

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

VLIV SUPLEMENTACE KREATIN MONOHYDRÁTU NA VYSOCE INTENZIVNÍ  
INTERMITENTNÍ POHYBOVÝ VÝKON U MLADÝCH FOTBALISTŮ

Diplomová práce

(bakalářská)

Autor: Jakub Hrabal, učitelství pro základní školy,  
tělesná výchova – výchova ke zdraví se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: Mgr. Svatoslav Valenta

Olomouc 2017

## BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Jméno a příjmení autora:</b>      | Jakub Hrabal  |
| <b>Název diplomové práce:</b>        | Vliv suplementace kreatin monohydrátu na vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon u mladých fotbalistů. |
| <b>Pracoviště:</b>                   | Katedra přírodních věd v kinantropologii  |
| <b>Vedoucí diplomové práce:</b>      | Mgr. Svatoslav Valenta  |
| <b>Rok obhajoby diplomové práce:</b> | 2017  |

**Abstrakt:** Cílem této práce bylo zjistit, zda má krátkodobá (5 denní) suplementace kreatin monohydrátu vliv na vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon u mladých fotbalistů ( $n = 16$ ) ve věku od 17 do 19 let. V pre-testu absolvoval každý jedinec intermitentní anaerobní test na bicyklovém ergometru (IAnBT), sestávající z deseti 6-sekundových sprintů s 30-sekundovým odpočinkem mezi sprinty. Poté byli probandi náhodně rozděleni do kreatin skupiny (CrS, 4 x 5 g kreatinu monohydrátu + 15 g dextrózy x 5 dnů) nebo do placebo skupiny (PlaS, 4 x 20 g maltodextrinu x 5 dnů) a po pěti dnech suplementace následoval post-test. Výsledky ukázaly, že suplementace kreatin monohydrátu nemá pozitivní účinek na vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon, neboť nedošlo k signifikantnímu zvýšení hodnot u žádného parametru v IAnBT. Bylo však zjištěno signifikantní ( $p < 0,05$ ) snížení pozátěžové hladiny laktátu v krvi u CrS. Na základě těchto zjištění se zdá, že krátkodobá suplementace kreatin monohydrátu nemá pro adolescentní fotbalisty žádný významný benefit.

**Klíčová slova:** kreatin, doplňky stravy, intermitentní vysoce intenzivní pohybový výkon, sportovní hry, fotbal

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

## BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION

**Author's first name and surname:** Jakub Hrabal

**Title of the bachelor thesis:** The effect of creatine monohydrate supplementation on high intensity intermittent exercise in adolescent soccer players.

**Department:** Department of Natural Science in Kinanthropology

**Supervisor:** Mgr. Svatoslav Valenta

**The year of presentation:** 2017

**Abstract:** The aim of the bachelor thesis was to find out whether a short-term (five-day) supplementation of creatine monohydrate has any influence on the high intensity intermittent movement performance of adolescent footballers (n = 16) aged 17 to 19 years. In the pre-test, each individual passed an intermittent anaerobic test on a bicycle ergometer (IAnBT), consisting of ten six-second sprints with a 30-second split between sprints. Then the probands were randomly assigned to the creatine group (CrS, 4x5g creatine monohydrate + 15g dextrose x 5 days) or to the placebo group (PlaS, 4x20g maltodextrin x 5 days) and after five days of supplementation a post-test followed. The results showed that creatine monohydrate supplementation did not have any positive effect on high intensity intermittent exercise, as there was no significant increase in any parameter in IAnBT. However, there was a significant ( $p < 0.05$ ) reduction of lactate level in blood after exertion in the CrS group. Based on these findings, short-term creatine monohydrate supplementation seems to be of no benefit to adolescent footballers.

**Keywords:** creatine, dietary supplements, high intensity intermittent exercise, sports games, football

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Svatoslava Valenty, uvedl všechny použité literární, odborné a jiné informační zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 12. července 2017

.....

Rád bych poděkoval Mgr. Svatoslavu Valentovi za jeho odbornou pomoc a průběžnou kontrolu při psaní mé diplomové práce.

# OBSAH

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | ÚVOD .....   | 7  |
| 2     | SYNTÉZA POZNATKŮ .....   | 8  |
| 2.1   | Historie .....   | 8  |
| 2.2   | Chemické složení kreatinu .....  | 9  |
| 2.3   | Metabolismus kreatinu v lidském těle .....                                       | 9  |
| 2.4   | Role kreatinfosfátu (CP) v kosterním svalu .....                                 | 11 |
| 2.5   | Suplementace kreatinu .....  | 13 |
| 2.5.1 | Suplementace kreatinu a inzulín .....  | 15 |
| 2.5.2 | Suplementace kreatinu a nárůst tělesné hmotnosti .....                           | 16 |
| 2.5.3 | Dávkování kreatinu .....   | 16 |
| 2.5.4 | Kreatin v běžné stravě .....   | 17 |
| 2.5.5 | Zdravotní rizika .....   | 18 |
| 2.6   | Účinek suplementace kreatinu na vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon.. | 19 |
| 3     | CÍL PRÁCE .....  | 21 |
| 4     | METODIKA .....   | 21 |
| 4.1   | Design výzkumu .....   | 21 |
| 4.2   | Účastník .....   | 21 |
| 4.3   | Průběh měření .....  | 22 |
| 4.4   | Suplementace .....   | 22 |
| 4.5   | Statistická analýza .....  | 23 |
| 5     | VÝSLEDKY .....   | 24 |
| 6     | DISKUZE .....  | 28 |
| 7     | ZÁVĚR .....  | 30 |
| 8     | SOUHRN .....   | 31 |
| 9     | SUMMARY .....  | 32 |
| 10    | REFERENČNÍ SEZNAM .....  | 33 |
| 11    | PŘÍLOHY .....  | 38 |

# 1 ÚVOD

Od doby, kdy byla na počátku 19. století objevena nová složka kosterních svalů, později nazvaná jako kreatin (Cr), proběhla řada výzkumů, které objevily v této látce velký potenciál. Zjistilo se, že Cr má pozitivní vliv na tělesnou výkonnost a tato látka si tak získala velkou oblibu především mezi sportovci v kulturistice a fitness, kde je jeho účinek nejmarkantnější. Postupem času se však Cr rozšířil i mezi rekreační sportovce, a to především díky klesající ceně a zvýšení počtu výrobců a prodejců Cr.

Ve této práci byl zjišťován vliv kreatin monohydrátu na vysoce intenzivní interminutní pohybový výkon u fotbalistů ve věku od 17 do 19 let. V současné době je suplementace Cr výhradou především u silových sportů (Maughan & Burke, 2006). Otázkou zůstává, do jaké míry může krátkodobá suplementace kreatin monohydrátu ovlivnit tělesný výkon sportovců v intermitentních sportech.

## 2 SYNTÉZA POZNATKŮ

### 2.1 Historie

Slovo Cr pochází z řeckého kreas, což přeložíme do češtiny jako maso (Vilikus & Brandejský, 2015). Ve sportu se stal Cr populární po Olympijských hrách v Barceloně roku 1992, avšak největší rozmach v prodeji byl zaznamenán až v roce 1997, kdy bylo v USA prodáno přes 340 000 kg Cr (Maughan & Burke, 2006). Ergogenní potenciál Cr byl studován od počátku devatenáctého století, kdy francouzský vědec Michel Eugene Chevreul objevil do té doby neznámou složku kosterních svalů, později pojmenovanou jako kreatin (Rudzinskyj, 2010).

Další vědci o pár let později zjistili, že maso z divokých zvířat obsahuje mnohem více Cr, než maso zvířat domácích (Embleton & Thorne, 1999). Německý vědec von Liebig potvrdil přítomnost Cr v mase a hypoteticky upozornil na vztah mezi Cr a svalovou výkonností. Až o půl století později vědci začali syntetizovat Cr z masa a následně zkoumat účinky Cr na podporu tělesného výkonu (Rudzinskyj, 2010).

Na počátku 20. století došlo k řadě výzkumů týkajících se suplementace Cr. Nejdříve na zvířatech, kde bylo zjištěno, že většina přidaného Cr ke klasické stravě domácích koček se v jejich těle zadržela a dokázala zvýšit obsah svalového Cr o 70 % (Folin & Denis, 1914).

V dalším výzkumu bylo zjištěno, že obsah Cr v těle 80 kg muže se pohybuje kolem 140 gramů (Hahn & Meyer, 1923).

Ve dvacátých letech byl učiněn převratný objev, kdy vědci zjistili, že se Cr vyskytuje ve dvou různých formách, a to jako volný Cr (Cr-f) a fosforylovaný Cr (Kreatinfosfát). Následující léta probíhaly další výzkumy, jenž zjišťovaly funkci Cr a bylo zjištěno, že hraje hlavní roli v syntéze adenosintrifosfátu (ATP) z adenosindifosfátu (ADP) (tato reakce je nutná pro svalový stah) a dále v následném rozkladu ATP (Embleton & Thorne, 1999).



## 2.2 Chemické složení kreatinu

Cr se v těle vytváří ze tří aminokyselin, avšak sám o sobě není aminokyselinou, technicky vzato se jedná o amid, čili biologicky významnou sloučeninu obsahující dusík (Heidi & Andrea, 2011). Autoři Maughan a Burke (2006) však řadí Cr mezi aminokyseliny, konkrétně mezi methylguanidinoctové kyseliny, vyskytující se v běžné stravě. Embleton a Thorne (1999) dále uvádí, že Cr patří mezi jednu z osmi látek přirozeně se vyskytujících, derivovaných z guanidinu a také, že Cr je syntetizován ze třech aminokyselin – argininu, glycinu a methioninu, kdy z prekurzorů argininu a glycinu vzniká působením enzymů Cr (obrázek 1).



Obrázek 1. Vznik kreatinu z prekurzorů enzymatickým působením (Maughan & Burke, 2006).

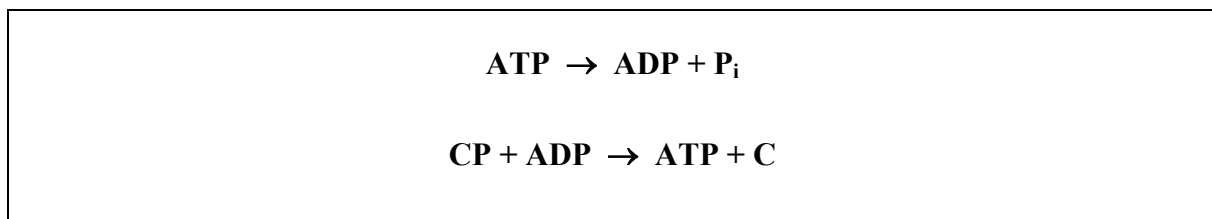
## 2.3 Metabolismus kreatinu v lidském těle

V lidském těle je přibližně 95 % celkového obsahu Cr soustředěno v kosterních svalech. Z těchto zásob je přibližně jedna třetina Cr ve formě volného kreatinu (Cr-f), zbytek je ve formě fosforylovaného kreatinu – kreatinfosfátu (CP). Tento poměr je však velice individuální a může být ovlivněn věkem, prodělanými chorobami nebo typem svalových vláken - nejvíce Cr je obsaženo ve svalových vláknech typu II. Cr musí být syntetizován mimo svaly a to z důvodu, že enzymy nezbytné pro jeho syntézu, jsou obsaženy v játrech, slinivce a ledvinách. Jakmile je syntéza Cr dokončena, začne se Cr prostřednictvím krevního oběhu ukládat zpět do svalů (Embleton & Thorne, 1999; Broad, 1998).

Z celkového množství Cr je denně využíváno cca 1,6 % (u 80 kg muže, který má v těle obsaženo cca 120 g Cr, to představuje asi 2 gramy). Tato hladina je po vyčerpání nahrazena endogenními zdroji (vlastní tělesnou syntézou), nebo exogenními zdroji (stravou). S ohledem na to, že i syntéza Cr je závislá na vnějších zdrojích, je strava s obsahem Cr velice důležitá (Embleton & Thorne, 1999).

Za den přijme člověk ze stravy zhruba 1 g Cr, kdežto jak dodává Vilikus (2015), denní spotřeba průměrného člověka je přibližně 2 g. Zbytek nedodaného Cr si tělo musí syntetizovat. Organismus má pouze omezenou schopnost syntézy Cr, a to zejména v v játrech, ledvinách a v menší míře také ve slinivce břišní a v jiných tkáních. Hlavním místem jeho tvorby jsou v lidském organismu ledviny, které doplňují potřebné množství, které nebylo dodáno tělu stravou. Syntéza probíhá z prekurzorových aminokyselin methioninu, argininu a glycinu. V případě vysokého příjmu Cr z potravy je tato syntéza utlumena (Maughan & Burke, 2006).

Vyšší disponibilita Cr vede k vyšší tvorbě kreatinfosfátu (CP) (Harris, Söderlund & Hultman, 1992; McKenna, Morton, Selig, & Snow, 1999; Stout et al., 2000). CP se oproti ATP nachází ve svalu v klidovém stavu v koncentraci přibližně 3-4krát větší. Množství ATP ve svalových buňkách je nízké a jen část z tohoto množství lze považovat za zdroj energie. V případě, že je pokles koncentrace ATP v buňkách příliš velký, dostaví se únava. Toto množství klesá v době vzniku únavy při intenzivní zátěži málokdy o více než 25-30 %. V případě, že je třeba oddálit vznik únavy, musí dojít k obnově ATP téměř stejnou rychlostí, jako probíhá jeho hydrolyza. Přenos fosfátové skupiny z CP na ADP ovlivňuje enzym kreatinkináza, kterým tento proces vede k vytvoření ATP a Cr-f. V případě nedostatku enzymu kreatinkinázy se ATP regeneruje z glukózy (Maughan & Burke, 2016; Klimešová, 2006).

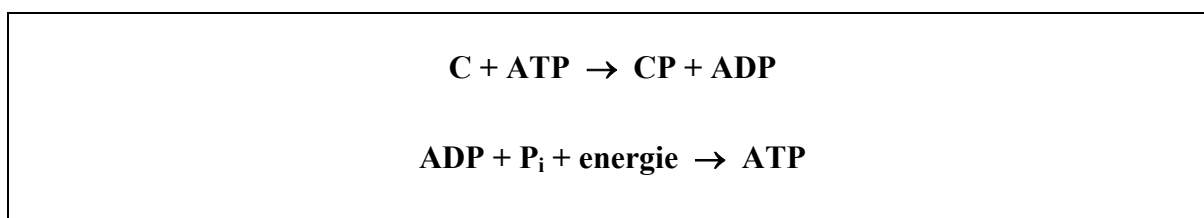


Obrázek 2. Reakce při intenzivní svalové kontrakci (Maughan & Burke, 2006).

Rychlost hydrolyzy ATP je ovlivněna silou, kterou sval vyvíjí, kdy při maximálním svalovém úsilí může přesahovat až 10 mmol/kg suché svalové hmoty. Zbývající obsah ATP ve svalu je cca 24 mmol/kg, avšak nesmí klesnout o více než 30 %, to znamená, že při svalové kontrakci musí docházet k refosforylaci vzniklého ADP. Uvedená reakce je velice rychlá a s ohledem na to, že koncentrace CP ve svalu může klesnout téměř k nulovým hodnotám, se jedná o významný energetický příspěvek u velmi intenzivní svalové činnosti. Zásoba CP je omezená, avšak v případě zvýšení obsahu CP ve svalu by mohlo při jeho využití

jako zdroje energie pomoci k vykonání většího množství svalové práce (Maughan & Burke, 2006).

Během zotavení po zátěži dochází k reakci katalyzované kreatinkinázou opačně, přičemž je využívána energie vznikající oxidativním metabolismem v mitochondriích (obrázek 3) (Maughan & Burke, 2006).



Obrázek 3. Zotavení po zátěži, při kterém si využívá energie vznikající oxidativním metabolismem v mitochondriích (Maughan & Burke, 2006).

Resyntéza CP je závislá na přísunu kyslíku. Během jedné minuty je sval schopen doplnit přibližně 50 % svých rezerv CP. Během 5-6 minut můžeme ve svalech dosáhnout celkového doplnění rezerv CP. Mohou však existovat různé odchylky, neboť zde hraje velkou roli genetika a typ svalových vláken (Embleton et al., 1999). Pomalá svalová vlákna mají větší kapacitu pro resyntézu CP z důvodu větší hustoty kapilár, vyššímu obsahu mitochondrií, vyšší aktivitě oxidačních enzymů a větší respirační kapacitě. Na druhou stranu, v rychlých svalových vláknech je větší klidová rezerva CP oproti pomalým svalovým vláknům (Testch, Thorsson, & Fujitsuka, 1989).

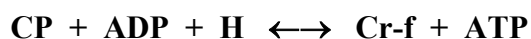
#### **2.4 Role kreatinfosfátu (CP) v kosterním svalu**

Kosterní svaly obsahují CP v rozmezí od 90 do 160 mmol/kg suché svalové hmoty (Brown, 2008). Autoři Maughan a Burke (2006) uvádí koncentraci CP okolo 75 mmol/kg suché svalové hmoty a koncentraci Cr-f přibližně 50 mmol/kg a dále uvádí, že se jedná o průměrné hodnoty, a že mezi jedinci existuje velká variabilita.

CP slouží ve svalu jako hlavní energetická rezerva – brání před rychlým vyčerpáním ATP svým okamžitě dostupným makroergním fosfátem, který může být použitý k regeneraci ATP z ADP. ATP je zdrojem energie pro kontrakci kosterních svalů. CP pomáhá doplnit buněčnou rezervu ATP, které dodává energii pro svalovou práci – s vyšší zásobou ATP jsou svaly

schopny vykonat více práce. Při intenzivní tělesné zátěži dochází k hydrolyzaci ATP (rozkládání působením vody) a následně vzniká adenosin difosfát (ADP). Jakmile jsou rezervy ATP vyčerpány, musí tělo využít zásoby Cr, protože lidský organismus potřebuje energii neustále. V případě, kdy není k dispozici dostatek Cr, nastává předčasné vyčerpání a dochází ke snížení intenzity svalového výkonu (Murray, Granner, Mayes, & Rodwell, 2002; Embleton & Thorne, 1999; Kleiner, Stackeová, & Greenwood-Robinson, 2015).

CP se při zvýšeném požadavku na přísun energie rozkládá na Cr-f a zbývá jedna energeticky bohatá fosfátová skupina, která se následně přidává k ADP a vzniká ATP (obrázek 5) (Embleton & Thorne, 1999).



Obrázek 5. Rozklad CP na volný kreatin (Embleton & Thorne, 1999).

CP je resyntetizován z ATP a Cr v době relaxace svalu a v době kdy požadavky na ATP nejsou tak vysoké. Fosforylaci Cr katalyzuje enzym kreatinkináza (CK) – svalově specifický enzym, klinicky rovněž významný pro rozpoznání akutních a chronických onemocnění (Murray, et al., 2002).

ATP je využíván jako konstantní zdroj energie, avšak tato energie je poskytována při kontrakci po dobu jedné až dvou sekund a musí se neustále obnovovat (Murray et al., 2002). ATP může být dále tvořen glykolýzou za použití glukosy z krve či svalového glykogenu, oxidativní fosforylací, ze dvou molekul ADP v reakci na katalysované adenylátkinasou (Murray et al., 2002). Čím větší jsou zásoby CP v těle, tím déle, s větší silou a větší energií může být vykonávána svalová práce (Klimešová, 2016). Zvyšování zásob CP je limitované a ve srovnání s možnostmi navyšování zásob svalového glykogenu výrazně nižší (Klimešová, 2016).

Při vysoce intenzivním tělesném zátížení a následném zapojení anaerobní glykolýzy dochází k uvolňování vodíkových iontů, což vede k poklesu pH. Tento faktor pravděpodobně vede ke vzniku svalové únavy. V lidském těle však působí řada nárazníkových systémů, které chrání buňky před změnami pH a jedním z těchto mechanismů je i odbourávání CP. Na obrázku 4 je znázorněna reakce katalyzovaná CK (Maughan & Burke, 2006).



Obrázek 4. Reakce katalyzovaná kreatinkinázou (Maughan & Burke, 2006).

V případě že je dostupné větší množství CP pro vyvázání vodíkových iontů, může toto množství CP zvýšit kapacitu intramuskulárního nárazníkového systému a oddálit dobu, kdy dosáhne pH kriticky nízké hodnoty (Maughan & Burke, 2006).

CP dále přenáší ekvivalenty ATP z vnitřního prostoru mitochondrie, kde se ATP vytváří pomocí oxidativní fosforylace, do mitochondrie, kde je ho třeba. Neexistují však důkazy o tom, že by tento proces byl omezen dostupným množstvím Cr (Maughan & Burke, 2006).

Mach (2004) dodává, že tyto účinky propůjčují Cr vlastnosti, které oddalují nástup únavy, z čehož lze usuzovat, že Cr má nepřímý anabolický efekt.

## 2.5 Suplementace kreatinu

Cr je v současné době jedním z nejdostupnějších suplementů. Nejčastěji se prodává ve formě prášku, který je bez zápachu, bez chuti a je špatně rozpustný (Embleton & Thorne, 1999). Hlavním smyslem suplementace Cr je zvýšení jeho zásob v těle.

Cr se na trh dostal jako takřka umělecké dílo na poli doplňků stravy. Řada výrobců tvrdila, že může nahradit látky zvyšující výkonnost (steroidy), což dosud nebylo potvrzeno a ohrozilo by to následné zařazení Cr do kategorie doplňků stravy. Můžeme namítat, že se přece jedná o látku přirozeně vyskytující se v těle, avšak přirozeně v těle se vyskytuje i testosteron, který je podle příslušných orgánů zařazen do kategorie léků, a tak se s ním také musí nakládat (Embleton & Thorne, 1999). Dle Klimešové (2016) jsou účinky Cr na sílu a zvýšení svalové síly srovnatelné se středně silnými steroidy.

Většina odborníků předpokládá, že suplementace Cr má pozitivní vliv na obsah kyseliny mléčné ve svazech. U některých jedinců se množství kyseliny mléčné snižuje až o 70 %. Toto snížení potvrzuje i řada sportovců, kteří se díky suplementaci Cr necítí během tréninku tak unavení, což je jeden z hlavních signálů nízké hladiny této látky – s tím je také spojen kyslíkový dluh. Cr hraje hlavní roli během první poloviny opakování v dané sérii a příznivý

vliv Cr se snižuje po prvních třech až čtyřech sériích daného cviku (Embelton & Thorne, 1999).

Po krátkodobé (25 g/den, 4-5 dnů) suplementaci Cr může dojít ke zvýšení hladiny Cr až o 50 % (asi 20 % zvýšení případně na CP) a to již během dvou dnů po zahájení suplementace. K tomuto razantnímu zvýšení však dojde především u osob s iniciálně nízkou hladinou Cr, jakou jsou například vegetariáni. Jakmile jsou zásoby Cr v těle vytvořeny, tento zvýšený obsah lze při denním příjmu 1 až 2 g Cr udržet. V případě úplného vysazení Cr ve stravě dochází k postupnému poklesu jeho koncentrace ve svalech, která může trvat 3 až 4 týdny (Maughan & Burke, 2006).

Nejčastěji využívaná strategie pro zvýšení zásob Cr v lidském organismu je užívání Cr 15-20g/den po dobu 5-7 dní (např. Aaserud, Gramvik, Olsen, & Jensen, 1998; Dawson et al., 1995; Izquierdo, Ibanez, Gonzalez-Badillo, & Gorostiaga, 2002; Williams, Abt, & Kilding, 2014 a další). Při této suplementaci bylo prokázáno u jedinců ve věku 20 až 63 let výrazné zvýšení zásob Cr ve svalech, s největším zvýšením u osob s nízkou hladinou Cr, zejména u vegetariánů (Harris et al., 1992; Rawson, Clarkson, Price, & Miles, 2002; Balsom, Soderlund, Sjodin, & Ekblom, 1995; Preen et al., 2001). Avšak ne pro všechny jedince je suplementace Cr účinná, například Greenhaff, Bodin, Soderlund, & Hultman (1994) uvádí zvýšení zásob Cr pouze u pěti probandů z osmi. Navíc se zdá, že efekt suplementace Cr se výrazně zvyšuje při souběžném podávání Cr a jednoduchých sacharidů (Green, Hultman, Macdonald, Sewwell, & Greenhaff, 1996).

Mach (2004) uvádí, že u některých jedinců nedochází díky suplementaci Cr k žádnému výkonnostnímu zlepšení. Tato neúčinnost suplementace Cr souvisí s genetickými předpoklady daného jedince, které mu znemožňují transport většího množství Cr ke svalovým buňkám. Clarková (2014) dokonce uvádí, že 20 - 30 % sportovců nezaznamená žádné rozdíly v tělesné výkonnosti. Tato tvrzení podporuje i studie Kilduff et al. (2002) ve které 4 jedinci z celkově 21 testovaných byli označeni jako nereagující na suplementaci Cr, neboť u nich nedošlo k žádnému výkonnostnímu zlepšení.

Šedivý (2008) popisuje své praktické zkušenosti se suplementací Cr. Uvádí, že suplementace Cr je účinná a registroval znatelný nárůst svalové síly a objemu svalů. Tento nárůst byl však omezený a po 6 týdnech suplementace tento efekt začal slábnout a po 9 týdnech byly jeho silové výkony na stejné úrovni jako před zahájením suplementace. I tělesná

hmotnost začala postupně klesat, až se dostala na původní hranici. Cr doporučuje pouze jako krátkodobý podpůrný prostředek, nebo jako doplněk stravy při návratu k tréninku po delší pauze, kdy Cr ulehčuje první tréninky díky rychlému nárůstu síly. Stejný názor má i Clarková (2014), která uvádí, že Cr může pomoci sportovcům zotavujícím se po zlomeninách tím, že dokáže podpořit svalový růst po odstranění sádry a domnívá se, že je to způsobené tím, že sportovcovi svaly díky suplementaci Cr lépe regenerují a mohou tak uskutečnit více opakování v dané sérii, například u benchpressu. Zvýšení svalové hmoty potvrdila i studie autorů Cribb, Williams, Stathis, Carey, & Hayes (2007), ve které skupina 43 mladých rekreačních kulturistů užívala Cr společně se sacharidy a bílkovinami, vykazovala větší nárůst svalů a svalové síly oproti skupině, která užívala pouze sacharidy a bílkoviny.

Účinnost suplementace Cr se v závislosti na základních hladinách Cr v těle mění, přičemž platí, že čím je hladina Cr u člověka nižší, tím větší je účinek této suplementace. Po vysazení Cr efekt suplementace postupně slábne, což se projeví na snížení tělesné výkonnosti a po 4 až 6 týdnech efekt úplně vymizí a tělesná výkonnost se vrátí zpět k původním hodnotám (Brown, 2008; Broad, 1998).

Cr není vhodné užívat po celý rok, měl by být užíván jen v určitém období tréninkového či soutěžního cyklu, kdy jsou požadavky na anaerobní energetický systém vysoké, neboť při dlouhodobém užívání vysokých dávek Cr může dojít k narušení přirozené tvorby Cr v těle (Broad, 1998).

Fořt (2005) uvádí, že Cr je skvělý doplněk ke zlepšení sportovní výkonnosti a současně k prevenci onemocnění a zranění, či dokonce k léčbě závažných onemocnění, neboť Cr se mimo sportovní odvětví využívá i v lékařské praxi jako podpůrná léčba u neurologických onemocnění, jako například Huntingtonová choroba, amyotrofické laterální skleróza a u všech forem vrozených chorob svalstva (například Duchennova progresivní svalová dystrofie). Pozitivní výsledky jsou zaznamenány i v případě Parkinsonovy choroby. Klimešová (2016) dodává, že Cr se v lékařství dále užívá při léčbě srdečních chorob, u diabetes mellitus a pozitivní výsledky suplementace Cr jsou zaznamenány i u Alzheimerovy choroby.

### **2.5.1 Suplementace kreatinu a inzulín**

Při suplementaci Cr je velice důležitý hormon inzulín, který pomáhá při absorpci Cr do svalových buněk. Čím více je k dispozici inzulínu, tím více Cr se dostane do svalových

buněk. Ve svalových buňkách dojde k zvětšení jejich objemu, což vede k nárůstu svalové hmoty a můžeme sledovat pozitivní vliv na tělesnou výkonnost a svalovou sílu. Inzulín se doporučuje stimulovat přirozenou cestou – stravou. Striktně se nedoporučuje užívat injekcemi podávaného dlouhodobého i krátkodobého inzulínu – jen mírná úprava dávky může vést ke smrti. (Heidi & Andrea, 2011; Embleton & Thorne, 1999).

### **2.5.2 Suplementace kreatinu a nárůst tělesné hmotnosti**

Suplementace Cr je spojena dle řady studií s rychlým nárůstem hmotnosti, obvykle se jedná o nárůst 1 až 2 kg v průběhu doby podávání 4 až 5 dnů. Tento nárůst však může být i vyšší a je způsoben především retencí vody, ke které dochází zvýšením obsahu Cr ve svalech (až o 80-100 mmol/kg), který zvyšuje nitrobuněčnou osmolalitu. Toto osmoticky navozené zavodnění buněk může mít vliv na stimulaci syntézy bílkovin, tento fakt však není dosud dostatečně potvrzen (Maughan et al., 2006).

### **2.5.3 Dávkování kreatinu**

Pro lepší rozpustitelnost Cr je doporučováno jej připravovat v teplé vodě, či v ovocném džusu. Není však doporučeno míchání v horké vodě, ve které by došlo k poškození aktivního Cr (Embleton et al., 1999). Opačného názoru je Broad (1998), který uvádí, že šťáva z citrusových plodů, jako například šťáva z pomerančů, ananasů či grapefruitů, neutralizuje aktivitu přijímaného Cr, a proto nedoporučuje mixovat Cr s těmito nápoji.

K nejlepší absorpci Cr dochází při suplementaci na lačno s následnou konzumací potravin s obsahem sacharidů a ideálně i s obsahem aminokyselin glycinu, argininu a methioninu, neboť sacharidy i aminokyseliny jsou důležité pro dostatečnou syntézu a uskladnění Cr ve svalových buňkách (Embleton & Thorne, 1999). Naopak Clarková (2014) uvádí, že účinnější je Cr užívat společně s jídlem než na lačno. Kulhavý (2008) doporučuje připravovat Cr bezprostředně před použitím pro zachování jeho kvality. Toto trzení podporuje i Broad (1998) a dodává, že namíchaný roztok s Cr se má vypít do 15 minut od jeho přípravy.

Řada výrobců doporučuje zahájit suplementaci Cr tzv. nasycovací fází, kdy se užívá 30 g Cr denně po dobu jednoho týdne. Následně doporučují zařadit tzv. udržovací fázi a suplementaci snížit na 5 - 10 g denně. Jedná se však o obecná čísla a mohutní sportovci budou



při udržovací fázi potřebovat kolem 20 gramů Cr denně (Mach, 2004). Kreider (2011) doporučuje zařadit nasycovací fázi v délce 3 až 7 dnů a užívat 20-25 gramů Cr za den a tuto dávku doporučuje rozdělit každý den do čtyřech dávek pro lepší vstřebatelnost Cr v těle. U následné udržovací fáze doporučuje dávku Cr snížit na 3 gramy za den. Klimešová (2016) také doporučuje suplementaci rozdělit na udržovací a nasycovací fázi, avšak pro dávkování uvádí postup zohledňující hmotnost sportovce, kdy v nasycovací fázi doporučuje užívat 0,3 gramů Cr na 1 kg hmotnosti a v udržovací fázi 0,03 gramů Cr na 1 kg hmotnosti. Klimešová (2016) dále doporučuje Cr užívat 3-5 týdnů a poté vysadit na 5-10 týdnů. Po této pauze je možné Cr znovu užívat.

Mach (2004) uvádí, že nasycovací fáze nemusí být nutná a dodává, že jedincům, kteří netrénují dost intenzivně, bohatě dostačuje užívat 3 g Cr denně. Šedivý (2008) dokonce dodává, že efekt suplementace Cr lze zaznamenat již při dávkách okolo 1 až 2 gramů denně. Proti tomuto tvrzení vystupuje Broad (1998) který uvádí, že užívání dlouhodobě nízké dávky Cr je pro zvýšení zásob svalového Cr málo účinné.

Během suplementace se doporučuje dbát na zvýšenou hydrataci, a to z důvodu, že dochází ke změnám rovnováhy tělesných tekutin, zhoršenému pocení a termoregulační odezvě (schopnosti se ochlazovat) (Heidi & Andrea, 2011).

Studie vedená profesorem Vandenbergrem (1996) doporučuje vyhýbat se při suplementaci Cr kofeinu, a to především u nasycovací fáze, protože bylo zjištěno, že kofein zpomaluje resyntézu CP během regenerace. Kofein během suplementace, a to především v nasycovací fázi, kdy je přijímáno kolem 20 gramů Cr za den, eliminuje profit, který suplementace Cr přináší. Toto tvrzení potvrzuje i Mach (2004), který se domnívá, že k tomuto dochází z důvodu, že kofein působí diureticky (odvodňuje), avšak toto tvrzení se nepotvrdilo a domnívá se, že musí účinkem této kombinace docházet k něčemu, co blokuje účinky Cr.

#### **2.5.4 Kreatin v běžné stravě**

Mezi nejbohatší zdroje Cr patří maso, ryby a jiné živočišné produkty. V 1 kg syrového masa je asi 5 g Cr. Ze stravy získáme cca 1 gram Cr denně, avšak vegetariáni, jejichž převážně rostlinná strava obsahuje velice málo Cr, se musí spoléhat především na vlastní syntézu této látky (Embleton & Thorne, 1999; Maughan & Burke, 2006).

Mach (2004) upozorňuje, že obsah Cr v potravě se může lišit podle toho, jak byla potravina pěstována, jakou metodou byla sklizena a následně zpracována, a to včetně dopravy, skladování, konzervování chlazení atd. Dále tuto hodnotu ovlivňuje technologie zpracování potraviny (sušení, mletí atd), způsob balení, konzervace, skladování a forma skladování hotového výrobku do prodejny. Dále zda je výrobek prodán v celku, nebo nakrájený, jak je zabalen, jak je zákazníkem transportován domů po prodeji a následně jak je výrobek uskladněn v domácím prostředí (jak dlouho, při jaké teplotě, v jakém obalu atd). Velice podstatně ovlivňuje obsah Cr v potravě způsob gastronomické úpravy (vaření, dušení, mikrovlnný ohřev, fritování atd).

### **2.5.5 Zdravotní rizika**

Užívání Cr není ve sportu oficiálně zakázáno a zdá se, že nemá závažné vedlejší účinky ani při vyšším dávkování nebo minimálně při dávkování nutném k dosažení ergogenního účinku. Cr je pravděpodobně jeden z nejsledovanějších suplementů mezi lékaři a vědci a dosud žádná studie neprokázala toxicitu Cr (Maughan & Burke, 2006; Heidi & Andrea, 2011; Embleton & Thorne, 1999).

Pozor by si však na suplementaci Cr, a především na jeho dávkování, měli dávat jedinci s narušenou renální funkcí ledvin, neboť při suplementaci Cr dochází ke zvýšené retenci vody (Maughan & Burke, 2006). Heidi & Andrea (2011) dodávají, že ke zvýšené zátěži ledvin dochází dále z důvodu uvolňování kreatininu, který vzniká při rozštěpení Cr v těle a který je následně vylučován ledvinami.

Existují obavy ze svalových křečí u sportovců užívajících Cr, tyto obavy však nejsou dosud podloženy. Podle některých komentářů měla suplementace Cr vliv na smrt tří amerických univerzitních zápasníků, avšak následně provedené šetření tuto souvislost nepotvrdilo (Maughan & Burke, 2006). Mezi další vedlejší účinky, avšak méně často se vyskytující, patří nauzea (nevolnost), zvracení, průjem, natažení svalů a napětí v nich a zhoršení hojení (Heidi & Andrea, 2011). Broad (1998) dodává, že ke zvracení a průjmu dochází pouze při nadměrných dávkách Cr.

Čelit problémům mohou sportovci, u nichž je tělesná hmotnost důležitá pro kvalifikaci do určité váhové kategorie (Maughan & Burke, 2006).

Možná zdravotní rizika mohou hrozit z principu, kterým řada sportovců věří, a to že více znamená lépe a mohou doporučené množství Cr vysoce překračovat. Ovšem v případě Cr jsou vedlejší účinky u vysokých dávek nepravděpodobné. Cr je malá molekula, ve vodě rozpustitelná, která se snadno vylučuje ledvinami a množství dusíků, které pochází z podaného Cr je malé (Maughan & Burke, 2006). Klimešová (2016) však varuje, že v případě dlouhodobého užívání vysokých dávek Cr není možné vyloučit karcinogenní efekt, který může být dále podpořen užíváním anabolických steroidů.

## **2.6 Účinek suplementace kreatinu na vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon**

Při každé tělesné zátěži dochází ke zvýšení energetických nároků kosterního svalstva. Pokud tyto nároky nejsou pokryty, není možné danou zátěž uskutečnit. V případě vysoce intenzivního intermitentního pohybového výkonu může být obtížné energii doplňovat v potřebném množství, a proto následně dochází k únavě (Maughan & Burke, 2006). Intermitentní sporty jsou charakterizovány častým střídáním krátkodobých pracovních intervalů vysoké intenzity a krátkých intervalů nižší intenzity (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011; Varley, Gabbett, & Aughey, 2013), při kterých dochází k resyntéze makroergních fosfátů – ATP a CP.

Zdá se, že suplementace Cr nemá přínos pro jednorázový sprinterský výkon (Delecluse, Diels, & Goris, 2003; Redondo, Dowling, Graham, Almada, & Williams, 1996; Mujika, Chatard, Lacoste, Barale, & Geysant, 1996; Peyrebrune, Nevill, Donaldson, & Cosford, 1997; Burke, Pyne, & Telford, 1996; Deutecom et al., 2000; Snow, McKenna, Selig, Kemp, Stathis, & Zhao, 1998; Dawson et al., 1995).

Jeho potenciál se může objevit až při opakovaných periodách maximální tělesné zátěže s krátkými intervaly odpočinku (Maughan & Burke, 2006). Suplementace Cr zlepšila výkon v opakovaných běžeckých sprintech u fotbalistů (Mujika, Padilla, Ibanez, Izquierd, & Gorostiaga, 2000) a házenkářů (Izquierdo Häkkinen, Gonzalez-Badillo, Ibanez, & Gorostiaga, 2002) a rovněž výkon v opakovaných sprintech na bicyklovém ergometru u hráčů amerického fotbalu (Kreider et al., 1998). Suplementace Cr může být tedy užitečným doplňkem tréninkového programu ve sportech s intervalovým tréninkem a posilováním a dále pro pohybový výkon ve sportovních hrách s periodami vysoce intenzivní tělesné zátěže a krátkými intervaly odpočinku (Maughan & Burke, 2006).

Mechanismus účinku zvýšeného obsahu Cr na zlepšení vysoce intenzivního intermitentního tělesného výkonu není zcela jasný. Je však zřejmé, že zlepšení tělesného výkonu po suplementaci Cr souvisí se zvýšeným obsahem CP ve svalech a rovněž se zvýšením rychlosti resyntézy CP po vysoce intenzivní tělesné zátěži. Zvýšení rychlosti resyntézy CP umožňuje rychlejší zotavení po sprintech i větší silový výkon při každé následující vysoce intenzivní tělesné zátěži (Maughan & Burke, 2006).

Cr je velice důležitý pro regeneraci krátkodobých zásob energie, protože ATP je z CP produkován jen v první půlminutě svalové práce a dále z důvodu, že CP je nejrychleji se obnovujícím zdroje energie (Klimešová, 2016).

### **3 CÍL PRÁCE**

Cílem práce je zjistit účinek suplementace kreatin monohydrátu na vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon u mladých fotbalistů.

### **4 METODIKA**

#### **4.1 Design výzkumu**

Studie byla založena na randomizovaném, dvojité zaslepeném a placebo skupinou kontrolovaném experimentu. Vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon byl diagnostikován pomocí intermitentního anaerobního testu na bicyklovém ergometru (IAnBT). Výzkum trval pro účastníky 8 dní a zahrnoval dvě testovací části, které proběhly před (1. část) a po suplementaci kreatin monohydrátu a jednoduchých sacharidů (2. část). V první části (1. den) absolvovali jedinci pre-test. Poté byli jedinci rozděleni do dvou skupin – kreatin skupiny (CrS) a placebo skupiny (PlaS). V druhé části (8. den), po 5denní suplementaci kreatin monohydrátu a jednoduchých sacharidů (CrS) nebo maltodextrinu (PlaS), absolvoval jedinec post-test. Všechny testovací části byly provedeny při stejné teplotě a vlhkosti vzduchu a přibližně ve stejnou denní dobu (14:00-19:00). Jedinci byli instruováni, aby si zachovali svoje běžné stravovací návyky a pohybovou aktivitu a zvýšili příjem tekutin v celém průběhu výzkumu a rovněž, aby se vyhnuli namáhavému tělesnému cvičení 24 hodin před každým testem.

#### **4.2 Účastník**

16 hráčů fotbalu (8 CrS vs. 8 PlaS), průměrný věk  $18,0 \pm 0,8$ , pravidelně trénujících (3-4 x týdně). Z výzkumu byli vyřazeni účastníci s chronickými nebo akutními zdravotními problémy a indispozicemi.

Studie byla schválena etickou komisí univerzity Palackého v Olomouci (kód schválení 71/2016) a všechny provedené experimentální postupy splňovaly pravidla fakulty. Informovaný písemný souhlas byl získán od všech probandů (příloha 1). U probandů

mladších 18 let byl podepsán informovaný písemný souhlas rodiči nebo zákonnými zástupci (příloha 2).

### **4.3 Průběh měření**

Intermitentní anaerobní test na bicyklovém ergometru (IAnBT) s odporem 7,5 % tělesné hmotnosti sestávající z deseti 6-sekundových sprintů s intervaly odpočinku 30 sekund po každém sprintu. Před testem provedl jedinec 5 min zahřátí šlapáním ve střední intenzitě s odporem 1,9 % tělesné hmotnosti. 2 a 4 minuty po konci rozcvičení, provedl jedinec dva zkušební 6-sekundové sprinty nemaximální intenzity. Po rozcvičení následovaly 2 min pasivního odpočinku, poté vykonal jedinec dva maximální 6-s sprinty s maximálním stanoveným odporem, které byly odděleny 3 minutami pasivního odpočinku. Po dalších 5 minutách pasivního odpočinku, byl vykonal samotný test. Test byl vykonal v sedu, s výškou sedla upravenou individuálně pro každého jedince. Jedinci zahájili test ve standardní pozici pedálů s dominantní nohou v horní pozici. Brzdový odpor byl při každém sprintu spuštěn v momentu dosažení frekvence šlapání 120 ot/min.. 3 min po skončení testu proběhl odběr laktátu z bříška prstu pomocí přístroje LactateScout+.

### **4.4 Suplementace**

Po první testovací části bylo jedincům podáno 20 malých uzavřených sáčků, z nichž každý obsahoval buď 5 g kreatin monohydrátu + 15 g dextrózy (Myprotein, Anglie) nebo 20 g maltodextrinu (placebo). Suplementace trvala 5 dní a kreatin monohydrát + dextróza (CrS) / maltodextrin (PlaS) byla užíván 4 x denně společně s ranním, poledním, odpoledním a večerním jídlem s odstupem 3-4 hodiny mezi jednotlivými dávkami. V případě, že účastník zapomněl užít nějakou z dávek, užil ji ihned po vzpomnutí. Následující dávky byly upraveny tak, aby byl splněn 4 hodinový odstup mezi dávkami. Účastníci byli instruováni, aby vždy zamíchali směs ve vlažné či teplé vodě (250 ml vody) a tekutinu naráz vypili (Harris et al., 1992). Bylo zjištěno, že právě tato metoda suplementace kreatin monohydrátu je efektivní pro zvýšení zásob Cr ve svazech u jedinců ve věku od 20 do 63 let (Harris et al., 1992; Preen et al., 2001; Rawson et al., 2002). U účastníků probíhala sebekontrola v podávání látek pomocí záznamového listu a telefonická kontrola (připomenutí) výzkumníka.

## 4.5 Statistická analýza

K výpočtu statistických charakteristik byl použit SW program Statistica 9 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA). Pro vyjádření centrální tendence a variability jednotlivých proměnných byl použit průměr (M) a směrodatná odchylka (SD). Efekt suplementace Cr byl hodnocen pomocí párového T-testu srovnáním hodnot naměřených v pre-testu a post-testu u obou skupin (CrS/PlaS). Statistická významnost byla ve všech případech stanovena na hodnotu  $p = 0,05$ .

## 5 VÝSLEDKY

### IAnBT

V intermitentním anaerobním testu na bicykloergometru byly hodnoceny následující parametry: průměrný mechanický výkon v nejlepším sprintu (P-6s max/kg), nejvyšší moment síly dosažený v testu (P-peak max/kg), průměrný mechanický výkon v testu (A/kg) a index únavy (IÚ).

U P-6s max/kg nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl mezi pre-testem a post-testem a to u žádné skupiny. V parametru P-peak max/kg došlo sice u CrS k relativně značnému zlepšení, avšak ne statisticky významně v porovnání s pre-testem. U PlaS nedošlo ve stejném parametru k významným změnám. A/kg byl u obou testovaných skupin signifikantně vyšší ( $p < 0,05$ ) (tabulka 1).

Při komparaci pre-testů a post-testů průměrného mechanického výkonu v jednotlivých sprintech (P-6s) bylo u CrS v post-testu zjištěno statisticky významné zvýšení hodnot u druhého, pátého a šestého sprintu (obrázek 6). U PlaS došlo u post-testů rovněž k signifikantnímu navýšení hodnot a to v pátém, šestém, osmém a devátém sprintu (obrázek 7). Při komparaci pre-testů a post-testů nejvyššího momentu síly dosaženého v jednotlivých sprintech (P-peak) bylo u CrS prokázáno signifikantní ( $p < 0,05$ ) navýšení hodnot u druhého, čtvrtého a pátého sprintu (obrázek 8). U PlaS došlo u prvního a třetího sprintu ke zhoršení, u čtvrtého až sedmého sprintu byly hodnoty téměř totožné s pre-testy, naopak u osmého a devátého sprintu došlo k signifikantnímu navýšení hodnot. Poslední sprint byl téměř shodný s pre-testy (obrázek 9).

U CrS došlo k nesignifikantnímu ( $p < 0,05$ ) snížení IU (z 20,28 % v pre-testu na 18,32 % v post-testu). U PlaS nebyly zaznamenány v IU výrazné změny (17,59 % v pre-testu vs. 17,38 % v post-testu) (tabulka 1.)

### Hladina laktátu v krvi

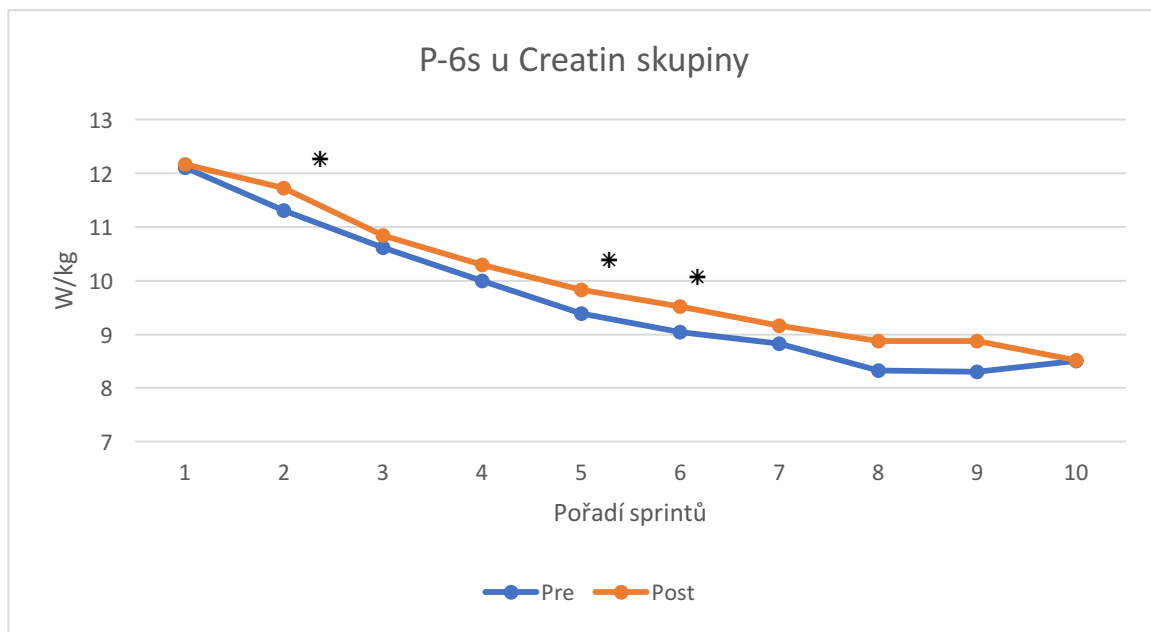
U hladiny laktátu v krvi (La) došlo u CrS ke statisticky významnému ( $p < 0,05$ ) snížení pozátěžových hodnot. U PlaS bylo snížení hodnot La statisticky nevýznamné (tabulka 1.)



Tabulka 1. Výsledky IAnBT porovnávající výkonu v pre-testu a post-testu u obou skupin M±SD.

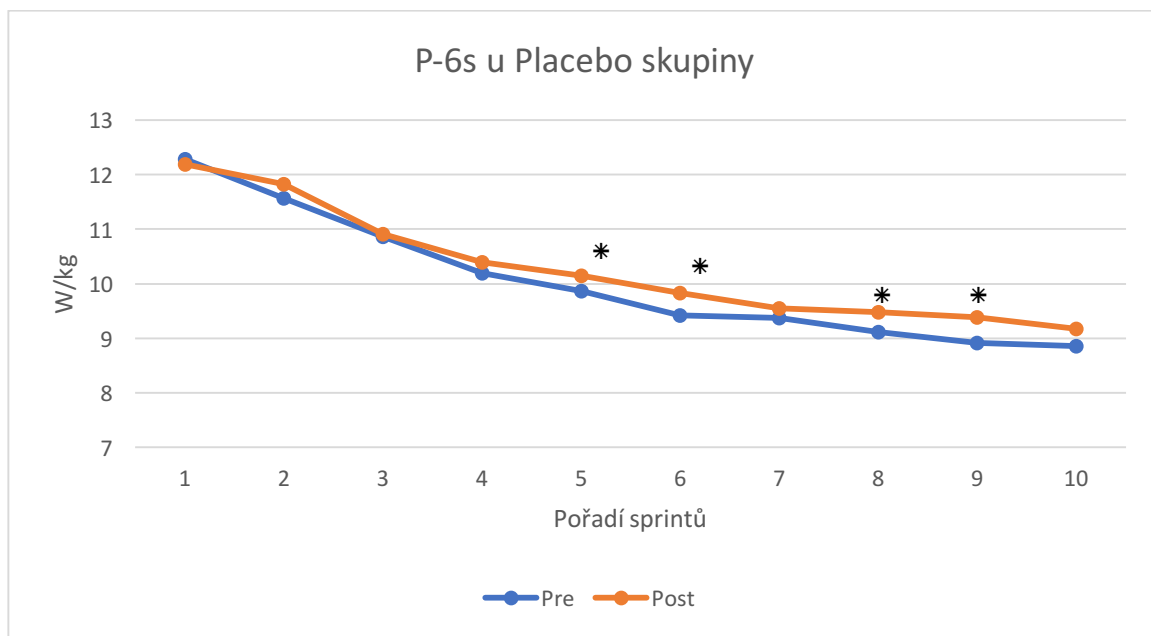
|                   | Cr skupina (n = 8) |               |  | Pl skupina (n = 8) |               |
|-------------------|--------------------|---------------|--|--------------------|---------------|
|                   | Pre                | Post          |  | Pre                | Post          |
| P-6s max (W/kg)   | 12,11 ± 0,6        | 12,22 ± 0,6   |  | 12,28 ± 1,1        | 12,54 ± 0,9   |
| P-peak max (W/kg) | 13,98 ± 0,8        | 14,33 ± 1     |  | 14,66 ± 1,5        | 14,57 ± 1,2   |
| A (W/kg)          | 9,64 ± 1           | * 9,98 ± 1,2  |  | 10,07 ± 0,6        | * 10,32 ± 0,5 |
| IU (%)            | 20,28 ± 8,3        | 18,32 ± 9,1   |  | 17,59 ± 6,8        | 17,38 ± 5,9   |
| La (mmol/l)       | 19,29 ± 5,5        | * 16,14 ± 3,3 |  | 17,44 ± 4,2        | 15,83 ± 4,1   |

Vysvětlivky: P-6s max – průměrný mechanický výkon v nejlepším sprintu; P-peak max – nejvyšší moment síly dosažený v testu; A – průměrný mechanický výkon testu; IU – index únavy; La – hladina laktátu; \* - signifikantní rozdíl (p < 0,05)



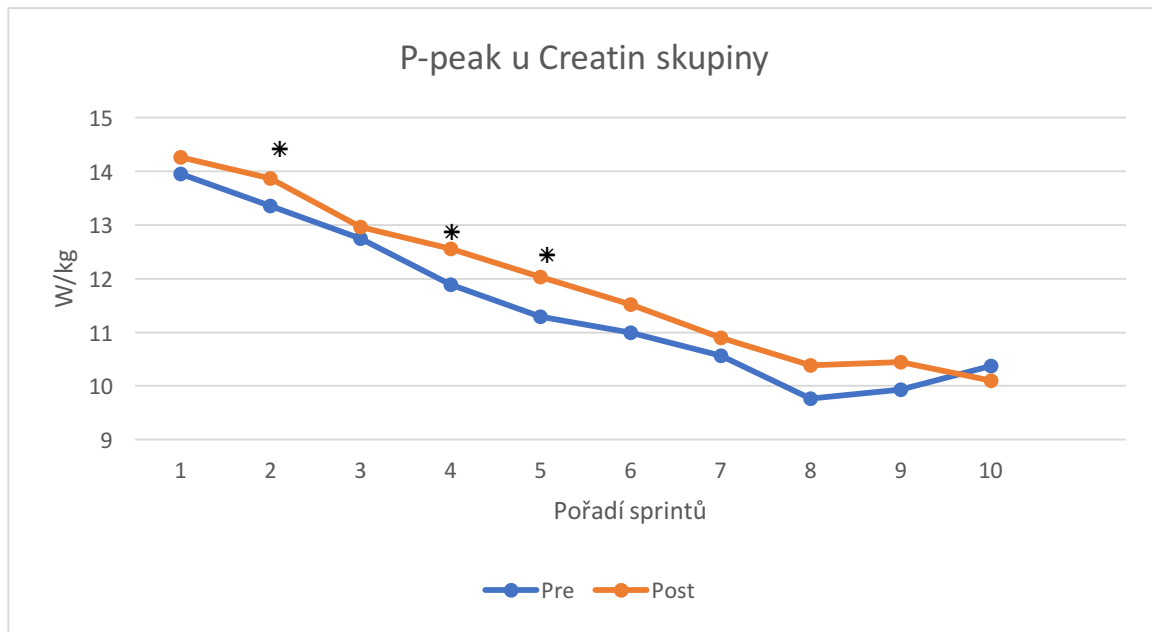
Obrázek 6. Porovnání P-6s dosaženého v pre-testech a post-testech u CrS..

Vysvětlivky: P-6s – průměrný mechanický výkon v 6-sekundovém sprintu; \* - signifikantní rozdíl ( $p < 0,05$ )



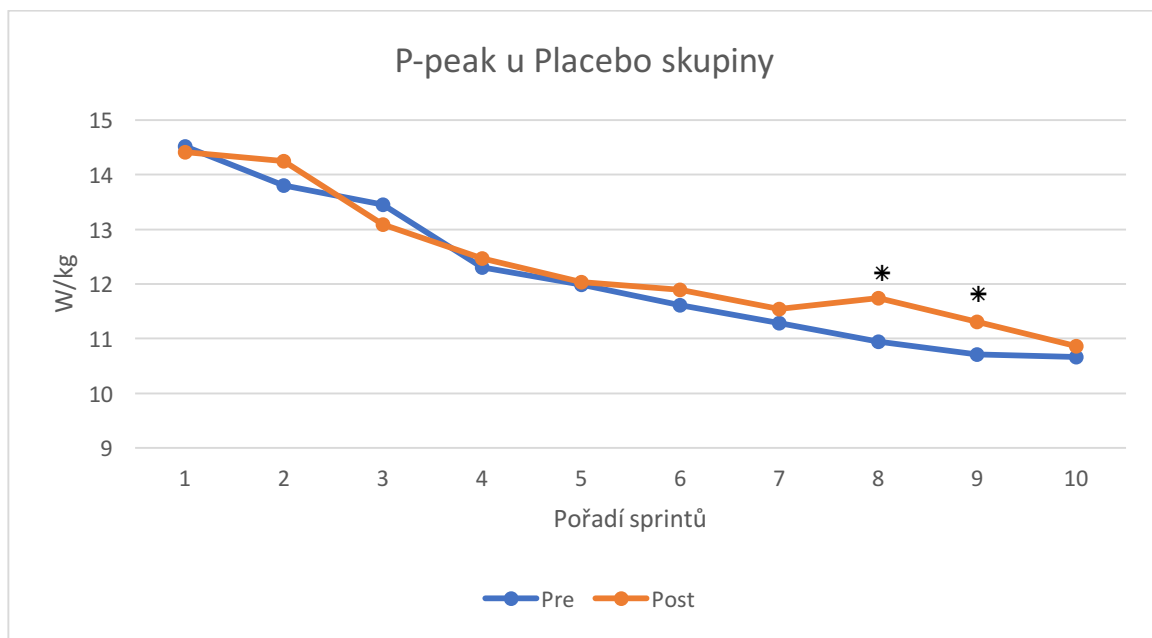
Obrázek 7. Porovnání P-6s dosaženého v pre-testech a post-testech u PlaS

Vysvětlivky: P-6s – průměrný mechanický výkon v 6-sekundovém sprintu; \* - signifikantní rozdíl ( $p < 0,05$ )



Obrázek 8. Porovnání P-peak dosaženého v pre-testech a post-testech u CrS .

Vysvětlivky: P-peak – nejvyšší moment síly dosažený v 6-sekundovém sprintu, \* - signifikantní rozdíl ( $p < 0,05$ )



Obrázek 9. Porovnání P-peak dosaženého v pre-testech a post-testech u PlaS.

Vysvětlivky: P-peak – nejvyšší moment síly dosažený v jednom testu, \* - signifikantní rozdíl.

## 6 DISKUZE

U průměrného mechanického výkonu testu (A) se efekt suplementace Cr neprokázal, neboť byl zaznamenán signifikantní ( $p < 0,05$ ) rozdíl jak u CrS, tak i u PlaS. Možným vysvětlením zlepšení průměrného mechanického výkonu testu u obou skupin může být efekt učení.

Rozdíl mezi pre-testem a post-testem indexu únavy (IU) byl sice nesignifikantní avšak stojí za zmínku, že u CrS došlo k relativně značnému snížení hodnoty IU z 20,28 % na 18,32 %, což by mohlo poukazovat na zvýšenou rychlost resyntézy CP, jak zmiňují autoři Maughan & Burke (2006). U PlaS došlo k pouze nepatrnému snížení hodnoty IU z 17,59 na 17,38 %.

Efekt suplementace Cr se projevil u hladiny laktátu (La), kde byl zaznamenaný signifikantní ( $p < 0,05$ ) rozdíl u post-testů v CrS. U PlaS byl rozdíl post-testů oproti pre-testům nesignifikantní. Částečně se tedy potvrdilo tvrzení autorů Embelton & Thorne (1999), kteří uvádí až 70 % snížení La po suplementaci Cr. I přes signifikantní zlepšení hladiny laktátu u post-testů po suplementaci Cr však nedošlo ke zlepšení hodnot parametrů A, P-6s, P-6s max, P-peak a P-peak max, u kterých se předpokládal signifikantní rozdíl. Došlo však ke snížení hodnot IU, kdy nejspíš díky lepším hodnotám La po suplementaci Cr došlo k pozdějšímu zapojení anaerobní glykolýzy a prodloužení energetického krytí z ATP/CP.

Efekt suplementace Cr se neprojevil u průměrného mechanického výkonu v nejlepším sprintu (P-6s max), nejvyššího momentu síly dosaženého v testu (P-peak max) a nejvyššího momentu síly dosaženého v jednom sprintu (P-peak), jelikož u nich nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl ( $p < 0,05$ ). Je však potřeba zmínit, že celkové výsledky mohly být ovlivněny z důvodu zprůměrování hodnot za celou skupinu a rovněž relativně malým počtem probandů v obou skupinách. Dva probandů v CrS vykazovali v post-testech podobné, u některých parametrů dokonce horší hodnoty oproti pre-testům, potvrdilo se nám tedy tvrzení autorů Mach (2004), Clarková (2014) a Kilduff et al. (2002), kteří uvádí, že u některých jedinců nedochází po suplementaci Cr k žádnému výkonnostnímu zlepšení. Tito jedinci mohli ovlivnit průměrný výsledek celé CrS. Naopak u třech probandů v CrS došlo k rapidnímu navýšení hodnot téměř ve všech parametrech oproti ostatním probandům, což nejspíše poukazuje dle autorů Maughan & Burke (2006) na to, že před zahájením CrS měli iniciálně

nízkou hladinu Cr v těle, způsobenou nízkým příjmem masa. Na druhou stranu, ke zlepšení u 3 jedinců došlo rovněž u PlaS skupině.

## 7 ZÁVĚR

Práce shrnuje poznatky z literatury a studií o jednom z nejrozšířenějších a studiem nejprobádanějším doplňku stravy, kreatinu. Cr je rozšířený spíše v oblasti silových sportů, kde je řadou studií potvrzen pozitivní vliv. V naší práci jsme zjišťovali, zda má suplementace Cr vliv na vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon u mladých fotbalistů. Studie se zúčastnilo 16 hráčů fotbalu ve věku od 17 do 19 let, kteří byli rozděleni na CrS a PlaS (8 vs. 8). Byla použita krátkodobá 5 denní suplementace Cr kdy jedinec v CrS užíval 4 x denně 5 g kreatinu monohydrátu + 15 g dextrózy a jedinec v PlaS 20 g maltodextrinu 4 x denně. Ve studii byl použit kreatin monohydrát, dextróza a maltodextrin od firmy Myprotein z Anglie, u které byla zaručena čistota suroviny řadou certifikátů kvality.

Efekt suplementace Cr se prokázal v CrS u hladiny La ( $19,29 \pm 5,5$  v pre-testu vs.  $16,14 \pm 3,3$  v post-testu), u PlaS nedošlo k signifikantním změnám. U ostatních parametrů nebyl efekt suplementace Cr prokázán, neboť výsledek byl buď nesignifikantní (P-6s mas, P-peak max), nebo signifikantní, avšak u obou skupin (A). Bylo však zjištěno, že někteří jedinci reagují na suplementaci Cr ve větší míře, někteří v menší a někteří dokonce na suplementaci Cr nereagují vůbec.

Pro příští studie doporučujeme zapojit více probandů, zařadit i kontrolní skupinu bez jakékoliv suplementace a vyzkoušet spíše dlouhodobou suplementaci, zahrnující nasycovací a udržovací fázi. Je totiž otázkou, zda by při dlouhodobé suplementaci došlo u některých parametrů k signifikantním výsledkům. Dále je potřeba zmínit limit naší studie zařazením intermitentního testu na bicykloergometru, což není pro hráče fotbalu přirozeným pohybem.

Suplementace Cr nemá zřejmě žádný benefit pro adolescentní fotbalisty, potažmo intermitentní výkon. Je však potřeba zmínit, že na některé jedince může suplementace Cr působit ve větší míře než na ostatní.

## 8 SOUHRN

Cílem této práce bylo zjistit, zda má krátkodobá (5 denní) suplementace Cr vliv na vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon u mladých fotbalistů. Výsledky ukázaly signifikantní rozdíl pouze u potátěžové hladiny La, u ostatních parametrů se efekt krátkodobé suplementace Cr neprokázal. Na základě tohoto zjištění vyvozujeme, že krátkodobá suplementace Cr nemá vliv na vysoce intenzivní intermitentní pohybový výkon.

Potvrdilo se nám však tvrzení, že suplementace Cr má na některé jedince větší vliv než na ostatní, zřejmě z důvodu iniciálně nízké hladiny Cr před zahájením suplementace.

Zdá se, že suplementace Cr se nabízí spíše pro silové sporty a pro větší efekt je zřejmě vhodnější zařadit dlouhodobou suplementaci Cr (3-5 týdnů).

## 9 SUMMARY

The aim of this work was to find out whether a short-term (five-day) Cr supplementation had any effect on the high intensity intermittent movement performance of adolescent footballers. The results showed a significant difference only for the after exertion La level. For the other parameters, the effect of short-term supplementation of Cr did not prove. Based on this finding, we deduce that short-term supplementation of Cr does not affect high intensity intermittent movement performance.

However, it has been confirmed that on some individuals the Cr supplementation has higher effect than on others, probably due to the initially low Cr level prior to the supplementation.

Supplementation of Cr seems to be more suitable for strength sports, for a higher effect it is probably more convenient to use long-term supplementation of Cr (3-5 weeks).



## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Aaserud, R., Gramvik, P., Olsen, S. R., & Jensen, J. (1998). Creatine supplementation delays onset of fatigue during repeated bouts of sprint running. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 8(5), 247-251.
- Balsom, P. D., Söderlund, K., Sjödín, B., & Ekblom, B. (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta Physiologica*, 154(3), 303-310.
- Broad, E. (1998). *Creatin - the latest and greatest*. Sports coach 20, 4: 31-33, 6 lit.
- Brown, L. (2008). *Posilování od A do Z*. Brno : Computer Press.
- Burke, L. M., Pyne, D. B., & Telford, R. D. (1996). Effect of oral creatine supplementation on single-effort sprint performance in elite swimmers. *International Journal of Sport Nutrition*, 6(3), 222-233.
- Clark, N. (2014). *Sportovní výživa*. Praha: Grada publishing as.
- Cribb, P. J., Williams, A. D., Stathis, C. G., Carey, M. F., & Hayes, A. (2007). Effects of whey isolate, creatine and resistance training on muscle hypertrophy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 298-307.
- Dawson, B., Cutler, M., Moody, A., Lawrence, S., Goodman, C., & Randall, N. (1995). Effects of oral creatine loading on single and repeated maximal short sprints. *Australian journal of science and medicine in sport*, 27(3), 56-61.
- Delecluse, C., Diels, R., & Goris, M. (2003). Effect of creatine supplementation on intermittent sprint running performance in highly trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(3), 446-454.
- Deutekom, M., Beltman, J. G. M., De Ruiter, C. J., De Koning, J. J., & De Haan, A. (2000). No acute effects of short-term creatine supplementation on muscle properties and sprint performance. *European journal of applied physiology*, 82(3), 223-229.

- Embleton, P., & Thorne, G. (1999). *Suplementy ve výživě: Ucelený informativní průvodce užíváním ergogenních látek v kulturistice*. Pardubice: Svět kulturistiky.
- Folin, O., & Denis, W. (1914). Protein metabolism from the standpoint of blood and tissue analysis seventh paper. An interpretation of creatine and creatinine in relation to animal metabolism. *Journal of Biological Chemistry*, 17(4), 493-502.
- Fořt, P. (2005). *Výživa pro dokonalou kondici a zdraví*. Praha: Grada Publishing as.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability—Part I. *Sports medicine*, 41(8), 673-694.
- Green, A. L., Hultman, E., Macdonald, I. A., Sewell, D. A., & Greenhaff, P. L. (1996). Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 271(5), E821-E826.
- Greenhaff, P. L., Bodin, K., Soderlund, K., & Hultman, E. (1994). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 266(5), E725-E730.
- Hahn, A., & Meyer, G. (1923). Über die gegenseitige Umwandlung von Kreatin und Kreatinin. (4. Mitteilung.) Die Entstehung von Kreatinin im Organismus. *Z. Biol.* [n. s.] 60 (1923) 91-118.
- Harris, R. C., Söderlund, K., & Hultman, E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical science*, 83(3), 367-374.
- Heidi, S., & Andrea, C. (2011). *Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček*. Praha: Grada Publishing as.
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibanez, J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European journal of Applied Physiology*, 87(3), 264-271.

- Izquierdo, M., Ibanez, J., Gonzalez-Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(2), 332-343.
- Kilduff, L. P., Vidakovic, P., Cooney, G., Twycross-lewis, R., Amuna, P., Parker, M., Paul, L., & Pitsiladis Y. P. (2002). Effects of creatine on isometric bench-press performance in resistance-trained humans. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(7), 1176-1183.
- Kleiner, S. M., Stackeová, D., & Greenwood-Robinson, M. (2015). *Fitness výživa: Power eating program*. Praha: Grada Publishing as.
- Klimešová, I. (2016). *Základy sportovní výživy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kreider, R. B. (2011). *Creatine supplementation in exercise, sport, and medicine*. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 15(2), 53-69.
- Kreider, R. B., Ferreira, M., Wilson, M., Grindstaff, P., Plisk, S., Reinardy, J., Cantler, E., & Almada, A. L. (1998). Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 30, 73-82.
- Kulhavý, M. (2008). *Metodika plnění disciplín požárního sportu*. Brno: Spektrum.
- Mach, I. (2004). *Doplňky stravy*. Praha : Svoboda Servis.
- Maughan R. J., & Burke, L. (2006) *Výživa ve sportu: příručka pro sportovní medicínu*. Praha: Galén.
- McKenna, M. J., Morton, J., Selig, S. E., & Snow, R. J. (1999). Creatine supplementation increases muscle total creatine but not maximal intermittent exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, 87(6), 2244-2252.
- Mujika, I., Chatard, J. C., Lacoste, L., Barale, F., & Geysant, A. N. D. R. (1996). Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers. *Medicine and science in sports and exercise*, 28, 1435-1441.
- Mujika, I., Padilla, S., Ibanez, J., Izquierdo, M., & Gorostiaga, E. (2000). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(2), 518-525.

- Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A., & Rodwell, V. W. (2002). *Harperova biochemie*. Jinočany: H + H.
- Peyrebrune, M. C., Nevill, M. E., Donaldson, F. J., & Cosford, D. J. (1998). The effects of oral creatine supplementation on performance in single and repeated sprint swimming. *Journal of Sports Sciences*, 16(3), 271-279.
- Preen, D., Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Beilby, J., & Ching, S. (2001). Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(5), 814-821.
- Rawson, E. S., Clarkson, P. M., Price, T. B., & Miles, M. P. (2002). Differential response of muscle phosphocreatine to creatine supplementation in young and old subjects. *Acta Physiologica*, 174(1), 57-65.
- Redondo, D. R., Dowling, E. A., Graham, B. L., Almada, A. L., & Williams, M. H. (1996). The effects of oral creatine monohydrate on running velocity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 6(3), 213-221.
- Rudzinskyj, I. (2010). Síla v kreatinu. *Svět kulturistiky: měsíčník pro kulturistiku*, 90(1), 14-21.
- Snow, R. J., McKenna, M. J., Selig, S. E., Kemp, J., Stathis, C. G., & Zhao, S. (1998). Effect of creatine supplementation on sprint exercise performance and muscle metabolism. *Journal of applied physiology*, 84(5), 1667-1673.
- Stout, J., Eckerson, J., Ebersole, K., Moore, G., Perry, S., Housh, T., ... & Batheja, A. (2000). Effect of creatine loading on neuromuscular fatigue threshold. *Journal of Applied Physiology*, 88(1), 109-112.
- Šedivý, K. (2008). *Tekuté svaly: v hlavní roli sacharidové a proteinové nápoje*. Pardubice: Svět kulturistiky.
- Tesch, P. A., Thorsson, A., & Fujitsuka, N. (1989). Creatine phosphate in fiber types of skeletal muscle before and after exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology*, 66(4), 1756-1759.

- Vandenbergh, K., Gillis, N., Van Leemputte, M., Van Hecke, P., Vanstapel, F., & Hespel, P. (1996). Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. *Journal of applied physiology*, 80(2), 452-457.
- Varley, M. C., & Aughey, R. J. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *International journal of sports medicine*, 34(01), 34-39.
- Vilikus, Z., Mach, I., & Brandejský, P. (2012). *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Praha: Karolinum.
- Williams, J., Abt, G., & Kilding, A. E. (2014). Effects of creatine monohydrate supplementation on simulated soccer performance. *International journal of sports physiology and performance*, 9(3), 503-510.

## 11 PŘÍLOHY

### Příloha 1. Informovaný souhlas



Univerzita Palackého  
v Olomouci

Fakulta  
tělesné kultury

#### Základní informace pro účastníky zahrnuté do šetření

Vážení účastníci,

dovolujeme si Vás požádat o spolupráci na projektu „Fyziologické determinanty výkonu v intermitentním vysoce intenzivním cvičení“, který je řešen na katedře přírodních věd v kinantropologii Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

**Cílem tohoto projektu** je prohloubit poznatky o fyziologii intermitentního vysoce intenzivního tělesného cvičení, které mohou sloužit k inovaci hodnocení a diagnostiky tělesné výkonnosti hráčů sportovních her. Cílem této části výzkumu je zjistit účinek suplementace kreatin monohydrátu na intermitentní anaerobní výkon, izokinetickou svalovou sílu dolních končetin a rychlostně silové pohybové výkony. Zapojení do výzkumu spočívá v užívání látky kreatin monohydrátu společně s dextrózou po dobu 5 dnů (4 x 5g kreatin monohydrátu + 15 g dextrózy) a podstoupení tří laboratorních testů a to před a po ukončení suplementace kreatin monohydrátu + dextrózy. Suplementace uvedených látek není tělu nebezpečná, přesto se mohou vyskytnout vedlejší účinky jako je nevolnost, zvracení, průjem a svalové křeče, z důvodu možných změn rovnováhy tělních tekutin, je doporučeno během suplementace dbát na zvýšený příjem tekutin. Laboratorní testy sestávají z měření tělesného složení přístrojem InBody 230, izokinetického vyšetření síly flexorů a extenzorů kolene, maximálního vertikálního výskoku, běžeckého sprintu na 10 m a intermitentního testu na bicyklovém ergometru (Monark 894 Peak Bike) zahrnujícího deset 6sekundových intervalů maximálního šlapání s intervaly odpočinku 30 s po každém pracovním intervalu se současným provedením spirometrie (Cosmed K4b2) a odběrem kapénky krve z bříška prstu ruky přístrojem LactateScout+ s nepocit'ovaným vpichem ve 3. minutě po skončení testu pro hodnocení koncentrace laktátu v krvi.

Všechny uvedené přístroje jsou certifikovány podle příslušných evropských technických směrnic resp. standardů pro fyziologické testování a budou užity oprávněnými osobami s příslušnou odborností a certifikací.

Všechny výše uvedené testy a měření budou probíhat v laboratoři na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci pod dohledem lékaře a budou provedeny osobami s certifikovaným oprávněním pro uvedené testování a pro práci s přístroji. Účastník může kdykoliv a bez udání důvodu svou účast v tomto výzkumu ukončit. Získané informace jsou anonymní a nebudou poskytovány třetím osobám.

Děkujeme Vám za pochopení významu uvedeného šetření a za možnost s Vámi spolupracovat.

Mgr. Svatoslav Valenta  
odpovědný řešitel  
e-mail: svatoslav.valenta@seznam.cz  
tel. 728894038

Prof. PaedDr. Rudolf Psotta, Ph.D.  
odpovědný řešitel  
email: rudolf.psotta@upol.cz  
tel. 585636112

---

## Individuální informovaný souhlas

Souhlasím - Nesouhlasím

s účastí na výše uvedeném výzkumném šetření.

Jméno a příjmení.....

Datum narození.....

V Olomouci dne.....

Podpis.....

a vyjadřuji – nevyjadřuji  
(*nehodící škrtněte*)

dobrovolný a informovaný souhlas s touto účastí.



Univerzita Palackého  
v Olomouci

Fakulta  
tělesné kultury

### Základní informace pro účastníky zahrnuté do šetření

Vážení rodiče,

dovolujeme si Vás požádat o spolupráci na projektu „Fyziologické determinanty výkonu v intermitentním vysoce intenzivním cvičení“, který je řešen na katedře přírodních věd v kinantropologii Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

**Cílem tohoto projektu** je prohloubit poznatky o fyziologii intermitentního vysoce intenzivního tělesného cvičení, které mohou sloužit k inovaci hodnocení a diagnostiky tělesné výkonnosti hráčů sportovních her. Cílem této části výzkumu je zjistit účinek suplementace kreatin monohydrátu na intermitentní anaerobní výkon, izokinetickou svalovou sílu dolních končetin a rychlostně silové pohybové výkony. Zapojení do výzkumu spočívá v užívání látky kreatin monohydrátu společně s dextrózou po dobu 5 dnů (4 x 5g kreatin monohydrátu + 15 g dextrózy) a podstoupení tří laboratorních testů a to před a po ukončení suplementace kreatin monohydrátu + dextrózy. Suplementace uvedených látek není tělu nebezpečná, přesto se mohou vyskytnout vedlejší účinky jako je nevolnost, zvracení, průjem a svalové křeče, z důvodu možných změn rovnováhy tělních tekutin, je doporučeno během suplementace dbát na zvýšený příjem tekutin. Laboratorní testy sestávají z měření tělesného složení přístrojem InBody 230, izokinetického vyšetření síly flexorů a extenzorů kolene, maximálního vertikálního výskoku, běžeckého sprintu na 10 m a intermitentního testu na bicyklovém ergometru (Monark 894 Peak Bike) zahrnujícího deset 6sekundových intervalů maximálního šlapání s intervaly odpočinku 30 s po každém pracovním intervalu se současným provedením spirometrie (Cosmed K4b2) a odběrem kapénky krve z bříška prstu ruky přístrojem LactateScout+ s nepocitovaným vpichem ve 3. minutě po skončení testu pro hodnocení koncentrace laktátu v krvi.

Všechny uvedené přístroje jsou certifikovány podle příslušných evropských technických směrnic resp. standardů pro fyziologické testování a budou užity oprávněnými osobami s příslušnou odborností a certifikací.

Všechny výše uvedené testy a měření budou probíhat v laboratoři na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci pod dohledem lékaře a budou provedeny osobami s certifikovaným oprávněním pro uvedené testování a pro práci s přístroji. Účastník může kdykoliv a bez udání důvodu svou účast v tomto výzkumu ukončit. Získané informace jsou anonymní a nebudou poskytovány třetím osobám.

Děkujeme Vám za pochopení významu uvedeného šetření a za možnost s Vámi spolupracovat.



Mgr. Svatoslav Valenta  
odpovědný řešitel  
e-mail: svatoslav.valenta@seznam.cz  
tel. 728894038

Prof. PaedDr. Rudolf Psotta, Ph.D.  
odpovědný řešitel  
email: rudolf.psotta@upol.cz  
tel. 585636112

---

## Individuální informovaný souhlas

Souhlasím - Nesouhlasím

s účastí mého dítěte na výše uvedeném výzkumném šetření.

Jméno a příjmení dítěte.....

Datum narození dítěte.....

a vyjadřuji – nevyjadřuji  
(*nehodící škrtněte*)

dobrovolný a informovaný souhlas s touto účastí.

Jméno a příjmení zákonného zástupce.....

Adresa.....

Telefon.....

V Olomouci dne.....

Podpis zákonného zástupce.....