

# **STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST**

**Obor č. 6: Zdravotnictví**

## **Inosin a jeho vliv na výkon sportovního lezce**

**Eliška Novotná  
Liberecký kraj**

**Liberec 2020**

# STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 6: Zdravotnictví

**Inosin a jeho vliv na výkon sportovního lezce**

**The influence of inosine on the performance of  
sports climber**

**Autoři:** Eliška Novotná

**Škola:** Gymnázium a Střední odborná škola pedagogická, Liberec,  
Jeronýmova 425/27, příspěvková organizace, 46007

**Kraj:** Liberecký kraj

**Konzultant:** Mgr. Zuzana Kociánová, Michael Smutný

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracovala samostatně a použila jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Liberci dne 17.4.2020 .....

Eliška Novotná

## Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala Mgr. Zuzaně Kociánové za vedení mé středoškolské odborné práce. Dále bych ráda poděkovala svému konzultantovi Michaelovi Smutnému, který mi předal velké množství cenných informací v oblasti chemických databází a softwaru a staral se o faktickou i jazykovou korekturu mé práce. Poté doc. Jiřímu Balášovi, Ph.D., který mi umožnil provést testování, PharmDr. Rudolfu Andrýsovi, Ph.D. za možnost provedení chromatografie, Mgr. Žofii Chrienové za poskytnutí informací o vlastnostech inosinu, Mgr. et Mgr. Rafaelu Doležalovi za cenné rady v oblasti interpretace vlastností inosinu a Mgr. Tomáši Binterovi za informace o lezeckém výkonu. Největší poděkování patří mé rodině za podporu a trpělivost při psaní práce.

## **Anotace**

Tato práce se zabývá vlivem inosinu na výkonnost sportovních lezců. Smyslem práce je ověřit účinnost tohoto supplementu a případně navrhnout jeho efektivní využití. Teoretická část práce je věnována především inosinu z hlediska chemických i biologických vlastností. Dále se práce zabývá sportovním lezením a fyziologií výkonu v tomto sportu. V praktické části je obsahem testování funkčnosti inosinu pomocí kontinuálního testu na 60 % MVC. Druhou částí je poté ověření čistoty inosinu metodou kapalinové chromatografie.

**Klíčová slova:** Inosin, ATP, sportovní lezení, aerobní glykolýza, kapalinová chromatografie

## **Annotation**

This project studies the effect of inosine on the performance of sports climbers. The goal of this project is to verify the effectiveness of this supplement and potentially propose an efficient way of using it. The theoretical part mainly focuses on chemical and biological features of inosine. The adjoining parts regard sport climbing and its physiology. The main focus of the practical part is testing the functionality of inosine by continuous 60 % MVC test. The second subject of the practical part is to verify the purity of inosine using the liquid chromatography method.

**Keywords:** Inosin, ATP, sport climbing, anaerobic glycolysis, liquid chromatography

## OBSAH

SEZNAM ZKRATEK.....	7
1 ÚVOD .....	8
TEORETICKÁ ČÁST.....	9
2 ZÁKLADNÍ INFORMACE O INOSINU.....	9
2.1 Základní informace o suplementu a jeho účinky .....	9
2.1.1 Chemická struktura.....	9
2.1.2 Vlastnosti .....	10
2.2 Užití.....	11
2.3 Syntéza v lidském těle.....	11
2.4 Fungování v lidském těle .....	12
2.5 Možné kombinace s jinými suplementy .....	13
2.6 Inosin a doping.....	13
3 KLASIFIKACE SPORTOVNÍHO LEZENÍ.....	14
3.1 Sportovní lezení .....	14
3.1.1 Lezení na obtížnost.....	14
3.1.2 Bouldering .....	15
3.1.3 Lezení na rychlost.....	15
4 FYZIOLOGIE VÝKONU VE SPORTOVNÍM LEZENÍ.....	16
4.1 Prvky výkonnosti .....	16
4.1.1 Maximální síla .....	16
4.1.2 Vytrvalost .....	16
4.2 Rozdělení svalových vláken.....	17
4.3 Způsoby energetického krytí.....	18

4.3.1 Fosfagenový systém.....	19
4.3.2 Glykolytický systém.....	20
4.3.3 Oxidativní systém.....	20
PRAKTICKÁ ČÁST.....	22
5 TESTOVÁNÍ.....	22
5.1 Hypotéza.....	22
5.2 Test.....	22
5.3 Harmonogram.....	23
5.4 Inosin a placebo.....	24
5.5 Výsledky.....	25
5.5.1 Čas testu.....	25
5.5.2 Vykonaná práce při testu.....	27
5.4.3 Vyhodnocení.....	29
5.4.4 Diskuze.....	30
6 KAPALINOVÁ CHROMATOGRRAFIE.....	31
6.1 Hypotéza.....	32
6.2 Chromatografie mého vzorku.....	32
7 ZÁVĚR.....	34
SEZNAM ZDROJŮ.....	35
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	38
SEZNAM GRAFŮ.....	38
SEZNAM TABULEK.....	39
8 PŘÍLOHY.....	40
8.1 Jiné studie zabývající se inosinem.....	40

## SEZNAM ZKRATEK

- acetyl - CoA = acetylkoenzym A
- ADP = adenosindifosfát
- ADV ČR – Český antidopingový výbor
- AMP = adenosinmonofosfát
- ATP = adenosintrifosfát
- CP = kreatinfosfát
- 2,3 - DPG = 2,3 -bifosfoglycerát
- FTVS UK = Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy
- GHS = Globally Harmonized System (překlad: Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií)
- HILIC = hydrophilic interaction liquid chromatography (překlad: hydrofilní interakční chromatografie)
- IUPAC = International Union of Pure and Applied Chemistry (překlad: Mezinárodní unie pro čistou a užitou chemii)
- MOV = Mezinárodní olympijský výbor
- MVC = maximal voluntary contraction (překlad: maximální volní kontrakce)
- OH = olympijské hry
- OS = on sight (styl přelezu bez možnosti nácviku)
- pH = potential of hydrogen (překlad: potenciál vodíku)
- SMILES = simplified molecular input line entry specification (překlad: zjednodušená molekulární specifikace pro vstupní řádky)
- VO<sub>2</sub> = maximální spotřeba kyslíku
- WADA = World Anti-Doping Agency (překlad: Světová antidopingová agentura)



# 1 ÚVOD

Téma své středoškolské odborné práce jsem si vybrala, protože mě zajímá konexe mezi sportem a chemií. V současné době jsem členkou mládežnické i seniorské reprezentace České republiky v lezení na obtížnost. Sportovnímu lezení se věnuji od 5 let. Poslední 4 roky vykonávám tento sport na vrcholové úrovni. Mojí trenérkou je Mgr. Eliška Karešová, díky které jsem získala velké množství informací o metodice tréninku lezení, a nyní se je snažím také převést do praxe při trénování dětí. Za cenné informace ohledně testování a fyziologie v lezení vděčím doc. Jiřímu Balášovi, Ph.D, který se stará každoročně o provedení komplexních zátěžových testů reprezentantů.

Ve své práci jsem zkoumala vliv volně prodejné látky – inosinu na výkonnost sportovních lezců. Dle výrobce má zmíněná látka zvyšovat přísun kyslíku do svalů a tím pozitivně ovlivnit výkonnost. O inosinu jsem několikrát slyšela v komunitě sportovních lezců, nicméně názory na účinnost této látky jsou velmi různorodé. Výzkum v této práci byl prováděn formou zátěžového testu na 10 dobrovolnících z řad trénovaných lezců včetně několika reprezentantů ČR. Všem jsem řekla, že budou dvakrát testováni pod vlivem inosinu. Ve skutečnosti při jednom testování všem zkoumaným osobám byla podána placebo tobolka a při druhém tobolka s inosinem. Všechny výsledky jsem následně zhodnotila. Testování proběhlo na FTVS UK v Praze v laboratoři sportovní motoriky pod dozorem doc. Jiřího Baláše, Ph.D. Výstupem práce je porovnání výsledků zátěžových testů a následná diskuze o funkčnosti inosinu.

Druhou částí mé praxe bylo analytické stanovení čistoty mnou zakoupeného suplementu formou kapalinové chromatografie. Mým cílem bylo zjistit, zda se skutečně jedná o čistou látku, případně analyzovat a identifikovat další obsažené chemikálie.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 2 ZÁKLADNÍ INFORMACE O INOSINU

### 2.1 Základní informace o suplementu a jeho účinky

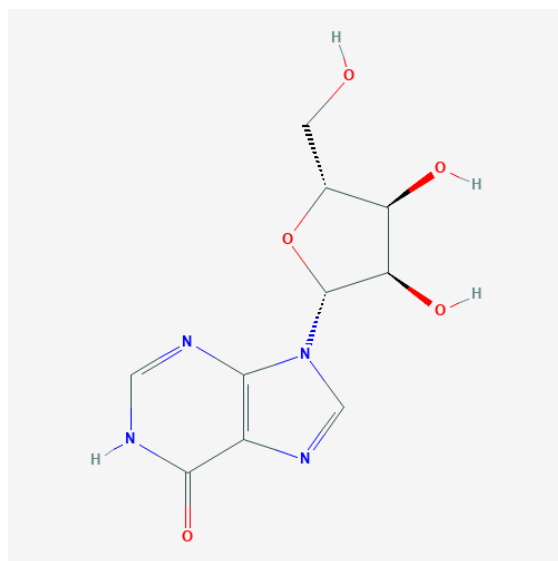
Inosin, jakožto koupený přípravek, je bílý práškový suplement hořké chuti, nevykazující žádný zápach, který se užívá perorálně ve formě želatinových tobolek. Výrobce uvádí, že hlavní funkcí této látky je zvýšení míry okysličení příčně pruhovaných svalových tkání. Suplementace inosinem má význam při snaze o dosažení co nejlepšího sportovního výkonu v tréninku nebo v závodě.<sup>1</sup>

Tato látka nebyla primárně používána jako doplněk stravy pro sportovce, ale byla a v současné době stále je využívána jako léčivo – např. Isoprinosine 500 mg. Některé studie ukazují, že má příznivý vliv na prevenci rozvoje roztroušené sklerózy, pomáhá pacientům po infarktech nebo arytmiích, či je používán pro své neuroprotektivní účinky po úrazech páteře či mozkových příhodách.<sup>2</sup>

#### 2.1.1 Chemická struktura

Inosin je purinový nukleosid, ve kterém je 1,7-dihydropurin-6-on prostřednictvím glykosidické vazby navázán na (3R,4S,5R)-5-(hydroxymethyl)oxolane-2,3,4-triol.

Dle chemické nomenklatury IUPAC je systematickým názvem této látky 9-[(2R,3R,4S,5R)-3,4-dihydroxy-5-(hydroxymethyl)oxolan-2-yl]-1H-purin-6-on. Sumární vzorec inosinu je  $C_{10}H_{12}N_4O_5$ .<sup>3</sup>



Obrázek 1 Struktura inosinu - vytvořeno v programu MarvinSketch

<sup>1</sup> SMEJKAL, Ing. Jan. INOSINE [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <https://www.nutrend.cz/inosine-a29798.htm>

<sup>2</sup> ŠÁCHA, P. *Inosin* [online]. [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: [www.symbivita.cz/kontakt.p](http://www.symbivita.cz/kontakt.p)

<sup>3</sup> Inosine. DrugBank [online]. Kanada: [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://www.drugbank.ca/drugs/DB04335>

## 2.1.2 Vlastnosti

### Chemické a fyzikální vlastnosti

Molární hmotnost inosinu je 268,23 g/mol. Formální náboj má 0, proto se jedná o neutrální sloučeninu. Má 4 donory a 7 akceptorů vodíkové vazby a 2 vazby otočitelné. Rozpustnost při 20°C je ve vodě 15800 mg/l.<sup>4</sup>

Isomerický SMILES:

```
OC[C@H]1O[C@H]([C@H](O)[C@@H]1O)N1C=NC2=C1NC=NC2=O
```

Experimentálně zjištěná hodnota rozdělovacího koeficientu je  $\log P = -2,10$ . Tato hodnota určuje lipofilitu látky, tj. jakým způsobem je látka rozpustná v tucích. Čím nižší má látka lipofilitu (lépe se rozpouští ve vodě než v tucích), tím jsou její účinky rychlejší a krátkodobější. U inosinu tedy lze předpokládat vysokou hydrofilitu (a naopak nízkou lipofilitu), což se projeví rychlým nástupem účinku a krátkou dobou působení.<sup>5 6</sup>

Platí Lipinského pravidlo 5. To znamená, že látka je schopná projít buněčnou membránou a účastnit se fyziologických procesů, pokud splňuje následujících 5 pravidel. Její molární hmotnost je menší než 500 g/mol, její lipofilita ( $\log P$ ) je menší než 5, počet donorů vodíkové vazby je menší než 5, počet akceptorů vodíkové vazby je menší než 10 a nemá více než 5 otočitelných vazeb.<sup>7</sup>

Tato látka má pevné skupenství a za běžných podmínek se vyskytuje ve formě bílého prášku, který není doprovázen zápachem, ale chutná velmi hořce. Bod tání této chemikálie je 218°C.<sup>8</sup>

### Biologické vlastnosti

Existují práce, které uvádějí, že inosin vykazuje neurorestorativní a kardioprotektivní účinky, nicméně mechanismus akce je zatím nejasný. Dále tato látka vykazuje imunomodulační a

<sup>4</sup> Inosine. DrugBank [online]. Kanada: [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.drugbank.ca/drugs/DB04335>

<sup>5</sup> National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Inosine, CID=135398641, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Inosine> (cit. 2019-12-22)

<sup>6</sup> RULCOVÁ, Mgr. Alice. *Absorpce léčiv, faktory ovlivňující absorpci, optimální fyzikálně-chemické vlastnosti léčiva* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2020-01-23]. Dostupné z: [www.bioorganickachemiesite.upol.cz/site/wp-content/uploads/2014/10/OCH\\_ADME-2.-Absorpce.pdf](http://www.bioorganickachemiesite.upol.cz/site/wp-content/uploads/2014/10/OCH_ADME-2.-Absorpce.pdf)

<sup>7</sup> KOTYK, Prof. Dr. Arnošt. *Lipinského pravidlo pěti* [online]. 2012 [cit. 2020-01-23]. Dostupné z: [www.akademon.cz/clanekDetail.asp?name=Lipinskeho%20pravidlo%20peti&source=0312](http://www.akademon.cz/clanekDetail.asp?name=Lipinskeho%20pravidlo%20peti&source=0312)

<sup>8</sup> Inosine. The Good Scents Company [online]. 1980 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <http://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1136831.html>

protizánětlivé účinky, a to tak, že inhibuje produkci prozánětlivých cytokinů. Přijatý inosin se vstřebává v tenkém střevě.<sup>9</sup>

Inosin jako samotná látka není esenciální tzn. tělo si ho umí samo syntetizovat. Zároveň ho ale lze získat i z potravy, a to například z pivních kvasinek, masa či vnitřností.<sup>10</sup> Vyskytuje se v mozkové tkáni, játrech, ledvinách, střevech, slinivce břišní, částech reprodukčního ústrojí, nervových buňkách, červených krvinkách a ve fybrioblastech. V buňkách se nachází v cytoplazmě, mitochondriích, lysozomech a v extracelulárním prostoru.<sup>11</sup>

Zajímavým poznatkem je, že inosin zvyšuje chuť k jídlu.<sup>12</sup>

## 2.2 Užití

Tento suplement se užívá 30 minut před výkonem. Účinná dávka inosinu pro účely výkonnostního sportu činí 25 mg čisté látky na 1 kilogram tělesné hmotnosti. Při doporučeném dávkování je dle GHS (Globally Harmonized System) zcela bezpečný. Dlouhodobým užíváním zvýšené dávky 5 - 10 g za den hrozí riziko vzniku dny, protože dochází k navýšení koncentrace purinů v těle, a tím zvýšení množství kyseliny močové.<sup>13</sup>

## 2.3 Syntéza v lidském těle

V těle vzniká deaminací adenosinu, což je nukleosid, který je složen z molekuly nukleové báze adeninu a cukru ribózy. Adenosin je součástí nukleových kyselin.<sup>14</sup>

---

<sup>9</sup> National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Inosine, CID=135398641, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Inosine> (cit. 2019-12-22)

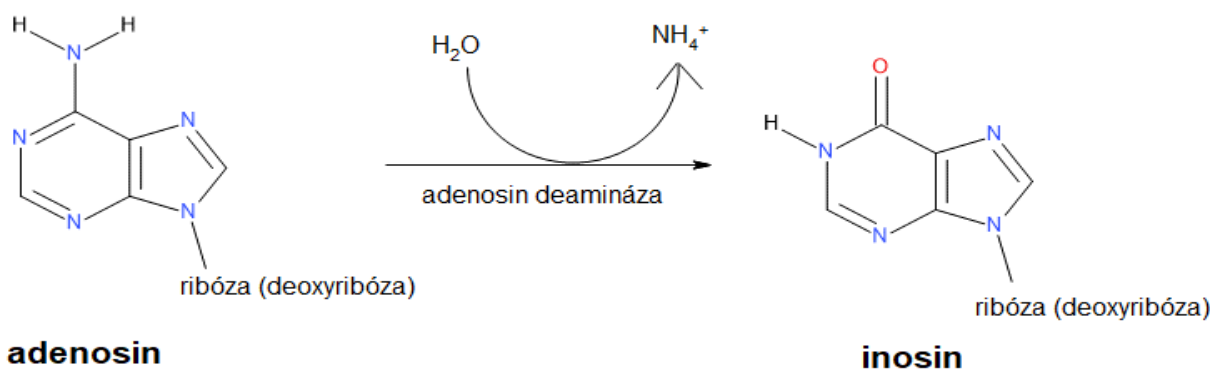
<sup>10</sup> CHADIM, Mgr. Vlastimil. *Inosine. Pomůže sportovci k lepšímu výkonu?* [online]. 5.1.2018 [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: [www.cyklonovinky.cz/Vyziva/Inosine-Pomuze-sportovci-k-lepsimu-vykonu.aspx](http://www.cyklonovinky.cz/Vyziva/Inosine-Pomuze-sportovci-k-lepsimu-vykonu.aspx)

<sup>11</sup> *Human metabolite database* [online]. [cit. 2020-01-09]. Dostupné z: [www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0000195#references](http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0000195#references)

<sup>12</sup> SCHINETSKY, Robert. *A Review of Inosine Supplements on Exercise Performance* [online]. [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.tigerfitness.com/blogs/supplements/a-review-of-inosine-supplements-on-exercise-performance>

<sup>13</sup> CHADIM, Mgr. Vlastimil. *Inosine. Pomůže sportovci k lepšímu výkonu?* [online]. 5.1.2018 [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: [www.cyklonovinky.cz/Vyziva/Inosine-Pomuze-sportovci-k-lepsimu-vykonu.aspx](http://www.cyklonovinky.cz/Vyziva/Inosine-Pomuze-sportovci-k-lepsimu-vykonu.aspx)

<sup>14</sup> KING, PHD., Michael W. Severe Combined Immunodeficiency Disease, SCID. *The Medical Biochemistry Page* [online]. 2019, 2019 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://themedicalbiochemistrypage.org/scid.php>



Obrázek 2 Syntéza inosinu, vytvořeno v programu BioVia Draw 2019

Inosin může vznikat také jako meziprodukt při katabolismu purinů, nicméně v takovém procesu existuje daná molekula pouze krátkou dobu. Výsledným produktem katabolismu purinů je kyselina močová.<sup>15</sup>

## 2.4 Fungování v lidském těle

Po vstřebání inosinu tenkým střevem dochází k jeho fosforolýze. Tato reakce je katalyzována enzymem fosforylázou a vede k produkci hypoxanthinu, respektive ribóza-1-fosfátu. Ribóza-1-fosfát může být poté převeden na ribózu-5-fosfát pomocí enzymu izomutázy a nakonec na glukózu-6-fosfát. Tři molekuly ribóza-5-fosfátu produkují dvě molekuly glukóza-6-fosfátu a jednu molekulu glyceralddehyd-3-fosfátu. Glukóza-6-fosfát a glyceralddehyd-3-fosfát mohou podstoupit anaerobní glykolýzu, která povede k čisté produkci osmi molekul ATP ze tří molekul inosinu.<sup>16</sup> Inosin tedy z hlediska zvýšení sportovního výkonu funguje jako prekurzor ATP. Přísun ATP je pro svalové buňky velmi výhodný, protože pokud mají dostatek ATP, nemají důvod se uchýlovat k anaerobnímu metabolismu, který vede k zakyselení organismu a snížení výkonu.<sup>17</sup>

Další věcí, kterou dokáže inosin do jisté míry ovlivnit, je prostupnost 2,3-bifosfoglycerátu do vnitřního prostředí červené krvinky. Bifosfoglycerát dokáže markantně snížit schopnost hemoglobinu vázat kyslík, čímž napomáhá k dovednosti uvolnění maxima kyslíku do tkání a zároveň zamezuje navázání kyslíku z okysličeného hemoglobinu deoxyhemoglobinem (neokysličeným hemoglobinem). Do jaké míry ale reálně dokáže inosin tímto mechanismem napomoci k zefektivnění přenosu kyslíku, je nejasné.<sup>18</sup>

<sup>15</sup> Purine degradation. *International Atomic Energy Agency* [online]. Vienna International Centre, 1998 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: [http://www-naweb.iaea.org/nafa/aph/purine-cd/html/techdoc/html/02\\_2.htm](http://www-naweb.iaea.org/nafa/aph/purine-cd/html/techdoc/html/02_2.htm)

<sup>16</sup> M.S. Jurkowitz, M.L. Litsky, M.J. Browning, C.M. Hohl, Adenosine, inosine, and guanosine protect glial cells during glucose deprivation and mitochondrial inhibition: correlation between protection and ATP preservation, *J. Neurochem.* 71 1998 535–548.

<sup>17</sup> Zdrojem informací je Mgr. Žofia Chrienová

<sup>18</sup> Zdrojem informací je Mgr. et Mgr. Rafael Doležal

## 2.5 Možné kombinace s jinými suplementy

Inosin lze pro dosažení lepších účinků v konkrétní aktivitě kombinovat s jinými volně dostupnými suplementy.

**Inosin + kreatin** – Kreatin je obsažen v kreatinfosfátu, který slouží společně s ATP jako rychlý zdroj energie. Při kombinaci s inosinem se zvýší koncentrace ATP a díky kreatinu i koncentrace CP a tím dojde k okamžitému zlepšení výkonu. To je žádoucí hlavně v silových sportech, jakými jsou například posilování, kulturistika nebo lední hokej.<sup>19</sup>

**Inosin + L-karnitin** – Karnitin v organismu zlepšuje metabolismus tuků a jejich využití jako zdroj energie. Při přidání inosinu se zvýší množství ATP a tělo má možnost déle vydržet danou aktivitu. To je žádoucí především v aerobních sportech jako např. vytrvalostní běh.<sup>20</sup>

**Inosin + Glutamin** – Glutamin zvyšuje koncentraci aminokyselin ve svalech a zlepšuje regeneraci. Inosin v této kombinaci dodá ATP a tělo má více energie na regeneraci. Tato kombinace se doporučuje především při rýsování svalů.<sup>21 22</sup>

## 2.6 Inosin a doping

Na různých internetových zdrojích (např. zde <https://body-test.cz/cs/clanky/75-inosin-na-pokraji-dopingoveho-seznamu/> ) se uvádí, že se uvažovalo o zařazení inosinu na seznam zakázaných látek pro sportovce. Na oficiálních stránkách Českého antidopingového výboru (ADV ČR) ani World Anti-Doping Agency (WADA) není o této skutečnosti žádná zmínka. Dle vyjádření ředitele ADV ČR Mgr. Martina Lukavského se na úrovni laboratoří ADV ČR o zařazení inosinu na seznam dopingových látek nikdy neuvažovalo. To ale nevylučuje možnost, že o tom neuvažovala WADA. V současné chvíli je tedy inosin naprosto legální. Na seznamu zakázaných látek a metod pro sport není zmíněn, neboť klinické studie jednoznačně neprokázaly jeho pozitivní vliv na výkon (viz přílohy a praktická část).<sup>23</sup>

---

<sup>19</sup> SMEJKAL, Ing. Jan. *Kreatin a jeho funkce v organismu* [online]. [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: <https://www.nutrend.cz/kreatin-a-jeho-funkce-v-organismu-a29773.htm>

<sup>20</sup> COHA, Jan. *Je karnitin bezpečný* [online]. 2012 [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: <https://aktin.cz/je-karnitin-bezpecny>

<sup>21</sup> COHA, Jan. *Glutamin - podpora regenerace* [online]. 2010 [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: <https://aktin.cz/glutamin-podpora-regenerace-tema-mesic>

<sup>22</sup> *INOSIN oXygen excite - podpora sportovního výkonu. Legální DOPING na cvičení* [online]. , 1 [cit. 2019-11-18]. Dostupné z: <https://www.aminomax.cz/inosin-na-cviceni.php>

<sup>23</sup> Zdrojem informací je Mgr. Martin Lukavský

# 3 KLASIFIKACE SPORTOVNÍHO LEZENÍ

## 3.1 Sportovní lezení

Sportovní lezení je dnes chápáno jako samostatná aktivita a často bývá špatně zaměňováno se sportem známým jako horolezectví. Zatímco v horolezectví je podstatou zdolání vrcholu hory, ve sportovním lezení je to zdolání různě obtížné cesty. Jde o lezení s danými pravidly a minimalizovanou mírou objektivního rizika. Hlavními pravidly jsou styl a klasifikace přeletu. Základním dělením je lezení na skalách a lezení na umělé stěně. Právě lezení na umělých stěnách přispělo ke vzniku soutěžního lezení, které se dnes již diametrálně liší od lezení skalního. Můžeme ho chápat jako vzájemné porovnávání lezců v jednotlivých disciplínách sportovního lezení, kterými jsou lezení na obtížnost, bouldering a lezení na rychlost. Dnes se jedná o velice oblíbený sport, který zaznamenal v poslední době velký nárůst popularity. V roce 2016 byl zařazen MOV mezi jeden z olympijských sportů na OH v Tokiu 2020.<sup>24</sup>

### 3.1.1 Lezení na obtížnost

Lezení na obtížnost je jednou z disciplín soutěžního lezení. Lezec je navázán na lano a zapíná postupové jištění. Závodníci soutěží na poměrně dlouhých cestách bez možnosti nácviku. O pořadí rozhoduje dosažená vzdálenost na dané cestě. Finálová kola soutěže se lezou stylem OS (z anglického „on sight“). To znamená, že závodník leze bez předchozího seznámení se s danou cestou. Lezci není umožněno pozorování ostatních při zdolávání stejné cesty a ostatní lezci mu nesmí radit. Tato disciplína má nejbližší ke skalnímu lezení.<sup>25</sup>

Na závodní cestu mají lezci limit 6 minut, nicméně průměrná doba lezení se pohybuje kolem 3 minut. Držení se samotných chytů tzn. celková doba zatížení svalů předloktí v jedné závodní cestě se u elitních lezců pohybuje celkově kolem 2,5 minuty, ale jednotlivé nepřerušované sekvence držení chytu se pohybují kolem 7 s.<sup>26</sup>

---

<sup>24</sup> BALÁŠ, Jiří. Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016, s 56-59. ISBN 978-80-246-3361-9.

<sup>25</sup> Soutěžní lezení [online]. [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <https://www.horosvaz.cz/soutezni-lezeni/>

<sup>26</sup> JEŽKOVÁ, Bc. Ludmila. *Kinematická analýza elitních lezců v soutěžní cestě Českého poháru ve sportovním lezení na obtížnost* [online]. Praha, 2019 [cit. 2020-02-16]. Diplomová práce. UNIVERZITA KARLOVA Fakulta tělesné výchovy a sportu. Vedoucí práce Doc. Jiří Baláš, Ph.D.

### 3.1.2 Bouldering

Bouldering či bouldrování je v původním slova smyslu přelézání velkých kamenů (z anglického boulder = kámen). Jedná se o jednu z nejstarších disciplín sportovního lezení. Lezec leze bez použití jištění přibližně dvou až tří metrové silově náročné stěny s malým množstvím kroků. K zvýšení bezpečnosti jsou používány dopadové matrace. Tento styl lezení je ve velké míře využíván jako trénink specifické síly a techniky. Dnes se již také jedná o samostatnou disciplínu soutěžního lezení, ve které jsou pořádány závody na mezinárodní úrovni.<sup>27</sup>

### 3.1.3 Lezení na rychlost

Lezení na rychlost je specifickou disciplínou, kde se hodnotí dosažený čas, který lezec potřeboval ke zdolání cesty. V roce 2007 byla stanovena standardizovaná cesta k měření světových rekordů. To přispělo k tomu, že se rychlostní lezení přiblížilo více k atletické disciplíně s odlišnými výkonnostními požadavky, než tradiční disciplíny jako lezení na obtížnost a bouldering. Z tohoto důvodu se jím ve své práci nebudu zabývat.<sup>28</sup>

---

<sup>27</sup> BALÁŠ, Jiří. Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016, s 12-13. ISBN 978-80-246-3361-9.

<sup>28</sup> BALÁŠ, Jiří. Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016, s 145. ISBN 978-80-246-3361-9.



# 4 FYZIOLOGIE VÝKONU VE SPORTOVNÍM LEZENÍ

## 4.1 Prvky výkonnosti

Faktory rozhodující o výkonu ve sportovním lezení jsou především vytrvalost, kterou lze rozdělit na aerobní a anaerobní, síla a flexibilita. V souvislosti s flexibilitou nelze mluvit o spotřebě energie v podobě ATP, ani přenosu kyslíku do svalů, proto ji ve své práci nepovažují za prvek hodný zkoumání.<sup>29</sup>

### 4.1.1 Maximální síla

Obecně je síla pohybová schopnost překonávat odpor kladený stahujícím se svalům. Maximální sílu lze vyvinout pouze při statické, neboli izomerické kontrakci svalu. Při tomto pohybu se nemění vzdálenost mezi úponem a samotným začátkem svalu. Jedná se o největší možnou sílu, kterou může daný sval vykonat k provedení jednoho opakování daného cviku. Biochemicky je její velikost dána množstvím ATP, CP a enzymů nutných k jejich hydrolýze a rozkladu, tzn., že z hlediska energetického krytí se zde zapojuje především fosfagenový systém.<sup>30 31</sup>

Z hlediska lezeckého výkonu se maximální síla uplatňuje přímo při lezení v případě potřeby udržet či ufixovat chyty na hranici maximální silové schopnosti daného lezce. V lezeckém tréninku se pak uplatňuje v izolovaných prvcích vyžadujících maximální výkony, jako jsou silové visy či shyby, kde svalová kontrakce při statickém zatížení trvá přibližně 2-3 s.<sup>32</sup>

### 4.1.2 Vytrvalost

Vytrvalost je definována jako schopnost organismu vydržet konat aktivitu po delší dobu bez poklesu výkonu.

---

<sup>29</sup> BALÁŠ, Jiří. Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016, s 63. ISBN 978-80-246-3361-9.

<sup>30</sup> BALÁŠ, Jiří. Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016, 82-85. ISBN 978-80-246-3361-9.

<sup>31</sup> LEHNERT, Michal et al. Sportovní trénink I [online]. Olomouc: Univerzita Palackého, 2014 [cit. 2019-11-04]. ISBN 978-80-244-4330-0. Dostupné z: <https://publi.cz/books/148/07.html>

<sup>32</sup> CHUDOBA, David. *Lezecká vytrvalost* [online]. 2002 [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: [www.lezec.cz/clanek.php?key=969&nazev=lezecka\\_vytrvalost](http://www.lezec.cz/clanek.php?key=969&nazev=lezecka_vytrvalost)

Při aerobní vytrvalosti je nutno dodávat po celou dobu do organismu kyslík potřebný ke štěpení glukózy. V prvních 20-30 minutách jsou hlavním zdrojem energie sacharidy. Nejprve je využíván svalový glykogen a poté krevní glukóza. Současně vzrůstá i využití energie z tukových zásob. Ukazatelem, který nejlépe charakterizuje úroveň vytrvalosti, je  $VO_2$  max (maximální spotřeba kyslíku za minutu vztažená na kilogram tělesné hmotnosti). Biochemicky je dána především množstvím zásob glykogenu, zásob tuků a schopností jejich využití a také aktivitou oxidativních enzymů účastnících se Krebsova cyklu. Její kvalita závisí na faktorech souvisejících s přenosem kyslíku a využitím energie.<sup>33</sup>

Při výkonu s vyšší intenzitou trvající od 20 s do 120 s se uplatňuje hlavně anaerobní energetické krytí tj. anaerobní glykolýza. Při tomto hypoxickém energetickém krytí vzniká ve svalech odpadní produkt – anion kyseliny mléčné, též známý jako laktát, který je využíván k tzv. glykoneogenezi. Tělo ho tedy je schopno využít jako zdroj energie, nicméně jedná se o energeticky ztrátový proces. U výkonu trvajícího od 2 minut do několika hodin se více zapojuje aerobní energetické krytí (aerobní glykolýza, oxidativní systém). Hranice mezi aerobním a anaerobním krytím se nazývá anaerobní práh. Na tomto prahu již lze pozorovat patrný nárůst koncentrace laktátu v krvi.<sup>34</sup> Tento pojem byl definován panem Wassermannem v r. 1964 jako maximální intenzita zatížení, při které nevzrůstá zakyselení organismu a lze ji udržet po delší dobu.<sup>35</sup>

Vztaženo na lezecký výkon se aerobní vytrvalostí rozumí výkon do 20 % maxima. Anaerobní energetické krytí se začíná uplatňovat při krocích od 20 do 50 % maxima a hromadění laktátu začíná, když výkon dosáhne přibližně 60 % maximálního výkonu. V praxi se v tomto případě hovoří o lezení na obtížnost a cestách dlouhých 40 – 80 kroků, právě na 40-60 % maxima.<sup>36</sup>

## 4.2 Rozdělení svalových vláken

Kosterní sval je základní jednotka umožňující pohyb. Skládá se ze svalových vláken s vláknitou strukturou. Jednotlivé úseky jsou tvořené střídavými úseky slabých a silných myofilamentů aktinu a myosinu. Podstatou svalové kontrakce je posun těchto dvou filament

---

<sup>33</sup> HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část. 2. přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 1999. s. 5 s. 81. ISBN 80-7184-875-1.

<sup>34</sup> ZAHRADNÍK, PH.D, Mgr. David a doc. PaedDr. Pavel KORVAS, CSC. Základy sportovního tréninku [online]. Brno: Masarykova univerzita, Brno, 2012 [cit. 2019-11-06]. ISBN 978-80-210-5890-3. Dostupné z: [www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-5/04.html](http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-5/04.html)

<sup>35</sup> Zátěžová diagnostika ve vytrvalostním sportu - Anaerobní práh [online]. Ostrava, 2002 [cit. 2019-11-06]. Dostupné z: [www.pazicky.cz/anaerobni.html](http://www.pazicky.cz/anaerobni.html)

<sup>36</sup> CHUDOBA, David. *Lezecká vytrvalost* [online]. 2002 [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: [www.lezec.cz/clanek.php?key=969&nazev=lezecka\\_vytrvalost](http://www.lezec.cz/clanek.php?key=969&nazev=lezecka_vytrvalost)

proti sobě a vznik příčných můstků. Při kontrakci dochází ke štěpení ATP. V těle rozlišujeme 3 typy svalových vláken. Každý člověk má ve svém těle jinak geneticky daný poměr těchto vláken, který se v průběhu života nemění nebo mění jen minimálně (např. s věkem vzrůstá počet pomalých svalových vláken asi 5 % za každých 10 let po 25. roce života).<sup>37</sup>

typ I. – SO (slow oxidative) pomalá oxidační vlákna s vysokým obsahem myoglobinu, velkou oxidační kapacitou a pomalou unavitelností. Jejich využití je především ve vytrvalostních aktivitách nižší intenzity.

typ II A – FOG (fast oxidative glycolytic) rychlá oxidační glykolytická se střední oxidační kapacitou, rychlou kontrakcí a středně rychlou unavitelností. Největší využití je při zátěžích střední až submaximální intenzity, které provází aerobní i anaerobní způsob úhrady energie.

typ II B – FG (fast glycolytic) rychlá glykolytická vlákna s nízkou oxidační kapacitou, největší rychlostí kontrakcí, ale rychle unavitelná. Jsou zapojena při silových a rychlostních výkonech maximální intenzity s převahou anaerobního energetického metabolismu.<sup>38</sup>

Vlákna typu I. se zapojují především při lezení lehkých cest, vlákna typu II A především při lezení těžkých až středně těžkých cest, které se objevují na závodech. Poslední typ vláken II B nachází uplatnění z největší části v boulderingu. Nicméně práce svalových vláken se překrývá, stejně jako způsoby energetického krytí, proto nelze říct, že při daném výkonu je zapojen pouze jeden typ vláken.

### 4.3 Způsoby energetického krytí

Dle intenzity a délky zatížení rozlišujeme různé způsoby energetického krytí. Jako zdroj energie tělo využívá obecně makroživiny – primárně pak sacharidy a tuky. V případě nouze se zdrojem energie mohou stát i bílkoviny, které tělo štěpí na aminokyseliny a následně je využívá jako palivo. Energie pro svalovou kontrakci je zajišťována hydrolýzou ATP, jehož štěpení je v průběhu výkonu neustále obnovováno. V lidském organismu existují tři biologické energetické systémy k obnově ATP.<sup>39</sup>

---

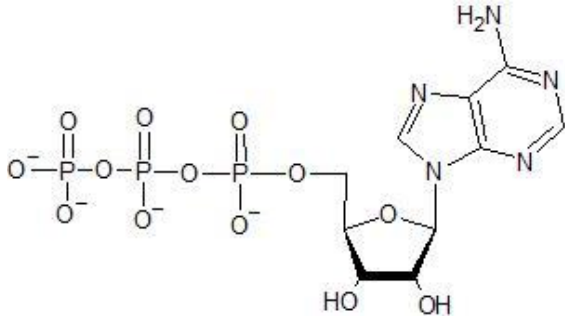
<sup>37</sup> BARTŮŇKOVÁ, Staša. Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1171-6.

<sup>38</sup> Typy svalových vláken. Fakulta Tělesné výchovy a Sportu Univerzita Karlova [online] 1980 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1430.html>

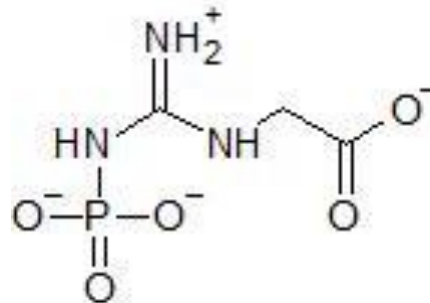
<sup>39</sup> HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část. 2. přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 1999. s. 4. ISBN 80-7184-875-1.

### 4.3.1 Fosfagenový systém

Fosfagenový systém poskytuje energii na velmi krátkou dobu, pouze na začátek aktivity, a to pomocí hydrolýzy zásob ATP (obrázek 3) a rozkladu CP (kreatinfosfát) (obrázek 4).



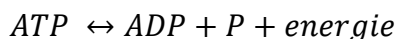
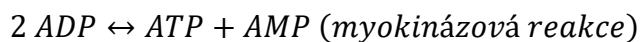
Obrázek 3 Struktura ATP, vytvořeno v programu ChemSketch



Obrázek 4 Struktura CP, vytvořeno v programu ChemSketch

Zajišťuje energii zejména pro krátkodobou zátěž o vysoké intenzitě. Katalyzátorem Lohmanovi reakce je enzym kreatinkináza. Kreatinfosfát dodává ADP fosfátovou skupinu a vzniká ATP a kreatin. Další důležitá reakce sloužící k rychlému doplnění ATP se nazývá myokinázová. Produktem je AMP neboli adenosinmonofosfát, který je stimulatorem glykolýzy. Tento systém je řízen zákonem hromadné akce. To znamená, že koncentrace produktů nebo reaktantů bude řídit směr reakce. V praxi se jedná o to, že při nárazovém vysoce intenzivním zatížení dochází ke štěpení ATP na ADP a uvolnění energie. Ihned po skončení této zátěže způsobuje zvýšená koncentrace ADP a zvýšení poměru kreatinkinázy vůči adenylnkináze odstartování myokinázové reakce, jejímž produktem je opětovná syntéza ATP. K dalšímu štěpení ATP v rámci tohoto systému dojde pouze v případě, že opět nastane takto intenzivní zatížení.<sup>40</sup>

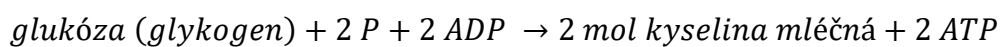
Schéma probíhajících reakcí:



<sup>40</sup> HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část. 2. přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 1999. s. 6 ISBN 80-7184-875-1.

### 4.3.2 Glykolytický systém

Základem pro tvorbu ATP jsou sacharidy. Glykolýzu dělíme na aerobní a anaerobní. Anaerobní glykolýza se vyskytuje při činnostech vysoké intenzity bez přítomnosti kyslíku. Konečným produktem je pyruvát, který je dále přeměněn na laktát (sůl kyseliny mléčné). Vzniklý laktát se může při dodání kyslíku zpět přeměnit na pyruvát. Když tento stav trvá déle, dochází ve svalech k rozvoji laktátové acidózy, tzn. zvýšené koncentrace  $H^+$ . Právě zvýšená koncentrace vodíkových kationtů způsobuje bolest svalů po výkonu. Laktát může být zpět na pyruvát přeměněn za 5 – 60 minut, závisí především na trénovanosti jedince. K odbourání laktátu může též dojít přenesením krví do jater, kde se přemění na glukózu. Tento proces se nazývá Coriho cyklus <sup>41</sup>

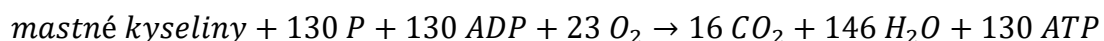


Aerobní glykolýza je charakterizována činností mírné až střední intenzity, kde není pyruvát přeměněn na laktát, ale je transportován do mitochondrií kde podstoupí Krebsův cyklus. Nutností je dostatečné množství kyslíku. Přejít mezi aerobní a anaerobním energetickým krytím se nazývá anaerobní práh. <sup>42</sup>



### 4.3.3 Oxidativní systém

Oxidativní systém pro tvorbu ATP využívá při mírné intenzitě činnosti sacharidy a tuky. Nedochozí ke zvýšení hladiny laktátu v krvi. Oxidativní systém je schopen fungovat po velmi dlouhou dobu, avšak je limitován typem pohybové činnosti a schopností dostatečně rychle dodávat do reakcí potřebné reaktanty, v tomto případě glukózu nebo tuky. <sup>43</sup>

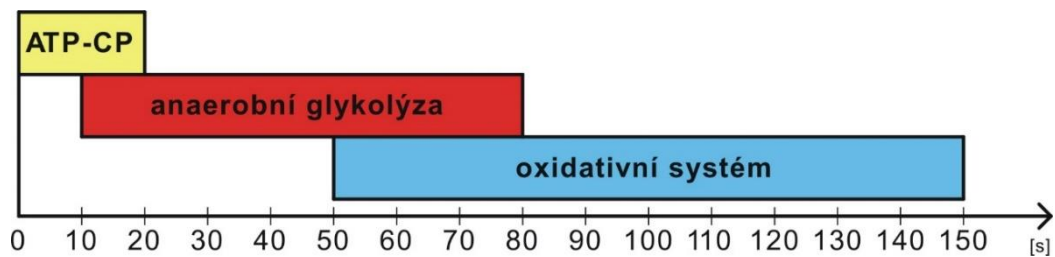


---

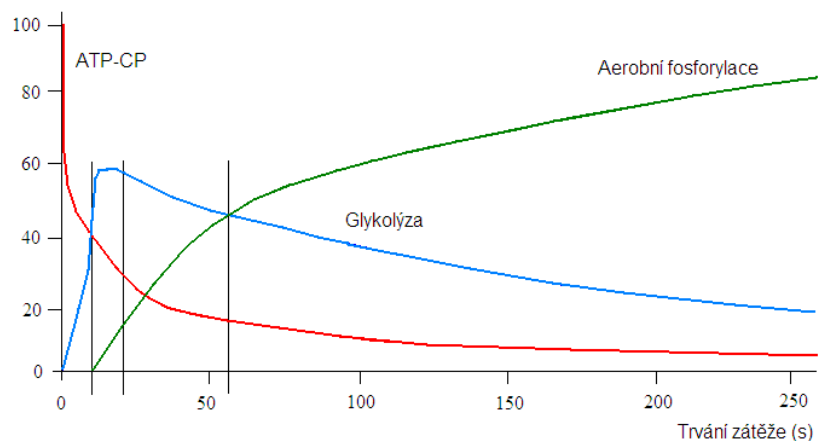
<sup>41</sup> ŘEZÁČOVÁ, Martina a Alena STOKLASOVÁ. *Základy biochemie lidského organismu*. Praha: Karolinum, 2008. s. 58-60. s. ISBN 978-80-246-1510-3.

<sup>42</sup> HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2. přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 1999. s. 5-6. ISBN 80-7184-875-1.

<sup>43</sup> ŘEZÁČOVÁ, Martina a Alena STOKLASOVÁ. *Základy biochemie lidského organismu*. Praha: Karolinum, 2008. s. 103. ISBN 978-80-246-1510-3.



Obrázek 5 Energetické krytí v průběhu zátěže [online]. In: . [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: [www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html](http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html)



*ATP - CP=fosfagenový systém; aerobní fosforylace=oxidativní systém*

Graf 1 Energetické krytí v průběhu zátěže [online]. In: . [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: [www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html](http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html)

Jednotlivé systémy se zapojují postupně v závislosti na typu dané aktivity. Pokud je výkon maximální, zapojují se všechny systémy. (obr. 5 a graf 1)<sup>44</sup>

<sup>44</sup> Fyziologie [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2012 [cit. 2019-10-19]. Dostupné z: [www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html](http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html)

# PRAKTICKÁ ČÁST

## 5 TESTOVÁNÍ

Testování se zúčastnilo 10 osob – 4 muži a 6 žen ve věku od 15 do 19 let – z řad pravidelně trénovaných sportovních lezců. Všichni byli v dobré kondici a tuto látku nikdy předtím nežívali. Test byl proveden dvakrát. Při prvním testu dostali všichni placebo tobolku s laktózou a ve druhém tobolku s inosinem.

### 5.1 Hypotéza

Inosin jako prekurzor ATP okamžitě zvýší koncentraci ATP ve svalích. Zároveň také díky zlepšení propustnosti 2,3-bifosfoglycerátu zlepšuje míru okysličení tkání. Mělo by tedy dojít ke zlepšení výkonu v testu, díky většímu množství ATP a lepšímu zásobení svalů předloktí kyslíkem. Díky této skutečnosti by mělo pomaleji docházet ke vzniku laktátu a s tím spojené svalové únavě.

### 5.2 Test

Na ručním dynamometru (obr. 6) jsem nejprve změřila u jednotlivých lezců MVC (Maximal voluntary contraction = maximální volní kontrakce tj. kontrakce, při které dochází volním úsilím k největší možné aktivaci svalu<sup>45</sup>). Poté byl udělán kontinuální test na 60 % MVC (obr. 7). Ten spočívá v souvislém zatížení svalů předloktí formou visu na liště, a tím otestování silové vytrvalosti. Silová vytrvalost je v terminologii sportovního lezení chápána jako zatížení, při kterém dochází k velkému zakyslení svalů předloktí. Energie je z největší části dodávána mechanismem anaerobní glykolýzy a nárůst laktátu kulminuje mezi průměrně 40–120 s na 50 - 70 % maximálního výkonu.<sup>46</sup>

---

<sup>45</sup> KRUMLOVÁ, H., D. PÁNEK a D. PAVLŮ. MĚŘENÍ EMG AKTIVITY SVALOVÉ TKÁNĚ PO APLIKACI CELOTĚLOVÉ CHLADOVÉ TERAPIE (- 130 °C) [online]. Praha, 2010 [cit. 2020-01-23]. Dostupné z: [www.bioorganickachemiesite.upol.cz/site/wp-content/uploads/2014/10/OCH\\_ADME-2.-Absorpce.pdf](http://www.bioorganickachemiesite.upol.cz/site/wp-content/uploads/2014/10/OCH_ADME-2.-Absorpce.pdf)

<sup>46</sup> BALÁŠ, Jiří. Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016, s 193 ISBN 978-80-246-3361-9.

Použitý test je anaerobního typu, jak již bylo zmíněno výše. Energie je získávána z glykogenu ve svazech předloktí. Bez kyslíku se tento glykogen přeměňuje na ATP a pyruvát. Pyruvát se poté přemění na laktát – aniont kyseliny mléčné, který je využit ke glukoneogenezi. Vodíkové kationty, které vznikly odtržením od kyseliny mléčné, způsobují nárůst kyselého prostředí ve svazech, což způsobuje svalovou únavu a vnímání svalové bolesti. Při dodání kyslíku se vznikající pyruvát nepřemění na laktát, ale na acetyl CoA, který podstoupí Krebsův cyklus a produktem je oxid uhličitý, voda a energie v podobě ATP.



Obrázek 6 Ruční dynamometr, foto: autor



Obrázek 7 Kontinuální test na 60 % MVC, foto: autor

### 5.3 Harmonogram

Testování proběhlo ve dnech 6. 12. a 13. 12. 2019 v laboratoři sportovní motoriky na FTVS UK v Praze. Dobrovolníkům byla podána tobolka inosinu nebo placebo 30 minut před samotným testem. Dotyční poslední hodinu před testy nic nejedli kvůli možnému poklesu krevního cukru v důsledku inzulínové odezvy, která by mohla negativně ovlivnit výkonnost.<sup>47</sup>

---

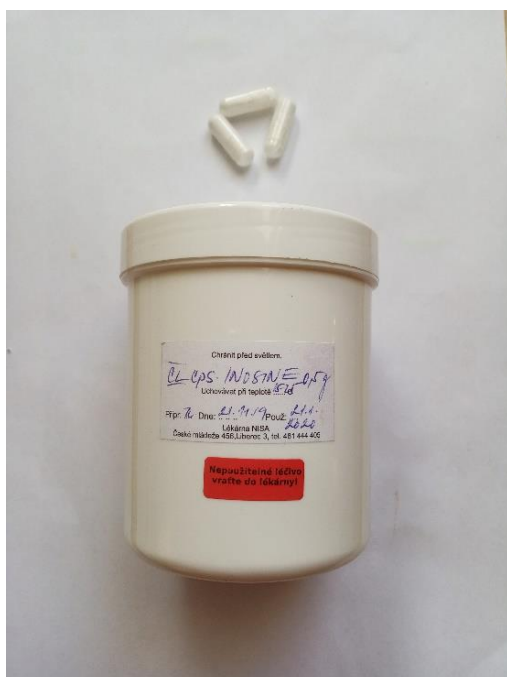
<sup>47</sup> Ptáte se nás: Proč sladkosti před sportem škodí výkonu? *ENERVIT* [online]. 2018 [cit. 2020-01-09]. Dostupné z: [enervit.cz/aktualita/ptate-se-nas-proc-sladkosti-pred-sportem-skodi-vykon](http://enervit.cz/aktualita/ptate-se-nas-proc-sladkosti-pred-sportem-skodi-vykon)



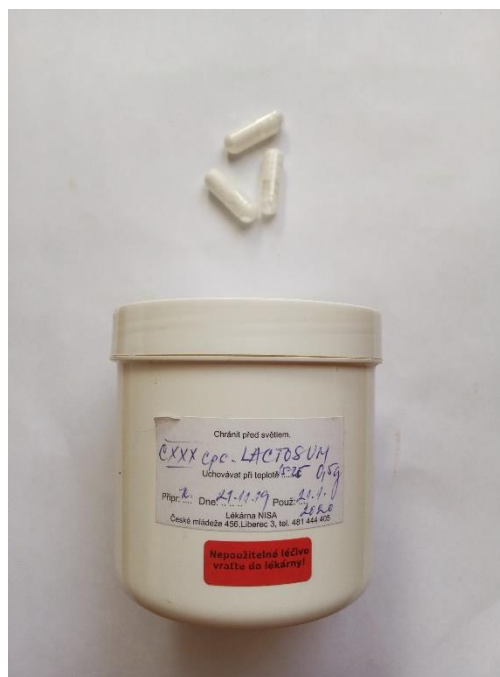
Respondenti byli také požádáni o dodržení stejné aktivity minimálně dva dny před testováním. Nejdříve jsem všechny dotyčné zvážila kvůli dávkování látky. Poté proběhla aerobní rozcvička, která byla složena ze 3 sérií výběhů schodů, následovalo 10minutové rozlezení se na bouldrové stěně a rozcvička byla zakončena 5 minutami přerušovaných visů k dostatečnému rozhýbání prstů. Poté měl každý přestávku 10–20 minut na patřičné obnovení energetických systémů. Test byl proveden 3x s 2minutovou pauzou. Všichni v pauze mezi jednotlivými testy seděli a nevyklepávali ani jinak neuvolňovali svalové napětí v ruce, na které viseli.

## 5.4 Inosin a placebo

Běžně se inosin prodává ve formě gelových tobolek. Dotyčným jsem podávala inosin i placebo. Proto pro účely této práce bylo nutné, aby obě tobolky vypadaly stejně. Zakoupila jsem inosin ve formě prášku. V lékárně jsem si nechala udělat tobolky inosinu (obr. 8) i placebo (obr. 9). Placebo látkou byla laktóza. Obě tobolky vypadaly totožně, proto testovaní jedinci nemohli poznat rozdíl.



Obrázek 8 Tobolka inosinu, foto: autor



Obrázek 9 Tobolka placebo, foto: autor

## 5.5 Výsledky

Hodnocenými parametry při kontinuálním testu na 60 % MVC jsou v tomto případě čas a vykonaná práce. Čas testu je doba, po kterou jsou lezci schopni působit na lištu dynamometru v určeném silovém rozhraní. Toto rozhraní je určeno dvěma extrémy, které jsou odvozeny od hodnoty 60 % MVC, a to 10 % pod a nad touto hodnotou. Pro lepší představu uvedu příklad. Když má jedinec MVC 50 kg tak jeho spodní hranice je 45 kg a horní 55 kg. Vykonaná práce se v terminologii sportovní fyziologie hodnotí jako integrál síly, kterou průměrně jednotlivci na lištu působili, v závislosti na čase, po který působili. Hovoříme o průměrné síle, díky velikosti rozhraní. Je tedy patrné, že sportovní fyziologie pohlíží na práci jinak než klasická fyzika.

### 5.5.1 Čas testu

Prvním hodnoceným parametrem byl čas jednotlivých testů s inosinem a s placebem. (tab.1)

Doba visu v sekundách						
	Placebo 1	Placebo 2	Placebo 3	Inosin 1	Inosin 2	Inosin 3
Lezkyně 1	30,89	54,57	51,64	23,79	40,8	31,16
Lezec 2	52,83	36,53	29,67	58,99	41,36	35,53
Lezec 3	36,83	17,55	19,7	55,92	20,04	24,02
Lezkyně 4	44,48	30,85	26,89	50,78	37,45	26,87
Lezec 5	63,86	54,06	43,94	102,75	53,61	41,29
Lezkyně 6	43,71	38,08	38,78	47,87	36,23	32,58
Lezkyně 7	60,09	48,47	37,14	110,35	38,74	32,08
Lezec 8	47,77	36,23	39,73	64,32	42,17	32,39
Lezkyně 9	55,39	58,13	46,46	61,54	47,17	34,98
Lezkyně 10	41,04	29,85	25,25	52,32	35,62	28,77
Průměr	49,6	38,9	34,2	67,2	39,2	32,1

Tabulka 1 Čas testu (s)

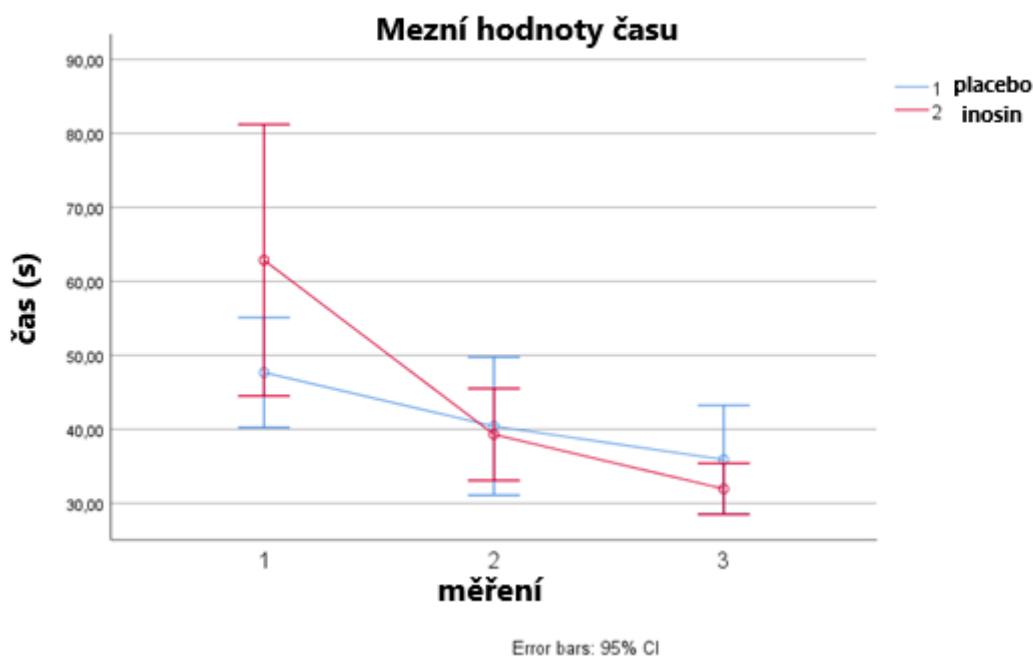
Čas je udán v sekundách. Z tabulky můžeme vyčíst, že se časy jednotlivých lezců (až na lezkyni 1, vysvětleno níže) postupně zhoršují v obou testech. To lze fyziologicky vysvětlit krátkým časem pro odbourání laktátu a navrácení pH ve svalu do původních hodnot a nedostatečným časem pro resyntézu buněčné ATP. Pro odbourání laktátu s pasivním odpočinkem by byla nutná pauza 30 minut. Průměrný čas prvního visu s inosinem je vyšší než průměrný čas prvního visu s placebem. Další průměrné hodnoty jsou podobné. Lezkyni 1 do průměrných hodnot nezapočítávám.

Vyhodnocení času visů								
	Pokles placebo	Pokles Inosin	Rozdíl 1.vis	Rozdíl 2.vis	rozdíl 3.vis	% 1.vis	% 2.vis	% 3.vis
Lezkyně 1	-22,22	-12,19	-7,1	-13,77	-20,48	-23 %	-25 %	-40 %
Lezec 2	19,73	20,55	6,16	4,83	5,86	12 %	13 %	20 %
Lezec 3	18,21	33,89	19,09	2,49	4,32	25 %	14 %	22 %
Lezkyně 4	15,61	18,62	6,3	6,6	-0,02	14 %	21 %	0 %
Lezec 5	14,86	55,30	38,89	-0,45	-2,65	62 %	-1 %	-6 %
Lezkyně 6	5,28	13,47	4,16	-1,85	-6,2	10 %	-5 %	-16 %
Lezkyně 7	17,29	74,94	50,26	-9,73	-5,06	84 %	-20 %	-14 %
Lezec 8	9,79	27,04	16,55	5,94	-7,34	35 %	16 %	-18 %
Lezkyně 9	3,10	20,47	6,15	-10,96	-11,48	11 %	-19 %	-25 %
Lezkyně 10	13,49	20,13	11,28	5,77	3,52	27 %	19 %	14 %
Průměr	13	31,6	17,6	0,3	-2,1	34 %	4 %	-3 %

Tabulka 2 Poklesy časů, rozdíly časů, procentuální vyjádření rozdílů

V tabulce 2 je uveden pokles mezi prvním visem a průměrem z druhého a třetí visu. Při porovnání poklesů inosin/placebo je zřejmé, že u inosinu je zaznamenán razantnější pokles než u placebo, což lze vyčíst i z průměrných hodnot, kde průměrná hodnota všech časů s inosinem je více než 2x větší než s placebem. Všichni <sup>48</sup> měli první vis s inosinem lepší než s placebem, a to v průměru dokonce o 34 %. V druhém visu se zlepšilo 5 lezců. Průměrné zlepšení bylo už ale jen o 4 %. Ve třetím visu se zlepšili pouze 3 lezci a průměrná procentuální hodnota je záporná, z čehož vyplývá, že nejde o zlepšení, ale o zhoršení o 3 %. V tabulce jsou dále vyznačeny nejlepší a nejhorší procentuální hodnoty v rámci jednotlivých visů. Jednoznačně lze tedy z tabulky vyčíst, že se výkon s inosinem při nedostatečném zotavení zhoršuje rychleji oproti placebo.

<sup>48</sup> Lezkyni 1 vyznačenou modře nepočítám do svých vyhodnocení ani průměrných hodnot v tabulce, vysvětleno níže.



Graf 2 Statistický pokles času

Stejnou skutečnost ukazuje i graf 2. U červené křivky znázorňující inosin můžeme vidět mnohem strmější pokles, než u modré znázorňující placebo. U druhého i třetího visu se statistický průměr červené křivky nachází pod modrou křivkou, a to jen statisticky dokazuje to, co bylo popsáno číselně výše v tabulce 2. U každého měření v grafu je charakterizován průměr visů všech dobrovolníků (včetně Lezkyně 1). Mezní hodnoty značí konfidenční interval, který byl v tomto případě určen 95 %. Tato hodnota se běžně používá jako doplněk 5% hladiny spolehlivosti do 100 %. To znamená, že se v intervalu mezi mezními hodnotami bude s 95% pravděpodobností nacházet skutečná průměrná hodnota.

### 5.5.2 Vykonaná práce při testu

Druhým hodnoceným parametrem byla vykonaná práce při každém testu s inosinem i placebem. Ta se rovná integrálu průměrné síly podle času a lze ji chápat jako úroveň silové vytrvalosti.<sup>49</sup> Proto je tento parametr obecně přínosnější pro vyhodnocení výsledků, ale z hlediska mého výzkumu je negativně ovlivněn možností působit na chyt rozdílnou silou, a tím snížit hodnotu vykonané práce pro dosažení lepšího času visu.

<sup>49</sup> BALÁŠ, Jiří. Fyziologické aspekty výkonu ve sportovním lezení. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016. s 107. ISBN 978-80-246-3361-9.

Vykonaná práce v kg*s						
	Placebo 1	Placebo 2	Placebo 3	Inosin 1	Inosin 2	Inosin 3
Lezkyně 1	1269,3	1580,7	1476,6	929,13	1198,6	923,95
Lezec 2	2141,1	1479,5	1206,9	2426,3	1682,8	1441,9
Lezec 3	1291,3	614,32	693,96	1597,8	701,61	838,29
Lezkyně 4	1277,8	830,81	722,56	1453,5	1011	734,4
Lezec 5	2287,8	1857,1	1506,9	2332,3	1810,7	1379,5
Lezkyně 6	1300,6	1111,4	1115,4	1286,1	1028,5	925,9
Lezkyně 7	2249,3	1739,7	1319	2856,8	1448,4	1227,1
Lezec 8	2037,1	1498	1646,5	2384,4	1742,8	1327,2
Lezkyně 9	1537,5	1260,9	1025,7	1411,8	1034,7	766,61
Lezkyně 10	1471,8	1062,9	904,28	1857,1	1261,7	1016,5
<b>Průměr</b>	<b>1732,7</b>	<b>1272,7</b>	<b>1126,8</b>	<b>1956,2</b>	<b>1302,5</b>	<b>1073</b>

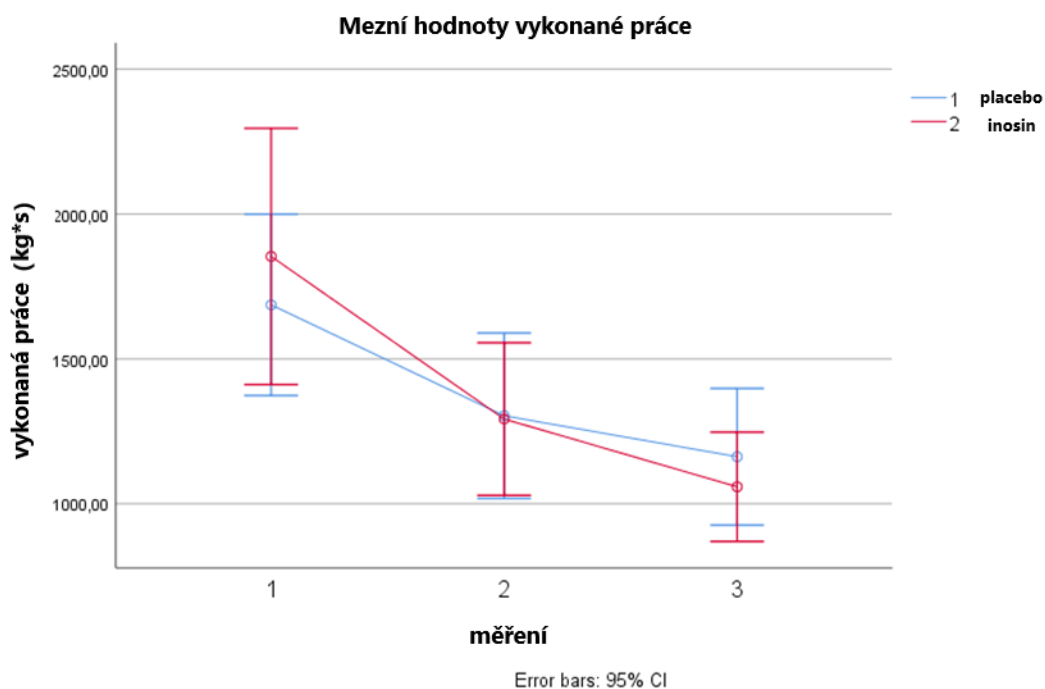
Tabulka 3 Vykonaná práce - absolutní hodnoty (kg\*s)

Vykonaná práce je uvedena v kg/s. Opět můžeme vidět klesající tendenci. Zajímavý úkaz je lezec 5, který při porovnání časů prvních visů jak s inosinem, tak s placebem má velký rozdíl, ale vykonaná práce u těchto dvou testů je velice podobná. Je tedy patrné, že při druhém testu působil menší silou, což mu pomohlo vydržet delší dobu. Z toho vyplývá, že lepším ukazatelem pro výkon v testu není čas, ale právě vykonaná práce.

Vyhodnocení vykonané práce						
	Placebo průměr	Inosine průměr	Placebo součet	Inosine součet	Zlepšení v součtu	% zlepšení v součtu
Lezkyně 1	1442,2	1017,23	4326,6	3051,68	-1274,92	-29 %
Lezec 2	1609,2	1850,3	4827,5	5551	723,5	15 %
Lezec 3	866,5	1045,9	2599,58	3137,7	538,12	21 %
Lezkyně 4	943,7	1066,3	2831,17	3198,9	367,73	13 %
Lezec 5	1883,9	1840,8	5651,8	5522,5	-129,3	-2 %
Lezkyně 6	1175,8	1080,2	3527,4	3240,5	-286,9	-8 %
Lezkyně 7	1769,3	1844,1	5308	5532,3	224,3	4 %
Lezec 8	1727,2	1818,1	5181,6	5454,4	272,8	5 %
Lezkyně 9	1274,7	1071,0	3824,1	3213,11	-610,99	-16 %
Lezkyně 10	1146,3	1378,4	3438,98	4135,3	696,32	20 %
<b>Průměr</b>	<b>1377,4</b>	<b>1443,9</b>	<b>4132,2</b>	<b>4331,7</b>	<b>199,5</b>	<b>6 %</b>

Tabulka 4 Průměrné a sumární hodnoty vykonané práce

V tabulce 4 jsou uvedeny průměrné hodnoty vykonané práce a její absolutní součet. Uvedeným zlepšením je rozuměna hodnota rozdílu mezi součtem vykonané práce s inosinem a vykonané práce s placebem. Zeleně jsou značeni ti, kteří mají výkony s inosinem lepší než s placebem tzn. po podání inosinu se jejich výkon zlepšil. Při porovnání obou parametrů je zřejmé, že se zlepšilo 6 z 9 lezců (Lezkyni 1 opět nezapočítávám). Procentuální zlepšení bylo 6 % a není tak znatelné jako u času. Opět jsou v tabulce vyznačené též nejnižší a nejvyšší zaznamenané procentuální hodnoty.



Graf 3 Statistický pokles vykonané práce

Stejně jako u grafu poklesu času, i u poklesu práce červená křivka představující inosin klesá strměji a ve třetím visu se dostane pod modrou křivku představující placebo. Průměry a mezní hodnoty jsou vyznačené stejně, jako u grafu 2.

### 5.4.3 Vyhodnocení

Z vyhodnocení času testu je patrné, že inosin ovlivňuje výkon v testu po krátkou dobu, konkrétně v prvním visu s průměrným časem 49,7 s. Na základě mých zjištěných výsledků se výkon lezců zlepšil průměrně o 34 % a nejvyšší zaznamenaná hodnota zlepšení činí dokonce 84 %. Mezi prvním a druhým visem je pak zaznamenáno velké zhoršení – 34% zlepšení v prvním visu oproti 4% zlepšení ve visu druhém. To je zapříčiněno patrně vyčerpáním primárních zásob ATP vzniklých rozpadem inosinu. Svalové buňky při vyčerpání těchto zásob musí začít pracovat anaerobně, což je pro ně energeticky náročné a dojde ke zhoršení výkonu. Pauza mezi visy činící 2 minuty není dostatečná pro obnovu těchto zásob. Pokud platí teorie s prostupností 2,3bifosfoglycerátu, mělo by dojít i ke zlepšení následného procesu,

tj. anaerobní glykolýzy. Problém v tomto případě je ten, že nejde zajistit, aby byla lepší prostupnost této látky pouze do svalů předloktí, ale kyslíkem je nutno zásobit i další tělní tkáň. Jak již ale bylo zmíněno výše, do jaké míry dokáže inosin tento proces ovlivnit, je nejasné.

Při hodnocení vykonané práce bylo průměrné zlepšení pouze o 6 %. Zlepšení je ale zaznamenáno u 6 jedinců. Jeden lezec se ztelně zhoršil, ale u dalších dvou jsou rozdíly ve vykonané práci na úrovni statistické chyby. Průměrné hodnoty práce jednotlivých visů i průměrné hodnoty součtu práce jsou s inosinem vyšší než s placebem. Lze tedy proto říct, že inosin má vliv i na celkový výkon jedince v testu z hlediska vykonané práce.

Lezkyni č.1 jsem do výsledků započítala pouze do statistických údajů a spoléhala na statistickou regresi k průměru. Jednotlivé vyhodnocení nebylo možné, kvůli diametrálně odlišnému tréninku před oběma testy, na který mě dotyčná upozornila. Její zhoršený první vis v obou testech si však neumím vysvětlit, příčina se patrně nachází v psychosomatické oblasti.

#### **5.4.4 Diskuze**

Jestliže cílem práce bylo zjistit, zda inosin ovlivňuje výkon sportovních lezců či ne, je potřeba zhodnotit výsledky testování právě vzhledem k výkonu lezce. Zaměřím se na lezení na obtížnost, protože je to disciplína, ve které se nejvíce uplatňuje anaerobní glykolýza, a tím pádem s tím nejvíce souvisí tento test. V lezení na obtížnost je tedy průměrná doba lezení závodní cesty přibližně 3 minuty. Tento čas se ale skládá z různých částí lezeckého pohybu a jedním z nich je právě držení chytů a s tím spojené zatěžování svalů předloktí, obdobně jako v kontinuálním testu na 60 % MVC. Kontinuální čas držení chytu jednou rukou se pohybuje kolem 7 s, a to je menší hodnota než průměrný čas prvního visu bez inosinu, který byl zaokrouhleně 50 s. Při lezení se však střídá fáze držení neboli statická, a pohybu neboli dynamická. Při dynamické fázi má lezec možnost si ruku „vyklepat“, neboli prokrvit svaly a dodat jim kyslík. Tím dochází k částečnému obnovení zásob ATP, tím pádem nelze považovat průměrný čas testu za limitní čas, při kterém by se lezci mohli držet chytů v cestě. Celkový průměrný čas držení chytů v cestě je 160 s, viz. kapitola 3.1.1 Lezení na obtížnost. Pokud by tedy 1. vis zastupoval výkon v jedné dané závodní cestě, 2 minuty na zotavení rozhodně neodpovídají pauze mezi závodními cestami, která je dle pravidel alespoň 20 minut. Provedený test je tedy ukazatelem specifické silové vytrvalosti lezce, na kterou má inosin dle výsledků pozitivní vliv, ale neodpovídá reálné situaci při soutěžním výkonu.

Dalším prokazatelným údajem bylo rapidní zhoršení mezi prvním a druhým visem daným vyčerpáním zásob ATP. Vyšší výkon s následným nedostatečným zotavením tedy vede k větší vyčerpanosti zatěžovaných svalových skupin. I přes skutečnost, že daný test neodpovídá reálné situaci při soutěžním výkonu, mohlo by toto riziko hrát velkou roli v tréninku. Při

používání inosinu v tréninku by tedy v konečném důsledku mohlo dojít k rychlejšímu vyčerpání a následnému přepětí, či dokonce přetrénování.

Z hlediska korelace k soutěžnímu i tréninkovému lezeckému výkonu by bylo při dalších výzkumech nezbytné provést opakovaný kontinuální test s dostatečným zotavením, intermitentní test s dostatečným i nedostatečným zotavením<sup>50</sup> a všechna tato měření opakovat v dlouhodobém horizontu. To však prostor této práce neumožňoval, nicméně právě výzkum v rámci této práce pomohl definovat další otázky, a tím i směr dalších studií. Obecně lze říci, že výzkumů v oblasti soutěžního lezení s takto velkým vzorkem výkonnostních a vrcholových lezců je u nás i ve světě minimum.

Jelikož je inosin látka tělu vlastní, dalším úskalím při vyhodnocení byla neznámá koncentrace inosinu v těle dobrovolníků před suplementací. Každý tuto hodnotu může mít rozdílnou, proto to jeho výkon může ovlivnit v různě velkém měřítku. V neposlední řadě nelze zaručit, že se všichni inosin vstřebá, protože je možné, že část pouze projde trávicím traktem. Dalším faktorem je psychika, z hlediska motivace tedy mohlo být lepší druhé testování, kdy se chtěli lezci zlepšit. V neposlední řadě také fyzický stav a únava. Bohužel nelze zaručit, že všichni opravdu dodrželi doporučení stejného tréninkového schématu před oběma testováními. Roli tu hraje kromě tréninku i spánek a další aktivity.

## 6 KAPALINOVÁ CHROMATOGRRAFIE

Vysokoučinná kapalinová chromatografie je jednou z nejvíce využívaných analytických metod v analytické chemii. Oproti klasické kapalinové chromatografii se liší vysokým tlakem v koloně a vyšší účinností separace. Tato metoda nám umožňuje analyzovat a identifikovat chemické látky ve vzorku a zjistit jejich kvantitu. Úvodním krokem analýzy je uvolnění analytu do mobilní fáze a následný transport do kolony, ve které probíhá separace. Principem metody je rozdílná rychlost pohybu látky uvnitř kolony ve dvou fázích – v mobilní a stacionární. Separace funguje na základě slabých vazebných interakcí látky s oběma různě polárními fázemi. Mobilní fáze je nepolární rozpouštědlo a stacionární fáze jsou polární částice. Polární látky se budou přichytávat na pevné polární částice a nepolární budou cestovat kolonou rychleji. Na konci kolony chromatografu je umístěn detektor pro automatické vyhodnocení. Průchod látky v chromatografu je poté znázorněn na chromatogramu, kde chromatografická vlna značí průchod látky detektorem. Na vodorovné ose je vyznačen čas. Z této osy lze vyčíst tzv. retenční čas, tedy dobu uplynulou od nástřiku vzorku na kolonu k průchodu látky detektorem a zakreslení píku v grafu. Retenční čas jednoznačně určuje, o jakou látku se jedná, protože je pro každou látku specifický. Na grafu

---

<sup>50</sup> Intermitentní test-přerušovaný vis 8s :2s; dostatečné zotavení je alespoň 20 minut



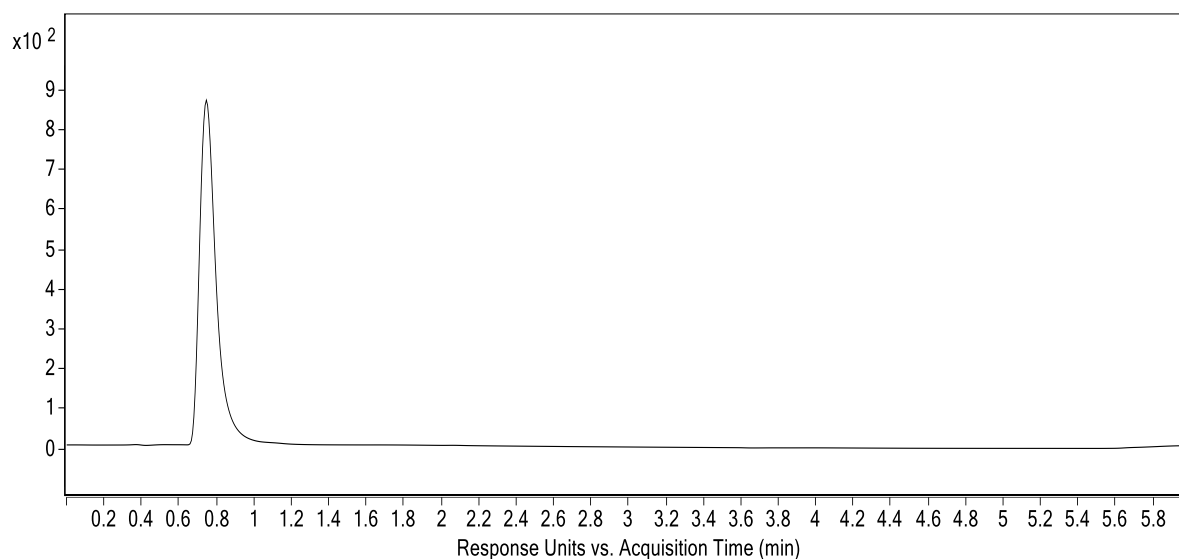
jsou také znázorněny výšky jednotlivých píků a ty určují, kolik je ve vzorku obsaženo dané látky.<sup>51 52</sup>

## 6.1 Hypotéza

Mnou zakoupený produkt je čistý inosin bez dalších přidaných látek.

## 6.2 Chromatografie mého vzorku

Svůj vzorek jsem zaslala na přírodovědeckou fakultu univerzity Hradec Králové. Analýza mého vzorku byla učiněna v analytické místnosti katedry organické chemie vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií. Použitý chromatograf Agilent 1290 Infinity II pracoval s mikrokolonou o vnitřním průměru 2,1 mm a na základě separačního systému hydrofilních interakcí (HILIC), který se používá především pro vysoce polární látky. Jako stacionární fáze byl použit silikagel a jako mobilní fáze směs 0,1 % vodného roztoku kyseliny mravenčí a 0,1% acetonitrilového roztoku kyseliny mravenčí. Jako detektor byl použit hmotnostní spektrometr Agilent QqQ 6470, který zjistil shodnou molární hmotnost mého vzorku inosinu s experimentálně zjištěnou hodnotou uváděnou v literatuře.<sup>53</sup>

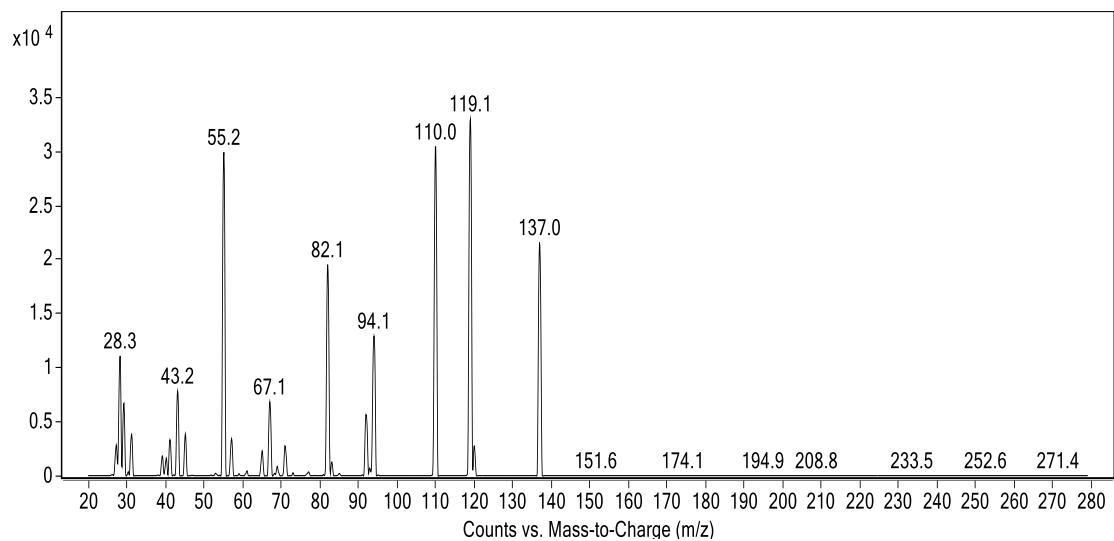


Graf 4 Chromatogram separace inosinu

<sup>51</sup> DOSTÁL PhD. Mgr. Hynek. *Separací metody v analytické chemii - chromatografie* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://anl.zshk.cz/vyuka/separacni-metody.aspx>

<sup>52</sup> SKAMENE, Stanislav et. all. *Kurz 1 - Genetika*. Praha, 3. lékařská fakulta UK, 2018.

<sup>53</sup> CVAČKA, Josef. *Úvod do vysokoúčinné kapalinové chromatografie* [online]. 2019 [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: [www.mu-j-web.cz/vyuka/HPLC/HPLC\\_soubory/01\\_HPLC%20uvod%202019-20.pdf](http://www.mu-j-web.cz/vyuka/HPLC/HPLC_soubory/01_HPLC%20uvod%202019-20.pdf)



*Graf 5 Fragmentační spektrum inosinu*

Z chromatogramu vyplývá, že vzorek inosinu nevykazuje žádné markantní množství opticky aktivních nečistot. Fragmentační spektrum je srovnatelné s údaji v literatuře. Na základě těchto informací lze říci, že mnou zakoupený inosin je čistá látka a výrobce ji nijak neznehodnotil.<sup>54</sup>

<sup>54</sup> Zdrojem informací o závěru chromatografie je PharmDr. Rudolf Andrýs, Ph.D.

## 7 ZÁVĚR

První hypotéza se mi potvrdila z hlediska zlepšení prvního visu díky okamžité energii rozpadem inosinu na ATP. Lepší zásobení svalů kyslíkem je neprůkazné. Druhá hypotéza o čistotě inosinu byla potvrzena a jednalo se opravdu o čistou látku. Cílem mé práce bylo zjistit, zda inosin ovlivňuje výkon sportovních lezců. Z výsledků testu je zřejmé, že pozitivně ovlivňuje výkon krátkodobě, v tomto případě první vis, který přibližně odpovídá zatížení v jedné závodní cestě při lezení na obtížnost. Toto zlepšení je ale znatelné. Poté výkon ovlivněný inosinem při nedostatečném zotavení rapidně klesá a dochází tedy k mnohem rychlejšímu svalovému vyčerpání. Zvolená metodika tedy ukazuje vliv inosinu na výkon v lokální silové vytrvalosti svalů předloktí, která je součástí výkonu ve sportovním lezení, ale z hlediska krátké doby zotavení mezi testy neodpovídá reálným závodům. Problém může nastat při užívání inosinu v tréninku, kdy kvůli rychlejšímu vyčerpání může dojít až k přetrénování jedince. Dalším rizikem při vyšší a dlouhodobé suplementaci je zvýšené riziko onemocnění dnou. Nelze také říct, jak moc bude výkon jedince inosinem ovlivněn kvůli neznámé koncentraci v těle, kterou může mít každý rozdílnou. V neposlední řadě v testování mohly hrát roli faktory, jako jsou psychika, únava či tréninkové období. Pro zjištění, jaký vliv má inosin na výkon při delší době zatížení, s delším časem na zotavení či na samotnou dobu zotavení, by bylo nutné provést další měření s odlišnou metodikou – zejména opakované testování v kontinuálním visu s dostatečnou dobou zotavení, opakovaný intermitentní test s dostatečnou i nedostatečnou dobou zotavení a následně opakované testování v obou těchto formách v dlouhodobém časovém horizontu. Inosin tedy nelze na základě výsledků jednoznačně doporučit, ale ani odmítnout, protože na určitou oblast silové vytrvalosti vliv dle mé studie má. Spekulace o tom, že měl být inosin zařazen na seznam dopingových látek je dle mého názoru čistě marketingovým tahem výrobců s cílem zvýšení prodejnosti produktu. Zákazníci totiž snadno mohou nabýt dojmu, že se jedná o přípravek s doslova „záračnými“ účinky, které zatím nebyly dokázány. Zajímavým faktem je, že se inosin v současné době často využívá jako lék na virová infekční onemocnění. Pro jednoznačné doporučení inosinu na zlepšení výkonu ve sportovním lezení by tedy bylo nutno provést mnoho dalších studií. V současné chvíli lze tedy s jistotou dosáhnout kvalitních výsledků správně nastaveným tréninkem, dostatečnou regenerací a v neposlední řadě správnou výživou. Suplementy jako inosin (ale i další) mohou sice výkon v kombinaci s tréninkem, výživou a regenerací podpořit, ale při nesprávném užití i poškodit. Ke skutečně vědecky podloženému užití inosinu v rámci sportovní přípravy aktuálně chybí dostatek klinických studií a „evidence-based“ výzkumů. Trenéři se tak většinou spoléhají na vlastní empirické metody. Má studie by proto mohla být přínosná jak trenérům, tak vědeckým pracovníkům pro koncepci metodiky dalších výzkumů.<sup>55</sup>

---

<sup>55</sup> Zdrojem doplňujících informací ohledně výkonu v soutěžním lezení je pan Tomáš Binter

# SEZNAM ZDROJŮ

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

BARTŮŇKOVÁ, Staša. Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1171-6.

BINTER, Mgr. Tomáš - ústní sdělení

COSTILL, PH.D., David L. a et. all. *Effect of inosine supplementation on aerobic and anaerobic cycling performance* [online]. 1996 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1996/09000/Effect\\_of\\_inosine\\_supplementation\\_on\\_aerobic\\_and.17.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1996/09000/Effect_of_inosine_supplementation_on_aerobic_and.17.aspx)

CVAČKA, Josef. *Úvod do vysokoučinné kapalinové chromatografie* [online]. 2019 [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: [www.mujiweb.cz/vyuka/HPLC/HPLC\\_soubory/01\\_HPLC%20uvod%202019-20.pdf](http://www.mujiweb.cz/vyuka/HPLC/HPLC_soubory/01_HPLC%20uvod%202019-20.pdf)

DOSTÁL PhD. Mgr. Hynek. *Separacní metody v analytické chemii - chromatografie* [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://anl.zshk.cz/vyuka/separacni-metody.aspx>

DOLEŽAL, Mgr. et Mgr. Rafael – ústní sdělení

Fyziologie [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2012 [cit. 2019-10-19]. Dostupné z: [www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html](http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html)

HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část. 2. přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-875-1.

*Human metabolite database* [online]. [cit. 2020-01-09]. Dostupné z: [www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0000195#references](http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0000195#references)

CHADIM, Mgr. Vlastimil. *Inosine. Pomůže sportovci k lepšímu výkonu?* [online]. 5.1.2018 [cit. 2019-11-14]. Dostupné z: [www.cyklonovinky.cz/Vyziva/Inosine-Pomuze-sportovci-k-lepsimu-vykonu.aspx](http://www.cyklonovinky.cz/Vyziva/Inosine-Pomuze-sportovci-k-lepsimu-vykonu.aspx)

CHUDOBA, David. *Lezecká vytrvalost* [online]. 2002 [cit. 2020-02-17]. Dostupné z: [www.lezec.cz/clanek.php?key=969&nazev=lezecka\\_vytrvalost](http://www.lezec.cz/clanek.php?key=969&nazev=lezecka_vytrvalost)

CHRIENOVÁ Mgr. Žofia – ústní sdělení

Inosine. DrugBank [online]. Kanada: [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.drugbank.ca/drugs/DB04335>

Inosine. The Good Scents Company [online]. 1980 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <http://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1136831.html>

*INOSIN oXygen excite - podpora sportovního výkonu. Legální DOPING na cvičení* [online]. , 1 [cit. 2019-11-18]. Dostupné z: <https://www.aminomax.cz/inosin-na-cviceni.php>

JEŽKOVÁ, Bc. Ludmila. *Kinematická analýza elitních lezců v soutěžní cestě Českého poháru ve sportovním lezení na obtížnost* [online]. Praha, 2019 [cit. 2020-02-16]. Diplomová práce. UNIVERZITA KARLOVA Fakulta tělesné výchovy a sportu. Vedoucí práce Doc. Jirí Baláš, Ph.D.

KING, PHD., Michael W. Severe Combined Immunodeficiency Disease, SCID. *The Medical Biochemistry Page* [online]. 2019, 2019 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://themedicalbiochemistrypage.org/scid.php>

KOTYK, Prof. Dr. Arnošt. *Lipinského pravidlo pěti* [online]. 2012 [cit. 2020-01-23]. Dostupné z: [www.akademon.cz/clanekDetail.asp?name=Lipinskeho%20pravidlo%20peti&source=0312](http://www.akademon.cz/clanekDetail.asp?name=Lipinskeho%20pravidlo%20peti&source=0312)

KRUMLOVÁ, H., D. PÁNEK a D. PAVLŮ. MĚŘENÍ EMG AKTIVITY SVALOVÉ TKÁNĚ PO APLIKACI CELOTĚLOVÉ CHLADOVÉ TERAPIE (- 130 °C) [online]. Praha, 2010 [cit. 2020-01-23]. Dostupné z: [www.bioorganickachemiesite.upol.cz/site/wp-content/uploads/2014/10/OCH\\_ADME-2.-Absorpce.pdf](http://www.bioorganickachemiesite.upol.cz/site/wp-content/uploads/2014/10/OCH_ADME-2.-Absorpce.pdf)

LEHNERT, Michal et all. *Sportovní trénink I* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého, 2014 [cit. 2019-11-04]. ISBN 978-80-244-4330-0. Dostupné z: <https://publi.cz/books/148/07.html>

LUKAVSKÝ, Mgr. Martin – e-mailová korespondence

MC NAUGHTON et. All. *Inosine Supplementation Has No Effect on Aerobic or Anaerobic Cycling Performance* [online]. 1999 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsnem/9/4/article-p333.xml?tab=contentSummary>

M.S. Jurkowitz, M.L. Litsky, M.J. Browning, C.M. Hohl, Adenosine, inosine, and guanosine protect glial cells during glucose deprivation and mitochondrial inhibition: correlation between protection and ATP preservation, *J. Neurochem.* 71 1998 535–548.

National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Inosine, CID=135398641, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Inosine> (cit. 2019-12-22)

Ptáte se nás: Proč sladkosti před sportem škodí výkonu? *ENERVIT* [online]. 2018 [cit. 2020-01-09]. Dostupné z: [enervit.cz/aktualita/ptate-se-nas-proc-sladkosti-pred-sportem-skodi-vykon](http://enervit.cz/aktualita/ptate-se-nas-proc-sladkosti-pred-sportem-skodi-vykon)

Purine degradation. *International Atomic Energy Agency* [online]. Vienna International Centre, 1998 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: [http://www-naweb.iaea.org/nafa/aph/purine-cd/html/techdoc/html/02\\_2.htm](http://www-naweb.iaea.org/nafa/aph/purine-cd/html/techdoc/html/02_2.htm)

RULCOVÁ, Mgr. Alice. *Absorpce léčiv, faktory ovlivňující absorpci, optimální fyzikálně-chemické vlastnosti léčiva* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2020-01-23]. Dostupné z: [www.bioorganickachemiesite.upol.cz/site/wp-content/uploads/2014/10/OCH\\_ADME-2.-Absorpce.pdf](http://www.bioorganickachemiesite.upol.cz/site/wp-content/uploads/2014/10/OCH_ADME-2.-Absorpce.pdf)

ŘEZÁČOVÁ, Martina a Alena STOKLASOVÁ. *Základy biochemie lidského organismu*. Praha: Karolinum, 2008. s. 58-60. s. ISBN 978-80-246-1510-3.

SCHINETSKY, Robert. *A Review of Inosine Supplements on Exercise Performance* [online]. [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.tigerfitness.com/blogs/supplements/a-review-of-inosine-supplements-on-exercise-performance>

SKAMENE, Stanislav et. all. *Kurz 1 - Genetika*. Praha, 3. lékařská fakulta UK, 2018.

SMEJKAL, Ing. Jan. INOSINE [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <https://www.nutrend.cz/inosine-a29798.htm>

SMEJKAL, Ing. Jan. *Kreatin a jeho funkce v organismu* [online]. [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: <https://www.nutrend.cz/kreatin-a-jeho-funkce-v-organismu-a29773.htm>

Soutěžní lezení [online]. [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <https://www.horosvaz.cz/soutezni-lezeni/>

ŠÁCHA, P. *Inosin* [online]. [cit. 2019-12-22]. Dostupné z: [www.symbivita.cz/kontakt.p](http://www.symbivita.cz/kontakt.p)

Typy svalových vláken. Fakulta Tělesné výchovy a Sportu Univerzita Karlova [online] 1980 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1430.html>

WILLIAMS et. all. *Effect of inosine supplementation on 3-mile treadmill run performance and VO<sub>2</sub> peak.* [online]. 1990 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: [europepmc.org/article/MED/2402214](http://europepmc.org/article/MED/2402214)

ZAHRADNÍK, PH.D, Mgr. David a doc. PaedDr. Pavel KORVAS, CSC. *Základy sportovního tréninku* [online]. Brno: Masarykova univerzita, Brno, 2012 [cit. 2019-11-06]. ISBN 978-80-210-5890-3. Dostupné z: [www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-5/04.html](http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-5/04.html)

Zátěžová diagnostika ve vytrvalostním sportu - Anaerobní práh [online]. Ostrava, 2002 [cit. 2019-11-06]. Dostupné z: [www.pazicky.cz/anaerobni.html](http://www.pazicky.cz/anaerobni.html)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Struktura inosinu - vytvořeno v programu MarvinSketch .....	9
Obrázek 2 Syntéza inosinu, vytvořeno v programu BioVia Draw 2019 .....	12
Obrázek 3 Struktura CP, vytvořeno v programu ChemSketch .....	19
Obrázek 4 Struktura ATP, vytvořeno v programu ChemSketch.....	19
Obrázek 5 Energetické krytí v průběhu zátěže [online]. In: . [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <a href="http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html">www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html</a> .....	21
Obrázek 6 Ruční dynamometr, foto:autor .....	23
Obrázek 7 Kontinuální test na 60 % MVC, foto: autor.....	23
Obrázek 8 Tobolka inosinu, foto: autor.....	24
Obrázek 9 Tobolka placebo, foto: autor .....	24

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Energetické krytí v průběhu zátěže [online]. In: . [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: [www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html](http://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html) ..... **Chyba! Záložka není definována.**

Graf 2 - Statistický pokles času.....	27
Graf 3 - Statistický pokles vykonané práce.....	29
Graf 4 - Chromatogram separace inosinu .....	32
Graf 5 - Fragmentační spektrum inosinu.....	33

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 - Čas testu (s).....	25
Tabulka 2 - Poklesy časů, rozdíly časů, procentuální vyjádření rozdílu.....	26
Tabulka 3 - Vykonaná práce - absolutní hodnoty (kg*s) .....	28
Tabulka 4 - Průměrné a sumární hodnoty vykonané práce .....	28



## 8 PŘÍLOHY

### 8.1 Jiné studie zabývající se inosinem

V 70. letech 20.století se věřilo, že inosin opravdu pozitivně ovlivňuje sportovní výkon. V 90. letech bylo provedeno několik studií zaměřujících se na tuto problematiku.<sup>56</sup>

V první studii provedené roku 1996 v USA na Ball State University, Muncie bylo testován vliv inosinu na cyklistech. Experimentu se zúčastnilo 10 trénovaných cyklistů z univerzitního cyklistického týmu, kterým byl podáno 5 g inosinu či placebo po dobu 5 dnů. Test se skládal z 30s Wingate testu, který je anaerobního charakteru, po 30 minách odpočinku následovala 30 minutová jízda na kole vlastním tempem, která simulovala čas závodu, 24 h po dokončení tohoto testu následoval supramaximální test se zátěží odpovídající 125 % jejich VO<sub>2</sub> max. Všechny tyto testy byly provedeny na cyklistickém ergometru. Nebyl zjištěn vliv na koncentraci hemoglobinu, laktátu, ani 2,3 – DPG. Prokázán nebyl ani vliv na maximální výkon, úroveň únavy či vykonanou práci. Výraznější změny byly zaznamenány pouze během posledního testu, kdy se únava u skupiny s inosinem projevila dříve než u skupiny s placebem. Koncentrace laktátu u obou skupin však byla stejná. Také byla zjištěna větší koncentrace kyseliny močové po suplementaci inosinem. Závěr této studie tedy je, že inosin nijak neovlivňuje aerobní ani anaerobní výkon cyklistů, pouze zkracuje čas do vyčerpání při testu nad hranicí maxima. Při dlouhodobé suplementaci inosinem hrozí zvýšená koncentrace kyseliny močové a zvýšené riziko onemocnění dnou. Na základě tohoto výzkumu nelze inosin pro sportovce doporučit.<sup>57</sup>

Druhá studie se zaměřila na běžce a byla provedena v roce 1990 na Ústavu zdraví v Norfolku. Účastnilo se ji 9 výkonnostních trénovaných běžců, kterým byly podávány 2 g inosinu nebo placebo po dobu dvou dnů. Opět byly provedeny tři testy, tentokrát na běžeckém páse. Jednalo se o submaximální zahřívací běh, 3 km běh závodním tempem a běh do maximálního vyčerpání. Během testů byla měřena hodnota VO<sub>2</sub> max, maximální ventilace a hodnocení vnímané námahy. Z odebraných vzorků krve pak byla zjišťována koncentrace glukózy, pyruvátu, fosforu, 2,3 – DPG, kyseliny močové a laktátu. Analýzy dat neodhalily žádný významný účinek u těchto parametrů. Ovlivněn byl pouze čas běhu do vyčerpání, který byl

---

<sup>56</sup> SCHINETSKY, Robert. *A Review of Inosine Supplements on Exercise Performance* [online]. [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.tigerfitness.com/blogs/supplements/a-review-of-inosine-supplements-on-exercise-performance>

<sup>57</sup> COSTILL, PH.D., David L. a et. all. *Effect of inosine supplementation on aerobic and anaerobic cycling performance* [online]. 1996 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1996/09000/Effect\\_of\\_inosine\\_supplementation\\_on\\_aerobic\\_and.17.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1996/09000/Effect_of_inosine_supplementation_on_aerobic_and.17.aspx)

s inosinem kratší než s placebem. Závěr této studie říká, že inosin nemá vliv na aerobní výkon běžců<sup>58</sup>

Třetí studie se zaměřila čistě na vliv na aerobní a anaerobní výkon. Byla provedena v roce 1999 na univerzitě v Kingstonu. Skupině 7 dobrovolníků byl inosin podán v období 5-10 dnů v dávce 10 g za den. Byly provedeny 3 testy – 5x 6 s sprint, 30 s sprint a 20 minutový vytrvalostní běh. Všechny testy byly provedeny 3x. Suplementace v tomto případě byla prováděna náhodným způsobem. Testové relace byly prováděny 1., 6. a 11. den. Krev byla zkoumána na koncentraci 2,3 – DPG a kyseliny močové. Koncentrace 2,3 – DPG nebyla ovlivněna a koncentrace kyseliny močové byla opět zvýšená. Závěr byl, že inosin nemá vliv na výkon, ale pouze zvyšuje koncentraci kyseliny močové v krvi a při dlouhodobém užívání může způsobit zdravotní problémy.<sup>59</sup>

---

<sup>58</sup> WILLIAMS et. al. *Effect of inosine supplementation on 3-mile treadmill run performance and VO2 peak*. [online]. 1990 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: [europepmc.org/article/MED/2402214](https://europepmc.org/article/MED/2402214)

<sup>59</sup> MC NAUGHTON et. All. *Inosine Supplementation Has No Effect on Aerobic or Anaerobic Cycling Performance* [online]. 1999 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsnem/9/4/article-p333.xml?tab=contentSummary>