzoreček od Davida Gilese, pro vypočítání kritického sklonu, který je vhodný pro tuto práci.

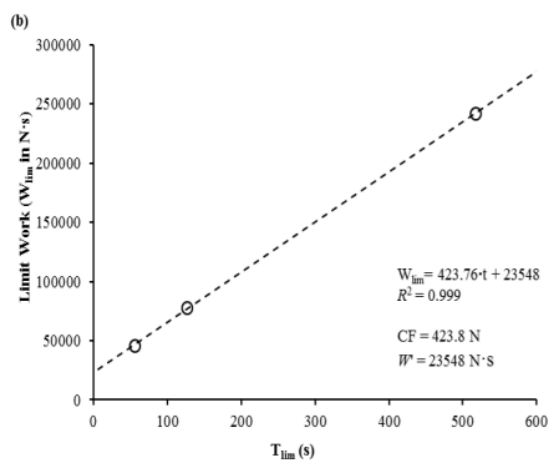
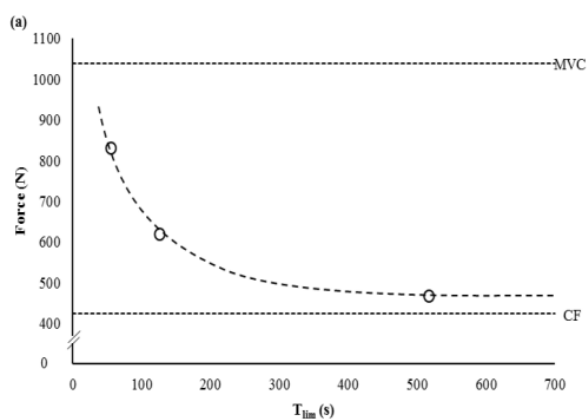
$$W_{lim} = T_{lim} \cdot CF + W'$$

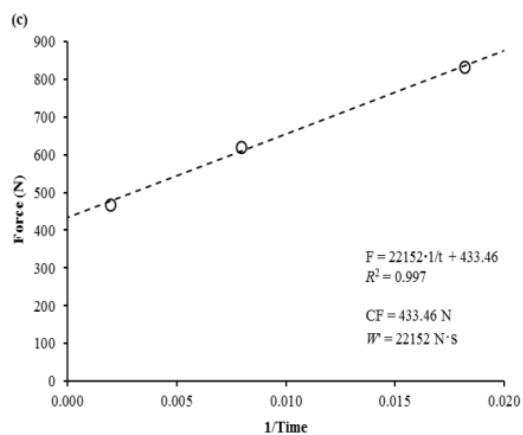
$$F = W' \cdot (1 - T_{lim}) + CF$$

Kde  $W_{lim}$  značí Pracovní limit v (N\*s),  $T_{lim}$  značí časový limit v (s), CF je kritická síla v (N)  $W'$  je zásobník energie (n\*s) a F je síla (N).



$W_{lim}$  pro přerušované izometrické svalové akce se vypočítal vynásobením  $F$  svalových akcí pomocí  $T_{lim}$ .  $CF$  = kritická síla byla stanovena ze tří submaximálních testů. K poskytnutí dvou byla použita lineární regrese sady odhadů  $CF$  a  $W'$  z výsledků z těchto studií s použitím pracovní doby a časového modelu viz. Obrázek 5. Model pracovní doby vykresluje  $W_{lim}$  proti  $T_{lim}$  (čas do vyčerpání v sekundách)  $W'$  je dáno průsečíkem  $Y$  a  $CF$  jako sklon rovnoměrně. Časový model vykresluje sílu proti  $T_{lim}$ ,  $CF$  je dána průsečíkem  $Y$  a  $W'$  jako sklon.





**Obrázek číslo 5. Příklad hyperbolického vztahu mezi silou a časem do selhání (A) a odhady kritické síly (CF) a konstanty zakřivení (W) z lineární práce – čas (B) a modely CF v čase (C) reprezentativního subjektu.**

#### **Analýza dat**

V rámci analýzy dat byly spočteny korelační koeficienty mezi maximálním sklonem a obtížností RP a kritickým sklonem a obtížností RP. Pro testování hypotéz byla stanovena hladina statistické významnosti jako  $\alpha = 0,05$ . Pro názornost byly vytvořeny bodové grafy.

## 6 Výsledky

Studie se zúčastnilo 26 lezců, průměrný věk byl  $29,09 \pm 7,32$  let. Muži byli statisticky vyšší, byli i statisticky těžší. U mužů i žen převládala dominantní pravorukost. Velký rozdíl byl v délce lezení, kde muži lezou  $12,4 \pm 7,37$  let a ženy  $8,25 \pm 3,83$  let. Větší rozdíl se nacházel u lezení na boulderu, tam muži lezli  $45 \pm 27,38$  % a ženy pouze  $28 \pm 27,34$  %. Základní popisná statistika celého souboru je uvedena v tabulce 4.

Tabulka č. 4 Základní popisná statistika celého souboru

	Všichni	Muži	Ženy
Věk (Roky)	$29,09 \pm 7,32$	$30,32 \pm 8,23$	$26,17 \pm 2,82$
Hmotnost (Kg)	$66,59 \pm 9,03$	$70,46 \pm 6,9$	$57,41 \pm 6,5$
Výška (cm)	$174,26 \pm 6,32$	$176,68 \pm 5,37$	$168,5 \pm 4,41$
Domiance (levá, pravá ruka)	1L, 25P	25P	1L, 7P
Obtížnost RP	8	8	7+/8-
Obtížnost boulder RP	7	7	6b
Délka lezení (roky)	$10,7 \pm 6,73$	$12,4 \pm 7,37$	$8,25 \pm 3,83$
lezení ve skalách (%)	$37,96 \pm 25,3$	$40 \pm 28,84$	$34 \pm 25,95$
lezení na stěně (%)	$62 \pm 25,32$	$60 \pm 24,84$	$66 \pm 25,95$
lezení na boulderu (%)	$40 \pm 28,54$	$45 \pm 27,38$	$28 \pm 27,34$
lezení na stěně s lanem (%)	$57 \pm 28,37$	$55 \pm 27,38$	$64 \pm 29,88$
Počet tréninku týdně	$3 \pm 1,25$	$3 \pm 1,41$	$3 \pm 0,5$
počet hodin tréninku (h)	$6 \pm 3,98$	$7 \pm 4,55$	$5 \pm 1,72$
počet nelezeckých sportů týdně	$2 \pm 1,12$	$2 \pm 0,8$	$3 \pm 1,47$
počet nelezeckých sportů týdně (h)	$4 \pm 3,48$	$2 \pm 1,35$	$6 \pm 5,11$

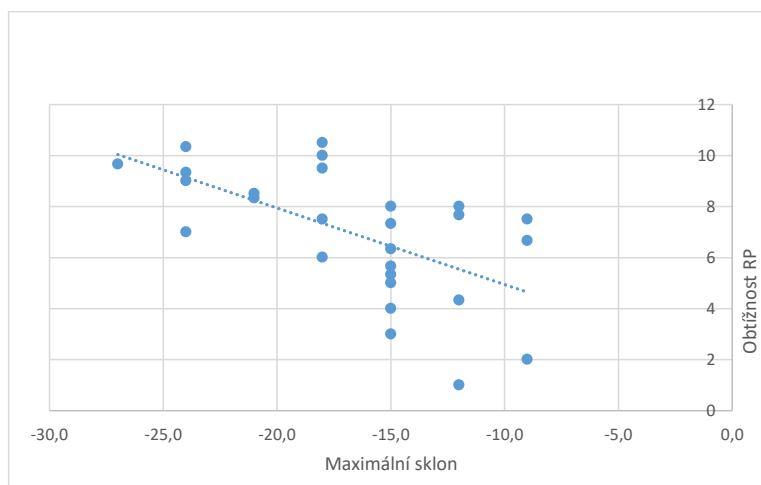
Muži vykazovali vyšší výkony ve stupňovaném testu v čase než ženy, ale v maximálním sklonu se nelišily, muži dosahovali 377 vteřin a ženy 321 vteřin, maximální sklon byl v průměru stejný – 17 stupňů. První nejmenší sklon se statisticky nelišil. V druhém testu, kde sklon byl větší, se začíná projevovat mužská výkonnost, muži dosahovali  $438 \pm 136,38$  vteřin a ženy  $375 \pm 90,5$  vteřin. Poslední třetí sklon, tedy nejtěžší a nejkratší v čase, se ženy začali zpátky přibližovat mužům, muži  $216 \pm 123,22$  vteřin a ženy  $209 \pm 119,61$  vteřin. Výsledné porovnání mužů a žen je znázorněno v tabulce číslo 5.

**Tabulka č. 5 Porovnání výkonnosti mužů a žen**

	Všichni	Muži	Ženy
Stupňovaný test (s)	360 ± 96,95	377 ± 105,52	321 ± 55,62
1 sklon (s)	808 ± 188,1	806 ± 188,36	811 ± 187,4
2 sklon (s)	419 ± 127,8	438 ± 136,38	375 ± 90,5
3 sklon(s)	214 ± 122,2	216 ± 123,22	209 ± 119,61
Maximální sklon (Stupně)	-17	-17	-17

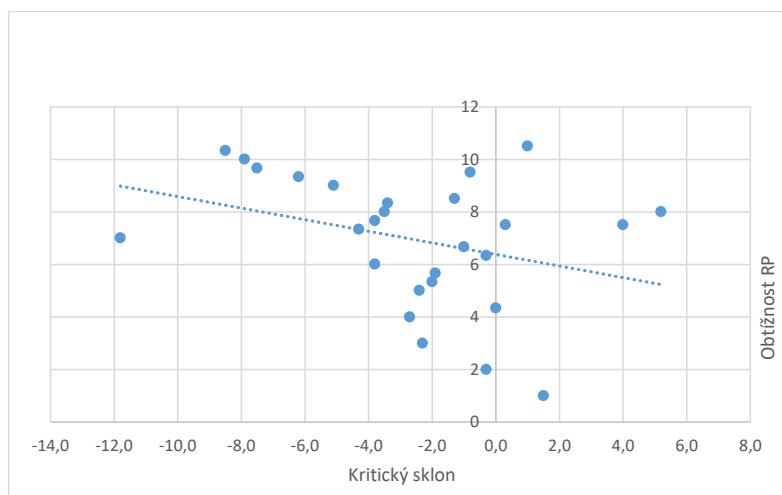
Kritický sklon se spočítal pomocí vzorečku, který použil Giles ve své práci kde jsme dosadili naměřené hodnoty a dostali se nám výsledky, které jsme vynesli do grafů 1. a 2. ve vztahu s obtížností RP. Obtížnost RP, jsem využil hodnot z tabulky č.2 ze sloupce *UIAA metrická*.

Graf č. 1: Vyjádření míry vztahu mezi maximálním sklonem a obtížností RP.



Graf č. 1 ukazuje, že maximální dosažený sklon silně negativně koreluje s hodnotou RP ( $r = -0,621470902$ ;  $p = 0,001$ ), z čehož plyne, že lezci s vyšší hodnotou RP dosahují vyšší absolutní hodnoty maximálního sklonu (lezci s vyšší hodnotou RP tedy dosahují lepších maximálních výsledků).

Graf č. 2: Vyjádření míry vztahu mezi kritickým sklonem a obtížností RP.



Graf č. 2 ukazuje že v naměřených hodnotách je nízký negativně korelující vztah mezi RP a kritickým sklonem ( $r = -0,340584362$ ;  $p = 0,087$ ). Díky tomu lze říct, že čím vyšší je hodnota RP, tím nižší hodnoty kritického sklonu lezec dosáhne. Takže, čím vyšší je hodnota RP, tím lepšího výkonu lezec dosahuje i ve vztahu ke kritickému sklonu. V důsledku toho lze usuzovat, že by mohl existovat vztah výší RP a výkonem při lezení, přičemž vyšší RP by mohlo naznačovat vyšší výkon při lezení).

**Tabulka č. 6 Porovnání hodnot v Borgově škále**

Všichni	16,4 ± 1,8
Muži	16,1 ± 1,8
Ženy	17 ± 1,6

Po zátěži jsme se hned ptali lezců na Borgovu škálu únavy. Ženy nahlašovali cestu jako složitější než muži a to  $17 \pm 1,6$  a u mužů  $16,1 \pm 1,8$ . Tato informace byla pro nás důležitá, jestli opravdu končili ve vyčerpání. Z výsledků měření vyplývá, že lezci jen zřídka nahlašovali maximální zátěž.

## 7 Diskuze

Cílem diplomové práce bylo zjistit vztah mezi kritickým sklonem při stupňovaném lezeckém testu do vyčerpání a maximálním výkonem RP na lezeckém ergometru. Na základě provedených experimentů, bylo zjištěno, že mezi maximálním sklonem a obtížností RP je statisticky významný silný vztah, zatímco u kritického sklonu a obtížností RP tento vztah nebyl potvrzen. Pro zjištění kritického výkonu byla v této práci použita lineární regresní analýza a výpočet byl proveden pomocí matematického modelu. V článku Giles (2018) odkazuje na kritickou sílu prstů, která je dobrým prediktorem maximálního výkonem v lezení, zatímco kritický sklon tuto predikční hodnotu nemá.

Při vysoce intenzivním cvičení klesá výkonnost dle hyperbolické funkce. Dle toho lze předvídat, kdy nastane bod vyčerpání. Giles et. al. (2019) se jako první zabýval problematikou přerušované izometrické svalové kontrakce flexorů prstů. Zatížení na liště probíhalo při vise na obouřuč v polouzavřeném úchopu a probandi zatěžovali lištu určitou silou po danou dobu. Následoval odpočinek, při kterém ovšem probandi nesměli ruce vyklepávat. Pro výpočtení kritického výkonu se využíval model lineární regresní analýzy. Studie se řadí mezi poměrně nové, již dříve popsali metodiku pro stanovení kritického výkonu Kellawan a Tschakovsky (2014). Ve své studii uvádějí, že pro cvičení na předloktí neexistuje žádný neinvazivní test, který by umožňoval identifikaci kritického výkonu. Cílem jejich studie bylo vyvinout cvičení test úchopu s maximálním úsilím k odhadu kritické síly předloktí a stanovení její opakovatelnosti a platnosti. Prováděli dva testy během dvou dní, přičemž nebyl žádný systematický rozdíl mezi testem 1 a 2 pro kritický výkon. Proti nim se v příslušné studii více Giles (2019) přiblížil ke specifickému testování, a to pomocí visu na liště. Svě poznatky dále rozvedl v publikaci z roku 2021, o které se zmiňuji v následujícím odstavci.

Studie Gilese a kol. (2021) se zaměřovala na kritickou sílu prstů měřenou na liště pomocí dynamometru určeného pro lezení. V mé diplomové práci jsem kritický sklon měřil na lezeckém ergometru. Jak ve studii od Gilese (2021), tak v mé diplomové práci se testování lezci zaměřovali jak na lezení s lanem, tak na bouldering. U Gilese (2021) determinanty výkonu v lezení jsou odlišné, jelikož záleží na technice lezení. Lze předpokládat, že lezci s lanem budou mít větší vytrvalostní lezení. Naopak u boulderistů se projevuje větší maximální síla. V této práci se výkony lezců nelišily dle toho,

zda se jednalo o lezce s lanem či o boulderisty. Toto tvrzení potvrzují výsledky, které jsem zjistil výpočtem ze třech následných sklonů a výsledkem byl kritický sklon každého lezce. Na základě tohoto kritického sklonu, který byl individuálně vypočten pro každého lezce zvlášť, bylo zjištěno, že kritický sklon jak u lezců na laně, tak u boulderistů byl podobný. Z toho vyplývá, že studie od Gilese (2021) by se dle jeho výsledků spíše hodila na testování boulderistů.

Baláš (2016) uvádí, že se kritický výkon určuje z 2–10 testů až do vyčerpání. V mé práci jsem provedl 4 testy do vyčerpání, což může vést k tomu, že výsledky nemusí být dle Baláše (2016) tak přesné. Ale tyto výsledky je potřeba brát jako orientační. Je nutné říci, že jeden z hlavních faktorů při lezení do vyčerpání je vlastní motivace lezců, jelikož lezení do vyčerpání je náročné jak fyzicky, tak psychicky. Při testování jsem se snažil lezce motivovat povzbuzováním pro zvýšení jejich výkonu. Po testování byla provedena kontrola, kde jsem zaznamenal pocity jednotlivých lezců pomocí Borgovy škály únavy (viz. Tabulka č. 5).

Vývoj únavy při rozdílných cvičení (kontinuální i intermitentní zatížení) je dobré sledovat pomocí kritického výkonu. Koncept kritického výkonu je velice dobře použitelný při sportech s kontinuálním zatížením, tzn. se zapojením svalů téměř celého těla. Využívá se např. při stanovení nejvyššího možného tempa na určitou vzdálenost konkrétně pro atleta, kde dle jeho kritického výkonu lze určit nejlepší taktiku (Jones, Vanhatalo, 2017).

Vzhledem k tomu, že se v případě lezeckého ergometru jedná o poměrně novou technologii pro trénink a měření lezeckého výkonu, je náročné najít data porovnatelná s mým výzkumem.

Během prováděného výzkumu o měření maximálního a kritického sklonu jsem nenarazil na žádné metody měření, které by kombinovali různé variace cest. Varianty jednotlivých cest mohou být odstupňovány sklonem nebo charakteristikou chytů. Pro docílení přesnějších statistických výsledků bych doporučil využít různých kombinací cest, které by mohly lépe reflektovat reálné podmínky v přírodě.

## 8 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit kritický sklon při stupňovaném testu do vyčerpání. Při získání dat u testování lezeckého ergometru bylo zjištěno, že je nezbytné dbát na přesnost měření. U této metody nejsou tolerovány žádné odchylky. Výsledné hodnoty jsme dosazovali do grafů, který nám ukazoval u vztahu maximálního sklonu a obtížnosti RP silný významný vztah, ale u kritického sklonu a obtížnosti RP nebyl potvrzen. Toto tvrzení vyvracuje jednu z hypotéz. Je tedy zřejmé že na základě těchto hodnot, je možné využít vztah mezi prvníma dvěma hodnoty při způsobů testování výkonnosti u elitních i rekreačních lezců. Výsledky vysoké korelace mezi maximálním sklonem a obtížností RP je tedy možné použít při sestavování tréninkových plánů lezců.

Maximální sklon je jeden z užitečných nástrojů, jak determinovat ideální tréninkovou zátěž. Pomocí výsledků, můžeme časem zjistit, jestli se zlepšujeme či ne. Tyto hodnoty pomáhají trenérům lezců sestavovat optimální tréninkové plány, které jsou zaměřené na sílu nebo vytrvalost. Pomocí číselných údajů z tohoto testování, mohou snadněji určit přechod mezi vytrvalostním výkonnostním tréninkem. Pro samotné lezce je zjištění těchto hodnot motivací k lepšímu individuálnímu tréninku.

Pro zjišťování dokonalejších výstupů z měření by bylo vhodné používat různé variace cest na lezeckém ergometru. Tím by bylo docíleno přesnějších statistik pro tréninkové plány.

Okomentoval(a): [u1]: Piš v minulém čase



## Zdroje

All Rights Reserved, AIX (2018). Dostupné z <https://www.aix.cz/cs/>

ASTRAND, I., A. GUHARAY a J. WAHREN, 1968. Circulatory Responses to Arm Exercise with Different Arm Positions. *Journal of Applied Physiology* [online]. **25**(5), 528- [vid. 2021-07-25]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <https://gateway.webofknowledge.com/gateway/Gateway.cgi?GWVersion=2&SrcAuth=DOISource&SrcApp=WOS&KeyAID=10.1152%2Fjappl.1968.25.5.528&DestApp=DOI&SrcAppSID=F5JyqZLftz6KgKsVAU&SrcJTitle=JOURNAL+OF+APPLIED+PHYSIOLOGY&DestDOIRegistrantName=American+Physiological+Society>

ASTRAND, P. O. Physical performance as a function of age. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* [online]. **205**(11), 729-733 [cit. 2022-02-11]. ISSN 00987484. Dostupné z: doi:10.1001/jama.205.11.729

Aras, D., Akalan, C. (2014). The effect of anxiety about falling on selected physiological parameters with different protocols in sport rock climbing. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54(1), 1-8.

Baláš, J., Panáčková, M., Strejcová, B., Martin, A. J., Cochrane, D. J., Kaláb, M., Draper, N. (2014). The relationship between climbing ability and physiological responses to rock climbing. *Scientific World Journal*

BALÁŠ, Jiří. Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3361-9.

BENSON, Roy a Declan CONNOLLY. Trénink podle srdeční frekvence: jak zvýšit kondici, vytrvalost, laktátový práh, výkon. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4036-2.

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, 20-24.

Bloomfield, J., Ackland, T., & Elliott, B. (1994). *Applied Anatomy and Biomechanics in Sport*. (1994 ed.) Blackwell.

Borg, G. (1998). Borg's Perceived Exertion and Pain Scales: Champaign, IL.: Human Kinetics.

BURNLEY, Mark a Andrew M. JONES. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *European Journal of Sport Science* [online]. 2007, 7(2), 63-79 [cit. 2022-02-07]. ISSN 1746-1391. Dostupné z: doi:10.1080/17461390701456148

de GEUS, B., O'DRISCOLL, S. V., 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.

DONATH, L., RÖSNER, K., SCHÖFFL, V., GABRIEL, H. H. W. (2013). Workrelief ratios and imbalances of load application in sport climbing: Another link to overuse-induced injuries? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(4), 406-414.

DRAPER, Nick, Glenys A. JONES, Simon FRYER, Christopher I. HODGSON a Gavin BLACKWELL. Physiological and psychological responses to lead and top rope climbing for intermediate rock climbers. *European Journal of Sport Science* [online]. 2010, 10(1), 13-20 [cit. 2022-02-11]. ISSN 1746-1391. Dostupné z: doi:10.1080/174613909031081257

ENGEL FA, SPERLICH B, STÖCKER U, WOLF P, SCHÖFFL V, DONATH L. Acute Responses to Forearm Compression of Blood Lactate Accumulation, Heart Rate, Perceived Exertion, and Muscle Pain in Elite Climbers. *Frontiers in Physiology*. 2018 May 23;9:605. doi: 10.3389/fphys.2018.00605. PMID: 29877508; PMCID: PMC5974167

España-Romero, V., Ortega Porcel, F., Artero, E., Jiménez-Pavón, D., Gutiérrez Sainz, Á., Castillo Garzón, M., Ruiz, J. (2009). Climbing time to exhaustion is a determinant of climbing performance in high-level sport climbers. *European Journal of Applied Physiology*, 107(5), 517-525.

FRANK, T., KUBLÁK, T. a kol. (2007). Horolezecká abeceda. Praha: Epoque

FRYER, Simon, Lee STONER, K. STONE, D. GILES, Joakim SVEEN, Inma GARRIDO a Vanesa ESPANA-ROMERO, 2016. Forearm muscle oxidative capacity index predicts sport rock-climbing performance. *European Journal of Applied Physiology* [online]. **116**(8), 1479–1484 [vid. 2021-07-30]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-016-3403-1

FRYER, S., K. J. STONE, J. SVEEN, T. DICKSON, V. ESPANA-ROMERO, D. GILES, J. BALAS, L. STONER a N. DRAPER, 2017. Differences in forearm strength, endurance, and hemodynamic kinetics between male boulderers and lead rock climbers. *European Journal of Sport Science* [online]. **17**(9), 1177–1183 [vid. 2021-07-30]. ISSN 1746-1391. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2017.1353135

GARDINER, Phillip, 2011. *Advanced Neuromuscular Exercise Physiology*. B.m.: Human Kinetics. ISBN 978-1-4925-8375-2.

GODDARD, Dale a Udo NEUMANN. *Performance rock climbing*. Mechanicsburg, PA: Stackpole Books, c1993. ISBN 978-0-8117-2219-3.

GILES, D., CHIDLEY, J., TAYLOR, N., TORR, O., HADLEY, J., RANDALL, T., FRYER, S. (2018). The Determination of Finger Flexor Critical Force in Rock Climbers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 10.1123/ijsp.2018-0809.

GILES, David, Joel B. CHIDLEY, Nicola TAYLOR, Ollie TORR, Josh HADLEY, Tom RANDALL a Simon FRYER, 2019. The Determination of Finger-Flexor Critical Force in Rock Climbers. *International Journal of Sports Physiology and Performance* [online]. **14**(7), 972–979 [vid. 2021-08-08]. ISSN 1555-0265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2018-0809

GILES, David, Cam HARTLEY, Hamish MASLEN, Josh HADLEY, Nicola TAYLOR, Ollie TORR, Joel CHIDLEY, Tom RANDALL a Simon FRYER, 2021. An All-Out Test to Determine Finger Flexor Critical Force in Rock Climbers. *International Journal of Sports Physiology and Performance* [online]. **16**(7), 942–949 [vid. 2021-08-07]. ISSN 1555-0265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2020-0637

Gil-Moreno-De-Mora, G., Guerrero, J. P., & Prat-Subirana, J. A. (2017). Assessment of the subjective perception of fatigue in competition motorcyclists rally-raid dakar. *Accion Psicologica*, 14(1), 93-104. doi:10.5944/ap.14.1.19265

HODGSON, C. I., N. DRAPER, T. MCMORRIS, G. JONES, S. FRYER a I. COLEMAN, 2009. Perceived anxiety and plasma cortisol concentrations following rock climbing with differing safety rope protocols. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 43(7), 531–535 [vid. 2021-07-24]. ISSN 0306-3674, 1473-0480. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.2007.046011

HÖRST, Eric J. Training for climbing: the definitive guide to improving your performance. Third edition. Guilford, Connecticut: Falcon Guides, [2016]. How to climb series. ISBN 978-1-4930-1761-4.

IFSC (2019). Rules 2019. [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z [https://www.ifscclimbing.org/images/World\\_Competitions/IFSC-Rules\\_2019\\_v192\\_PUBLIC.pdf](https://www.ifscclimbing.org/images/World_Competitions/IFSC-Rules_2019_v192_PUBLIC.pdf)

JONES, Andrew M., Daryl P. WILKERSON, Fred DIMENNA, Jonathan FULFORD a David C. POOLE, 2008. Muscle metabolic responses to exercise above and below the „critical power" assessed using P-31-MRS. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology* [online]. 294(2), R585–R593 [vid. 2021-07-18]. ISSN 0363-6119. Dostupné z: doi:10.1152/ajpregu.00731.2007

Joyride Games Oy (Ltd.) 2022. Dostupné z <https://www.climbstation.com/products.html>

KELLAWAN, J. Mikhail a Michael E. TSCHAKOVSKY, 2014. The Single-Bout Forearm Critical Force Test: A New Method to Establish Forearm Aerobic Metabolic Exercise Intensity and Capacity. *Plos One* [online]. 9(4), e93481 [vid. 2021-08-09]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0093481

MACLEOD, D., D. L. SUTHERLAND, L. BUNTIN, A. WHITAKER, T. AITCHISON, I. WATT, J. BRADLEY a S. GRANT, 2007. Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *Journal of Sports Sciences* [online]. 25(12), 1433–1443 [vid. 2021-07-29]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640410600944550

MAGIERA, Artur, Robert ROCZNIOK, Ewa SADOWSKA-KREPA, Katarzyna KEMPA, Oskar PLACEK a Aleksandra MOSTOWIK. The Effect of Physical And Mental Stress on the Heart Rate, Cortisol and Lactate Concentrations in Rock Climbers. *Journal of Human Kinetics* [online]. 2018, **65**(1), 111-123 [cit. 2022-02-15]. ISSN 1899-7562. Dostupné z: doi:10.2478/hukin-2018-0024

MERMIER, C M, R A ROBERGS, S M MCMINN a V H HEYWARD. Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 1997, **31**(3), 224-228 [cit. 2022-02-11]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.31.3.224

MICHIKAMI, Tatsuhiro, Chikatoshi HONDA, Hideaki MIYAMOTO, et al. Boulder size and shape distributions on asteroid Ryugu. *Icarus* [online]. 2019, **331**, 179-191 [cit. 2022-02-11]. ISSN 00191035. Dostupné z: doi:10.1016/j.icarus.2019.05.019

PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7.

PLACE, Nicolas, Joseph D. BRUTON a Hakan WESTERBLAD, 2009. Mechanisms of Fatigue Induced by Isometric Contractions in Exercising Humans and in Mouse Isolated Single Muscle Fibres. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* [online]. **36**(3), 334–339 [vid. 2021-07-18]. ISSN 0305-1870. Dostupné z: doi:10.1111/j.1440-1681.2008.05021.x

POOLE, David C., Mark BURNLEY, Anni VANHATALO, Harry B. ROSSITER a Andrew M. JONES, 2016. Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. *Medicine and Science in Sports and Exercise* [online]. **48**(11), 2320–2334 [vid. 2021-07-18]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0000000000000939

S. Fryer, K. J. Stone, J. Sveen, T. Dickson, V. España-Romero, D. Giles, J. Baláš, L. Stoner & N. Draper (2017) Differences in forearm strength, endurance, and hemodynamic kinetics between male boulderers and lead rock climbers, *European Journal of Sport Science*, 17:9,1177-1183, DOI: 10.1080/17461391.2017.1353135

SANCHEZ, Xavier, M. TORREGROSSA, T. WOODMAN, G. JONES a D. J. LLEWELLYN, 2019. Identification of Parameters That Predict Sport Climbing Performance. *Frontiers in Psychology* [online]. **10**, 1294 [vid. 2021-07-19]. ISSN 1664-1078. Dostupné z: doi:10.3389/fpsyg.2019.01294

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 and Science in Sport Exercise*, 35(7), 1225-1231

Sheel, A. W., (2004) Physiology of sport rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 355-359

Schöffl, V., Möckel, F., Köstermeyer, G., Roloff, I., Küpper, T., (2006). Development of a performance diagnosis of the anaerobic strength endurance of the forearm flexor muscles in sport climbing. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 205-211

SMITH, Jc a Dw HILL, 1993. Stability of Parameter Estimates Derived from the Power Time Relationship. *Canadian Journal of Applied Physiology-Revue Canadienne De Physiologie Appliquee* [online]. **18**(1), 43–47 [vid. 2021-07-18]. ISSN 1066-7814. Dostupné z: doi:10.1139/h93-005

VAN DER VAART H, MURGATROYD SR, ROSSITER HB, CHEN C, CASABURI R, PORSZASZ J. Selecting constant work rates for endurance testing in COPD: the role of the power-duration relationship. *Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. 2014; 11:267–76. [PubMed: 24182350]

VANHATALO, Anni, Andrew M. JONES a Mark BURNLEY, 2011. Application of Critical Power in Sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance* [online]. **6**(1), 128–136 [vid. 2021-07-18]. ISSN 1555-0265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.6.1.128

VOMÁČKO, L., BOŠTÍKOVÁ, S. (2008). Lezení na umělých stěnách. 2. upr. vyd. Praha: Grada Publishing.

WATTS, PHILLIP B. a KIP M. DROBISH. Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 1998, **30**(7), 1118-1122 [cit. 2022-02-15]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1097/00005768-199807000-00015

WATTS, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 361-372

WINTER, Stefan. Sportovní lezení. České Budějovice: Kopp, 2004. 127 pp.

WINTER, S. (2007). Sportovní lezení. 2. vyd. České Budějovice: Kopp.

WHITE, D. J., OLSEN, P. D. (2010). A Time Motion Analysis of Bouldering Style Competitive Rock Climbing. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5): 1356-1360.

*Základy bezpečného lezení: bezpečně v přírodě a horách.* [Brno: Hudy sport], 2006.

ZAŤKOVÁ, Alžbeta. *Využití MOXY monitoru pro hodnocení oxygenace flexorů prstů při stupňované lezecké zátěži.* Praha, 2021. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Sporty v přírodě. Vedoucí práce Baláš, Jiří.

## **Seznam příloh**

Příloha 1: Vstupní dotazník

Příloha 2: Měřený protokol

Příloha 3: Etická komise

Příloha 4: Informovaný souhlas



## Příloha 1: Vstupní dotazník

### Vstupní protokol

<b>Příjmení:</b>	<b>Jméno:</b>	<b>Datum narození:</b>	<b>Datum testování:</b>
<b>Hmotnost (kg):</b>		<b>Výška (cm):</b>	
<b>Dominantní ruka (zakroužkovat)</b>	<b>L</b>	<b>P</b>	
<b>Současná výkonnost za poslední 2-3 měsíce:</b>			
současná RP cesta (UIAA):			
současná OS cesta (UIAA):			
současný boulder (Fb):			
<b>Délka lezení (roky):</b>			
<b>Zastoupení lezeckých aktivit :</b>			
skály .....	%	vs	stěna .....
bouldery .....	%	vs	lano .....
<b>Lezecké tréninky týdně (počet):</b>		<b>(hodin):</b>	
<b>Nelezecké tréninky týdně (počet):</b>		<b>(hodin):</b>	
<b>Nalezené metry s lanem týdně (m):</b>		<b>Boulderových kroků týdně (počet kroků):</b>	
<b>Maximální síla (kg)</b>			
<b>Varianta (zakroužkovat)</b>	<b>s vyklepáváním</b>	<b>bez</b>	

**Příloha 2: Měřený protokol**

**jméno:**

**datum:**

		<b>Začátek:</b>	<b>Konec:</b>
6	0 - 1.00		
3	1.10 - 2.10		
0	2.20 - 3.20		
-3	3.30 - 4.30		
-6	4.40 - 5.40		
-9	5.50 - 6.50		
-12	7.00 - 8.00		
-15	8.10 - 9.10		
-18	9.20 - 10.20		
-21	10.30 - 11.30		
-24	11.40 - 12.40		
-27	12.50 - 13.50		
-30	14.00 - 15.00		
-33	15.10 - 16.10		
-36	16.20 - 17.20		
-39	17.30 - 18.30		
-42	18.40 - 19.40		

	<b>1. TEST</b>		<b>2. TEST</b>
<b>sklon</b>		<b>sklon</b>	
<b>čas</b>		<b>čas</b>	
	<b>3. TEST</b>		<b>4. TEST</b>
<b>sklon</b>		<b>sklon</b>	
<b>čas</b>		<b>čas</b>	

### Příloha 3 Etická komise

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

**Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS**  
k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

**Název projektu:** Fyziologická odezva organismu při sportovním lezení  
**Forma projektu:** výzkumná práce - doktorská práce  
**Období realizace:** březen 2019 – květen 2019  
**Předkladatel:** Mgr. Jan Gajdošík, UK FTVS Laboratoř sportovní motoriky  
**Hlavní řešitel:** Mgr. Jan Gajdošík, UK FTVS Laboratoř sportovní motoriky  
**Místo výzkumu (pracoviště):** Laboratoř sportovní motoriky UK FTVS  
**Vedoucí práce (v případě studentské práce):** doc. Mgr. Jiří Baláš, Ph.D.

**Finanční podpora:** CŽV 60040011

**Popis projektu:** Cílem práce je determinovat funkční odezvu sportovního lezení v nesoutěžních podmínkách u mladých dospělých. Celkový soubor bude činit cca 30 dospělých. K hodnocení funkční odezvy bude použito neinvazivních technik analýzy výdechových plynů, spektroskopie a měřiče tepové frekvence. Cílem studie je stanovit fyziologickou odezvu dospělých při lezení, stanovit critical power, stanovit průběh oxidace sledovaných svalů, stanovit kritické prahy během lezecké zátěže (threshold, breakpoint). Bude se jednat o čtyři testy do víta maxima na lezeckém ergometru, dva testy na lezeckém dynamometru a jeden test do víta maxima na běžecím ergometru.

**Charakteristika účastníků výzkumu:** Výzkum bude prováděn na dospělých (18-45). Mezi účastníky výzkumu budou pokročilí lezci. Do souboru budou zařazeni pouze účastníci bez zdravotních omezení a bez předchozích zranění, které by mohly ovlivnit výsledky měření. Předpokládáme platnou lékařskou prohlídku u všech zúčastněných. Kontraindikace: hypertenze, akutní onemocnění či úraz a v rekonalescenci po onemocnění či úrazu.

**Zajištění bezpečnosti:** Neinvazivní metody: analýze výdechových plynů, spektroskopie. Bezpečnost účastníků bude v gesci kvalifikovaných instruktorů a hlavního řešitele. Měření bude probíhat na speciálním lezeckém dynamometru lidsac a lezeckém trenejzeru ClimbStation, účastníci studie budou ležt pouze nad certifikovanou dopadovou matrací. Před vlastním měřením bude lezecký trenejzer zkontrolován kvalifikovanou osobou. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

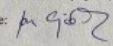
**Etické aspekty výzkumu:** Všichni účastníci budou seznámeni s cílem dané studie a budou poučeni o případných rizicích testování. Všichni zúčastnění budou vstupovat do studie z vlastního dobrovolného rozhodnutí a budou moci kdykoli ze studie odstoupit. Bude požadován písemný souhlas každého účastníka. Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchovávána v anonymní podobě a publikována v odborných časopisech, monografiích a na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána. Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie ani videozáznamy. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

**Text informovaného souhlasu:** přiložen

Fovinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebestučení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a poděkovat k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí být mezinárodně.

Povzruji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost

V Praze dne: 26. 2. 2019

Podpis předkladatele: 

**Vyjádření Etické komise UK FTVS**


**Složení komise:** Předsedkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martinková, Ph.D.  
Členové: prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.  
doc. MUDr. Jan Heller, CSc.  
PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.  
Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.  
MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 061/2019  
dne: 28.2.2019

Etická komise UK FTVS rozhodla předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

**UNIVERZITA KARLOVA**  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

-20-  
razítko UK FTVS

  
podpis předsedkyně EK UK FTVS

## Příloha 4: Informovaný souhlas

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavín

**INFORMOVANÝ SOUHLAS**

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci doktorské práce na UK FTVS s názvem Fyziologická odezva organismu při sportovním lezení prováděné na UK FTVS - Laboratoř sportovní motoriky.

Projekt je financován v rámci ČŽV 6004001.

Cílem studie je stanovit fyziologickou odezvu při sportovním lezení.  
K hodnocení funkční odezvy bude použito neinvazivních technik analýza výdechových plynů a spektroskopie.

Každý z Vás absolvuje tři návštěvy Laboratoře sportovní motoriky ve třech dnech, jednotlivé návštěvy bude od sebe dělit minimálně 48 hodin, jedno měření bude trvat přibližně 60 minut, neinvazivní metody: analýza výdechových plynů a spektroskopie. Vaše bezpečnost bude zajištěna kvalifikovanými instruktory. Veškerá měření budou probíhat na speciálním dynamometru 1d-sac a na lezeckém treňažeru ClimbStation nad certifikovanou dopadovou matrací. Před vlastním měřením bude lezecký treňažer zkontrolován kvalifikovanou osobou. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Testování se nezúčastní osoby s hypertenzí, s akutním onemocněním či v úrazu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.

Projekt by měl přinést odpověď na otázku, zda je možné stanovit kritické prahy během lezecké zátěže, zda je možné stanovit critical power, zda je možné sledovat intenzitu výkonu během samotného lezeckého výkonu.

Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená.  
S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit v disertační práci nebo na e-mail adrese: jan.gajdosik2@gmail.com

Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchovávána v anonymní podobě a publikována v odborných časopisech, monografiích a na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána. Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie ani videozáznamy.  
v maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Mgr. Jan Gajdošik Podpis: .....

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení .....Podpis

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážít všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasně a srozumitelně odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že mám platnou zdravotní prohlídku.** Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu.

Místo, datum .....

Jméno a příjmení účastníka .....Podpis: .....