



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Pedagogická fakulta

Katedra tělesné výchovy a sportu

Bakalářská práce

# **Vliv suplementace beta-alaninu na aerobní zatížení u adolescentních atletů**

Vypracoval: Petr Bahenský

Vedoucí práce: Mgr. David Marko

České Budějovice, 2024



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**University of South Bohemia in České Budějovice**

Faculty of Education

Department of Sports Studies

Bachelor thesis

**The effect of beta-alanine  
supplementation on aerobic exercise in  
adolescent athletes**

Author: Petr Bahenský

Supervisor: Mgr. David Marko

České Budějovice, 2024

## **Bibliografická identifikace**

**Název bakalářské práce:** Vliv suplementace beta-alaninu na aerobní zatížení u adolescentních atletů

**Jméno a příjmení autora:** Petr Bahenský

**Studijní obor:** B0114A300110

**Pracoviště:** Katedra tělesné výchovy a sportu PF JU

**Vedoucí bakalářské práce:** Mgr. David Marko

**Rok obhajoby bakalářské práce:** 2024

### **Abstrakt:**

Suplementace je obecně v této době stále více populární, tudíž bylo cílem naší bakalářské práce detailněji prozkoumat vliv suplementace beta-alaninu na aerobní zatížení u adolescentních atletů. Zaměřili jsme se na to, jakým způsobem beta-alanin ovlivňuje výkonnost a vytrvalost mladých sportovců během fyzické aktivity. Celkem se do studie zapojilo 20 mladých atletů, z nichž bylo 8 chlapců a 12 dívek. Ti absolvovali dva stupňované zátěžové testy v časovém rozmezí čtyř týdnů. Atleti byli náhodně rozděleni do dvou skupin: experimentální, která suplementovala beta-alanin, a kontrolní, která užívala placebo. Výsledky ukázaly, že po čtyřtýdenní suplementaci beta-alaninem došlo k významnému zlepšení celkového času do vyčerpání. Konkrétně byl zaznamenán nárůst o 7,4 %. Rychlost běhu při druhém ventilačním prahu se zvýšila o 5,7 %. Důležitým aspektem byla také hodnota laktátu v krvi, která se tři minuty po ukončení testu zvýšila o 8,8 %. Tento nárůst laktátu naznačuje, že díky suplementaci beta-alaninu se dostali do většího vyčerpání, což mělo za následek zvýšenou produkci laktátu. Dalším zjištěním bylo, že parametry jako je  $VO_{2max}$ , maximální srdeční frekvence a finální poměr respirační výměny, se významně nezměnily. To ukazuje na specifickou účinnost beta-alaninu při aerobní zátěži u adolescentních atletů. Závěrem lze říct, že výsledky této bakalářské práce naznačují pozitivní vliv suplementace beta-alaninem na aerobní zatížení u mladých sportovců. Tento doplněk stravy může být užitečným nástrojem pro zlepšení vytrvalostního výkonu a dosažení lepších sportovních výsledků v této specifické skupině.

**Klíčová slova:** spiroergometrie,  $VO_2$ , laktát, srdeční frekvence, běžci, čas do vyčerpání

## **Bibliographical identification**

**Title of the bachelor thesis:** The effect of beta-alanine supplementation on aerobic exercise in adolescent athletes

**Author's first name and surname:** Petr Bahenský

**Field of study:** B0114A300110

**Department:** Department of Sports studies

**Supervisor:** Mgr. David Marko

**The year of presentation:** 2024

### **Abstract:**

Supplementation is generally increasingly popular at this time, so the aim of our bachelor thesis was to explore in more detail the effect of beta-alanine supplementation on aerobic load in adolescent athletes. We looked at how beta-alanine affects the performance and endurance of young athletes during physical activity. In total, 20 young athletes participated in the study, of whom 8 were boys and 12 were girls. They underwent two staged exercise tests over a four-week period. The athletes were randomly divided into two groups: the experimental group that supplemented beta-alanine and the control group that took placebo. The results showed that after four weeks of beta-alanine supplementation, there was a significant improvement in the overall time to exhaustion. Specifically, an increase of 7.4% was observed. The running rate at the second ventilation threshold increased by 5.7%. An important aspect was also the blood lactate value, which increased by 8.8% three minutes after the end of the test. This increase in lactate suggests that beta-alanine supplementation resulted in greater exhaustion, resulting in increased lactate production. Next finding was that other parameters such as  $VO_{2max}$ , maximum heart rate and final respiratory exchange rate did not change significantly. This indicates the specificity of the effects of beta-alanine under aerobic load in adolescent athletes. In conclusion, the results of this bachelor's thesis suggest a positive effect of beta-alanine supplementation on aerobic load in young athletes. This dietary supplement can be a useful tool for improving endurance performance and achieving better sports results in this specific group.

**Keywords:** spiroergometry,  $VO_2$ , lactate, heart rate, runners, time to exhaustion

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem autorem této bakalářské práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Datum .....

.....

Podpis studenta

### **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Mgr. Davidu Markovi za cenné rady, poskytnutí materiálů a informací. Dále děkuji atletům z atletického oddílu T. J. Sokol České Budějovice, kteří byli ochotni podstoupit dvě testování v laboratoři funkční zátěžové diagnostiky a brát čtyři týdny suplementy.

## Obsah

1 Úvod.....	6
2 Teoretická východiska.....	7
2.1 Sportovní výkon.....	7
2.2 Funkční zátěžová diagnostika ve sportu.....	9
2.3 Energetické způsoby krytí při zátěži.....	11
2.3.1 Anaerobní alaktátový systém.....	11
2.3.2 Anaerobní laktátový systém.....	13
2.3.3 Aerobní systém.....	13
2.4 Charakteristika aerobní zátěže.....	15
2.5 Acidobazická rovnováha.....	17
2.6 Suplementace ve sportu.....	17
2.6.1 Význam suplementace ve sportu.....	22
2.6.2 Faktory při výběru a používání suplementů.....	22
2.7 Beta-alanin.....	23
2.7.1 Charakteristika beta-alaninu.....	23
2.6.2 Význam beta-alaninu ve sportu.....	25
2.8 Adolescentní věk.....	26
2.7.1 Specifika zátěže u adolescentů.....	27
2.8.2 Specifika suplementace u adolescentů.....	28
3 Cíl, úkoly a hypotézy.....	30
3.1 Cíl práce.....	30
3.2 Úkoly práce.....	30
3.3 Hypotézy.....	30
4 Metodika.....	31
4.1 Charakteristika souboru.....	31
4.2 Design experimentu.....	31
4.3 Statistické zpracování.....	40
5 Výsledky.....	41
5.1 Čas do vyčerpání.....	42
5.2 $VO_{2max}$ .....	42
5.3 Maximální srdeční frekvence.....	44
5.4 Laktát.....	45
5.5 RER final.....	46
5.6 První ventilační práh.....	47
5.6.1 $VO_2$ při VT1.....	47
5.6.2 RER při VT1.....	49
5.6.3 v při VT1.....	50
5.7 Druhý ventilační práh.....	51
5.7.1 $VO_2$ při VT2.....	51
5.7.2 RER při VT2.....	53
5.7.3 v při VT2.....	54
6 Diskuse.....	55
7 Závěr.....	59
Referenční seznam literatury.....	60
Internetové zdroje.....	63
Seznam zkratk.....	64
Přílohy.....	65

# 1 Úvod

Aerobní zatížení je klíčovým aspektem ve výkonnostním sportu a zohledňuje se nejen při vytrvalostních disciplínách, ale i při sportech vyžadujících dlouhodobou fyzickou výdrž. Adolescentní období, charakterizované rychlým růstem a vývojem, klade na sportovce zvláštní nároky v oblasti fyziologických přizpůsobení a zotavovacích procesů. Optimalizace výkonu a regenerace je zásadní pro dosažení nejlepších výsledků u mladých sportovců. V současné době se vědecký výzkum zaměřuje na možnosti využití suplementace beta-alaninu k podpoře aerobního výkonu u adolescentních atletů.

Beta-alanin je neesenciální aminokyselinou, která má klíčový vliv na tvorbu karnosinu, důležité látky, která pomáhá regulovat acidobazickou rovnováhu ve svalové tkáni. Zvýšená hladina karnosinu může vést ke zlepšenému odvádění kyslíku, což může posílit vytrvalostní výkon a snížit únavu při dlouhodobých aerobních aktivitách. Vzhledem k tomu, že adolescentní období je charakterizováno mimořádnou citlivostí na vliv živin a fyziologických procesů, zdá se, že suplementace beta-alaninu může být pro tuto populaci obzvláště relevantní.

Tato práce si klade za cíl provedení komplexní analýzy současného stavu poznatků o vlivu suplementace beta-alaninu na aerobní zatížení u adolescentních sportovců. Pro dosažení tohoto cíle bude zkoumat široké spektrum dostupných studií a literatury věnujících se tomuto tématu. Důraz bude kladen nejen na výsledky těchto studií, ale také na jejich metodologii a použité přístupy, aby bylo možné poskytnout komplexní pohled na danou problematiku. Výsledky této práce mohou mít významné důsledky pro trenéry, lékaře a výživové poradce pracující s adolescentními atlety. Poskytnou jim důležité informace a podklady pro rozhodování o vhodnosti a efektivitě suplementace beta-alaninu v kontextu aerobního tréninku. Dále mohou přispět k dalšímu výzkumu v oblasti sportovní výživy a fyziologie u adolescentní populace, což je důležité pro optimalizaci sportovních výkonů a zdraví mladých jedinců.

Tento výzkum představuje důležitý krok k lepšímu pochopení vlivu suplementace beta-alaninu na aerobní zatížení u adolescentních atletů a může poskytnout směrnice pro další vývoj strategií v oblasti sportovní výživy a fyziologie pro tuto specifickou populaci. Přínosy této práce mohou být značné, nejenom pro sportovní praxi, ale i pro oblast vědeckého výzkumu a vzdělávání v oblasti sportovních věd.



## 2 Teoretická východiska

### 2.1 Sportovní výkon

Sportovní výkon je často vnímán jako kombinace samotného průběhu a výsledku pohybového nebo sportovního úkonu. Schopnost opakovaně podávat sportovní výkony nebo opakovat pohybové úkony je pak definována jako sportovní výkonnost. Hodnocení sportovního výkonu může být zaměřeno buď na samotný průběh pohybu, například v případě gymnastiky nebo krasobruslení, nebo na výsledek daného pohybu, jako je výkon ve skoku dalekém, úspěšnost střelby v kopané nebo podání v tenise. Někdy je však klíčové sledovat a hodnotit jak samotný průběh, tak výsledek pohybu, což může být příkladem například skoků na lyžích (Zháněl, 2003).

Kondiční trénink, jako neodmyslitelná součást sportovního tréninku, hraje klíčovou roli v optimálním rozvoji fyzických schopností sportovců a jejich přípravě na podávání výkonů v různých sportech. Vzhledem k rozmanitosti faktorů ovlivňujících sportovní výkon je důležité porozumět různým aspektům kondice a využívat je v tréninkovém procesu. Kondiční příprava zahrnuje široké spektrum cvičení, která jsou zaměřena na rozvoj svalové síly, rychlosti, vytrvalosti a flexibility, což jsou klíčové faktory ovlivňující sportovní výkony (Dovalil et al., 2012).

Rozlišení mezi nesespecifickým a specifickým kondičním tréninkem umožňuje efektivní plánování a realizaci tréninkového procesu. Nesespecifický trénink se zaměřuje na obecný rozvoj fyzických schopností, zatímco specifický trénink je přizpůsoben specifickým požadavkům daného sportu. Metody kondičního tréninku jsou navrženy tak, aby efektivně ovlivňovaly aerobní i anaerobní kondici sportovců. Rozmanitost metod umožňuje trenérům přizpůsobit trénink individuálním potřebám a cílům sportovců. Metody nepřerušovaného zatížení, jako je souvislá a střídavá metoda, jsou vhodné pro rozvoj aerobní kondice a vytrvalosti. Naopak metody přerušovaného zatížení, jako je opakovaná a intervalová metoda, jsou efektivní pro rozvoj anaerobní kondice a rychlostní vytrvalosti. Správná volba metod a individuální přizpůsobení tréninku jsou klíčové pro dosažení optimálních výsledků. Kondiční trénink není pouze prostředkem k dosažení sportovních výkonů, ale také slouží k prevenci zranění a udržení celkového zdraví sportovců. Trenéři musí pečlivě plánovat tréninkové procesy a zohledňovat individuální charakteristiky každého sportovce. Komplexní pochopení různých aspektů

kondice a vhodné využití tréninkových metod jsou klíčové pro úspěch v sportu (Dovalil et al., 2012).

Faktor je podle Dovalila et al. (2012) aspekt, který má vliv na výkon v rámci sportovní činnosti. Faktory můžeme rozdělit do několika kategorií:

- **Faktory somatické** - tyto faktory souvisejí s tělesnými charakteristikami jedince a jsou spojeny s daným sportovním výkonem. Sem patří výška, hmotnost, délkové rozměry těla, složení těla a tělesný typ.
- **Faktory kondiční** - tato skupina zahrnuje soubor pohybových schopností, jako jsou síla, rychlost a vytrvalost. Tyto schopnosti mají vliv na sportovní výkon a mohou být rozvíjeny a zkoumány v rámci tréninku.
- **Faktory techniky** - jedná se o specifické dovednosti a technické prvky, které jsou nezbytné pro daný sportovní výkon. Patří sem například biomechanické principy pohybu a koordinace.
- **Faktory taktiky** - tato kategorie zahrnuje schopnost sportovce kreativně řešit pohybové úkoly a situace. Jedná se o schopnost strategického a taktického jednání v rámci daného sportovního prostředí.
- **Faktory psychické** - tyto faktory zahrnují procesy spojené s poznáváním, emocemi, vůlí a motivací, které ovlivňují řízení a regulaci chování sportovce. Jsou odvozeny z osobnosti jedince a mohou mít vliv na jeho sportovní výkon.

Sportovní výkony klasifikuje na:

Rychlostně – silové sportovní výkony.

technicko – estetické sportovní výkony,

vytrvalostní sportovní výkony,

úpolové kolektivní sportovní výkony,

úpolové individuální sportovní výkony,

sportovní výkony spojené s ovládáním stroje, náčiní,

senzomotorické sportovní výkony.

## 2.2 Funkční zátěžová diagnostika ve sportu

Funkční zátěžová diagnostika představuje klíčový nástroj pro posouzení fyzické zdatnosti a výkonnosti jednotlivců v různých oblastech, včetně sportu, rehabilitace, a klinické praxe. Tento diagnostický přístup se zaměřuje na systematické hodnocení fyziologických a biomechanických parametrů během fyzické aktivity s cílem poskytnout důležité informace pro optimalizaci tréninkových programů, prevenci zranění a zlepšení výkonnosti (Havlíčková, 2004).

Dle Hellera (1996) se v kontextu různých sportovních disciplín přináší funkční zátěžová diagnostika mnohostranný přístup k posouzení výkonnosti. Rychlostně-silové sportovní výkony, jako je například rychlostní běh, jsou hodnoceny z hlediska maximálních silových a rychlostních parametrů s cílem optimalizovat tréninkové strategie pro zlepšení explozivní síly a rychlosti reakce. Technicko-estetické sportovní výkony, jako je gymnastika nebo krasobruslení, jsou analyzovány z hlediska precizních pohybů, rovnováhy a estetiky, což umožňuje identifikaci oblastí potřebujících zlepšení a jemného doladění techniky. Vytrvalostní sportovní výkony, jako je dlouhodobý běh nebo cyklistika, jsou sledovány prostřednictvím měření kardiopulsačních parametrů a energetické efektivity, což umožňuje vytvoření efektivních tréninkových programů pro zlepšení vytrvalosti a vytrvalostního výkonu. Úpolové kolektivní sportovní výkony, například fotbal či basketbal, jsou hodnoceny z hlediska taktických rozhodnutí, komunikace a spolupráce mezi hráči, což přispívá k lepšímu porozumění týmové dynamiky a strategiím pro zlepšení výkonu týmu jako celku. Úpolové individuální sportovní výkony, jako je judo nebo tenis, jsou analyzovány prostřednictvím sledování individuálních technik, reakcí a taktických rozhodnutí, což umožňuje identifikaci silných stránek a oblastí potřebujících zlepšení u jednotlivých sportovců. Sportovní výkony spojené s ovládním stroje či náčiní, jako je například automobilový závod nebo lukostřelba, jsou hodnoceny z hlediska precizního ovládní stroje a technických dovedností, což přispívá k optimalizaci techniky a dosažení maximálního výkonu. Senzomotorické sportovní výkony, například v uměleckých sportech jako je taneční sport nebo artistická gymnastika, jsou analyzovány z hlediska koordinace pohybů, rovnováhy a prostorové orientace, což umožňuje identifikaci oblastí potřebujících jemného doladění a zdokonalení senzomotorických schopností sportovců.

Jedním z klíčových prvků funkční zátěžové diagnostiky je provádění zátěžových testů, které umožňují sledovat reakce organismu na specifické fyzické podněty. Tyto testy mohou zahrnovat běžecké testy na pásu, cykloergometrické testy, funkční posílení nebo cvičení na zlepšení flexibility. Během testování se monitorují různé parametry, jako je srdeční frekvence, krevní tlak, spotřeba kyslíku, laktátová prahová hodnota, kinematické a kinetické parametry pohybu a další. Výsledky funkční zátěžové diagnostiky poskytují důležité informace o aktuálním stavu fyzické kondice jednotlivce, jeho schopnosti přizpůsobit se zátěži a efektivitě jeho tréninkového programu. Tyto informace mohou být využity k individuálnímu plánování tréninku a rehabilitace, identifikaci slabých míst a potenciálních rizikových faktorů, a k monitorování dlouhodobého pokroku výkonnosti (Havlíčková, 2004).

V zátěžové funkční diagnostice ve sportu je klíčové posuzování zdatnosti a výkonnosti sportovců. Zdatnost lze definovat jako schopnost organismu vykonávat fyzickou aktivitu za současného odolávání okolním vlivům. Podle Beunena (2009) je zdatnost součástí obecné zdatnosti a zahrnuje schopnost plnit určité úkoly spojené s pohybovým výkonem bez výrazné únavy. Výkonnost je potom charakterizována jako schopnost dosahovat objektivně měřitelných výkonů v určité pohybové oblasti nebo sportovní disciplíně. Rozdíl mezi zdatností a výkonností spočívá v jejich užší a méně obecné definici. Termín "sportovní výkonost" pak odkazuje k schopnosti dosahovat určitých výkonů nebo opakovaně udržovat stabilní úroveň výkonu (Heller, 2018).

V zátěžové diagnostice se uplatňuje celá řada postupů a metod, přičemž hlavní pozornost je věnována laboratorním zátěžovým testům. Mezi nejčastěji používané testy patří test  $VO_{2max}$ , který slouží k určení maximální spotřeby kyslíku. Tento test lze provádět na různých typech ergometrů, jako jsou běžecký pás, cyklistický ergometr nebo ergometr horních končetin. Hodnotu  $VO_{2max}$  lze stanovit i nepřímou pomocí variant step testů nebo testu W170. Mimo laboratorní podmínky lze k nepřímému stanovení  $VO_{2max}$  využít testy jako je Cooperův 12minutový test, Balkeho 15minutový test nebo test chůze na 2 km (Heller, 2018).

Výběr vhodného zátěžového testu závisí na cíli testování, a je třeba brát v úvahu potřebu přesnosti a spolehlivosti výsledků, stejně jako individuální charakteristiky testované populace. Pokud má test sloužit k řízení tréninkového procesu, je vhodné použít přesný standardizovaný test, který poskytuje objektivní a opakovatelné výsledky.

Takový test umožňuje systematicky monitorovat pokrok jednotlivců v tréninku a optimalizovat jejich programy podle jejich specifických potřeb a cílů. Důležité je také zohlednit faktory jako je úroveň fitness, věk, zdravotní stav a sportovní disciplína, pro kterou je tréninkový program navržen. Například pro profesionální sportovce může být vhodný jiný typ zátěžového testu než pro rekreační sportovce či jedince začínající s tréninkem. Kromě toho je důležité, aby test byl proveden pod dohledem kvalifikovaného odborníka, který zajistí správné provedení testu a interpretaci výsledků. To pomáhá minimalizovat možné chyby a zajistit maximální přesnost a spolehlivost dat, která slouží jako základ pro další rozhodnutí v tréninkovém procesu (Heller, 2018).

Pro orientační zjištění úrovně fyzické zdatnosti větší skupiny jedinců lze použít metody, které určují spotřebu kyslíku nepřímo, avšak tyto výsledky nelze použít pro komplexní výzkumné analýzy. Metody nepřímého měření spotřeby kyslíku, jako je například odhad maximální spotřeby kyslíku pomocí běžeckého testu na 12 minut, mohou poskytnout rychlý a relativně jednoduchý odhad úrovně fyzické zdatnosti ve srovnání s přímým měřením pomocí plynové analýzy dýchacího plynu. Nicméně, přesnost těchto odhadů může být ovlivněna individuálními faktory, jako je motivace testované osoby nebo její schopnost udržet konstantní intenzitu během testu. Ve standardizovaných zátěžových testech se převážně uplatňuje testování s využitím velkých svalových skupin, jako je například běh na pásu nebo jízda na bicyklu s různou intenzitou zátěže. Tyto testy poskytují měření výkonnosti svalů a kardiovaskulárního systému, což umožňuje odhadnout celkovou úroveň fyzické kondice jedince. Je důležité, aby tyto testy nekladly přílišné nároky na techniku pohybu a pohybové dovednosti, zejména pokud jsou prováděny ve větší skupině jedinců s různými úrovněmi pohybového zázemí. To zajišťuje, že výsledky testů budou co nejvíce odrážet skutečnou úroveň fyzické zdatnosti a minimalizují možné zkreslení v důsledku nedostatečné technické dovednosti nebo neznalosti správného provedení cvičení (Heller, 2018).

## **2.3 Energetické způsoby krytí při zátěži**

### **2.3.1 Anaerobní alaktátový systém**

Anaerobní alaktátový systém nebo také ATP-CP systém je založen na získávání anaerobní (bezkyslíkové) energie, a to především z fosfátů při maximálním silovém výkonu. Základem je rozpad adenosintrifosfátu (ATP), který je uložený ve svalech, na jednodušší adenosindifosfát (ADP) a kreatinfosfát (CP). V tomto procesu se díky

nepřítomnosti kyslíku neprodukuje kyselina mléčná (laktát) ve svalech. Kreatinfosfát (CP) má za funkci především regeneraci a rychlé obnovení ATP, často označováno jako resyntéza. Pokud maximální zátěž trvá moc dlouho, CP nestíhá dostatečně regenerovat a jeho energetická produkce rychle klesá. Kreatinfosfát se dokáže opětovně během několika minut po skončení zátěže rychle obnovit (Měkota, 2005).

Anaerobní alaktátový systém, často označovaný jako ATP-CP systém, představuje důležitý mechanismus poskytující rychlou a krátkodobou energetickou podporu pro intenzivní fyzickou aktivitu, zejména při maximálních silových výkonech a krátkých explozivních pohybech. Tento systém je založen na rozkladu adenosintrifosfátu (ATP) a kreatinfosfátu (CP), které jsou uloženy ve svalových vláknech a slouží jako zásobárny energie pro svalovou kontrakci. Během vysoké intenzity cvičení dochází k rychlému rozkladu ATP na adenosindifosfát (ADP) a fosfát, čímž se uvolňuje energie potřebná pro svalovou činnost (Měkota, 2005).

Autor Měkota (2005) zdůrazňuje, že kreatinfosfát (CP) má zásadní roli v regeneraci ATP. Kreatinfosfát poskytuje rychlý zdroj fosfátových skupin, které jsou nezbytné pro resyntézu ATP. Tento proces resyntézy ATP umožňuje rychlou obnovu energetických zásob počátečního rozkladu ATP během krátkodobých explozivních aktivit. Je charakteristické, že anaerobní alaktátový systém funguje bez tvorby kyseliny mléčné (laktátu) jako vedlejšího produktu. To znamená, že tento systém je schopen poskytovat okamžitou energetickou podporu bez přítomnosti kyslíku, což je klíčové zejména při krátkodobých aktivitách vyžadujících rychlou a intenzivní svalovou kontrakci.

Význam anaerobního alaktátového systému spočívá v jeho schopnosti poskytovat rychlou a krátkodobou energetickou podporu pro silové výkony a rychlé pohyby, jako jsou maximální zvedání či sprinty. Tento systém je využíván při krátkých výkonech trvajících několik sekund až několik málo minut, kdy je potřeba okamžitě dostupná energie pro vysokou intenzitu a rychlost pohybu. Porozumění fungování anaerobního alaktátového systému je klíčové pro efektivní trénink a optimalizaci výkonu ve sportech, které vyžadují krátkodobé explozivní úsilí. Zahrnutí specifických tréninkových strategií zaměřených na tento systém může pomoci sportovcům maximalizovat svůj výkon v krátkodobých disciplínách a zlepšit výsledky (Měkota, 2005).

### **2.3.2 Anaerobní laktátový systém**

Tento systém je primárně využíván při submaximálních zátěžích trvajících desítky sekund až několik málo minut, při kterých je získávána energie bez dostatečného množství kyslíku, především prostřednictvím anaerobní glykolýzy. Tento proces je spojen s vysokou produkcí kyseliny mléčné a její soli – laktátu. Rychlost produkce ATP v této laktátové zóně je přibližně dvakrát pomalejší než v alaktátové zóně a na pohybu se převážně podílí rychlá oxidativní glykolytická svalová vlákna typu IIa (Bartůňková et al., 2013). Svalová únava v této oblasti nastává rychle a schopnost pracovat v ní je do značné míry ovlivněna tréninkem, ale je také velmi subjektivní (Havlíčková et al., 1999). V anaerobní glykolýze se dvě molekuly glukózy mění na dva molekuly pyruvátu a dva NADH, přičemž čistým ziskem jsou dva ATP. Pyruvát je poté buď dále přeměňován na laktát pro rychlejší anaerobní glykolýzu, nebo pro pomalejší aerobní glykolýzu vstupuje do Krebsova cyklu v mitochondriích (Bernaciková, 2012).

#### **Laktát**

Laktát je solí kyseliny mléčné, která se vytváří při rozkladu glukózy a glykogenu v těle. Tento proces se především odehrává v rychlých svalových vláknech a za nedostatku kyslíku také v pomalých vláknech. Největší množství laktátu se produkuje při zátěži, která primárně využívá anaerobní glykolýzu pro energii. Při zvýšené produkci laktátu dochází k metabolické acidóze a porušení rovnováhy vnitřního prostředí těla (pH 7,36 - 7,4) (Bartůňková et al., 2013).

### **2.3.3 Aerobní systém**

Tento mechanismus využívá sacharidů (glykogenu, glukózy) a lipidů jako zdroje energie za přítomnosti dostatečného množství kyslíku. Nejvíce práce vykonávají pomalá oxidativní svalová vlákna typu I (Bartůňková et al., 2013). Tento systém je sice nejpomalejší, ale zároveň nejefektivnější, protože dokáže z glukózy vyprodukovat 38 molekul ATP a z mastných kyselin dokonce 130 molekul ATP. Jeho kapacitu omezuje hlavně rychlost získávání fosfátů (Havlíčková et al., 1999).

Aerobní systém je zásadní součástí energetického metabolismu ve sportu, zejména při aktivitách vyžadujících trvalé úsilí po delší dobu. Poskytuje energii potřebnou pro vytrvalostní aktivity jako dlouhý běh, cyklistiku a plavání, kde tělo potřebuje stabilní dodávku energie pro udržení výkonu po prodlouženou dobu (Mujika

& Padilla, 2000). Během aerobního metabolismu jsou sacharidy a tuky oxidovány za přítomnosti kyslíku k produkci adenosintrifosfátu (ATP), hlavního energetického měrného jednotky buněk. Oxidace glukózy, získané z glykogenových zásob ve svalech a játrech, nebo mastných kyselin z tukové tkáně, poskytuje vysoké množství ATP, což z ní činí účinný zdroj energie pro prodlouženou fyzickou aktivitu (Hawley et al., 2018).

Proces aerobního metabolismu převažuje v mitochondriích svalových buněk, kde se kyslík využívá k rozkladu glukózy nebo mastných kyselin prostřednictvím série biochemických reakcí, včetně cyklu krebsova a elektronového transportního řetězce. Tento proces generuje velké množství ATP, umožňující svalům udržovat aktivitu po prodlouženou dobu bez únavy (Bassett & Howley, 2000). Přizpůsobení tréninku v aerobním systému vede ke zlepšení vytrvalostního výkonu prostřednictvím různých mechanismů, včetně zvýšené hustoty mitochondrií, zlepšení aktivity oxidačních enzymů a zlepšení kardiovaskulární funkce. Vytrvalostní trénink stimuluje růst nových mitochondrií uvnitř svalových buněk, což zvyšuje kapacitu pro aerobní produkci energie (Holloszy & Coyle, 1984).

Kromě toho vytrvalostní trénink podporuje zvýšení oxidačních enzymů, jako jsou citrát syntáza a sukcinátdehydrogenáza, které hrají klíčovou roli v cyklu krebsa a elektronovém transportním řetězci, dále zlepšují efektivitu aerobního metabolismu (Hoppeler & Flück, 2003). Kardiovaskulární adaptace na aerobní trénink zahrnují zvýšení objemu srdečního výdeje, srdečního výstřelu a hustoty kapilár v kosterním svalu, usnadňující dodávku kyslíku do pracujících svalů a zvyšující aerobní kapacitu (Levine, 2008).

Optimalizace využívání tuku jako zdroje paliva během cvičení je klíčovou strategií pro zlepšení vytrvalostního výkonu. Vytrvalostní sportovci často používají tréninkové techniky, jako je dlouhý, pomalý trénink a cvičení s vysokým objemem a nízkou intenzitou, ke zlepšení oxidace tuku a šetření glykogenových zásob, což umožňuje prodloužení trvání cvičení (Jeukendrup & Wallis, 2005). Výživové strategie také hrají významnou roli při podpoře aerobního metabolismu a zlepšení vytrvalostního výkonu. Konzumace stravy bohaté na sacharidy zajišťuje dostatečné zásoby glykogenu pro prodloužené cvičení, zatímco dostatečná hydratace a vyváženost elektrolytů jsou nezbytné pro udržení tekutin a hladiny elektrolytů během vytrvalostních aktivit (Sawka et al., 2007).



## 2.4 Charakteristika aerobní zátěže

Kosterní svaly ke své práci potřebují energii, která je získávána rozkladem adenosin-trifosfátu (ATP) na adenosin-difosfát (ADP) a fosfát. Závisí na době trvání a intenzitě svalové práce, jak efektivně se ATP obnovuje. Dostatečný nebo nedostatečný přívod kyslíku rozhoduje o metabolickém systému, který řídí obnovu ATP. Pokud je kyslík k dispozici během fyzického zatížení, nazýváme to aerobní metabolismus. V případě nedostatku kyslíku dochází k nadměrné tvorbě laktátu a vstupuje do akce anaerobní metabolismus (Whelton et al., 2002; Havlíčková, 2004).

Během prvních okamžiků sportovního výkonu se energie spotřebovaná tělem hradí z anaerobního metabolismu. Nicméně jakmile se ustálí spotřeba kyslíku, začíná dominovat aerobní metabolismus. Tento typ metabolismu je využíván při delších periodách vytrvalostní fyzické aktivity. Aerobní metabolismus začíná být aktivní již po přibližně 50 sekundách fyzické zátěže a po 10 minutách pravidelné aktivity se plně rozvíjí, což vede k postupnému snížení tvorby laktátu (Havlíčková, 2004). Během aerobního metabolismu dochází za přítomnosti kyslíku k úplnému rozkladu glukózy a glykogenu na vodu a oxid uhličitý, což uvolňuje energii ve formě ATP. V prvních minutách fyzického výkonu jsou hlavně zpracovávány sacharidy, avšak při delším zatížení se kromě nich metabolizují i lipidy. Při extrémně dlouhých aktivitách může aerobní metabolismus zahrnovat také proteiny. Aerobní výkonnost jednotlivce je výrazně ovlivněna dědičností až z 80 %. Hodnota vrcholové spotřeby kyslíku ( $VO_{2peak}$ ) je používána k posouzení úrovně aerobní výkonnosti jedince.  $VO_{2peak}$  představuje maximální množství kyslíku spotřebovaného tělem během zátěžového testu, kdy je dosaženo subjektivního maximálního úsilí testovaného jedince (Heugas, 2007).

## Aerobní práh

Aerobní pásmo je definováno dolní a horní hranicí, které určují optimální rozsah intenzity pohybové aktivity pro efektivní využití kyslíku a energetických zdrojů těla. V literatuře se často setkáváme s uvedením hodnot v rozmezí od 60 do 80 % TFmax, což je maximální tepová frekvence (Havlíčková, 2004).

Pohybová aktivita v aerobním pásmu představuje mírnou až střední intenzitu zatížení, při které tělo úspěšně zvládá využívat kyslík k produkci potřebné energie. To umožňuje trvalé a plynulé dodávání kyslíku do buněk a tkání, což podporuje optimální fungování svalů a orgánů. Nicméně jakmile intenzita zátěže přesáhne 80 % maximální tepové frekvence, tělo dosáhne své kapacity příjmu kyslíku. V této fázi organismus nedokáže dodávat dostatečné množství kyslíku, aby pokryl náročné energetické potřeby, a musí spoléhat na jiné zdroje energie, jako jsou glykogen a tukové rezervy. Překročení hranice 80 % TFmax znamená, že tělo vstupuje do oblasti anaerobního metabolismu, kde nedostatek kyslíku brání úplnému rozkladu glukózy na energii. To vede k tvorbě mléčného kyseliny a rychlejšímu vyčerpání glykogenových zásob. V důsledku toho dochází k rychlejšímu nastupování únavy a omezení schopnosti udržet vyšší úroveň výkonnosti po delší dobu (Havlíčková, 2004).

Aerobní získávání energie je v porovnání s anaerobním získáváním až 19krát efektivnější (Bartůňková et al., 2013). Klidová hladina laktátu se typicky pohybuje v rozmezí od 0,5 do 2,0 mmol-1-1 (Várnay et al., 2020). Okamžik, kdy dochází k přechodu mezi aerobním a anaerobním metabolismem, je označován jako aerobní práh (AEP) nebo 1. laktátový práh. V tomto bodě je pozorován první nárůst hladiny laktátu (LA), který je obvykle stanoven na 2 mmol-1-1 krve. Tato intenzita odpovídá zhruba 40 % maximálního objemu kyslíku ( $VO_{2max}$ ) a 65% maximální tepové frekvence (SFmax) u jedinců bez tréninku. U vytrvalostně trénovaných sportovců může tento bod odpovídat až 70 %  $VO_{2max}$  a 75 % SFmax. Existují i jiné definice AEP, které ho charakterizují jako nárůst laktátu o 0,5 mmol-1-1 nad klidovou hodnotou (Faude, Kindermann, & Meyer, 2009), nebo nárůst o 1 mmol-1-1 nad klidovou hodnotou laktátu, nebo jako minimum ekvivalentu laktátu:  $LA-(VO_{2max} \cdot kg^{-1})$  (Várnay et al., 2020).

Naopak, anaerobní práh (ANP) představuje intenzitu zátěže, kde stále probíhá vyvážený proces tvorby a využití laktátu. Hladina laktátu obvykle dosahuje hranice 4 mmol-1-1 krve. U netrénovaných jedinců se toto obvykle pohybuje mezi 55 a 65 %

$VO_{2max}$  až 85 %  $SF_{max}$ , zatímco u vrcholových vytrvalostních sportovců může přesáhnout 80 %  $VO_{2max}$  a 90 a více %  $SF_{max}$ . Nicméně tyto hodnoty jsou individuální a mohou se lišit, zejména u vytrvalostních sportovců, kde jsou naměřené hodnoty obvykle nižší u obou prahů. Uvedené hodnoty slouží pro zjednodušení a orientační porovnání (McArdle et al., 2016; Bartůňková et al., 2013).

## 2.5 Acidobazická rovnováha

Acidobazická rovnováha je vyváženost mezi kyselými a zásaditými složkami všech tělních tekutin, včetně krve. Je nezbytná pro udržení celkové homeostázy v těle a pro fungování a existenci lidského organismu. Tato rovnováha je kontrolována regulačními a kompenzačními mechanismy (tzv. pufrovací - nárazníkový systém tělních tekutin, díky němuž se tělo vyrovnává s trvalým přísunem kyselých radikálů). V případě, že se v těle nachází nadbytek kyselin nebo nedostatek báze, jedná se o tzv. metabolickou acidózu. V případě kyselin závisí na jejich množství a koncentraci v těle (Byrtusová, 2013). Míra kyselosti prostředí se měří a určuje potenciálem vodíku – pH. Optimální hodnota pH krve je 7,41 s možnou odchylkou  $\pm 0,04$ , toto prostředí je neutrální a lehce zásadité. Pokud se hodnota pH dostane pod 7,36, jedná se o stav překyselení a v případě překročení hodnoty 7,44 o stav alkalózy (Byrtusová, 2013).

Dle Rokyty (2016) je disociace proces, při kterém v roztoku vznikají kladně nabitě ionty  $H^+$  a záporně nabitě ionty  $OH^-$ , což je označováno jako disociace. Voda, která je považována za neutrální roztok, má koncentraci  $H^+$  i  $OH^-$  na úrovni  $10^{-7}$  mol/l. Disociační konstantu získáme součinem koncentrací iontu  $H^+$  a  $OH^-$ . Tato konstanta nám umožňuje definovat kyselost nebo zásaditost roztoku. Pro snazší výpočet se často používá záporný dekadický logaritmus vztahující se k teplotě 25 °C, což označujeme jako pKA pro kyseliny nebo pKB pro zásady. Roztoky s koncentrací  $H^+ > 10^{-7}$  jsou kyselé, zatímco ty s koncentrací  $H^+ < 10^{-7}$  jsou považovány za zásadité.

## 2.6 Suplementace ve sportu

Suplementace ve sportu představuje klíčový prvek, který má za cíl optimalizovat výkonnost sportovců a podpořit jejich tréninkové úsilí. V posledních letech získala suplementace stále větší pozornost jako součást strategií pro zlepšení sportovních výkonů. V oblasti sportovní suplementace existuje široká škála produktů, které nabízejí

různé výhody pro sportovní výkon a zdraví. Mezi nejčastěji používané suplementy ve sportu patří (Kleiner & Robinson, 2010):

- **Bílkoviny:** Bílkoviny jsou základními stavebními kameny svalové tkáně a zastávají klíčovou roli v procesu růstu a regenerace svalů. Pro sportovce, zejména ty, kteří provozují silový trénink nebo vytrvalostní sporty, je správný příjem bílkovin zásadní pro optimalizaci jejich sportovního výkonu a regenerace. Sportovci se často uchylují k používání bílkovin ve formě proteinových prášků nebo potravinových doplňků, aby zajistili dostatečný a rychlý příjem této důležité živiny. Proteinové prášky nabízejí jednoduchou a praktickou možnost získání vysokého obsahu bílkovin bez přebytných kalorií a tuků, což je pro mnohé sportovce výhodné, zejména pokud mají náročný tréninkový režim nebo chtějí urychlit proces regenerace svalů po intenzivní zátěži. Dodatečné užívání bílkovin může pomoci sportovcům dosáhnout jejich denních potřeb této živiny a optimalizovat procesy růstu a opravy svalů. Důležité je však dbát na vyváženost stravy a nezvyšovat příjem bílkovin nad míru doporučovanou odborníky, neboť nadměrný příjem může být zátěží pro játra a ledviny a může mít nežádoucí dlouhodobé dopady na zdraví. Vždy je proto vhodné konzultovat příjem bílkovin s odborníkem na výživu, aby bylo zajištěno optimální zásobení živinami v souladu s individuálními potřebami a cíli sportovce.
- **Kreatin:** Kreatin je organická látka, která se přirozeně nachází v lidském těle, především v svalové tkáni, a hraje klíčovou roli v energetickém metabolismu. Jeho hlavní funkcí je poskytovat energii svalům během krátkodobých a intenzivních aktivit, jako jsou silový trénink nebo krátké explozivní pohyby. Suplementace kreatinem je populární u sportovců, protože může zvýšit hladiny kreatinu v svalových buňkách a tím zlepšit jejich schopnost regenerace ATP, což je základní zdroj energie pro svalovou kontrakci. Tím pádem může suplementace kreatinem pomoci zvýšit výkonnost při silovém tréninku, zvětšit svalovou hmotu a zlepšit celkovou sportovní výkonnost. Kromě toho se ukázalo, že suplementace kreatinem má další potenciální výhody, jako je zlepšení regenerace po tréninku, snížení bolesti svalů a podpora růstu svalové hmoty. Je však důležité si uvědomit, že účinnost kreatinu může být individuální a může se lišit mezi jednotlivými sportovci. Dále je třeba dodržovat doporučené dávkování a dbát na správný

příjem tekutin, aby se minimalizovaly možné nežádoucí účinky, jako je dehydratace. Přestože kreatin je považován za relativně bezpečný suplement, je vždy důležité konzultovat jeho použití s odborníkem na výživu nebo lékařem, zejména pokud máte jakékoliv zdravotní problémy nebo užíváte jiné léky, které by mohly ovlivnit jeho účinky. Použití kreatinu by mělo být součástí celkového strategického přístupu k tréninku a výživě, který je přizpůsoben individuálním potřebám a cílům sportovce.

- **Beta-alanin:** Beta-alanin je aminokyselina, která se přirozeně nachází v těle a hraje důležitou roli v energetickém metabolismu a funkci svalů. Jedním z hlavních účinků beta-alaninu je jeho schopnost podporovat tvorbu karnosinu, dipeptidu, který je obsažen v svalové tkáni. Karnosin je známý svou schopností neutralizovat kyselinu mléčnou a snižovat svalovou acidózu, což je proces spojený se svalovou únavou a bolestí během intenzivního tréninku. Díky tomu může suplementace beta-alaninem přispět k zvýšení vytrvalosti a odolnosti vůči únavě během dlouhotrvajícího cvičení s vysokou intenzitou, jako jsou intervalové tréninky nebo krátkodobé výkony s maximálním úsilím. Tímto způsobem může beta-alanin pomoci sportovcům udržet vyšší úroveň výkonu po delší dobu a maximalizovat své tréninkové úsilí. Důležité je si uvědomit, že účinnost beta-alaninu může být individuální a může se lišit mezi jednotlivými sportovci v závislosti na jejich genetických predispozicích a fyziologických charakteristikách. Výzkumy naznačují, že dlouhodobá suplementace beta-alaninem může vést k zvýšeným hladinám karnosinu v svalové tkáni a tím k lepšímu výkonu při vytrvalostních aktivitách. Přestože beta-alanin je obecně považován za bezpečný suplement, je důležité dodržovat doporučené dávkování a konzultovat jeho použití s odborníkem na výživu nebo lékařem, zejména pokud máte jakékoliv zdravotní problémy nebo užíváte jiné léky, které by mohly ovlivnit jeho účinky. Použití beta-alaninu by mělo být součástí celkového strategického přístupu k tréninku a výživě, který je přizpůsoben individuálním potřebám a cílům sportovce.
- **Kofein:** Kofein, známý stimulant, má široké spektrum účinků na lidský organismus a je oblíbeným prostředkem pro zvýšení bdělosti, snížení únavy a zlepšení mentálního a fyzického výkonu. Tento alkaloid má schopnost

ovlivňovat nervový systém a blokovat receptory pro adenosin, neurotransmitter spojený s pocitem únavy a ospalosti. Tím dochází k navýšení hladin neurotransmitterů, jako je dopamin a noradrenalin, což má za následek zvýšenou bdělost a pozornost. Sportovci často využívají kofein před závody nebo tréninkem jako prostředek k získání dodatečné energie a koncentrace. Jeho stimulační účinky mohou pomoci zvýšit výkonnost a odolnost vůči únavě během intenzivní fyzické aktivity. Kofein může také snižovat vnímání únavy a bolesti, což umožňuje sportovcům trénovat s větší intenzitou a déle bez pocitu vyčerpání. Je však důležité si uvědomit, že účinky kofeinu se mohou lišit mezi jednotlivými jedinci v závislosti na jejich citlivosti na tento stimulant a na množství, které konzumují. Proto je důležité testovat reakce těla na kofein a individuálně upravovat dávky tak, aby byly účinné a zároveň bezpečné. Příliš vysoké dávky kofeinu mohou vést k nežádoucím účinkům, jako jsou nervozita, nespavost, zvýšené tepové frekvence nebo zažívací problémy. Vzhledem k tomu, že kofein je součástí mnoha běžných potravin a nápojů, jako jsou káva, čaj, energetické nápoje a některé druhy čokolády, je důležité sledovat celkový příjem kofeinu a nekombinovat ho s dalšími stimulanty. Konzultace s odborníkem na výživu nebo lékařem může být užitečná při plánování a optimalizaci užívání kofeinu pro podporu sportovního výkonu.

- **Vitamíny a minerály:** Vitamíny a minerály jsou základními živinami nezbytnými pro správné fungování těla a dosažení optimálního výkonu. Tyto mikronutrienty plní důležité role v mnoha biochemických procesech v těle, včetně metabolismu, energetické produkce, imunitního systému, svalové funkce a regenerace. Pro sportovce je zvláště důležité zajistit dostatečný příjem vitamínů a minerálů, protože zvýšená fyzická aktivita a intenzivní trénink mohou vést k vyššímu metabolismu a větším ztrátám těchto živin prostřednictvím potu, moči a metabolismu. Nedostatek vitamínů a minerálů může vést k nedostatečnému zotavení, snížené imunitě, zvýšenému riziku poranění, únava a snížený výkon. Některé vitamíny a minerály jsou zejména důležité pro sportovce. Například vitamín C a zinek jsou klíčové pro imunitní funkci a zotavení z tréninku, zatímco vápník a vitamín D jsou nezbytné pro zdraví kostí a svalů. Železo je důležité pro přenos kyslíku v těle, což je kritické pro sportovce, kteří provozují aerobní

aktivity. Zajištění dostatečného příjmu vitamínů a minerálů může být dosaženo jak prostřednictvím vyvážené a rozmanité stravy, tak případně pomocí doplňků stravy. Je však důležité si uvědomit, že doplňky by měly sloužit jako doplněk k vyvážené stravě a měly by být používány s mírou a pod dohledem odborníka na výživu. Každý sportovec má individuální potřeby a může vyžadovat specifický přístup k doplňování vitamínů a minerálů v souladu s jejich tréninkovými cíli, zdravotním stavem a dietními preferencemi.

- **Omega-3 mastné kyseliny:** Omega-3 mastné kyseliny jsou esenciální tuky, které jsou důležité pro celkové zdraví a správné fungování těla. Zejména jsou známy svou pozitivní rolí ve zdraví srdce a cév, kde pomáhají snižovat hladinu škodlivého cholesterolu, regulují srdeční rytmus a podporují správný krevní tlak. Dále mají omega-3 mastné kyseliny protizánětlivé účinky a mohou pomoci snižovat záněty v těle, což je důležité pro prevenci mnoha chorob a podporu celkového zdraví. Pro sportovce jsou omega-3 mastné kyseliny také důležité pro podporu zdraví a regenerace svalů po intenzivním tréninku. Během fyzické aktivity dochází k mikrotraumatům svalů, které vyvolávají zánětlivou reakci v těle. Omega-3 mastné kyseliny mohou pomoci snížit tento zánět a urychlit proces regenerace svalů, čímž přispívají k rychlejšímu zotavení a připravenosti na další tréninkové úsilí. Důležité zdroje omega-3 mastných kyselin zahrnují ryby jako losos, makrela a sledě, lněné semínko, chia semínko a řepkový olej. Pokud není možné získat dostatečné množství omega-3 mastných kyselin z potravy, sportovci mohou zvážit užívání doplňků, které obsahují tato živiny. Je však důležité vybírat kvalitní doplňky od renomovaných výrobců a dodržovat doporučené dávkování. Přestože omega-3 mastné kyseliny jsou obecně považovány za bezpečné, je vždy důležité konzultovat jejich užívání s odborníkem na výživu nebo lékařem, zejména pokud máte jakékoliv zdravotní problémy nebo užíváte další léky, které by mohly ovlivnit jejich účinky. Správné a vyvážené stravování v kombinaci s doplňky může sportovcům pomoci optimalizovat jejich výživu a dosáhnout maximálního výkonu a zdraví.

Tyto suplementy mají různé účinky a mohou být vhodné pro různé typy sportovců v závislosti na jejich cílech, potřebách a individuálních preferencích (Kleiner & Robinson, 2010).

### **2.6.1 Význam suplementace ve sportu**

Suplementace je často využívána k doplnění stravy sportovců o látky, které mohou být pro ně prospěšné při dosahování sportovních cílů. Je běžně součástí strategie výživy sportovců, kteří hledají způsoby, jak maximalizovat svůj výkon a zlepšit regeneraci. Pomáhá jim doplnit stravu o specifické látky, které mohou být klíčové pro podporu jejich sportovních cílů. Tyto látky mohou zahrnovat bílkoviny pro regeneraci svalů, kreatin pro zvýšení výkonnosti, BCAA pro podporu svalového růstu, nebo vitamíny a minerály pro udržení celkového zdraví. Suplementace však nenahrazuje vyváženou stravu a měla by být pod dohledem odborníka, aby byla zajištěna bezpečnost a účinnost. Hlavními cíli suplementace jsou zlepšení tréninkového výkonu, regenerace, prevence zranění, podpora růstu svalové hmoty a zlepšení obecného zdravotního stavu. Mezi nejčastěji používané suplementy ve sportu patří široká škála látek, které mohou přinést různé výhody pro sportovní výkon a zdraví. Mezi ně patří bílkoviny, které jsou klíčové pro regeneraci svalů a podporu svalové hmoty. Kreatin je další populární suplement, který pomáhá zvýšit sílu a výdrž během intenzivního tréninku. Beta-alanin je známý pro svou schopnost zlepšit výkonnost v anaerobních podmínkách a snížit pocit únavy. Kofein je oblíbený pro své stimulační účinky a schopnost zvýšit bdělost a koncentraci. Vitamíny a minerály jsou základními nutrienty, které podporují různé fyziologické procesy v těle, a jejich dostatečný příjem je klíčový pro udržení celkového zdraví a optimálního fungování. Omega-3 mastné kyseliny mají protizánětlivé účinky a mohou pomoci snížit zánět a zlepšit regeneraci po tréninku (Kerksick et al., 2018).

Výzkumy naznačují, že tyto suplementy mohou mít různé účinky na sportovní výkon a zdraví. Například, studie provedená Kerksick et al. (2018) naznačuje, že suplementace může vést k zvýšení síly a výdrže, zlepšené regeneraci, sníženému pocitu únavy, podpoře imunitního systému a snížení zánětu. Nicméně je důležité vzít v úvahu individuální potřeby a reakce organismu na jednotlivé suplementy, a konzultovat jejich užívání s odborníkem na výživu či lékařem.

### **2.6.2 Faktory při výběru a používání suplementů**

Při výběru a používání suplementů je nezbytné brát v úvahu několik klíčových faktorů, které mohou ovlivnit jejich účinnost, bezpečnost a vhodnost pro konkrétní jedince. Jedním z těchto faktorů je bezpečnost suplementů. Bezpečnost je prioritou, a sportovci by měli pečlivě vybírat suplementy, které jsou řádně testovány a mají



minimální riziko nežádoucích účinků na jejich zdraví. Je důležité prověřit pověst výrobce, zkontrolovat certifikace a dodržování standardů kvality, a konzultovat s odborníkem na výživu nebo lékařem. Dalším klíčovým faktorem je zohlednění individuálních potřeb a cílů sportovce, včetně jeho stravovacích návyků a celkové stravy. Každý jedinec může mít odlišné nutriční potřeby a cíle, a proto je důležité zvolit suplementaci, která je přizpůsobena jeho individuálním požadavkům. Například sportovci provozující různé sporty nebo se různými tréninkovými režimy mohou potřebovat odlišný typ suplementace. Důležitým aspektem je také vědecký důkaz o účinnosti a bezpečnosti suplementů. Před použitím jakéhokoli suplementu by měli sportovci zvážit dostupné důkazy z klinických studií a výzkumu, které podporují jeho účinnost a bezpečnost. Informace z výzkumu mohou poskytnout důležité poznatky o tom, jakým způsobem suplementy ovlivňují fyziologii a výkonnost, a pomoci sportovcům při informovaném rozhodování o jejich užívání. V neposlední řadě je důležité, aby sportovci dodržovali doporučené dávkování a nevyužívali suplementy jako náhradu za vyváženou stravu. Přemíra suplementů může být nejen neúčinná, ale i potenciálně škodlivá pro zdraví. Proto je klíčové, aby sportovci používali suplementy zodpovědně a ve shodě s individuálními potřebami a doporučeními odborníků (Kerksick et al., 2018).

## **2.7 Beta-alanin**

### **2.7.1 Charakteristika beta-alaninu**

Beta-alanin se používá výhradně jako doplněk stravy ve sportu. Slouží především ke stimulaci fyzického výkonu, neboť se jedná o neesenciální aminokyselinu, která má za následek zvýšení výkonnosti (MatéMuñoz et al., 2018). Dle Kleinera (2010) je beta-alanin, jako neesenciální aminokyselina, inherentně přítomná v potravě, často konceptualizován jako "nástupce" kreatinu. Tato sloučenina obsahuje karnosin, anserin a pantotenovou kyselinu, která se řadí do skupiny B vitaminů. Karnosin a anserin, struktury podobné proteinům, prokazují zvýšenou koncentraci ve vysoce trénovaných svalových strukturách. Fenomen beta-alaninu tkví v jeho pufracím účinku, inhibujícím specifické enzymatické reakce, jež vedou k akumulaci laktátu v pracujících svalech. Takový efekt redukuje subjektivní pocity svalového pálení během fyzické aktivity, umožňující tak provedení více opakování či prodloužení sprintu nad rámec obvyklých limitů. Předpokládá se, že vyšší obsah beta-alaninu ve svalech přináší vylepšení celkového výkonu v průběhu intenzivního tréninku (MatéMuñoz et al., 2018).

Významným aspektem je též zvýšení hladiny karnosinu ve svalové tkáni prostřednictvím beta-alaninu. Empirická data signalizují, že svaly s vyšším obsahem karnosinu manifestují zvýšenou sílu a schopnost intenzivnějších kontrakcí, což předurčuje k potenciálnímu zvýšení svalové hmoty a vytrvalosti. Kromě toho se zdá, že karnosin obsažený v masu přispívá k inhibici akumulace vedlejších produktů metabolismu během náročné sportovní aktivity (MatéMuñoz et al., 2018). Tato aminokyselina se produkuje výhradně endogenně v játrech. Lidé také získávají beta-alanin z potravin, jako jsou drůbež a maso. Samotný beta-alanin nemá výrazné ergogenní vlastnosti, což znamená, že sám o sobě nezvyšuje výkonnost sportovců. Nicméně byl identifikován jako klíčový prekursor syntézy karnosinu, a bylo prokázáno, že trvalá suplementace beta-alaninu vede ke zvýšení hladin karnosinu v lidských kosterních svalech. Karnosin má významnou roli v regulaci acidobazické rovnováhy a může pomoci snížit svalovou únavu během intenzivního cvičení (MatéMuñoz et al., 2018).

Pufrovací systémy někdy také nazývány nárazníkové systémy, jsou tím nejrychleji fungujícím blokátorem vychýlení ABR a projevují se řádově v sekundách. Změny pH může pouze regulovat, ne však vrátit zpět, pokud se nezmění koncentrace pufru. Tyto systémy dělíme obvykle do 3 skupin, a to na systém bikarbonátový, fosfátový a bílkovinný (Langmeier, 2009). Pufrovací systémy představují klíčový mechanismus udržující stabilitu pH v biologických systémech. Jejich funkce spočívá v absorpci nadbytečných vodíkových iontů ( $H^+$ ) nebo hydroxidových iontů ( $OH^-$ ) s cílem udržet pH na konstantní úrovni. Existuje několik hlavních pufrovacích systémů v lidském těle, z nichž každý má své specifické účinky a mechanismy. Mezi nejznámější patří bikarbonátový systém, fosfátový systém a bílkovinné pufrы v krvi a buněčném prostředí. Bikarbonátový systém je klíčovým pufrem v extracelulární tekutině, kde hraje roli v udržování pH krve v normálních mezích. Tento systém zahrnuje reakci mezi kyselinou uhličitou ( $H_2CO_3$ ) a jejím konjugovaným základem, bikarbonátem ( $HCO_3^-$ ), který slouží jako pufrovací systém pro neutralizaci nadbytečných vodíkových iontů ( $H^+$ ) nebo hydroxidových iontů ( $OH^-$ ) (Mann, 2014). Fosfátový systém funguje jako důležitý pufrovací systém v intracelulárním prostředí, kde je koncentrace fosfátů vyšší. Tento systém zahrnuje interakce mezi fosforečnanovými ionty ( $HPO_4^{2-}$ ) a dihydrogenfosforečnanovými ionty ( $H_2PO_4^-$ ), které působí jako pufrovací páry a pomáhají udržovat pH v cytoplazmě na

stabilní úrovni. Bílkovinné pufrы, jako jsou hemoglobin a albumin, mají také významnou roli v udržování stability pH v biologických systémech. Tyto bílkovinné struktury mohou fungovat jako pufrы díky svým ionizačním vlastnostem a schopnosti vázat a uvolňovat vodíkové ionty podle potřeby. Celkově lze konstatovat, že pufrovací systémy hrají klíčovou úlohu v udržování homeostázy pH v organismu a jsou důležité pro správné fungování buněk a tkání (Mann, 2014).

Dle Dvořáka et al. (2015) jsou pufrovací systémy důležitými mechanismy udržujícími konstantní hodnotu pH v těle. Tyto systémy fungují pomocí látek, které mohou absorbovat nadbytečné vodíkové nebo hydroxidové ionty a tím stabilizovat pH. Jedním z klíčových pufrovacích systémů v lidském organismu je systém uhličitano-vodíkového pufru, který reguluje pH krve a extracelulárního prostoru. Tento systém zahrnuje rovnováhu mezi uhličitany a kyselinou uhličitou, která vzniká reakcí CO<sub>2</sub> s vodou. Prostřednictvím dýchání a ledvinové regulace je udržována stabilita tohoto pufrovacího systému, což je nezbytné pro správné fungování metabolických procesů a udržení homeostázy v těle (Dvořák et al., 2015).

### **2.6.2 Význam beta-alaninu ve sportu**

Význam beta-alaninu ve sportu je důležitý z hlediska jeho potenciální role při zlepšování výkonnosti a vytrvalosti u sportovců. Beta-alanin je prekurzorem karnozinu, dipeptidu přítomného ve svalové tkáni, který hraje klíčovou roli při regulaci acidobazické rovnováhy během intenzivního tréninku a soutěže (Harris et al., 2006). Karnosin působí jako acidobazický regulační systém, který snižuje hladinu vodíkových iontů v svalové tkáni, což může vést k odložení pocitu únavy a zlepšení výkonu (Sale et al., 2010).

Studie naznačují, že suplementace beta-alaninem může vést ke zvýšení hladiny karnozinu v svalové tkáni, což může mít pozitivní vliv na výkonnost sportovců v různých disciplínách. Například, Brisola et al. (2016) zkoumali efekty čtyřtýdenní suplementace beta-alaninem na opakovanou rychlostní schopnost u vodních pólistů a zjistili pozitivní vliv na výkon. Podobně Claus et al. (2017) zjistili, že beta-alaninová suplementace zlepšuje rychlost vrhu při opakované rychlostní zátěži a výkon ve 200metrovém plavání u mladých vodních pólistů.

Výzkum také ukázal, že beta-alanin může být prospěšný pro sportovce v jiných disciplínách. Například de Andrade Kratz et al. (2017) zjistili, že suplementace beta-alaninem zlepšuje výkonnost v judu u vysoce trénovaných sportovců. Nicméně,

výsledky studií nejsou jednoznačné. Milioni et al. (2017) nedospěli k závěru, že by šestitýdenní suplementace beta-alaninem zlepšila opakovanou rychlostní schopnost nebo technické dovednosti u mladých elitních basketbalistů.

Celkově lze tedy říci, že beta-alanin může mít pozitivní vliv na výkonnost sportovců v některých disciplínách, ale výsledky závisí na mnoha faktorech, včetně dávky, délky suplementace a individuální odpovědi každého sportovce.

## **2.8 Adolescentní věk**

Adolescentní období představuje klíčovou fázi vývoje mezi dětstvím a dospělostí, během kterého dochází k mnoha fyzickým, psychickým a sociálním změnám. Jednou z charakteristik tohoto období je postupné vyrovnání pubertálních disproporcí, a nesrovnalostí, a dokončování růstu a vývoje (Dovalil et al., 2012). I když proces růstu a tělesného vývoje může být téměř ukončen, ve společenském utváření adolescentů stále probíhá rozvoj (Dovalil et al., 2012).

Na konci adolescentního období dochází k dokončení fyzického vývoje všech orgánů těla, což představuje začátek doby nejvyšší pohybové výkonnosti (Dovalil et al., 2012). Tento čas je charakterizován možností zvyšovat tréninkové dávky, které mohou začít kolem 16. roku věku, přičemž od 18 let nastává doba maximální trénovatelnosti (Dovalil et al., 2012). Adolescenti jsou připraveni na anaerobní zatížení a mají před sebou možnosti v tréninku síly, vytrvalosti a zdokonalení techniky a taktiky (Dovalil et al., 2012).

Během tohoto časového úseku se objevují emocionální stavy před a během soutěží, které je klíčové naučit se zvládat. U chlapců je často patrnější tendence k problémovému chování, což může vyústit v projevy odmítání, rezistence nebo hrubosti. Avšak aktivní snaha jednat podle svého uvážení může podnítit hledání aktivit, v nichž se jedinec uplatní (Dovalil et al., 2012). Adolescence představuje poslední možnost ovlivnit jedince, neboť u dospělých je obtížné změnit zavedené vzorce chování. Rozvíjení samostatnosti a přijímání zodpovědnosti za své činy je proto klíčovou součástí vývoje v tomto období (Dovalil et al., 2012).

Zvládání psychických stavů před a během soutěže není pouze o fyzické přípravě, ale také o mentální odolnosti a schopnosti udržet si klid v náročných situacích. U dětí a adolescentů, zejména u chlapců, může být obtížné se naučit tyto dovednosti kvůli větší tendenci k impulzivité a emocionálním výkyvům. Proto je důležité, aby se jedinci v tomto

věku naučili identifikovat své emocionální reakce a hledat způsoby, jak s nimi efektivně pracovat. Podpora samostatnosti a přijímání zodpovědnosti může být klíčová pro rozvoj mentální odolnosti u adolescentů. Umožnit jim rozhodovat se a nést důsledky svých činů může pomoci budovat jejich sebevědomí a pocit kontroly nad vlastním životem. Tímto způsobem se mohou postupně učit efektivněji řešit problémy a zvládat stresové situace, což je dovednost, která je klíčová nejen ve sportu, ale i v každodenním životě (Dovalil et al., 2012).

### **2.7.1 Specifika zátěže u adolescentů**

Děti jsou schopny adaptovat se na větší tělesnou zátěž a získat určitý stupeň trénovanosti, avšak není zcela jasné, zda jejich adaptační procesy probíhají stejně jako u dospělých. Zkušenosti naznačují, že existuje odlišný průběh adaptace u dětí. Stanovit stupeň adaptace u dítěte je obtížné, protože se střetávají přirozený růst a vývoj s vlivem tělesné aktivity. Otázka, kolik a jak mají děti cvičit, zůstává nejasná. Nebyly provedeny žádné objektivní studie, které by poskytly odpovědi. Obecně platí, že dítě potřebuje denně minimálně jednu hodinu pohybové aktivity pro správný vývoj. Vývojové období, ve kterém se dítě nachází, je klíčové pro reakci a schopnost adaptace na tělesnou zátěž. Rozdíly ve výkonu a adaptaci jsou patrné před a po pubertě. Děti před pubertou mají většinou vysoký stupeň spontánní pohybové aktivity, což ovlivňuje účinnost tréninku a změny ve vzestupu  $VO_{2max}$  (Máček & Máčková, 2002).

Trénovanost se projevuje větší odolností proti únavě a obratností, ale ne nutně změnami ve transportním systému. Tyto změny se začínají projevovat až po pubertě, kdy se spontánní pohybová aktivita snižuje u některých mladistvých. Vzhledem k vývoji svalové síly u dětí je důležité zohlednit i měřitelné svalové výkony, které jsou závislé na koordinaci. Síla se zvyšuje tréninkem, přičemž i malé děti mohou reagovat na tréninkové podněty. Při používání sílového tréninku u dětí je důležité vzít v úvahu věk a specifické potřeby jedince. Rozvoj síly by měl probíhat paralelně s dalšími pohybovými vlastnostmi, jako je vytrvalost (Máček & Máčková, 2002).  $VO_{2max}$  u dětí stoupá s věkem, ale přesněji koreluje s výškou. Relativní hodnota  $VO_{2max}$  je nejvyšší ve věku 12 let a postupně klesá. Dítě může být v relativním pohledu stejně výkonné jako dospělý, vyjádřeno v poměru k hmotnosti.

Věk má vliv na relativní zátěž při stejné absolutní zátěži, kdy menší jedinci vykazují vyšší relativní výkon. Tyto poznatky jsou důležité pro hodnocení nároků na

výkon v dětském věku a stanovení vhodných cvičebních metod (Máček & Máčková, 2002). Zatěžování adolescentů ve sportu představuje specifickou oblast, která vyžaduje zvláštní pozornost a přístup. Adolescentní věk je obdobím významného fyzického, psychického a sociálního vývoje jedince. Při navrhování tréninkových programů pro adolescenty je důležité zohlednit jejich individuální potřeby a specifika. V oblasti fyzické zátěže je nutné dbát na to, aby tréninkové plány byly přizpůsobeny fázi vývoje adolescenta a jeho schopnostem. Kvalitní trénink by měl rozvíjet nejen fyzickou kondici, ale také motorické dovednosti a koordinaci pohybů. Při tréninku s adolescenty je důležité minimalizovat riziko zranění a přetížení svalů a kloubů (Malina et al., 2004).

Psychický vývoj adolescentů může být také ovlivněn tréninkem. Je třeba vytvářet podpůrné prostředí, které podporuje sebevědomí, motivaci a radost ze sportu. Trénink by měl být veden s ohledem na individuální rozdíly v psychické odolnosti a schopnosti zvládat tlak soutěže a výkonnostní očekávání (Gould et al., 1993). Ve společenském kontextu je důležité poskytovat adolescentům prostor k rozvoji sociálních dovedností a týmové spolupráce. Sportovní týmy a kluby mohou adolescentům poskytnout příležitost k budování přátelství, komunikace a vzájemné podpory. Týmová atmosféra a soudržnost mohou mít pozitivní vliv na motivaci a úspěšnost adolescentů ve sportu (Wylleman & Lavallee, 2004).

Vzhledem k citlivosti adolescentního věku je důležité, aby tréninkové programy byly navrhovány a prováděny pod dohledem kvalifikovaných trenérů a instruktorů. Ti by měli mít vřelý pohled na specifické potřeby a vývojové charakteristiky adolescentů a měli by být schopni adekvátně reagovat na jejich individuální potřeby a projevy. Celkově je tedy nutné přistupovat k zatěžování adolescentů ve sportu s ohledem na jejich fyzický, psychický a sociální vývoj. Kvalitní tréninkové programy a podpora ze strany trenérů a prostředí mohou přispět k optimálnímu rozvoji a výkonnosti adolescentů ve sportu (Gould et al., 1993).

### **2.8.2 Specifika suplementace u adolescentů**

Suplementace u adolescentů představuje specifický aspekt v oblasti sportovní výživy, který vyžaduje pečlivé zvážení a řízení. Adolescentní věk je charakterizován rapidními fyziologickými změnami a růstem, což znamená, že suplementace by měla být individuálně přizpůsobena a pečlivě monitorována. Existuje několik klíčových faktorů, které je třeba zohlednit při suplementaci adolescentů. Jedním z důležitých faktorů je

bezpečnost. Při výběru suplementů je třeba dbát na to, aby byly bezpečné a neměly žádné negativní dopady na zdraví adolescentů. Dále je důležité zohlednit potřeby a cíle jedince, stejně jako jeho stravovací návyky a celkovou stravu. Dalším důležitým aspektem je vědecký důkaz o účinnosti a bezpečnosti suplementů u adolescentů. Při začleňování suplementů do stravy mladých sportovců je třeba brát v úvahu dostupné důkazy z klinických studií a výzkumu. Například, studie provedená Brisola et al. (2016) zkoumala účinky suplementace beta-alaninem na opakovanou rychlostní schopnost u hráčů vodního póla ve věku adolescentů. Výsledky této studie naznačují pozitivní vliv beta-alaninu na opakovanou rychlostní schopnost u mladých hráčů vodního póla. Je však důležité si uvědomit, že i když některé suplementy mohou mít pro adolescenty přínosy, nenahrazují vyváženou stravu a zdravý životní styl. Suplementace by měla být pouze doplňkem ke kvalitní stravě a vhodnému tréninkovému režimu. Vzhledem k citlivosti tohoto období vývoje je nezbytné konzultovat suplementaci s kvalifikovaným odborníkem na výživu, jako je lékař nebo dietolog, aby se zajistilo bezpečné a účinné využití suplementů u adolescentů.

## **3 Cíl, úkoly a hypotézy**

### **3.1 Cíl práce**

Cíl této studie se zaměřuje na posouzení dopadu čtyřtýdenní suplementace beta-alaninem na aerobní kapacitu, ventilační parametry a hladiny laktátu během maximálního zátěžového testu prováděného u elitních dospívajících běžců.

### **3.2 Úkoly práce**

- Prostudovat odbornou literaturu a vytvořit teoretický základ pro tuto práci,
- vybrat probandy,
- randomizovat do experimentální a kontrolní skupiny,
- provést úvodní testování,
- suplementovat beta-alanin/ placebo po dobu čtyř týdnů,
- provést závěrečné testování,
- porovnat naměřená data,
- zpracovat výsledky do grafického znázornění,
- vytvořit závěry.

### **3.3 Hypotézy**

H1: Předpokládáme, že díky zvýšené pufrovací kapacitě organismu v důsledku suplementace beta-alaninu, dojde k významnému prodloužení doby maximálního stupňovaného zátěžového testu.

H2: Předpokládáme, že díky zvýšené pufrovací kapacitě organismu v důsledku suplementace beta-alaninu, dojde k významnému zvýšení maximálního aerobního výkonu.

H3: Předpokládáme, že díky zvýšené pufrovací kapacitě organismu v důsledku suplementace beta-alaninu, dojde k významnému oddálení nástupu druhého ventilačního prahu.



## 4 Metodika

### 4.1 Charakteristika souboru

Hlavním kritériem při hledání probandů byla ochota podstoupit testy v laboratoři funkční zátěžové diagnostiky a následná čtyř týdenní suplementace beta-alaninu. Důležité kritérium bylo také, aby byli schopni podstoupit zátěžové testy ve stejném fyzickém i psychickém stavu. Domluvili jsme se s trenérem atletů na upravení tréninkových plánů tři dny před testy a zároveň, aby dávky tréninkové zátěže byly po celou dobu výzkumu stejné.

Všichni probandi byli z atletického oddílu T. J. Sokol České Budějovice. Jsou to běžci na střední tratě, tzn. 800 m až 3 000 m. Trénují 6 dní v týdnu, z toho dva dny v týdnu mají dvoufázové tréninky. Testování se věnují atletice tři a více let a výkonnostně jsou na české mládežnické špičce. Někteří z nich reprezentují Českou republiku na mezinárodních závodech v mládežnických kategoriích.

Probandi před podstoupením prvního zátěžového testu dostali k podepsání informovaný souhlas, ve kterém se dozvěděli vše potřebné o výzkumu a používaných suplementech. Výzkumu se zpočátku účastnilo 22 atletů, ale během studie se jeden z nich zranil a druhý onemocněl, tudíž jsme je byli nuceni vyřadit. Nakonec kompletní výzkum dokončilo 20 probandů, jejichž průměrný věk byl  $17,6 \pm 2,2$  let, tělesná hmotnost  $61,6 \pm 7,1$  kg, tělesná výška  $173 \pm 8,4$  cm a poměr chlapců a dívek byl 8 : 12.

Průměrný věk dívek v průběhu studie byl  $17,4 \pm 2,4$  let, průměrná výška  $167,7 \pm 4,5$  cm a průměrná hmotnost  $58,4 \pm 4,7$  kg. Průměrný věk hochů během studie činil  $17,9 \pm 1,9$  let, průměrná výška  $182,7 \pm 4,3$  cm a průměrná hmotnost  $67,5 \pm 7,1$  kg.

### 4.2 Design experimentu

Nejprve byl výzkum schválen a proveden v souladu s etickými standardy Institutional Research Committee, Helsinské deklarace a Jihočeské univerzity (Rev. č.: 026/2023). Před začátkem výběru probandů jsme vytvořili podobu informovaného souhlasu, který zahrnoval podrobné seznámení s designem testu, hlavními cíli výzkumu, charakteristikami zkoumaných suplementů a poskytnutí informovaného souhlasu ze strany účastníků nebo jejich zákonných zástupců. Součástí tohoto procesu bylo také podpis souhlasu od každého jednotlivého probanda či jeho zákonného zástupce.

Pro zajištění bezpečného uchování dat a minimalizaci rizika ztráty informací jsme navíc zřídili speciální výzkumný email, na který jsme pravidelně zasílali všechny relevantní data. Tento krok byl implementován s ohledem na možnou poruchu laboratorního počítače, čímž jsme předešli riziku nepředvídané ztráty dat.

Dalším krokem bylo vytvoření Whatsapp™ skupinu, do které jsme postupně přidávali probandy, a ti následně posílaly zprávy o tom, zda si suplement vzali a případně jsme jim to připomněli.

Poté jsme připravili výběr účastníků pro tento výzkumu. Stanovili jsme si tato kritéria zařazení do výzkumu: věk 15-22 let, v posledních 6 měsících nebyli zraněni, nebrali doplňky stravy tohoto typu, byli ochotni se nechat testovat a zúčastnit se měsíční intervence. Oslovili jsme všechny běžce z atletického oddílu T.J. Sokol České Budějovice a tato kritéria splnilo 22 z nich. Následovalo náhodné rozřazení probandů do experimentální a kontrolní skupiny pomocí webového programu GraphPad ([www.graphpad.com](http://www.graphpad.com)) použitého již v několika studiích (např. Suresh, 2011).

Před zahájením testování jsme se sešli se všemi probandy a trenérem a opět jsme vše důkladně vysvětlili. Převážně jsme hovořili o důležitosti stálého tréninku a důslednosti v suplementaci beta-alaninem, nebo placebem. Zodpověděli jsme dotazy, které na nás byli ze strany probandů kladeny.

V laboratoři funkční zátěžové diagnostiky jsme každého probanda otestovali před a po suplementaci beta-alaninem případně placebem. Jednalo se o testy maximální zátěže ( $VO_{2max}$ ) v rozmezí jednoho měsíce. Byli testováni ve stejné denní době, převážně v době dopoledního tréninku, v souladu s jejich zvyklostmi a biorytmy. Jedním testem probandi strávili v laboratoři 40 minut.

Po příchodu do laboratoře jsme atlety nejdříve změřili automatickým stadiometrem BSM 370, kterým měříme tělesnou výšku probanda. Po změření výšky, byl proband vyzván, aby se postavil na vedlejší platformu přístroje InBody, které měří tělesnou hmotnost a tělesné složení. Po nástupu na váhu se musel proband uklidnit, aby přístroj přesně změřil hmotnost jedince, následně uchopil madla přístroje a vyčkal, až váha doměřila. Na počítači jsme uložili výsledky, které váha naměřila a jednotlivé hodnoty, jsme přepsali do předem připravené tabulky, která obsahovala jméno, příjmení, datum narození, tělesnou hmotnost a tělesnou výšku. Testovaný se po změření oblékl do sportovního a během toho jsme upravili tělesnou hmotnost a tělesnou výšku

v programu Metasoft. Testovaný se přesunul na běžecký pás. Nastavili jsme test  $VO_{2max}$ , nasadili testovanému masku, nandali mu hrudní pás a pokračovalo se již samotným  $VO_{2max}$  testem. Každý test začal standardizovaným 10minutovým zahřátím rychlostí  $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  pro chlapce a  $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  pro dívky, následovala 5minutová přestávka. Po přestávce byla rychlost běžeckého pásu opět  $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a  $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Stupeň sklonu běžeckého ergometru byl nastaven na 5 %. Každou další minutu rychlost narůstala o  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a sklon zůstával konstantní. Nárůst rychlosti běžeckého ergometru pokračoval až do úplného vyčerpání probanda, který dal signál zvednutím ruky, že chce končit. Po ukončení testu následovala aktivní regenerace chůzí na běžeckém pásu rychlostí  $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  po dobu 5 minut. Po uplynutí 3 minut od konce testu jsme změřili probandovi laktát v krvi. Laktát jsme odebírali po důkladné dezinfekci místa budoucího vpichu, připravili si jednorázové bezpečnostní lancetu a z levého ukazováčku jsme na papírek laktátoměru odebrali jednu kapku krve. Chvíli jsme vyčkali a zapsali hodnotu do tabulky, do které jsme po skončení testu zapsali i ostatní parametry naměřené během testu. Počáteční rychlost byla určena na základě předchozí studie se záměrem délky testu mezi 8-12 minutou.

Po otestování byli atleti přidáni do Whatsapp skupiny a byla jim předána v pytlíčku i s odměrkou 2týdenní dávka buď beta-alaninu nebo maltodextrinu (placeba) podle toho, v jaké se nacházeli skupině. Abychom zaručili to, že neví, co za suplement berou, nasypali jsme oba suplementy do stejného pytlíčku. Oba suplementy mají bílou barvu, bylo tedy skoro nemožné na to přijít. Následně dostali instrukce k suplementaci, ve kterých bylo napsáno, jaké množství beta-alaninu a placeba mají užívat. A to následně: beta-alanin nebo placebo  $4,8 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$  dívky a  $6,4 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$  hoši. Na jednotlivých pytlíčcích měli napsáno, kolik odměrek se rovná jedné dávce. Suplement si pomocí odměrky dávali do vody třikrát denně s jídlem. Po dvou týdnech jsme se s nimi sešli a dali jim druhou dávku na další dva týdny. Měsíční dávku suplementů jsme rozdělili kvůli případné ztrátě nebo poškození pytlíku, aby atleti nepřišli o všechny suplement.

Po 4týdenní suplementaci jsme naplánovali závěrečné testování na stejné hodiny, jako při vstupním testu. Opět proběhlo vše stejně a ve stejných podmínkách jako při prvním testování  $VO_{2max}$ .

Experimentální skupině byl poskytnut komerčně dostupný beta-alanin (GymBeam, Berlin-Gartenfeld, Německo). Pokud je nám známo, proběhlo jen pár

publikovaných studií zahrnující suplementaci beta-alanin adolescenty. Všechny čtyři studie byly provedeny na hoších, kteří suplementovali  $6,4 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$  beta-alaninu. Proto byla dávka pro dívky nastavena na  $4,8 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ .

### **Použité přístroje při testování.**

**Stadiometr BSM370** je přístroj, který je určený k přesnému měření výšky jednotlivců. Je vybaven moderními technologiemi a přesnými senzory, které umožňují rychlé a spolehlivé měření. Jeho design je ergonomický, což usnadňuje používání jak pro testujícího, tak pro probanda. Na tomto stadiometru BSM370 jsme všem probandům měřili tělesnou výšku. Je to výškoměr, který je propojitelný s InBody 770. Automaticky se naměřené hodnoty importují a další měření již probíhá na InBody 770.

### **Obrázek 1**

*Stadiometr BSM370*



**InBody 770** je vysoce přesný a spolehlivý přístroj pro měření tělesného složení, který poskytuje detailní informace o tělesném tuku, svalové hmotě, vodě v těle a dalších parametrech. Jeho použití je klíčové pro bakalářskou práci v oblasti sportovní vědy, fyzického tréninku nebo výživy, kde je důležité sledovat změny v tělesném složení jednotlivců v průběhu času. InBody 770 poskytuje objektivní a kvantitativní data, která mohou být analyzována a interpretována v rámci výzkumných studií nebo experimentů. Tato data mohou pomoci porozumět vlivu různých intervenčních programů, cvičebních režimů nebo dietních strategií na tělesné složení jednotlivců a jejich celkový výkon. Použití InBody 770 v bakalářské práci přispívá k objektivitě a vědecké hodnotě výzkumných zjištění a umožňuje studentům získat hlubší porozumění problematice tělesného složení a jeho vztahu k sportovnímu výkonu a zdraví.

**Obrázek 2**  
*InBody 770*



(zdroj: vlastní 2024)

**Metalyzer 3B** (Cortex, Lipsko, Německo) je zařízení používané v oblasti sportovní vědy a fyziologie k měření metabolických parametrů během fyzické zátěže. Jedná se o systém, který umožňuje neinvazivní monitorování a analýzu energetického metabolismu a spotřeby kyslíku u sportovců během zátěžových testů. Metalyzer 3B je založen na principu plynové analýzy dýchacího plynu, která umožňuje nepřímo stanovit spotřebu kyslíku ( $VO_2$ ) a produkci oxidu uhličitého ( $VCO_2$ ) během fyzické aktivity. Tyto údaje jsou klíčové pro posouzení energetických nároků dané aktivity, stejně jako pro určení aerobní a anaerobní kapacity sportovce. Základem Metalyzeru 3B je přenosný analyzátor dýchacího plynu, který se obvykle nosí na těle sportovce pomocí speciálního maskového systému. Tento analyzátor sbírá vzorky dýchacího plynu během testu a přenáší je do počítačového softwaru, který provádí detailní analýzu dat a vypočítává relevantní metabolické parametry.

**Obrázek 3**  
*Metalyzer 3B*



(zdroj: vlastní 2024)

**Lode Valiant 2** (Lode B.V., Groningen, Nizozemsko) viz obrázek č. 4 je běžecký pás, na kterém byly provedeny všechny zátěžové testy. Běžecký pás Lode Valiant 2 je moderní a vysokokvalitní zařízení určené pro provádění kardiovaskulárního cvičení a testů zátěže. Tento běžecký pás je navržen s důrazem na spolehlivost, výkon a komfort uživatele. Jednou z klíčových vlastností běžeckého pásu Lode Valiant 2 je jeho robustní konstrukce a pevný rám, který poskytuje stabilitu během cvičení. Díky tomu je tento běžecký pás vhodný pro intenzivní tréninkové aktivity a testy zátěže jak ve fitness centrech, tak i ve sportovních výzkumných laboratořích.

#### **Obrázek 4**

*Lode Valiant 2 Sport*



(zdroj: <https://lode-ergometry.com/> 2024)

**Spiroergometrická maska** viz. obrázek č. 5 je zařízení používané ve sportovní medicíně a vědeckém výzkumu k měření plicních funkcí a spotřeby kyslíku během fyzické aktivity. Pomáhá sledovat dýchání a metabolismus.

**Hrudní pás Polar H7** (Polar H7, Polar Electro Oy, Kemple, Finsko) viz. obrázek č. 5 je zařízení pro monitorování srdeční frekvence, které se nosí kolem hrudníku a komunikuje s různými zařízeními, jako jsou chytré telefony nebo sportovní hodinky, pomocí technologie Bluetooth. Poskytuje přesné údaje o srdeční frekvenci během cvičení.

### **Obrázek 5**

*Spiroergometrická maska a hrudní pás Polar H7.*



(zdroj: vlastní 2024)



**Laktátoměr Scout** viz obrázek č. 6, je zařízení používané k měření hladiny laktátu v krvi. Tento přístroj je obzvláště užitečný pro sportovce a trenéry, kteří potřebují monitorovat úroveň laktátu během tréninku nebo soutěže. Princip fungování laktátoměru Scout spočívá v analýze kapky krve získané z prstu pomocí lancety. Tato krevní kapka je aplikována na testovací proužek, který je vložen do měřicího zařízení. Přístroj poté analyzuje hladinu laktátu v krvi a zobrazuje výsledek na displeji. Měření hladiny laktátu má pro sportovce velký význam, protože může poskytnout informace o úrovni únavy a intenzitě tréninku. Vyšší hladiny laktátu mohou naznačovat nadměrnou zátěž nebo nedostatečnou regeneraci. Laktátoměr Scout je kompaktní a snadno přenosný, což umožňuje jeho použití přímo na tréninkovém hřišti nebo během sportovní akce. Tento typ zařízení je oblíbený pro svou jednoduchost použití a spolehlivost v poskytování rychlých a přesných výsledků.

**Obrázek 6**  
*Laktátoměr Scout.*



(zdroj: <https://www.doccheckshop.eu/laboratory/>)

### 4.3 Statistické zpracování

Výsledky jsme posuzovali ze dvou hledisek. První hledisko byla statistická významnost a druhé hledisko věcná významnost. Statistická významnost byla zjišťována pomocí t-testu na hladině  $\alpha=0,05$ . A k věcné významnosti jsme využili Cohenovo  $d$ , při kterém se běžně využívá velikosti koeficientu  $d$  (Hendl, 2004):

$d \geq 0,80$  – velký efekt,

$d = 0,50$  až  $0,80$  – střední efekt,

$d = 0,20$  až  $0,50$  – malý efekt.

## 5 Výsledky

Ve výsledkové části se budeme zabývat parametry času do vyčerpání, hodnotami  $VO_{2max}$ ,  $SF_{max}$ ,  $RER_{final}$ , laktátu po třech minutách od konce testu a v jednotlivých ventilačních prazích hodnotami  $VO_2$ , RER a rychlostí  $v$ . Tabulka č. 1 znázorňuje výsledky probandů, kteří byli zařazeni do experimentální skupiny. V tabulce také lze vidět, zda výsledky byly statisticky nebo věcně významné. Tabulka č. 2 znázorňuje výsledky kontrolní skupiny před a po suplementaci beta-alaninem.

**Tabulka 1**

*Výsledky experimentální skupiny před a po suplementaci*

	<b>před</b>	<b>po</b>	<b>rozdíl</b>	<b>p</b>	<b>d</b>
Čas do vyčerpání [s]	369,0 ± 60,23	394,5 ± 57,22	25,7	0,004	0,44
$VO_{2max}$ [ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ]	56,8 ± 6,94	57,7 ± 5,56	0,9	0,532	0,14
SF max [ $tepů \cdot min^{-1}$ ]	189,0 ± 10,39	189,9 ± 7,11	0,9	0,541	0,16
Laktát [ $mmol \cdot l^{-1}$ ]	9,96 ± 1,77	10,66 ± 1,67	0,7	0,296	0,41
RER final	1,17 ± 0,05	1,19 ± 0,08	0,15	0,646	0,21

**Tabulka 2**

*Výsledky kontrolní skupiny před a po suplementaci*

	<b>před</b>	<b>po</b>	<b>rozdíl</b>	<b>p</b>	<b>d</b>
Čas do vyčerpání [s]	363 ± 54,52	373,6 ± 43,74	10,5	0,556	0,21
$VO_{2max}$ [ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ]	55,81 ± 6,48	52,69 ± 8,01	-3,12	0,071	0,43
SF max [ $tepů \cdot min^{-1}$ ]	187,0 ± 9,46	187,2 ± 8,86	0,2	0,843	0,02
Laktát [ $mmol \cdot l^{-1}$ ]	10,05 ± 2,77	9,42 ± 2,37	-0,63	0,543	0,31
RER final	1,13 ± 0,10	1,13 ± 0,04	0	1,000	0,00

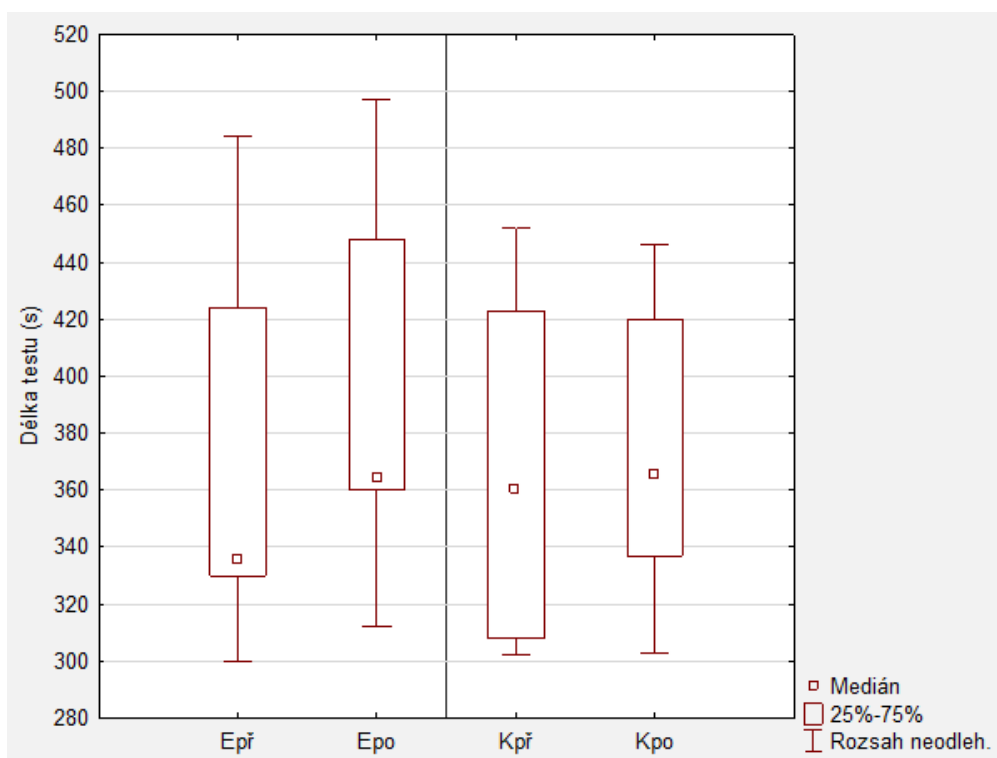
## 5.1 Čas do vyčerpání

Na obrázku č. 7 je prostřednictvím krabicových grafů znázorněna změna času do vyčerpání před a po suplementaci beta-alaninem u experimentální skupiny a placebo u kontrolní skupiny. V levé části obrázku se nacházejí výsledky experimentální skupiny, v pravé části kontrolní skupiny. Je zřejmé, že u experimentální skupiny došlo k prodloužení času do vyčerpání v důsledku užití beta-alaninu.

Délka zátěžového testu u experimentální skupiny byla před suplementací  $369 \pm 60,23$  s, po suplementaci to bylo  $394,5 \pm 57,22$  s. U kontrolní skupiny byly naměřeny hodnoty:  $363 \pm 54,52$  s při prvním testování a při druhém testování tyto hodnoty:  $373,6 \pm 43,74$  s. Délka testu se tedy prodloužila u experimentální skupiny o 7,4 %. Rozdíl je jak věcně významný s malým efektem ( $d = 0,44$ ), tak i statisticky významný ( $p = 0,004$ ). U kontrolní skupiny se celkový čas testu také prodloužil a to o 4,4 %.

### Obrázek 7

*Čas do vyčerpání před a po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.*



## 5.2 VO<sub>2max</sub>

Na obrázku č. 8 je prostřednictvím krabicových grafů znázorněna změna zátěžového testu pro stanovení VO<sub>2max</sub> před a po suplementaci beta-alaninem u experimentální skupiny a placebo u kontrolní skupiny. V levé části obrázku se nachází

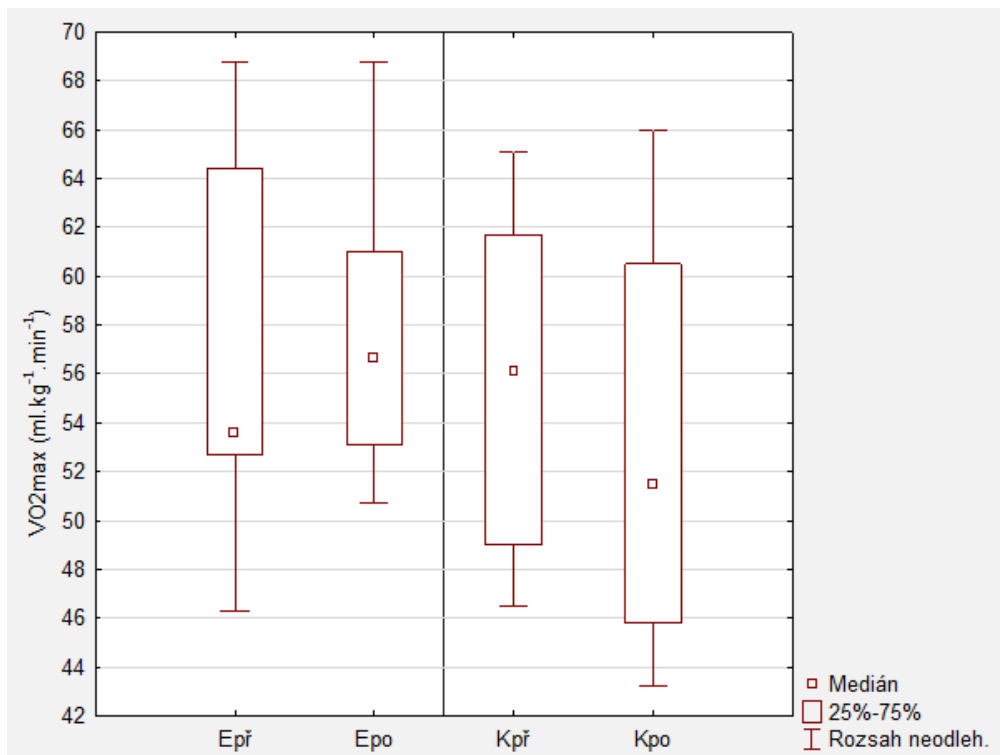
výsledky experimentální skupiny, v pravé části kontrolní skupiny. Je zřejmé, že u experimentální skupiny došlo k navýšení  $VO_{2max}$  v důsledku užití beta-alaninu.

U experimentální skupiny byly naměřeny hodnoty  $VO_{2max}$  před suplementací:  $56,85 \pm 6,94 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , po suplementaci:  $57,7 \pm 5,56 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . U kontrolní skupiny byly naměřeny před sledovaným obdobím tyto hodnoty:  $55,81 \pm 6,48 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , po konci sledovaného období:  $52,69 \pm 8,01 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ .

U té experimentální se hodnota v průměru zvýšila o 2 %. Rozdíl není ani věcně ( $d = 0,14$ ) ani statisticky významný ( $p = 0,532$ ). U kontrolní skupiny se hodnota snížila o 5,6 %.

### Obrázek 8

*Hodnoty  $VO_{2max}$  před a po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.*



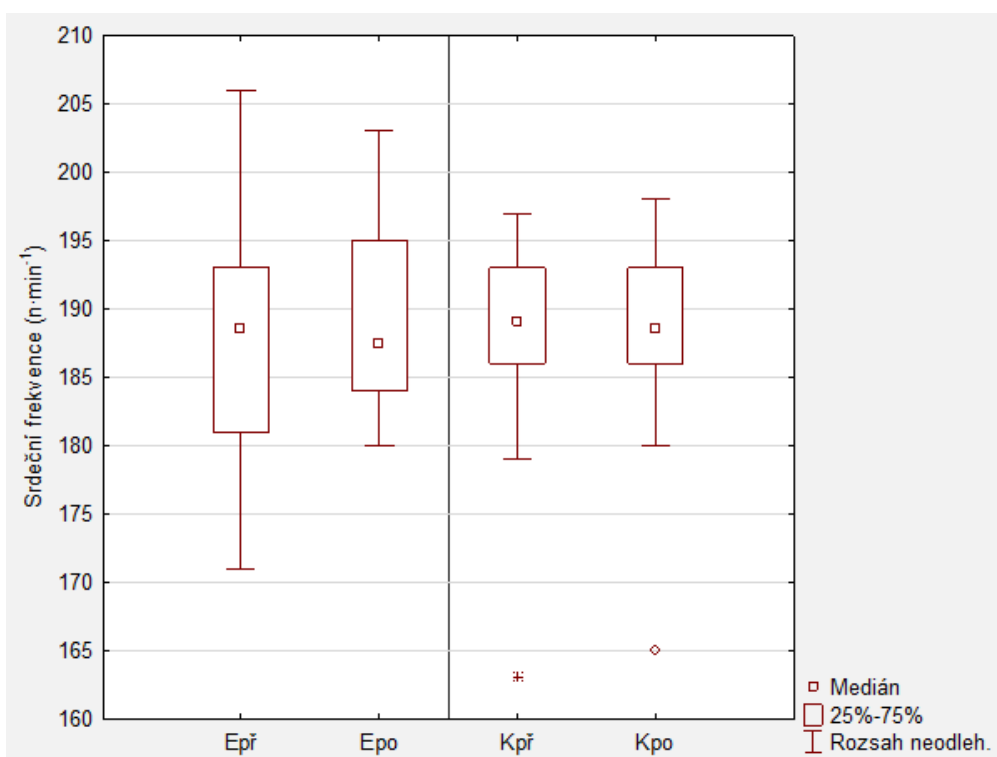
### 5.3 Maximální srdeční frekvence

Na obrázku č. 9 je pomocí krabicových grafů zobrazena změna maximální srdeční frekvence při maximálním stupňovaném testu, před a po suplementaci beta-alaninem u experimentální skupiny a placebo u kontrolní skupiny. Na levé straně obrázku se nachází výsledky experimentální skupiny, v pravé části výsledky kontrolní skupiny. Následně jsou krabicové grafy rozdělené před suplementací a po suplementaci jednotlivých skupin. Je patrné, že u experimentální skupiny nedošlo k navýšení maximální srdeční frekvence v důsledku užití beta-alaninu.

Maximální srdeční frekvence byla u experimentální skupiny před suplementací  $189,0 \pm 10,39$  tepů·min<sup>-1</sup>, po suplementaci to bylo  $189,9 \pm 7,11$  tepů·min<sup>-1</sup>. U kontrolní skupiny byly naměřeny hodnoty:  $187,0 \pm 9,46$  tepů·min<sup>-1</sup> při prvním testování a při druhém testování byly tyto hodnoty:  $187,2 \pm 8,86$  tepů·min<sup>-1</sup>. U experimentální skupiny to byl nárůst o 0,6 % a u kontrolní skupiny nárůst o 0,1 %. Rozdíl přesto není ani věcně ( $d = 0,16$ ) ani statisticky významný ( $p = 0,541$ ).

#### Obrázek 9

*Maximální srdeční frekvence před / po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.*

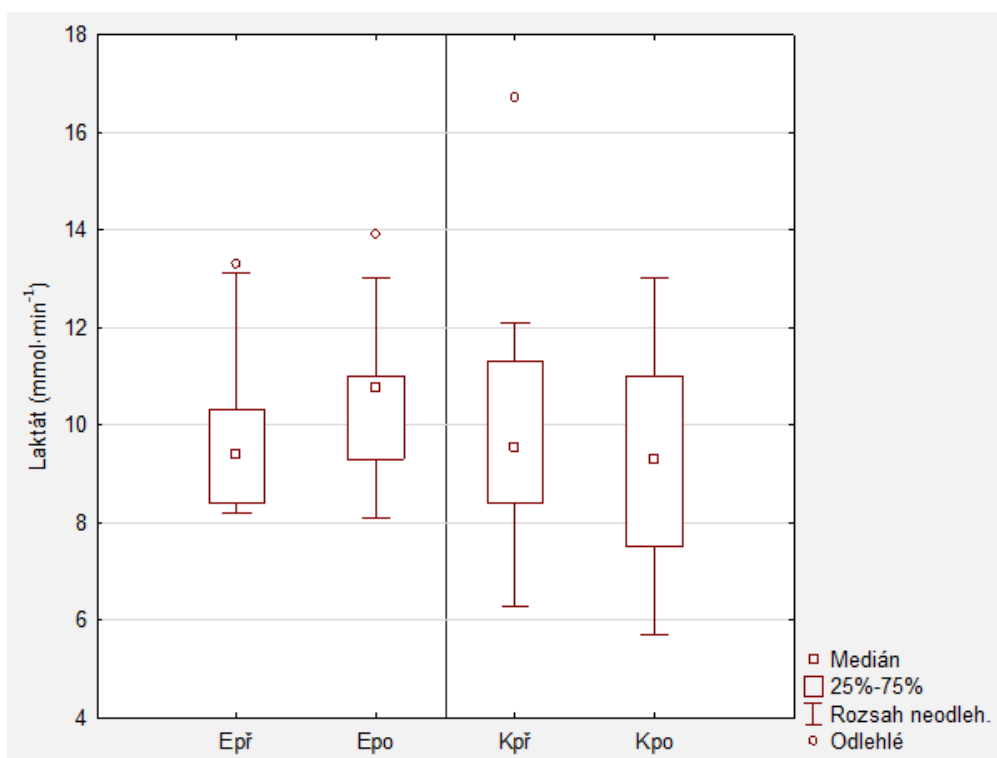


## 5.4 Laktát

Na obrázku č. 10 je možné vidět krabicové grafy s koncentrací laktátu v krvi před a po suplementaci beta-alaninem. Laktát jsme měřili 3. minutu po ukončení maximálního testu. U experimentální skupiny byl laktát před suplementací  $9,96 \pm 1,77 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ , po suplementaci to bylo  $10,66 \pm 1,67 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . U kontrolní skupiny byly naměřeny hodnoty:  $10,05 \pm 2,77 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  při prvním testování a při druhém testování byly tyto hodnoty:  $9,42 \pm 2,37 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Hodnoty nám u experimentální skupiny vyšli o 8,8 % vyšší po suplementaci beta-alaninu. Kontrolní skupině se koncentrace laktátu v krvi, 3 minuty po ukončení zátěžového test, během sledovaného období snížila o 1,9 %. Rozdíl je věcně významný s malým efektem ( $d = 0,41$ ), zároveň statisticky nikoliv ( $p = 0,296$ ).

### Obrázek 10

*Koncentrace laktátu v krvi před a po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.*

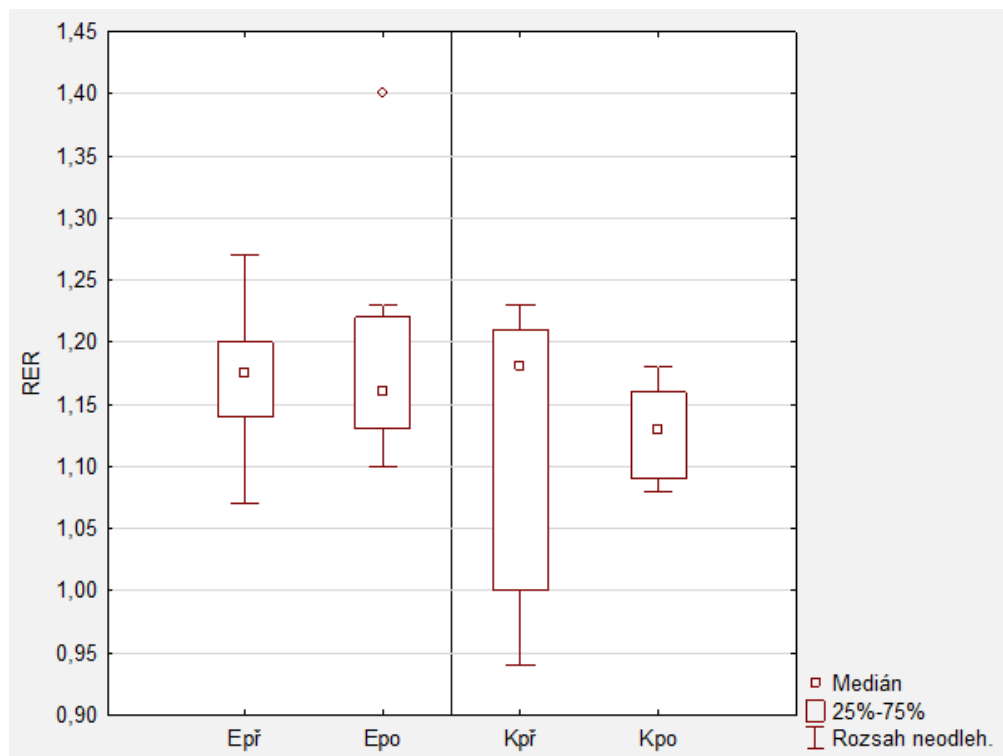


## 5.5 RER final

Na obrázku č. 11 je možné vidět krabicové grafy s konečným poměrem respirační výměny před a po suplementaci beta-alaninem. U experimentální skupiny byl finální poměr respirační výměny před suplementací  $1,17 \pm 0,05$ , po suplementaci to bylo  $1,19 \pm 0,08$ . U kontrolní skupiny byly naměřeny hodnoty:  $1,13 \pm 0,10$  při prvním testování a při druhém testování byly naměřeny hodnoty:  $1,13 \pm 0,04$ . Hodnoty u experimentální skupiny vyšly o 1,5 % vyšší po suplementaci beta-alaninem. Rozdíl je věcně významný s malým efektem ( $d = 0,21$ ), ale není statisticky významný ( $p = 0,646$ ). Kontrolní skupině se poměr respirační výměny během sledovaného období zvýšil o 0,8 %.

### Obrázek 11

*Finální RER před a po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.*





## 5.6 První ventilační práh

V prvním ventilačním prahu jsme se zaměřili na hodnoty  $VO_2$ , RER a rychlosti běhu ( $v$ ). Tabulka č. 3 znázorňuje výsledky probandů, kteří byli zařazeni do experimentální skupiny. V tabulce také lze vidět, zda výsledky byly statisticky nebo věcně významné. Tabulka č. 4 znázorňuje výsledky a rozdíl hodnot kontrolní skupiny před a po suplementaci beta-alaninem.

**Tabulka 3**

*Výsledky experimentální skupiny před a po suplementaci*

	před	po	rozdíl	$p$	$d$
$VO_2$ [ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ]	$37,18 \pm 5,25$	$39,31 \pm 4,24$	2,12	0,321	0,44
RER	$0,87 \pm 0,06$	$0,91 \pm 0,04$	0,04	0,056	0,81
$v$ [ $km \cdot h^{-1}$ ]	$9,38 \pm 1,63$	$9,94 \pm 1,93$	0,56	0,245	0,37

**Tabulka 4**

*Výsledky kontrolní skupiny před a po suplementaci*

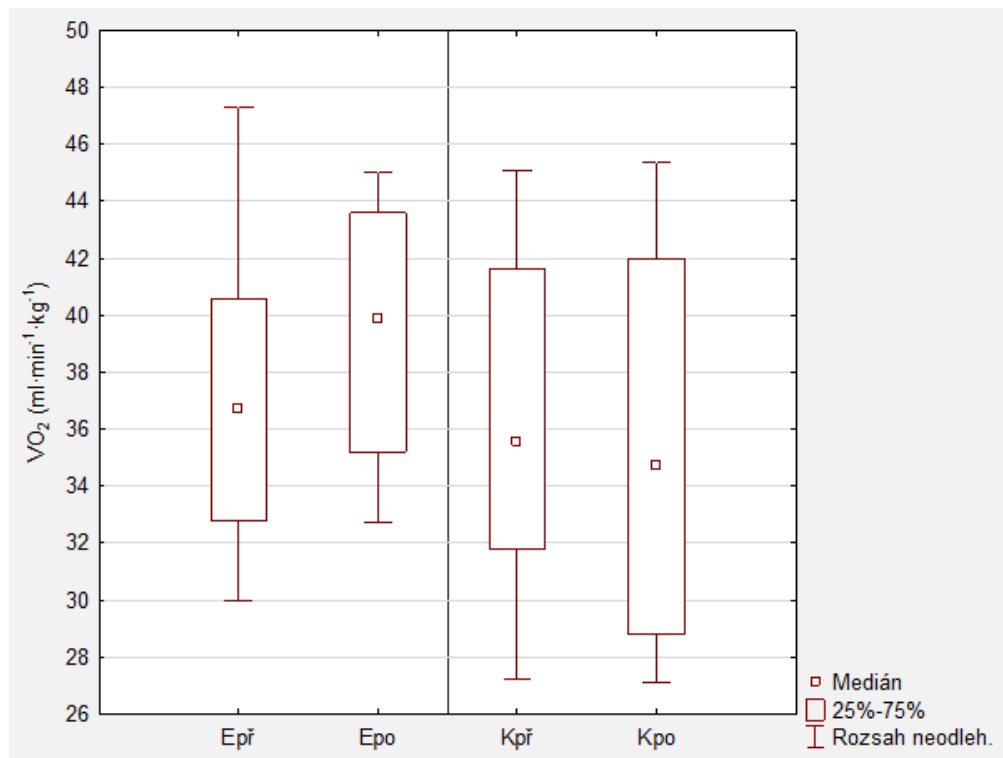
	před	po	rozdíl	$p$	$d$
$VO_2$ [ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ]	$36,32 \pm 5,63$	$34,93 \pm 6,24$	-1,39	0,332	0,23
RER	$0,88 \pm 0,06$	$0,89 \pm 0,03$	0,01	0,793	0,12
$v$ [ $km \cdot h^{-1}$ ]	$8,94 \pm 1,41$	$9,08 \pm 1,01$	0,14	0,608	0,11

### 5.6.1 $VO_2$ při VT1

Na obrázku č. 12 lze vidět porovnání průměrných hodnot  $VO_2$  při prvním ventilačním prahu před a po suplementaci beta-alaninem. U experimentální skupiny se hodnoty  $VO_2$  zvýšily o 7,5 % z původních hodnot před suplementací beta-alaninem:  $37,18 \pm 5,25 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , na hodnoty po suplementaci:  $39,31 \pm 4,24 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Tato změna je věcně významná s malým efektem ( $d = 0,44$ ), ale statisticky významná není ( $p = 0,321$ ). U kontrolní skupiny vyšly tyto hodnoty před sledovaným obdobím:  $36,32 \pm 5,63 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Po tomto čtyřtýdenním sledovaném období to byly hodnoty:  $34,93 \pm 6,24 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ .

## Obrázek 12

$VO_2$  při VT1 před a po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.

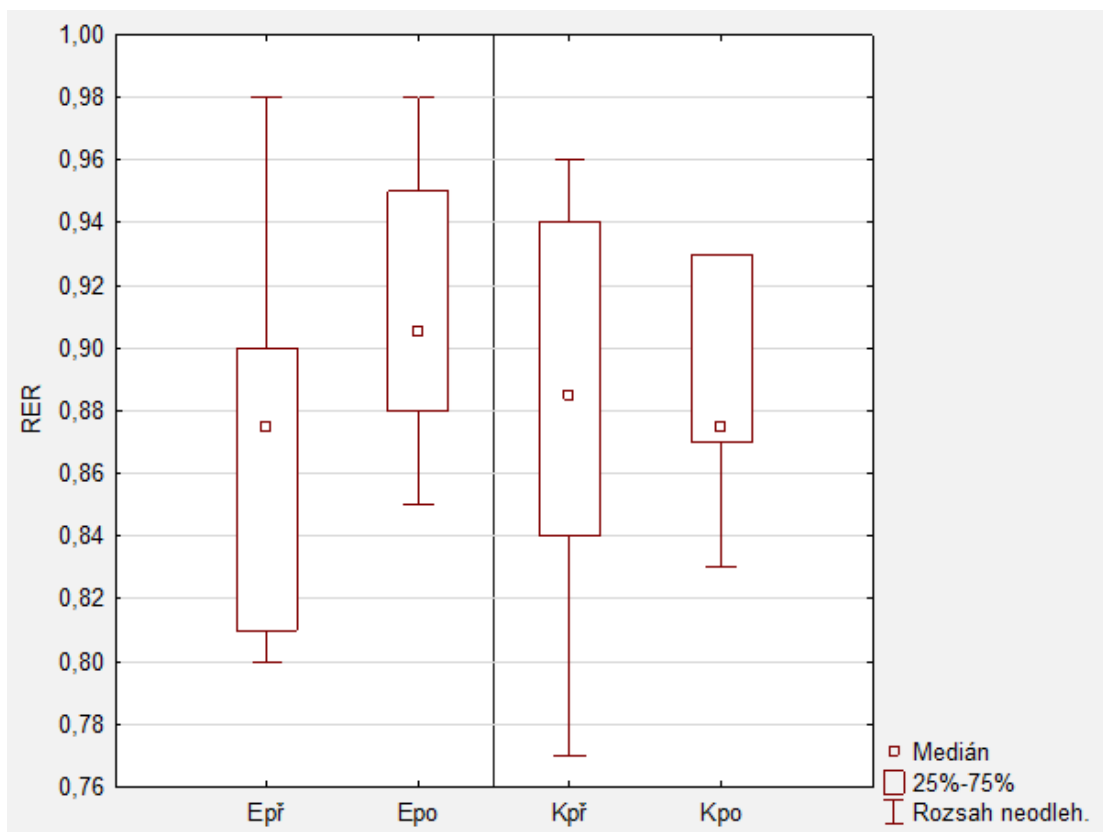


### 5.6.2 RER při VT1

Na obrázku č. 13 je zobrazen poměr respirační výměny před a po suplementaci beta-alaninem. Je patrné, že u experimentální skupiny byl poměr respirační výměny v prvním ventilačním prahu před suplementací  $0,87 \pm 0,06$ , po suplementaci to bylo  $0,91 \pm 0,04$ . U kontrolní skupiny byly naměřeny hodnoty:  $0,88 \pm 0,06$  při prvním testování a při druhém testování byly naměřeny hodnoty:  $0,89 \pm 0,03$ . Hodnoty u experimentální skupiny vyšly o 4,6 % vyšší po suplementaci beta-alaninem. Rozdíl je věcně významný s velkým efektem ( $d = 0,81$ ) a statisticky nikoliv ( $p = 0,056$ ). Kontrolní skupině se poměr respirační výměny v prvním ventilačním prahu během sledovaného období zvýšil o 1,2 %.

#### Obrázek 13

*RER při VT1 před a po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.*

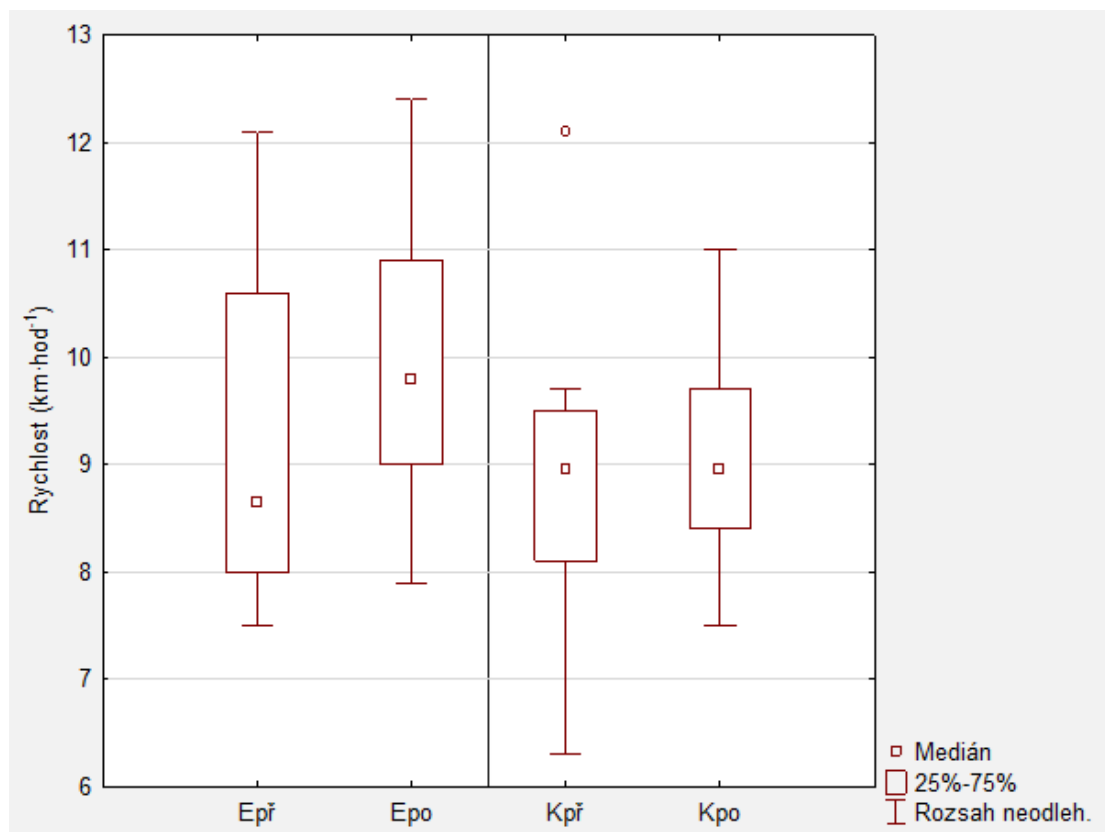


### 5.6.3 v při VT1

V prvním ventilačním prahu u experimentální skupiny vyšla před suplementací beta-alaninem aktuální rychlost běhu:  $9,38 \pm 1,63 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Po suplementaci se rychlost běhu o 7,5 % zvýšilo na hodnoty:  $9,94 \pm 1,93 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  viz obrázek č. 14. Tato změna je věcně významná s malým efektem ( $d = 0,37$ ), ale statisticky významná není ( $p = 0,245$ ). U kontrolní skupiny vyšly relativní hodnoty před sledovaným obdobím:  $8,94 \pm 1,41 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Po sledovaném období to byly hodnoty:  $9,08 \pm 1,01 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Zde se rychlost zvýšila o 2,6 %.

### Obrázek 14

Rychlost běhu při VT1 před a po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.



## 5.7 Druhý ventilační práh

V druhém ventilačním prahu jsme se zaměřili na hodnoty  $VO_2$ , RER a rychlosti běhu ( $v$ ). Tabulka č. 5 znázorňuje výsledky probandů, kteří byli zařazeni do experimentální skupiny. V tabulce také lze vidět, zda výsledky byly statisticky nebo věcně významné. Tabulka č. 6 znázorňuje výsledky a rozdíl hodnot kontrolní skupiny před a po suplementaci beta-alaninem.

**Tabulka 5**

*Výsledky experimentální skupiny před a po suplementaci*

	před	po	rozdíl	<i>p</i>	<i>d</i>
$VO_2$ [ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ]	51,05 ± 6,64	53,91 ± 5,78	2,86	0,129	0,46
RER	1,07 ± 0,04	1,09 ± 0,06	0,02	0,538	0,30
$v$ [ $km \cdot h^{-1}$ ]	13,10 ± 1,27	13,81 ± 1,39	0,71	0,052	0,53

**Tabulka 6**

*Výsledky kontrolní skupiny před a po suplementaci*

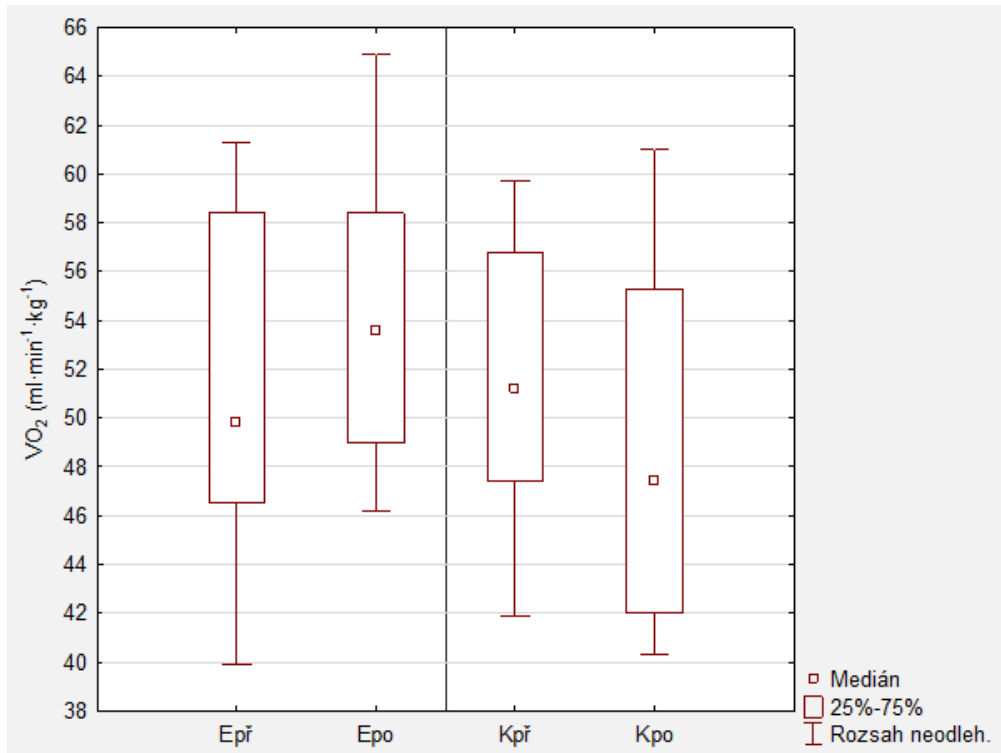
	před	po	rozdíl	<i>p</i>	<i>d</i>
$VO_2$ [ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ]	51,84 ± 5,64	48,75 ± 7,33	-3,09	0,038	0,47
RER	1,06 ± 0,09	1,09 ± 0,04	0,03	0,852	0,07
$v$ [ $km \cdot h^{-1}$ ]	13,16 ± 1,63	12,95 ± 1,68	-0,21	0,526	0,13

### 5.7.1 $VO_2$ při VT2

Na obrázku č. 15 lze vidět porovnání průměrných hodnot  $VO_2$  při druhém ventilačním prahu před a po suplementaci beta-alaninem. Probandi experimentální skupiny dosáhli před začátkem suplementace relativních hodnot  $VO_2$ :  $51,05 \pm 6,64 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , po ukončení suplementace:  $53,91 \pm 5,78 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . V průběhu suplementace beta-alaninu došlo k průměrnému zvýšení hodnoty  $VO_2$  o 6,5 %. U kontrolní skupiny byly naměřeny před sledovaným obdobím tyto hodnoty:  $51,84 \pm 5,64 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , po konci sledovaného období:  $48,75 \pm 7,33 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . V průběhu sledování tedy došlo u kontrolní skupiny ke snížení hodnoty  $VO_2$  o 6,1 %. Změna hodnot  $VO_2$  vlivem suplementace beta-alaninu je věcně významná s malým efektem ( $d = 0,46$ ). Statisticky významná již není ( $p = 0,129$ ).

### Obrázek 15

$VO_2$  při VT2 před a po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.

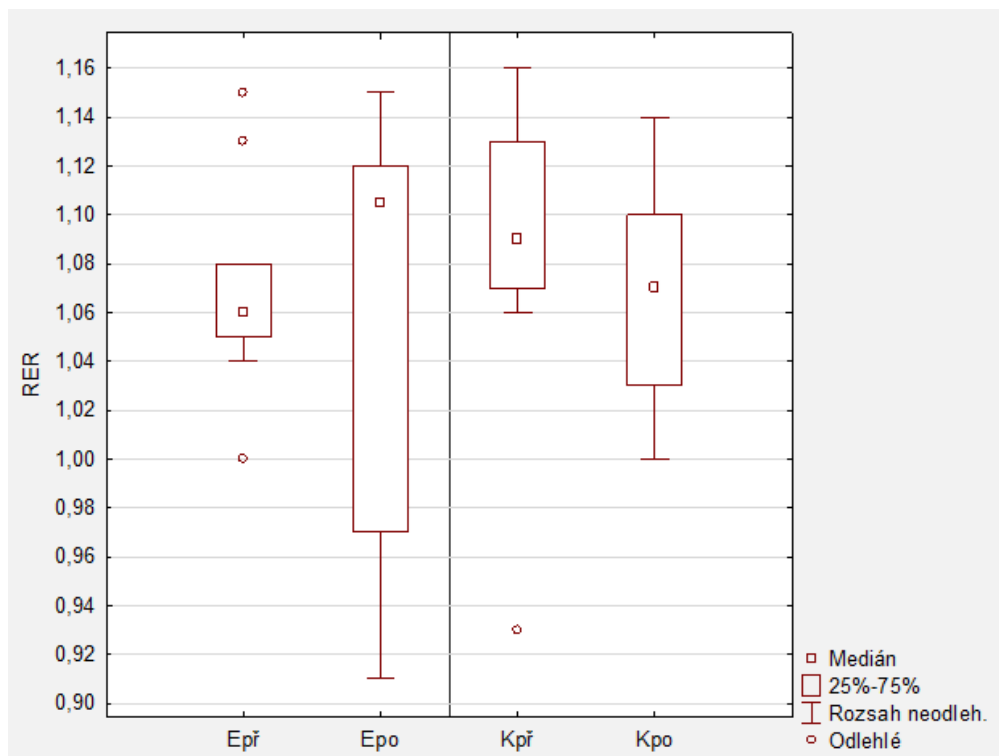


### 5.7.2 RER při VT2

Na obrázku č. 16 je zobrazen poměr respirační výměny při druhém ventilačním prahu před a po suplementaci beta-alaninem. Je patrné, že u experimentální skupiny byl poměr respirační výměny v druhém ventilačním prahu před suplementací  $1,07 \pm 0,04$ , po suplementaci to bylo  $1,09 \pm 0,06$ . U kontrolní skupiny byly naměřeny hodnoty:  $1,06 \pm 0,09$  při prvním testování a při druhém testování byly naměřeny hodnoty:  $1,09 \pm 0,04$ . Hodnoty u experimentální skupiny vyšly o 1,5 % vyšší po suplementaci beta-alaninem. Rozdíl je věcně významný s malým efektem ( $d = 0,30$ ) a statisticky nikoliv ( $p = 0,538$ ). Kontrolní skupině se poměr respirační výměny v druhém ventilačním prahu během sledovaného období zvýšil o 1 %.

#### Obrázek 16

*RER při VT2 před a po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.*

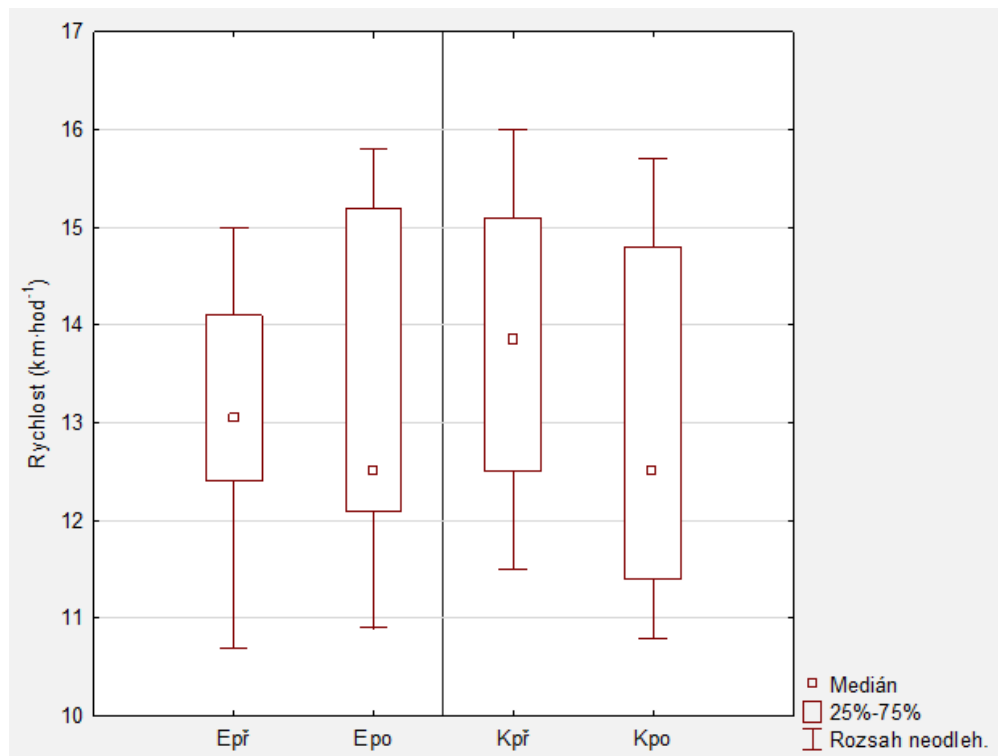


### 5.7.3 v při VT2

Ve druhém ventilačním prahu u experimentální skupiny vyšla před suplementací beta-alaninem aktuální rychlost běhu:  $13,10 \pm 1,27 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Po suplementaci se rychlost běhu o 5,7 % zvýšilo na hodnoty:  $13,81 \pm 1,39 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  viz obrázek č. 17. Tato změna je věcně významná se středním efektem ( $d = 0,53$ ), ale statisticky významná není ( $p = 0,052$ ). U kontrolní skupiny došlo ke změně rychlosti běhu při VT2 o 1,4 %, z hodnot naměřených před suplementací:  $13,16 \pm 1,63 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  na hodnoty po suplementaci:  $12,95 \pm 1,68 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

#### Obrázek 17

Rychlost běhu při VT2 před a po suplementaci u experimentální i kontrolní skupiny.





## 6 Diskuse

Suplementace beta-alaninu je oblíbeným tématem v oblasti sportovní výživy, a to zejména kvůli jejímu předpokládanému efektu, který může zvyšovat sportovní výkon prostřednictvím zvýšení hladiny karnosinu ve svalech, což vede k lepší pufrovací kapacitě a potenciálně k oddálení únavy (Derave et al., 2010; Hobson et al., 2012). Karnosin, který je syntetizován z beta-alaninu a histidinu, hraje klíčovou roli při regulaci pH ve svalech během intenzivních fyzických aktivit. Zvýšení hladiny karnosinu může pomoci snížit akumulaci laktátu a iontů vodíku, což může přispět k lepšímu výkonu a odolnosti vůči únavě. Studie ukázaly, že suplementace beta-alaninem může vést ke zvýšenému obsahu karnosinu ve svalech, což je spojeno se zlepšením výkonnosti v krátkodobých vysokointenzivních aktivitách a snížením míry únavy během opakovaných rychlostních aktivit (Hill et al., 2007; Derave et al., 2007). Tyto výsledky naznačují, že beta-alaninová suplementace může být užitečným nástrojem pro sportovce, kteří se účastní disciplín vyžadujících opakovaně krátkodobé explozivní výkony.

Předchozí studie (Smith et al., 2019; Saunders et al., 2020) ukázaly, že suplementace beta-alaninu může zlepšovat výkon ve vybraných sportovních disciplínách u dospělých atletů. Naše výsledky naznačují, že podobný efekt by mohl být přítomen i u adolescentních sportovců, což je zajímavé zjištění, neboť tato kategorie byla v předchozích studiích často přehlížena. Tato zjištění posilují důležitost zkoumání účinků doplňků stravy na sportovní výkon u různých věkových skupin a naznačují potenciální přínos beta-alaninové suplementace pro mladé sportovce v oblasti zlepšení výkonnosti a tréninkové adaptace.

Tématem suplementace beta-alaninu adolescenty se zabýval Brisola et al. (2016), který došel k závěru, že 4 týdny suplementace  $\beta$ -alaninu přinesly smíšené výsledky u adolescentních hráčů vodního póla, což vyšlo i v naší práci.

V naší studii jsme pozorovali parametry  $VO_{2max}$ , čas do vyčerpání, poměr respirační výměny, maximální srdeční frekvenci a nástup prvního a druhého ventilačního prahu u skupiny suplementované beta-alaninem ve srovnání s kontrolní skupinou. I když  $VO_{2max}$  vzrostlo jen minimálně, hlavním zjištěním bylo, že čtyřtýdenní suplementace beta-alaninem významně zvýšila čas do vyčerpání a to o 7,4 % ve srovnání se zvýšením v kontrolní skupině o 4,4 %. Hodnoty jsou s malým efektem věcně i statisticky významné.

U žádných dalších parametrů nám již nevyšla statistická významnost. Poměr respirační výměny při prvním ventilačním prahu se u probandů po suplementaci zvýšil o 4,6 %, tudíž je to věcně významné s velkým efektem. Dalším parametrem, který se po suplementaci beta-alaninem s malým efektem věcně významně zvýšil, byla koncentrace laktátu v krvi odebíraný po 3 minutách od ukončení zátěžového testu. Díky suplementaci beta-alaninu se probandi dostali do většího vyčerpání, tudíž došlo k nárůstu hodnoty laktátu v krvi. Střední efekt věcné významnosti měla rychlost při druhém ventilačním prahu. Zde se rychlost běhu zvýšila u experimentální skupiny o 5,6 %.

Nová zjištění v naší práci souhlasí s již provedenými výzkumy, které naznačují, že suplementací beta-alaninu se zvyšuje čas do vyčerpání, navzdory triviálnímu až nulovému účinku na  $\dot{V}O_{2max}$  během aerobního výkonu (Sale et al., 2011; Zoeller et al., 2007). Tyto výsledky podporují hypotézu, že beta-alanin může hrát roli v aerobním výkonu prostřednictvím jeho pufrovací funkce a schopnosti oddálení únavy (Baguet et al., 2010; Saunders et al., 2017). Avšak je třeba zdůraznit, že zjištěná zlepšení nebyla tak moc statisticky významná, což naznačuje, že efekt beta-alaninu může být jemný nebo ovlivněný dalšími faktory.

Pro zjištění potenciálních delších adaptačních změn v aerobním výkonu je důležité provádět delší období suplementace. Současná studie mohla být omezena kratším časovým obdobím suplementace, což může bránit v identifikaci dlouhodobých efektů beta-alaninu. Různé studie naznačují, že pro dosažení optimálního zvýšení hladiny karnosinu ve svalech a následné výkonnostního zlepšení může být nutné delší trvání suplementace (Hill et al., 2007). Z tohoto důvodu je důležité zkoumat dlouhodobé účinky beta-alaninu a pečlivě zvažovat délku suplementačního období v tréninkových cyklech mladých sportovců.

Komplexní hodnocení dlouhodobých účinků beta-alaninu u adolescentních sportovců by mohlo přinést důležité poznatky nejen pro tréninkovou praxi, ale také pro výživové strategie zaměřené na optimalizaci výkonnosti a dlouhodobého zdraví této populace. Budoucí výzkum by měl zahrnovat detailní sledování adaptačních mechanismů, aby bylo možné lépe porozumět účinkům beta-alaninu na fyziologické a výkonnostní úrovni adolescentů.

Dalším důležitým faktorem, který má vliv na interpretaci výsledků studie, je výkonnostní úroveň jednotlivých účastníků. Je dobře známo, že aerobní výkon a reakce

na suplementaci mohou variabilně reagovat v závislosti na trénovanosti sportovců. Tato variabilita může být zdrojem rozdílných odezev na beta-alaninovou suplementaci v různých skupinách sportovců.

U sportovců s vyšší úrovní tréninku a zkušeností může být efekt suplementace beta-alaninem méně výrazný. To může být způsobeno jejich již vysokou úrovní fyziologické adaptace a optimálním využitím dostupných zdrojů energie během fyzické aktivity. Naopak, u méně trénovaných jedinců, kteří mohou mít nižší úroveň karnosinu ve svalech a méně efektivní systém pufrování vodíkových iontů, může být pozorován větší rozdíl v reakci na beta-alaninovou suplementaci. Důležité je brát v úvahu individuální vlastnosti a úroveň tréninku sportovců při interpretaci výsledků studie. Tento faktor by měl být zohledněn při navrhování a provádění budoucích výzkumných studií v oblasti vlivu beta-alaninu na výkonnostní parametry. Navíc by měla být věnována pozornost identifikaci faktorů, které mohou ovlivňovat individuální odezvu na suplementaci beta-alaninem, včetně genetických predispozic, fyziologických charakteristik a tréninkové historie. Takový přístup by umožnil lepší porozumění variabilní povahy reakce na beta-alanin mezi jednotlivými sportovci a poskytl by cenné informace pro individualizaci suplementačních strategií v rámci tréninkové praxe.

Tato studie se také zaměřila pouze na aerobní disciplíny, což je důležité brát v úvahu při extrapolaci výsledků na jiné sporty. Výsledky této studie nemusí být přímo aplikovatelné na sporty, které jsou více anaerobní povahy nebo vyžadují různé energetické systémy. Sporty jako například vzpírání, sprinty na krátké tratě nebo kulturistika mohou mít jiné požadavky na energetické systémy a metabolické procesy než aerobní disciplíny, jako je dlouhodobý běh nebo cyklistika.

V souvislosti s dosavadními poznatky literatury jsme zjistili, že některé studie nepotvrzují významné zlepšení výkonu v důsledku beta-alaninové suplementace. Například v jedné studii, kterou provedl Smith et al. (2009) se sledovalo šest týdnů intervalového tréninku s vysokou intenzitou u rekreačně trénovaných vysokoškolských mužů. Skupina konzumující 6 g beta-alaninu denně zaznamenala 18,7% nárůst v čase do vyčerpání během testu  $\dot{V}O_{2max}$ , zatímco skupina konzumující placebo zaznamenala 15,1% nárůst. Tato zjištění ukazují na variabilitu v reakci jednotlivých jedinců na beta-alaninovou suplementaci a naznačují, že účinek beta-alaninu může být ovlivněn řadou faktorů, včetně tréninkového statusu, dávkování a délky suplementace. Tyto

výsledky zdůrazňují nutnost dalšího výzkumu a individualizace suplementačních strategií pro různé skupiny sportovců.

Mezi limity této práce patří malý vzorek probandů a neschopnost ovlivnit vnější faktory, které mohou ovlivňovat výsledky. Malý vzorek může snižovat statistickou sílu analýz a ztěžovat generalizaci výsledků na širší populaci adolescentních sportovců. Dále neschopnost ovlivnění vnějších faktorů, jako jsou individuální stravovací návyky, tréninkový režim a další životní podmínky, může znamenat, že některé potenciálně důležité proměnné nebyly brány v úvahu nebo kontrolovány v rámci studie. Rozšíření vzorku v budoucích studiích by proto mohlo přispět k lepšímu pochopení rozsahu účinků beta-alaninu u adolescentní populace a umožnit robustnější závěry.

## 7 Závěr

Cílem naší práce bylo zjištění vlivu čtyřtýdenní suplementace beta-alaninu na aerobní kapacitu, ventilační parametry a hodnoty laktátu při maximálním zátěžovém testu u elitních dospívajících běžců.

Prokázali jsme, že díky zvýšené pufrovací kapacitě organismu v důsledku suplementace beta-alaninu, došlo k významnému prodloužení doby maximálního stupňovaného zátěžového testu. Tato hypotéza se tedy potvrdila. Toto zjištění naznačuje, že beta-alanin může hrát pozitivní roli při zvyšování vytrvalostního výkonu. V našem výzkumu došlo ke zvýšení maximálního aerobního výkonu, díky zvýšené pufrovací kapacitě, ale toto zvýšení není statisticky významné. Tato hypotéza se tedy nepotvrdila. Ve třetí hypotéze jsme předpokládali, že díky zvýšené pufrovací kapacitě organismu v důsledku suplementace beta-alaninu, dojde k oddálení nástupu druhého ventilačního prahu. Již zmíněné oddálení nebylo statisticky významné, proto se třetí hypotéza také nepotvrdila.

Navzdory limitům má však tato práce význam pro praxi, protože naznačuje, že beta-alaninová suplementace může být užitečným nástrojem pro zlepšení vytrvalostního výkonu a dosažení lepších sportovních výsledků u adolescentních sportovců. Tato zjištění mohou být cenná pro trenéry, fyzioterapeuty a další odborníky v oblasti sportovní výkonnosti, kteří hledají efektivní strategie pro podporu tréninku a výkonnosti mladých sportovců. Doporučuje se však provádět další výzkum s většími vzorky a podrobnějším sledováním tréninkových a stravovacích režimů, aby bylo možné lépe porozumět účinkům beta-alaninu u adolescentní populace a maximalizovat jeho potenciál pro sportovní výkonnost a zdraví.

## Referenční seznam literatury

- Baguet, A., Bourgois, J., Vanhee, L., Achten, E., & Derave, W. (2010). Important role of muscle carnosine in rowing performance. *Journal of applied physiology*, *109*(4), 1096–1101.
- Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Šteffl, M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže*. UK FTVS.
- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(1), 70–84.
- Bernaciková, M. (2012). *Fyziologie*. Brno: Masarykova univerzita.
- Beunen, G. (2009). Physical growth, maturation and performance. In *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: Tests, procedures and data 97–124*. Routledge.
- Brisola, G. M., Artioli, G. G., Papoti, M., & Zagatto, A. M. (2016). Effects of Four Weeks of  $\beta$ -Alanine Supplementation on Repeated Sprint Ability in Water Polo Players. *PLoS One*, *11*, e0167968.
- Claus, G. M., Redkva, P. E., Brisola, G. M. P., Malta, E. S., de Poli, R. A. B., Miyagi, W. E., & Zagatto, A. M. (2017). Beta-Alanine Supplementation Improves Throwing Velocities in Repeated Sprint Ability and 200-m Swimming Performance in Young Water Polo Players. *Pediatric Exercise Science*, *29*(2), 203–212.
- De Andrade Kratz, C., de Salles Painelli, V., de Andrade Nemezio, K. M., da Silva, R. P., Franchini, E., Zagatto, A. M., Gualano, B., & Artioli, G. G. (2017). Beta-alanine supplementation enhances judo-related performance in highly-trained athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(4), 403–408.
- Derave, W., Everaert, I., Beekman, S., & Baguet, A. (2010). Muscle carnosine metabolism and beta-alanine supplementation in relation to exercise and training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *40*(3), 247–263.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2012). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dvořák, M., Drašar, P., & Horáček, J. (2015). *Fyziologie pro bakalářské obory*. Grada Publishing.
- Gould, D., Jackson, S., & Finch, L. (1993). Sources of stress in national champion figure skaters. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, *15*(2), 134–159.
- Harris, R. C., Tallon, M. J., Dunnett, M., Boobis, L., Coakley, J., Kim, H. J., & Wise, J. A. (2006). The absorption of orally supplied  $\beta$ -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino acids*, *30*, 279–289.
- Havlíčková, L. (2004). *Fyziologie tělesné zátěže*. 2. vydání. Praha: Karolinum.
- Havlíčková, L., Bartůňková, S., Dvořák, R., Melichna, J., Šrámek, P., & Vránová, J. (1994). *Fyziologie tělesné zátěže I*. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- Hawley, J. A., Hargreaves, M., Joyner, M. J., & Zierath, J. R. (2018). Integrative biology of exercise. *Cell*, *159*(4), 738–749.
- Heller, J. (1996). *Fyziologie tělesné zátěže "II: speciální část-3. díl*. Karolinum.
- Heller, J. (2018). *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu: východiska, aplikace a interpretace*. Karlova univerzita v Praze, Karolinum Press.

- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat. Analýza a metaanalýza dat*. Portál.
- Heugas, A. M., Nummela, A., Amorim, M. A., & Billat, V. (2007). Multidimensional analysis of metabolism contributions involved in running track tests. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(5), 280–287.
- Hill, C. A., Harris, R. C., Kim, H. J., Harris, B. D., Sale, C., Boobis, L. H., Kim, C. K., & Wise, J. A. (2007). Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino acids*, 32(2), 225–233.
- Hobson, R. M., Saunders, B., Ball, G., Harris, R. C., & Sale, C. (2012). Effects of  $\beta$ -alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino acids*, 43(1), 25–37.
- Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56(4), 831–838.
- Hoppeler, H., & Flück, M. (2003). Plasticity of skeletal muscle mitochondria: Structure and function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 95–104.
- Jeukendrup, A. E., & Wallis, G. A. (2005). Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. *International Journal of Sports Medicine*, 26(Suppl 1), S28–S37.
- Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., & Kreider, R. B. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38.
- Kleiner, S. M. (2010). Sports Nutritionist. *Praeger Handbook of Sports Medicine and Athlete Health*, 3, 71.
- Kleiner, S., & Robinson, M. (2010). *Fitness výživa* (1. vydání).
- Langmeier, M. (2009). *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada.
- Levine, B. D. (2008). VO<sub>2</sub>max: What do we know, and what do we still need to know? *Journal of Physiology*, 586(1), 25–34.
- Máček, M., & Máčková, J. (2002). *Fyziologie tělesných cvičení*. Brno: Masarykova univerzita v Brně.
- Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13–15 years. *European journal of applied physiology*, 91, 555–562.
- Mann, D. L. (2014). pH homeostasis and buffers. In: Mann DL, Zipes DP, Libby P, et al., eds. *Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. 10th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; chap 13.
- Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Garnacho-Castaño, H. V., Veiga-Herreros, P., Lozano-Estevan, M. D. C., García-Fernández, P., de Jesús, F., Guodemar-Pérez, J., San Juan, A. F., & Domínguez, R. (2018). Effects of  $\beta$ -alanine supplementation during a 5-week strength training program: a randomized, controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15, 19–19.
- Měkota, K. (2005). *Fyziologie sportu a pohybového tréninku*. Grada
- Měkota, K. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Milioni, F., Redkva, P. E., Barbieri, F. A., & Zagatto, A. M. (2017). Six weeks of  $\beta$ -alanine supplementation did not enhance repeated-sprint ability or technical performances in young elite basketball players. *Nutrition and Health*, 23(2), 111–118.

- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(8), 1479–1486.
- Rokyta, R. (2016). *Fyziologie*. 3 přeprac. vyd. Praha: Galén. 434 s.
- Sale, C., Saunders, B., & Harris, R. C. (2010). Effect of beta-alanine supplementation on muscle carnosine concentrations and exercise performance. *Amino acids*, 39, 321–333.
- Sale, C., Saunders, B., Hudson, S., Wise, J. A., Harris, R. C., & Sunderland, C. D. (2011). Effect of  $\beta$ -alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(10), 1972–1978.
- Saunders, B., Elliott-Sale, K., Artioli, G. G., Swinton, P. A., Dolan, E., Roschel, H., & Gualano, B. (2017).  $\beta$ -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 51(8), 658–669.
- Saunders, B., Franchi, M., de Oliveira, L. F., da Eira Silva, V., da Silva, R. P., de Salles Painelli, V., Costa, L. A. R., Sale, C., Harris, R. C., Roschel, H., Artioli, G. G., & Gualano, B. (2020). 24-Week  $\beta$ -alanine ingestion does not affect muscle taurine or clinical blood parameters in healthy males. *European journal of nutrition*, 59(1), 57–65.
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(2), 377–390.
- Smith, A. E., Moon, J. R., Kendall, K. L., Graef, J. L., Lockwood, C. M., Walter, A. A., & Stout, J. R. (2009). The effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on neuromuscular fatigue and muscle function. *European journal of applied physiology*, 105, 357–363.
- Smith, C. R., Harty, P. S., Stecker, R. A., & Kerksick, C. M. (2019). A pilot study to examine the impact of beta-alanine supplementation on anaerobic exercise performance in collegiate rugby athletes. *Sports*, 7(11), 231.
- Suresh, K. (2011). An overview of randomization techniques: An unbiased assessment of outcome in clinical research. *Journal of Human Reproductive Sciences*, 4(1), 8–11.
- Várnay, F., Homolka, P., Mířková, L., & Dobřák, P. (2020). *Spiroergometrie v kardiologii a sportovní medicíně*.
- Whelton, S. P., Chin, A., Xin, X., & He, J. (2002). Effect of aerobic exercise on blood pressure: A meta-analysis of randomized, controlled trials. *Annals of Internal Medicine*, 136(7), 493–503.
- Wylleman, P., & Lavallee, D. (2004). A developmental perspective on transitions faced by athletes. *Developmental sport and exercise psychology: A lifespan perspective*, 507–527.
- Zoeller, R. F., Stout, J. R., O'kroy, J. A., Torok, D. J., & Mielke, M. (2007). Effects of 28 days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on aerobic power, ventilatory and lactate thresholds, and time to exhaustion. *Amino Acids*, 33, 505–510.



## Internetové zdroje

- Byrtusová, M. (2013). *Překyselení organismu a jeho detoxikace*. Zdravotnictví a medicína. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/prekyseleni-organismu-a-jeho-detoxikace468682>.
- Compek medical services. (2024). *Vybavení funkčních laboratoří*. Přístup dne 18.1.2024, z [http://www.compek.cz/pool/vzor/upload/pdf/Katalog\\_Vybaveni\\_funkcnich\\_laboratori\\_2014\\_web.pdf](http://www.compek.cz/pool/vzor/upload/pdf/Katalog_Vybaveni_funkcnich_laboratori_2014_web.pdf).
- Cortex. (2024). *Metalyzer 3B*. Přístup dne 01.02.2024, z <http://cortex-medical.de/EN/METALYZER-3B-en.htm>.
- Dockcheck shop (2024). *Laktátoměr Scout*. Přístup zed dne 5.4.2024, z <https://www.doccheckshop.eu/laboratory/>.
- Lode (2024). *Valiant 2*. Přístup dne 5.4.2024, z <https://lodeergometry.com/product/valiant-2-cpet/>.
- Zháněl, J. (2003). *Antropomotorika*. Přístup ze dne 5.2.2024, z <http://www.pef.zcu.cz/pef/ktv/pages/antropalzhanel.pdf>.

## **Seznam zkratk**

ATP – adenosintrifosfát

pH – potenciál vodíku

RER – poměr respirační výměny

RER final – konečný poměr respirační výměny

VO<sub>2</sub> – objem kyslíku (ml), který je spotřebován tělem za jednotku času (min)

VO<sub>2max</sub> – maximální objem kyslíku, který je spotřebován tělem za jednotku času

VT1 – ventilační práh jedna

VT2 – ventilační práh dvě

# Přílohy

## Příloha 1. Schválení etické komise



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Etická komise Pedagogické fakulty  
Ethics Board of the Faculty of Education

### Vyjádření Etické komise PF JU

Složení komise	
Předsedkyně:	doc. PhDr. Renata Malátová, Ph.D., Katedra tělesné výchovy a sportu
Členové:	RNDr. Martina Hrušková, Ph.D., Katedra biologie
	doc. PhDr. Dalibor Kučera, Ph.D., Katedra psychologie
	Mgr. Marek Šebeš, Ph.D., Katedra společenských věd

Projekt s názvem „Vliv suplementace  $\beta$ -alaninu u výkonnostních sportovců“ byl Etickou komisí PF JU posouzen pod jednacím číslem: EK026/2023, dne: 13. 4. 2023.

Etická komise PF JU zhodnotila předložený projekt a **usnesla se, že způsob realizace posuzovaného projektu uvedený v žádosti nevykazuje rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními standardy pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky, pročež vydává toto souhlasné vyjádření pro výzkum realizovaný do 12. 4. 2028.**

The Ethics Committee of the Faculty of Education of the University of South Bohemia has studied the submitted project and has come to the conclusion that the project does not contradict existing principles, rules and regulations or international standards for carrying out research involving human participants. That is why the committee issues this consent for research carried out until 12th April 2028.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
PEDAGOGICKÁ FAKULTA  
DEKANÁT

razítko PF JU

podpis předsedy Etické komise PF JU

Dne 13. 4. 2023

Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých  
Budějovicích  
Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice  
Česká republika, www.pf.jcu.cz

## Příloha 2. Informovaný souhlas

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů 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, se na Vás obracím s prosbou o spolupráci a vyjádření souhlasu s Vaší participací (participací Vašeho dítěte) na výzkumu zaměřeném na ověření vlivu komerčně užívaných doplňků stravy na výkon. Výsledky budou sloužit nejen jako podklad pro další prohloubení poznatků v této oblasti, ale také pro Vaši potřebu.

V případě jakýchkoliv dotazů mne prosím neváhejte kontaktovat (dmarko@pf.jcu.cz, tel.: 776 220 563).

**Stručně shrnutí designu výzkumu: „Vliv beta-alaninu na aerobní zátěž.“ (pracovní název)**

**Hlavní cíle výzkumu:**

- ověřit, zda dvoutýdenní a čtyřtýdenní suplementace beta-alaninem vede ke zvýšení výkonnosti při aerobním zatížení

**Co je beta-alanin?**

- Aminokyselina, která se přirozeně tvoří v játrech, či je obsažena převážně v mase
- Suplement schválený Mezinárodní společností sportovní výživy (ISSN) jako zdravotně nezávadný
- Jedna ze dvou základních látek nutné ke tvorbě karnosinu – dipeptidu sloužícího k regulaci kyselosti organismu

**Popis průběhu výzkumu:**

- a) zátěžové testování před začátkem intervence – spirometrické testování na běhátku a odběr laktátu
- b) konzumace beta-alaninu ve stanovených dávkách,
- c) po ukončení intervenčního programu opakování zátěžového testu,
- d) tréninkové zatížení po celou dobu výzkumu bude standardní, dle plánu sestaveného trenérem Petrem Bahenským.

Jedná se tedy o invazivní i neinvazivní metody. Invazivní metoda (odběr laktátu) bude prováděn školeným odborníkem. Celková délka zátěže na běžecím ergometru je maximálně 16 minut. V průběhu testu má participant možnost kdykoliv test přerušit předem domluveným signálem, a to zvednutím ruky.

Výsledky vstupního i výstupního vyšetření měření bude možné získat na základě písemné žádosti o jejich předložení. Je nutné však upozornit, že žádost je nezbytné podat do 3 dnů po uskutečnění testování, po této době budou data anonymizována a jejich předložení nebude možné. Žádost o předložení výsledků vyšetření lze podat po dokončení testování či pomocí mailové schránky (dmarko@pf.jcu.cz). Naměřená data mohou účastníkům sloužit ke zjištění fyzické kondice a efektu beta-alaninu na výkon. Získaná data budou anonymizována, zpracována, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v bakalářských a diplomových pracích, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích.

**Udělení informovaného souhlasu s účastí ve výzkumné studii „Vliv tréninkového kempu ve vysokohorském a středohorském prostředí na výkonnost atletů.“ (pracovní název)**

Obsahem tohoto formuláře je Váš souhlas s Vaší účastí (účastí Vašeho dítěte) ve výzkumné studii, prováděné za účelem získání informací o vlivu komerčně užívané suplementace na aktuální změny výkonnosti a fyziologické ukazatele.

Prohlašuji, že jsem byl/a seznámen/a s podmínkami účasti na výzkumu „Vliv beta-alaninu na aerobní zátěž.“ a souhlasím s participací mého dítěte (mojí) na tomto výzkumu.

Souhlasím, že poskytnu následující osobní data: datum narození. Vyhrazuji si však, že všechna uvedená data budou podléhat povinné mlčenlivosti ze strany řešitele a budou do tří dnů po předání anonymizována. Rovněž beru na vědomí, že mohu mou účast (úcast mého dítěte) na výzkumu kdykoliv, podle svého vlastního uvážení zrušit.

Zákonný zástupce či plnoletý účastník:

Stvrzuji svým podpisem, že jsem si přečetl tento formulář a uděluji souhlas k mé účasti/mého dítěte ve výše popsané výzkumné studii.

Nezletilý účastník:

Dne..... Jméno a příjmení zákonného zástupce ..... Jméno a příjmení dítěte .....  
Podpis.....

Zletilý účastník:

Dne..... Jméno a příjmení .....  
Podpis.....

Dne..... Řešitel: Mgr. David Marko  
Podpis.....

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, z nichž jeden obdrží zákonný zástupce, druhý řešitel. Pro potřeby ostatních subjektů, podílejících se na diagnostice, se poskytuje (řešitelem výzkumu potvrzená) kopie tohoto dokumentu.