

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

Vliv soutěžního a tréninkového zatížení v průběhu soutěžního mikrocyklu na poškození  
svalové tkáně mladých fotbalistů

Bakalářská práce

Autor: Mgr. Denisa Nohelová, obor trenérství a sport

Vedoucí práce: Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

Olomouc 2019

**Jméno a příjmení autora:** Mgr. Denisa Nohelová

**Název diplomové práce:** Vliv soutěžního a tréninkového zatížení v průběhu soutěžního mikrocyklu na poškození svalové tkáně mladých fotbalistů

**Pracoviště:** Katedra sportu

**Vedoucí diplomové práce:** Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2019

### **Abstrakt:**

Tělesné zatížení může vést k poškození svalové tkáně. Sérová koncentrace kreatinkinázy (CK) bývá používána jako index určující poškození vláken kosterních svalů ve sportu a po cvičení.

Cílem této studie bylo v průběhu soutěžního mikrocyklu zhodnotit chování plazmatické kreatinkinázy jako markeru svalového poškození v reakci na soutěžní a tréninkové zatížení u mladých hráčů fotbalu (kategorie U14 a U16) a posoudit jejich opětovnou připravenost k hernímu výkonu.

Sledováno bylo celkem 20 hráčů, 12 hráčů kategorie U14 ( $13,6 \pm 0,3$  let) a 8 hráčů kategorie U16 ( $15,6 \pm 0,2$  let). Složení jejich soutěžního mikrocyklu bylo z hlediska zatížení odlišné. Pro stanovení aktivity CK byly v průběhu týdenního mikrocyklu odebírány kapilární vzorky krve, které byly bezprostředně analyzovány spektrofotometrem Reflotron® pro plazmatickou CK aktivitu. Hráči byli testováni pětkrát v rámci jednoho týdne. Měření bylo provedeno před a okamžitě po utkání, po 48 a 96 hodinách a před dalším utkáním.

U obou kategorií bylo bezprostředně po prvním utkání sledováno zvýšení hladiny CK, které u hráčů kategorie U16 přetrvávalo i po 145 hodinách po utkání, kdežto u hráčů kategorie U14 klesly hodnoty CK po 168 hodinách pod úroveň hodnot naměřených před utkáním. Individuální analýza koncentrací CK v průběhu celého mikrocyklu naznačuje podobnou odezvu jednotlivých hráčů na zatížení, liší se však ve velikosti a pravděpodobně i v rychlosti. V 60-80 % jsou hodnoty CK naměřené u mladých fotbalistů nad horní hranici fyziologických rozmezí CK udávaných zahraničními i českými autory, ani v jednom případě však nepřekročily referenční hodnoty stanovené u profesionálních dospělých fotbalistů. Pouze 2 hráči kategorie U14 měly hodnoty CK v rozmezí detekujícím poškození svalové tkáně. Hodnoty CK naměřené před utkáním na konci soutěžního mikrocyklu naznačují dostatečné zotavení hráčů kategorie U14 a potřebu prodloužení intervalu zotavení u hráčů kategorie U16.

**Klíčová slova:** kreatinkináza, fotbal, mikrocyklus, mladí hráči, svalové poranění/poškození

**Author's first name and surname:** Mgr. Denisa Nohelová

**Title of the master thesis:** The impact of match play and training load on the muscle damage response in youth male soccer players

**Department:** Department of Sport

**Supervisor:** Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

**The year of presentation:** 2019

**Abstract:**

Physical exercises can result in muscular tissue damage. The serum concentration of creatine kinase (CK) is widely used as an index of skeletal muscle fibre damage in sport and exercise.

The aim of this study was to evaluate plasma creatine kinase behavior as a marker of muscle damage during the competition microcycle in response to competitive and training load in young football players (categories U14 and U16) and assess their preparedness for gaming performance.

A total of 20 players, 12 U14 ( $13.6 \pm 0.3$  years) and 8 U16 ( $15.6 \pm 0.2$  years) players were observed. The composition of their competition microcycle was different in terms of load. For the determination of CK activity, capillary blood samples were taken during the weekly microcycle and analyzed immediately by a Reflotron® spectrophotometer for plasma CK activity. Players were tested five times per week. Measurements were performed before and immediately after the match, after 48 hours, after 96 hours and before the next match.

Increased CK levels was observed immediately after the first match in both categories and remained even after 145 hours postmatch in U16, whereas in U14 declined below prematch CK values after 168 hours. Individual analysis of CK concentrations throughout the microcycle indicates a similar responses of individual players to the load, but difference in size and probably speed. CK values in young footballers are in 60-80 % above the upper limit of physiological values given by czech and foreign authors, however, in neither case did exceed the reference limits set for adult professional footballers. Only 2 players in U14 had CK values in range detecting muscle tissue damage. CK values measured before the next match indicate a sufficient recovery of U14 and the need to extend recovery interval in U16.

**Keywords:** creatinkinase, soccer, football, microcycle, young player, muscle injury/damage

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Doc. PaedDr. Michala Lehnerta, Dr., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 20. 6. 2019

.....

Děkuji Doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za pomoc, cenné rady, vstřícnost a odborné vedení, které mi poskytl při zpracovávání bakalářské práce.

Diplomová práce vznikla za podpory projektu grantové agentury České republiky č. GA16-13750S s názvem „Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání.

## OBSAH

1	ÚVOD .....	9
2	PŘEHLED POZNATKŮ .....	10
2.1	Zranění ve fotbale .....	10
2.1.1	Specifika zranění u fotbalové mládeže.....	11
2.2	Kreatinkináza.....	12
2.2.1	Kreatinkináza obecně .....	12
2.2.2	Kreatinkináza a její role při svalovém poranění a únavě .....	14
2.2.3	Kreatinkináza ve sportu.....	16
2.3	Fotbalový trénink.....	21
2.3.1	Tréninkový plán ve fotbale .....	21
2.3.2	Trénink a specifika mládeže.....	22
2.3.3	Struktura pro plánování tréninku mládeže 14-16 let v přípravném období .....	26
2.3.4	Model soutěžního mikrocyklu pro mládež ve věku 14-16 let.....	27
2.3.5	Tréninkové zatížení v soutěžním mikrocyklu s jedním utkáním .....	30
2.4	Shrnutí .....	31
3	CÍLE A HYPOTÉZY .....	32
3.1	Cíle.....	32
3.2	Výzkumné otázky .....	32
4	METODIKA .....	33
4.1	Charakteristika výzkumného souboru .....	33
4.2	Design výzkumu .....	34
4.3	Sledované proměnné a metody získání dat.....	36
4.4	Statistické zpracování dat .....	37
5	VÝSLEDKY .....	38
5.1	Výsledky k výzkumné otázce V <sub>1</sub> : Změny hodnot plazmatické kreatinkinázy v průběhu soutěžního mikrocyklu u fotbalistů kategorie U14 a U16.....	38
5.2	Výsledky k výzkumné otázce V <sub>2</sub> : Poškození svalové tkáně a riziko zranění u fotbalistů kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu.....	43
5.3	Výsledky k výzkumné otázce V <sub>3</sub> : Zotavení hráčů fotbalu kategorie U14 a U16 na konci sledovaného mikrocyklu podle analýzy kreatinkinázy.....	47
5.4	Výsledky k výzkumné otázce V <sub>4</sub> : Stanovení opětovné připravenosti k hernímu výkonu dle monitoringu kreatinkinázy.....	49
5.5	Shrnutí a vyjádření se k výzkumným otázkám.....	50



5.6	Limity studie.....	52
6	DISKUZE .....	54
7	ZÁVĚRY .....	61
8	SOUHRN .....	62
9	SUMMARY .....	64
10	REFERENČNÍ SEZNAM.....	66
11	PŘÍLOHY.....	75

## 1 ÚVOD

Zatížení, zotavení, prevence, přetížení, zranění – pojmy samostatné, ale úzce provázané, příznačné pro sportovní odvětví. Co mají společného? Ovlivňují sportovní výkonnost a zdraví sportovců.

V jakémkoli sportu by nemělo být cílem tréninku pouze podání co nejlepšího výkonu, ale též udržení zdraví a předcházení zraněním, které sportovní výkonnost negativně ovlivňují. Závažná poranění totiž mnohdy vedou k ukončení sportovní kariéry či k nevratnému snížení výkonnosti sportovců. Z důvodu ochrany zdraví se tak stále více dbá na adekvátní zatěžování, regeneraci a prevenci. Kromě vlastního pocitu sportovců a zkušeností trenérů se do popředí dostávají objektivní metody hodnotící aktuální stav jedinců. Snahou je nalézt nástroje, pomocí nichž by bylo možné rozpoznat rizikové stavy. Skrze úpravy v tréninku (intenzita, délka a frekvence zatížení, odpočinek) by byly tyto rizikové stavy redukovány a snížilo by se tak jak riziko zranění, tak i četnost poranění. Jedním z diskutovaných indikátorů je koncentrace kreatinkinázy. Dle její hladiny lze usuzovat na poškození svalové tkáně. U fotbalistů incidence svalových zranění stoupá. Současné poznatky naznačují, že sledování koncentrace kreatinkinázy může trenérům pomoci při stanovování tréninkového zatížení a intervalu zotavování, a to za účelem optimalizace výkonnosti sportovců a minimalizace dalšího svalového poškození (Inman et al., 2018; Russell et al., 2016).

Soudobé studie hodnotí hladinu kreatinkinázy převážně u dospělých profesionálních fotbalistů, a to jak v přípravném, tak i v soutěžním období. V této práci je koncentrace kreatinkinázy sledována v průběhu soutěžního mikrocyklu u výběrového souboru mladých fotbalistů kategorie U14 a U16. V období mezi 13.-15. a 16.-18. rokem věku je totiž zaznamenávána nejvyšší četnost poranění souvisejících se sportovní činností (Rumpf & Cronin, 2012; Shea, Pfeiffer, Wang, Curtin, & Apel, 2004).

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Zranění ve fotbale

Riziku zranění jsou vystaveni sportovci všech věkových kategorií. Sportovní úrazy a poranění negativně ovlivňují sportovní výkonnost, proto jsou připravovány preventivní programy, jejichž cílem je riziko zranění minimalizovat (Finnoff, 2012). Pro přípravu preventivních programů je nezbytné porozumění mechanismům, které se v lidském těle odehrávají. Neméně důležité je také odhalení situací, při nichž dochází ke zranění nejčastěji (Gebert et al., 2018).

Ve fotbale je charakteristické střídání aktivit s nízkou a s vysokou intenzitou (Malone et al., 2018; Scott et al., 2016). Zahrnuta bývá chůze, běh, sprinty, skoky, souboje, vedení míče, střelení, náhlé zrychlování a zpomalování či rychlé změny směru (Devrnja & Matković, 2018). Tyto aktivity jsou charakteristické excentrickou svalovou kontrakcí. Opakované excentrické kontrakce jsou považovány za hlavní příčinu poškození kosterních svalů, které vede ke zvýšení propustnosti plazmatické membrány a k uvolňování cytoplazmatických enzymů do krevního řečiště (Alves et al., 2015; Mohammadi, Afzalpour, & Ievary, 2018; Russell et al., 2015). Ze svalových buněk se do plazmy uvolňuje také kreatinkináza (CK), jež bývá považovaná za nepřímý biomarker svalového poškození (Hunkin, Fahrner, & Gastin, 2014; Scott et al., 2016). Klinicky se svalové poškození projevuje jako bolest svalů a je většinou důsledkem mechanického stresu, nerovnováhy v hladině vápníku a zánětlivé reakce vyskytující se při infiltraci fagocytů, při tvorbě volných radikálů a při zvýšené koncentraci cytokinů (Devrnja & Matković, 2018; Fatouros et al., 2010). Na úrovni svalové buňky dochází k poškození sarkolemy, sarkoplazmatického retikula, Z linií a pravděpodobně i ke změně propustnosti sarkolemy (Fatouros & Jamurtas, 2016).

U svalových poranění je ve fotbale zaznamenávána zvyšující se incidence (Small, McNaughton, Greig, & Lovell, 2010). Se zvyšující se únavou se může zvyšovat svalová nerovnováha mezi hamstringy a quadricpsy. Ta je společně s předchozími zraněními, omezenou pohyblivostí a sníženou svalovou silou predisponujícím faktorem vedoucím k poranění hamstringů, které je jedním z nejčastějších zranění vyskytujících se ve fotbale (Janura, Vařeka, Lehnert, & Svoboda, 2012; Sangnier & Tourny-Chollet, 2007). Časté bývá také natažení, vymknutí či kontuze v oblasti kolenního (KOK) a hlezenního kloubu (Pfirmann, Herbst, Ingelfinger, Simon, & Tug, 2016) se současným poraněním příslušných měkkých tkání, tj. ligamentum cruciatum anterius (LCA), ligamentum collaterale mediale (LCM) a ligamentum talofibulare anterius (Read, Oliver, De Ste Croix, Myer, & Lloyd, 2015; Wetters, Weber,

Wuerz, Schub, & Mandelbaum, 2016). Výskyt zranění je vyšší v závěrečných fázích hry, a to jak v prvním, tak i ve druhém poločase, a shoduje se s přítomností svalové únavy, neboť je pozorováno, že s odehraným časem se výkon a intenzita práce snižuje (De Ste Croix, 2012; Ekstrand, Häggglund, & Waldén, 2011; Read et al., 2015).

Dupont et al. (2010) dospěli k závěru, že snížená doba zotavení mezi utkáními vede ke zvýšenému výskytu zranění. Doba zotavení mezi utkáními trvající 72-96 hodin je dostatečná k udržení úrovně fyzické výkonnosti, ale nedostatečná pro snížení rizika zranění. S krátkým časem na zotavení se tudíž zvyšuje riziko zranění (Dupont et al., 2010). To dokazuje také Ispirlidis et al. (2008), kteří prokázali, že pro obnovení výkonu po utkání je potřeba 96-120 hodin. Teprve po uplynutí této doby sledovali u fotbalistů (věk  $21,1 \pm 1,2$ ) normalizaci krevních markerů určujících svalové poškození (CK) a záněty (kyselina močová) a taktéž znovudosažení výchozích hodnot rychlosti při sprintu na 20 metrů. Poškození svalů, které vzniká při fotbalové hře, přetrvává 48-72 hodin (Ispirlidis et al., 2008).

### **2.1.1 Specifika zranění u fotbalové mládeže**

Pfirmsmann et al. (2016) v systematickém přehledu analyzovali výskyt zranění u elitních mladých hráčů (věk 9-19 let) a u dospělých profesionálních hráčů (věk 19-32 let). Poměr nejběžnějších typů úrazů se mezi jednotlivými skupinami nelišil. V utkáních byla v porovnání s tréninky míra úrazů u obou skupin vyšší. U dospělých byl výskyt zranění v utkání 3,3-15,3krát vyšší, u mládeže 2,3-4,9krát. U mladých byla oproti dospělým vyšší incidence zranění při tréninku (střední hodnoty 6,9 oproti 3,7).

Narozdíl od dospělých, jejichž růst a zrání je již ukončeno, prochází tělesná schránka mladých sportovců neustálými změnami souvisejícími s růstem a zráním. Zrání (maturaci) dělíme dle vztahu mezi kostní zralostí a chronologickým věkem na časně, normální a pozdní. U časně a normálně dospívajících byl sledován nevýznamně vyšší výskyt zranění při srovnání s později zralými. Závažnost zranění však byla u později zralých hráčů vyšší. Lokace poranění se lišila. U časně zralých hráčů byla nejčastěji poraněna oblast stehna, u pozdně a normálně dospívajících hráčů to byl kolenní kloub. U časně zralých byla oproti pozdně zralým výrazně vyšší incidence poranění třísel, čtenější bylo jejich natažení či namožení a dále byl vyšší výskyt podvrtnutí hlezna. Normálně dospívající jedinci zaznamenali více problémů se zády (Le Gall, Carling, & Reilly, 2007).

Mladí sportovci jsou v různých stádiích růstu a zrání vystaveni zvyšujícímu se riziku zranění. S rostoucím věkem dětí se zvyšují i požadavky tréninkového a soutěžního procesu, což ústí ve zvýšené riziko zranění vyvolané vysokou mírou repetitivního zatížení (Read et al.,

2015). U mladých fotbalistů ve věku 9-15 let byl zaznamenán lineární nárůst počtu zranění. Kolem 13. roku věku dochází k prudkému navýšení počtu zranění, což je připisováno rychlým změnám postavy a váhy, které jsou důsledkem růstového spurtu (Emery, 2003). Kolem 14. roku věku jsou popisovány největší výškové přírůstky, tj. největší růst, a také vyšší četnost traumatických poranění (Rumpf & Cronin, 2012). Tato četnost je ve věkovém rozhraní 13-15 let nejvyšší ( $65,83 \pm 2,40/1000$  odehraných hodin v tréninku i utkání). Mezi 9.-12. a 16.-18. rokem je incidence zranění výrazně nižší ( $8,01 \pm 3,3/1000$  odehraných hodin a  $8,44 \pm 5,23/1000$  odehraných hodin). V utkáních se oproti tréninkům výskyt zranění navyšuje, u 13-15letých z  $5,53 \pm 3,40$  na  $18,46 \pm 17,63$  a u 16-18letých z  $8,75 \pm 6,03$  na  $32,44 \pm 19,62$  při přepočtu na 1000 odehraných hodin (Rumpf & Cronin, 2012).

## **2.2 Kreatinkináza**

### **2.2.1 Kreatinkináza obecně**

Jedním z klíčových enzymů energetického metabolismu buněk je kreatinkináza (CK), která katalyzuje přeměnu kreatinu na kreatinfosfát přenosem fosfátu z adenozintrifosfátu (ATP) (Vohánka, 2012). Kreatinfosfát slouží jako zásobník pro energii, zejména v energeticky náročných tkáních, mezi něž patří kosterní a hladké svaly, myokard, nervová tkáň či retina, Cortiho orgán a spermie. CK se nalézá především v kosterním svalstvu, myokardu a v mozkové tkáni. Cytoplazmatická CK je tvořena dvěma podjednotkami – svalovou (M muscle) a mozkovou (B brain), které vytváří tři izoformy: CK-BB mozkový, CK-MB myokardiální a CK-MM svalový izoenzym. V kosterních svalech se z 98 % vyskytuje izoenzym CK-MM a z 1 % CK-MB (Brancaccio, Maffulli, & Limongelli, 2007; Vohánka, 2012).

Hodnoty CK jsou ovlivněny věkem, pohlavím, etnickým původem, svalovou hmotou, klimatickými podmínkami a pohybovou aktivitou (Kyriakides et al., 2010). U žen je aktivita CK obecně nižší, a to o 20-25 % v porovnání s mužskou populací. Důvodem je nižší objem svalové hmoty, na němž je aktivita CK závislá (Hartmann & Mester, 2000; Sewright, Hubal, Kearns, Holbrook, & Clarkson, 2008). U černošské populace je aktivita CK fyziologicky vyšší, a to až dvojnásobně (Kenney et al., 2012). Sportovci a jedinci s pravidelnou pohybovou aktivitou mají vyšší klidové hodnoty CK oproti jedincům se sedavým způsobem života. Pokud jsou ale vystaveni stejnému tělesnému zatížení, bývá nárůst v koncentraci CK u trénovaných signifikantně nižší než u netrénovaných (Brancaccio et al., 2007).

V současnosti je hladina CK považována za nejcitlivější laboratorní indikátor nervosvalového poškození (Cardy & Potter, 2007). Při poškození kosterního nebo srdečního

svalu aktivita CK vzrůstá. Její zvýšenou hladinu lze pozorovat již mezi 2.-12. hodinou po vzniku poškození, mezi 24. až 72. hodinou hladina CK vrcholí a následně klesá každý den o 39 % své předchozí hodnoty (Khan, 2009). Pakliže dojde k pětinasobnému zvýšení normálních hodnot CK, které se běžně nachází v rozmezí 15-167 U/l, bývá toto zvýšení hladiny CK v krvi považováno za marker svalového poškození (Daher, Júnior, Brunetta, Pontes, & Bezerra, 2005; Warner & Hammans, 2009). Schumann a Klauke (2003) navrhli horní referenční limit CK u mužů na hodnotě 171 U/l (166-177 U/l) a u žen na hodnotě 145 U/l (133-153 U/l). Mougios (2007) specifikuje horní referenční limity u sportujících mužů na hodnotě 1083 U/l (881-1479 U/l) a u sportujících žen na hodnotě 513 U/l (404-836 U/l) a uvádí také hodnoty pro nespportující muže 491 U/l (369-728 U/l) a ženy 252 U/l (141-345 U/l). Vymezuje také referenční limity u fotbalistů v rozmezí 83 (53-84)-1492 (924-1908) U/l, neboť se ukazuje, že sportovci, konkrétně fotbalisté mají hodnoty CK v porovnání s běžnou populací vyšší. Mahmutyazicioglu, Nash, Cleves a Nokes (2018) u fotbalistů (mužů) také doporučují nový referenční interval, a to 64,9-1971,7 U/l, jenž je ve shodě s tím, co navrhl Mougios (2007). Mimo to na svém vzorku 27 profesionálních fotbalistů popisují jejich průměrnou hodnotu CK, tedy 518,6 U/l a medián, který má vzhledem k rozložení dat lepší vypovídající hodnotu. U fotbalistů byla střední hodnota vyjádřená mediánem více než dvojnásobná (284 U/l) oproti kontrolní skupině (124 U/l). Lazarim et al. (2009) sledovali v soutěžním období vzorek 128 profesionálních fotbalistů (24±4 let), jejichž průměrná hodnota CK byla 493±315 U/l a medián 371 U/l. Tito autoři stanovili horní limity plazmatické CK dle 97,5. percentilu na hodnotě 1338 U/l s konfidenčním intervalem 1191-1639 U/l a dle 90. percentilu na hodnotě 975 U/l s konfidenčním intervalem 810-1090 U/l. Druhý jmenovaný limit považovali za práh detekující svalové přetížení a únavu. Po překročení tohoto prahu doporučovali fotbalistům snížit sportovní aktivitu.

Pro Českou republiku uvádí fyziologické rozmezí normálních hodnot CK u dospělých mužů (15-30 let) Zima a Mrázová ve Velkém lékařském slovníku online. Jedná se o hodnotu CK v rozmezí 0,2-3,8  $\mu$ kat/l, což je při přepočtu 12-228 U/l. Referenční hodnoty CK uvádějí také Vaše laboratoře s.r.o., které zohledňují i děti a mladistvé. Ty stanovují hodnotu CK pro věk od 1-15 let v rozmezí 0-2,27  $\mu$ kat/l, tj. 0-136,2 U/l a pro muže starší 15 let v rozmezí 0-3,24  $\mu$ kat/l, tedy při přepočtu od 0-194,4 U/l. Tyto limity jsou zohledňovány ve vybraných nemocničních zařízeních v České republice.

Vzestup hladiny CK záleží na typu a stupni fyzické aktivity. K významnému vzestupu vede silový a extrémní vytrvalostní trénink, šetrná aerobní zátěž by neměla způsobovat signifikantní zvýšení (Reijneveld, Te Boekhorst, Zonderland, Kalmijn, & Notermans, 2002; Vohánka, 2012).

Při intenzivním a namáhavém cvičení dochází k poškození struktury buněk kosterního svalstva na úrovni sarkolemy a Z linií, což ústí ve zvýšení koncentrace CK. Pokud je intenzita cvičení mírná až střední, nedochází ke změně permeability membrány svalové tkáně, avšak při překročení bodu zlomu (300-500 U/l), tj. intenzity zatížení, které svalová tkáň odolá, proniká CK do intersticiální tekutiny a skrze lymfatický systém je navracena do oběhu. Po dlouhotrvajících vytrvalostních aktivitách (maratónský běh, triatlon) a zejména po krátkých cvičeních, která zahrnují intenzivní odporované excentrické kontrakce (squat, kliky) bývají pozorovány značně vysoké hladiny CK (mezi 300-10174 U/l). Z důvodu vysoké variability v odpovědích CK na zatížení bývají jedinci rozlišováni na velmi a málo reagující. U subjektů, jejichž změny jsou vysoké, byla oproti jedincům s nízkou reaktivitou pozorována významně nižší průřezová plocha a objem musculus (m.) quadriceps femoris (Brancaccio et al., 2007).

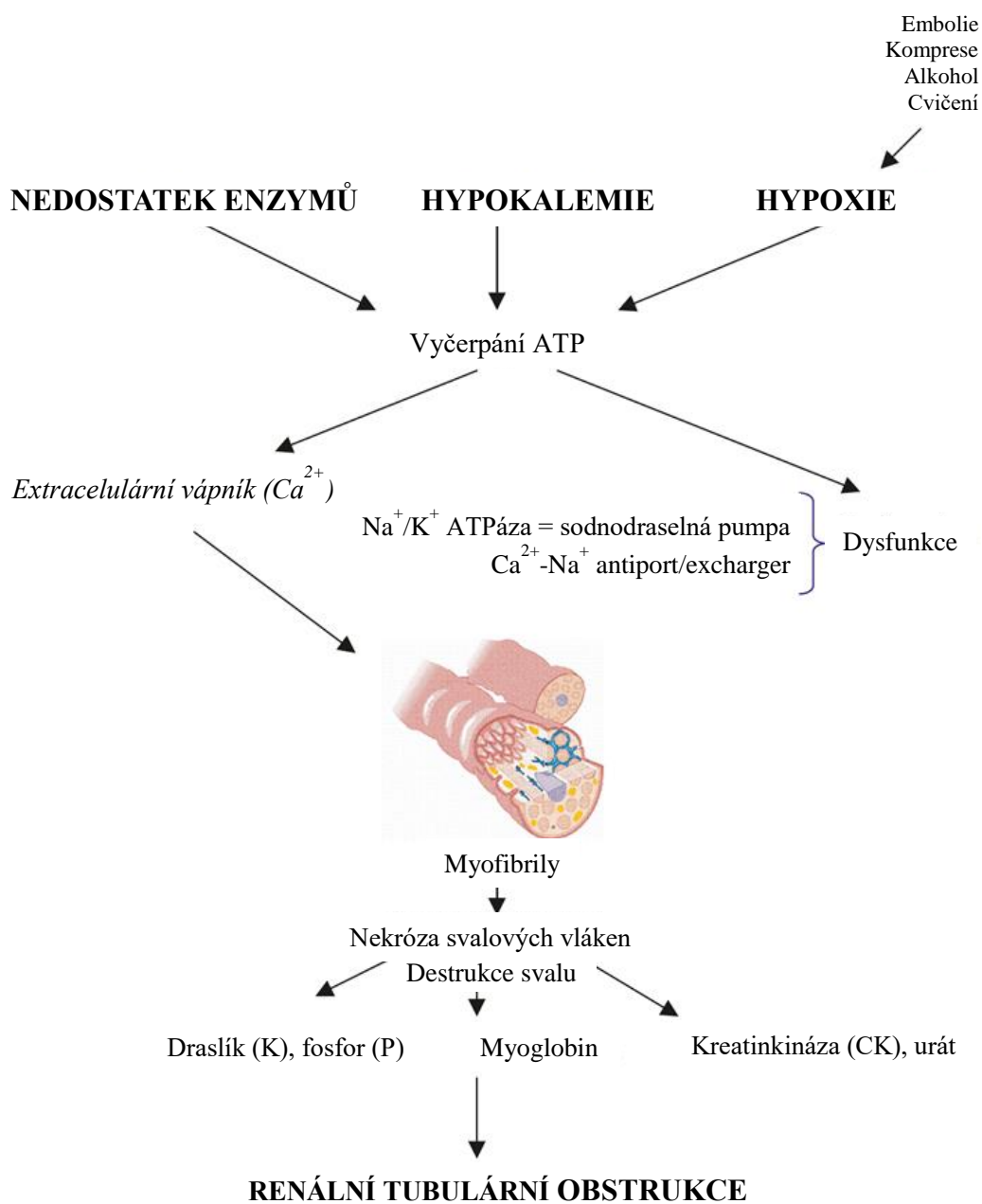
Zvýšená hladina CK je spojena i s řadou dalších stavů, nejen se svalovým poraněním a fyzickým cvičením, ale i s těhotenstvím, malignitami, onemocněním štítné žlázy a příštítných tělísek, diabetem, dehydratací, stresem, traumatem a abusem alkoholu, drog a medikací. Zvýšené hodnoty mohou značit onemocnění srdečního svalu (infarkt myokardu, angina pectoris, kardiochirurgické operace), onemocnění kosterních svalů (progresivní svalová dystrofie, akutní ataky chronické polymyozitidy, zhmoždění svalů) či jiné příčiny (šok, intoxikace, diabetická ketoacidóza) (Clarkson, Kearns, Rouzier, Rubin, & Thompson, 2006).

## **2.2.2 Kreatinkináza a její role při svalovém poranění a únavě**

Slovo únava má mnoho významů a také je možné rozlišovat různé druhy únavy. Edwards (1981) únavu definuje jako neschopnost udržet očekávanou či vynaložit požadovanou sílu. Dále může být chápána jako stav snížené výkonnosti, který vyplývá z předcházející aktivity či vynaloženého úsilí, popřípadě jako neschopnost pokračovat v pohybové aktivitě. Únava slouží jako ochrana organismu před vyčerpáním a je spojena se selháním rychlosti dodávky energie k uspokojení poptávky, poruchami excitace a aktivace. Dle napětí vytvořeného v každém svalovém vlákne a dle počtu zapojených vláken je stupňována síla volní kontrakce. Podobný mechanismus náboru je pozorován i u únavy (Edman, 1995; Edwards, 1981). Únava může způsobit změnu mnoha fyziologických procesů včetně změn v neuromuskulárních (Byrne, Twist, & Eston, 2004) a imunitních funkcích (Gleeson, 2007), může ovlivnit hormonální rovnováhu (Budgett, 1998), zánět a markery svalového poškození (Clarkson & Hubal, 2002).

Svalové poranění, bez ohledu na mechanismus jeho vzniku, spouští kaskádu událostí, které vedou k úniku extracelulárních iontů vápníku do intracelulárního prostoru (Obrázek 1) (Huerta-Alardín, Varon, & Marik, 2005). Přebytek vápníku způsobuje patologickou interakci aktinu

a myosinu a aktivuje buněčné proteázy se svalovou destrukcí a nekrózou vláken. Rozpad svalových vláken stimuluje satelitní buňky k regeneraci nových vláken, která nahrazují původní poškozená vlákna. K regeneraci svalových vláken dochází, pouze pokud jsou satelitní buňky intaktní. Jestliže jsou poškozeny, nedochází k tvorbě nových vláken, ale vytváří se jizva. Ta je složená z tukové a fibrózní pojivové tkáně a vyplňuje prostor zničeného vlákna (Brumback, Feeback, & Leech, 1992).



Obrázek 1. Rhabdomyolýza (převzato a upraveno z Huerta-Alardín et al., 2005, 163)



Hladina CK odráží v případě svalové choroby stupeň poškození svalové membrány (sarkolemy) či míru nekrózy svalových vláken. Obraz destrukce a desintegrace příčně pruhované svalové tkáně různé etiologie představuje rhabdomyolýza. Při rozpadu a nekróze dochází k úniku intracelulárních substancí do krevního oběhu, a tedy i k významnému vzestupu hladiny CK. Asymptomatické navýšení CK může přecházet do svalových slabostí, myalgií a až do život ohrožujících stavů spojených s extrémním zvýšením CK a myoglobinu, elektrolytovou nerovnováhou, renální insuficiencí a diseminovanou intravaskulární koagulací (DIC) (Huerta-Alardín et al., 2005).

Myoglobin je svalově specifickým markerem, který má nižší molekulární hmotnost a jeho vzestup předchází při rhabdomyolýze elevaci CK. Po zvýšení hladiny myoglobinu následuje vzestup hladiny CK, který se objevuje do 12 hodin a vrcholí 2.-3. den, poté klesá 3-5 dnů. Poločas CK je 1,5 dne. Hladina myoglobinu klesá rychleji s poločasem 2-3 hodin. Hodnota CK vyšší než 5 000 U/l odpovídá vážnému svalovému poranění (Huerta-Alardín et al., 2005; Vohánka, 2012).

### **2.2.3 Kreatinkináza ve sportu**

Předchozí výzkumy naznačily, že sledování koncentrace CK může být u fotbalistů použito k včasné detekci únavy, svalového přetížení a zotavení (Coelho, Morandi, de Melo, & Silami-Garcia, 2011; Lazarim et al., 2009), neboť se CK snadno uvolňuje během svalového poškození a nebývá falešně zvýšena při hemolýze (Alshail, Aljohar, & Alshehri, 2016). Vrcholové hodnoty koncentrace CK v séru se po fyzické aktivitě objevují přibližně po dvaceti čtyřech až devadesáti šesti hodinách a během následujících dní zůstávají zvýšené (Clarkson et al., 2006; Mougios, 2007).

Sportovci mají při srovnání s populací, která se neúčastní pravidelné pohybové aktivity vyšší hladinu CK v klidu, a to z důvodu větší svalové hmoty a pravidelného cvičení. Po vystavení se zátěži o shodné intenzitě mívají pravidelně sportující jedinci nižší nárůst hodnoty CK vzhledem ke zdravým neaktivním osobám, a to i přes to, že mohou pociťovat větší svalovou bolest (Brancaccio et al., 2007; Vincent & Vincent, 1997). Nejvýraznější přírůstky v koncentraci CK bývají pozorovány u méně trénovaných jedinců (Maxwell & Bllor, 1981). Autoři toto chování připisují adaptaci na tréninkové zatížení. Mimo to byl objeven vztah mezi vrcholovým výkonem (peak power) a uvolňováním CK. Čím nižší je jedincův vrcholový výkon, tím vyšší je nárůst koncentrace CK (Ehlers, Ball, & Liston, 2002). Extrémní hodnoty však bývají sledovány i po velmi náročném zatížení, např. maratonu (Kratz et al., 2002). Hodnoty bývají ještě vyšší, pokud je cvičení prováděno v chladném prostředí (Lin, Lin, Wang,

& Leu, 2005). Z dosud známých poznatků vyplývá, že indikátorem přetrénování může být nadměrné zvýšení CK v séru v kombinaci se snížením tolerance na zátěž (Hartmann & Mester, 2000). S odkazem na skutečnost, že svalové poškození má za následek zhoršení svalové funkce, lze konstatovat, že dle aktivity sérových enzymů nelze přesně odhadovat rozsah svalového poškození vyvolaného zátěží. Dle závěrů studie prováděné na triatlonistech nelze svalové zotavení hodnotit změnami hladiny CK, neboť neexistuje žádná korelace mezi vyplavením se sérových enzymů a poruchou svalového výkonu po cvičení (Margaritis, Tessier, Verdera, Bermon, & Marconnet, 1999). Hodnoty CK navíc vykazují velkou variabilitu a sportovci s chronicky nízkými hladinami CK v séru (nízká odpověď) mají nižší variabilitu ve srovnání s těmi, kteří mají vyšší hodnoty (vysoká odpověď). Proto je možné diagnostikovat přetrénování pouze v případě, že je pozorován velký nárůst CK v kombinaci se sníženou tolerancí na zátěž (Hartmann & Mester, 2000). Přesto Brancaccio, Lippi a Maffulli (2010) uvádí, že vysoké hladiny CK v séru jsou vyvolány popraskáním sarkolemální membrány a korelují s rozsahem a intenzitou zatížení a souvisí se závažností svalové bolesti.

Otázkou také zůstává, zdali je zvýšení koncentrace CK v séru závislé na stupni (intenzitě) zatížení či na délce trvání zátěže. V tomto směru nedošli autoři ke shodě. Někteří uvádí závislost na obou výše uvedených faktorech (Brancaccio et al., 2007; Hübner-Woźniak, 1992; Jaffe, Garfinkel, Ritter, & Sobel, 1984).

Ispirlidis et al. (2008) sledovali u fotbalistů bezprostředně po skončení hry zvýšení hladiny CK, které vrcholilo po 48 hodinách po dohrání. Maximální (vrcholová) aktivita CK byla 950 U/l. Pro srovnání po ragbyovém utkání byly naměřeny mírně vyšší vrcholové hodnoty (CK = 1081 U/l) již po 24 hodinách po skončení hry, po maratónském běhu se pohybovaly v rozmezí 500-3300 U/l a po vysokosilovém excentrickém cvičení mohly dosáhnout až 25 000 U/l (Takarada, 2003). Hladina CK byla u fotbalistů normalizována po 120 hodinách.

Jaffe, Garfinkel, Ritter a Sobel (1984) naměřili u 9 profesionálních fotbalistů 24 hodin po skončení utkání průměrnou hodnotu CK 717 U/l, přičemž rozsah naměřených hodnot byl od 172-2288 U/l. Souvislost mezi tělesnou hmotností, pozicí hráče a úrovní CK-MB neprokázali.

Garry a McShane (2000), kteří hodnotili u 23 profesionálních fotbalistů úroveň CK 48 hodin po ukončení utkání, našli vyšší průměrnou hodnotu, a to 1028 U/l s rozsahem hodnot od 243-2475 U/l. Statisticky významný vztah mezi úrovní CK, rasou, body mass indexem (BMI) a pozicí hráče nenalezli. Přesto popisují, že nejvyšší průměrné hodnoty byly zaznamenány u krajního záložníka (1215±440,3 U/l), poté u defenzivního záložníka a krajního obránce

(1098±675,5 U/l) a nejnižší u dovednostních pozic, tj. u ofenzivního záložníka a středního obránce (694±456,7 U/l).

Pro zjištění dynamiky zotavení sledovali Nedelec et al. (2014) u profesionálních fotbalistů ve věku 21,8±3,2 let změny v hladině CK po utkání, přičemž nejvyšší hodnoty sledovali již po 24 hodinách po skončení utkání, a to 727±235 U/l. Následně již hodnoty naměřené po 48 a 72 hodinách klesaly (508±210 U/l a 470±204 U/l). Neuromuskulární únava byla zřejmá i po 72 hodinách. Hodnoty CK dosahovaly před utkáním průměrně 248±105 U/l.

Andrzejewski, Domaszewska, Chmura, Rychlewski a Kubalewska (2008) pozorovali u mladých fotbalistů (13 let), kteří absolvovali trénink zaměřený na rychlost s individuálním rychlostním zatížením dvojnásobné zvýšení klidových hodnot CK.

De Barros, Alves, Zogaib a Conforti (2017) popisují, že u 43 profesionálních hráčů fotbalu (26,9±6,2 let) sledovali během sezóny po oficiálních utkáních v různých periodách (11-66 hodin po utkání) průměrné hodnoty CK v rozsahu od 243-1460 U/l, s celkovou průměrnou hodnotou 718 U/l. Individuálně kolísaly hodnoty CK od 292-1559 U/l a čím delší byla doba zotavení, tím nižší byly hodnoty CK, tj. vyšší hodnoty byly naměřeny v prvním dni po utkání v porovnání s druhým dnem.

Podobné chování CK sledovali i Russell et al. (2015), kteří během čtyř utkání měřili 14 profesionálních fotbalistů (< 21 let). V porovnání s hodnotami naměřenými ráno den před utkáním (343±150 μ/l) byly hodnoty 24 hodin po utkání o 334,8±107 μ/l vyšší a 48 hodin po utkání vyšší o 156,9±121,0 μ/l (499,4±176,8 μ/l). Výsledky jejich analýzy naznačily, že je CK dostatečně citlivá pro detekci změn způsobených během utkání zatížením o vysoké intenzitě.

V soutěžním období sledovali po dobu 3 měsíců u 17 profesionálních fotbalistů (22,2±3,1 let) kinetiku CK Coelho et al. (2011). Prvnímu měření, které provedli před začátkem sezóny, předcházela třicetidenní odpočinek (dovolená). Výchozí koncentrace CK měla průměrnou hodnotu 192,1±23,0 U/l. Další měření probíhala v určitých časových úsecích po utkání. Nejvyšší průměrná hodnota byla zjištěna po 12-20 hodinách, a to 785,8±95,5 U/l. Před tímto měřením neabsolvovali fotbalisté žádný trénink. S prodlužující se dobou po utkání hodnoty klesaly, po 36-48 hodinách na 388,2±37,8 U/l a po 60-65 hodinách na 299,1±30,5 U/l. Posledně uvedená hodnota je autory považována za normální tréninkovou. Při posledním měření, které proběhlo 90-110 hodin po utkání byla zjištěna mírně vyšší hodnota (317,0±37,7 U/l). Toto zvýšení je autory přičítáno tréninku, který obsahoval technickou, taktickou a fyzickou přípravu (udržení kondice, zrychlení zotavení).

Coelho et al. (2014) provedli obdobnou analýzu CK i v rámci přípravného období. U 31 profesionálních hráčů fotbalu (24,3±3,9 let) analyzovali koncentraci CK v plazmě na začátku přípravného období a po 4, 10 a 15 dnech. Naměřené hodnoty byly postupně 178,2±12,0; 540±59,1; 389,8±49,5 a 408,7±45 U/l. Vrcholová koncentrace CK byla sledována již čtvrtý den přípravného období. V průběhu přípravného období zůstaly hodnoty CK nadále oproti hodnotám naměřeným po dovolené zvýšené. Poslední hodnota byla zjišťována den před prvním utkáním sezóny a její výše spadala do rozsahu hodnot doporučených pro profesionální hráče.

O dva roky později publikují Coelho et al. (2016) srovnání různých způsobů určování koncentrace CK u fotbalistů v soutěžním období, přičemž jako další autoři přepočítávají absolutní hodnoty CK na relativní. U 12 fotbalových hráčů první divize (24±4 let) uvádějí absolutní hodnoty naměřené před prvním tréninkem v přípravném období (181,3±58,7 U/l), poté průměr hodnot naměřených 4., 10. a 15. den v přípravném období (416,4±155,7 U/l) a následně hodnoty ze soutěžního období rozděleného na 3 mezocykly, které obsahovaly přibližně 30 dní tréninku. V soutěžní etapě měřili CK v období 32-36 hodin po utkání, 2-3x v rámci jednoho mezocyklu a uvedli průměrné hodnoty z těchto měření v následujícím pořadí 526,4±268 U/l; 403,8±137 U/l; 442,5±212,3 U/l. Vedle toho uvádí koncentraci CK vyjádřenou v hodnotách relativních k maximální koncentraci CK a dále vyjádřených v hodnotách vztažených k maximální odchylce delta v koncentraci CK. Dva výše uvedené způsoby se dle výsledků jejich analýzy zdají specifitější pro sledování tréninkového zatížení v týmových sportech jako je fotbal. Uvedení autoři dále konstatují, že skrze individualizaci tohoto markeru může být optimalizována výkonnost sportovců a může se předcházet svalovým poraněním.

Ehlers, Ball a Liston (2002) sledovali v přípravném období hladinu CK u fotbalistů první divize (20,9±1,6 let), kteří trénovali dvakrát denně. V průběhu deseti dní provedli čtyři měření (před prvním tréninkem a čtvrtý, sedmý a desátý den ráno), přičemž pozorovali výrazné zvýšení CK během čtvrtého dne tréninku. Hladina CK se mezi 4. a 10. dnem snižovala, pravděpodobně v důsledku adaptace na trénink. Přesto byly uvedené průměrné hodnoty velmi vysoké (203,8±67; 5124,7±5518,1; 3369,8±3658,9; 1263,7±990,6 U/l). U tří hráčů byly hodnoty během druhého a třetího měření vyšší než 5000 U/l, a to až 2-3x (18823 U/l, 11634 U/l, 13399 U/l).

Z důvodu velké variability hodnot CK se Alves et al. (2015) rozhodli provést individuální analýzu koncentrace CK u 17 fotbalistů první divize (26,6±3,7 let). Klidová hodnota CK naměřená po třiceti denním odpočinku od pohybových aktivit byla stanovena mediánem na 120 U/l (26,3-475 U/l). Během mistrovství se hodnoty měřené po utkáních (po 36-46 hodinách)

pohybovaly v rozsahu 141-1830 U/l. Maximální koncentrace CK vyjádřená mediánem byla 626 U/l (350-1830 U/l). Rozdíly mezi hladinami CK po odpočinku a po utkání byly v rozsahu 251,8-1355 U/l s mediánem na hodnotě 478 U/l. Po utkáních se naměřené hodnoty nacházely v rozsahu od 141-1830 U/l (medián 376,5 U/l). Autoři sledované období rozdělili do tří částí (úvodní, střední, finální), přičemž nejvyšší hladiny CK pozorovali hned na začátku, ve střední a finální části byly nižší. Skrze individuální analýzu jednotlivých hráčů došli k závěru, že se u nich neobjevilo zvýšené svalové poškození a že pozorované snížení koncentrace CK je důsledkem svalové adaptace.

Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat a Terrados (2017) popisují, že u hráčů fotbalu byl po utkáních pozorován nárůst plazmatické CK, který byl tím nižší, čím vyšší byly hodnoty CK před utkáním a v případě hodnot nacházejících se v normálním rozmezí mohl být až 84%.

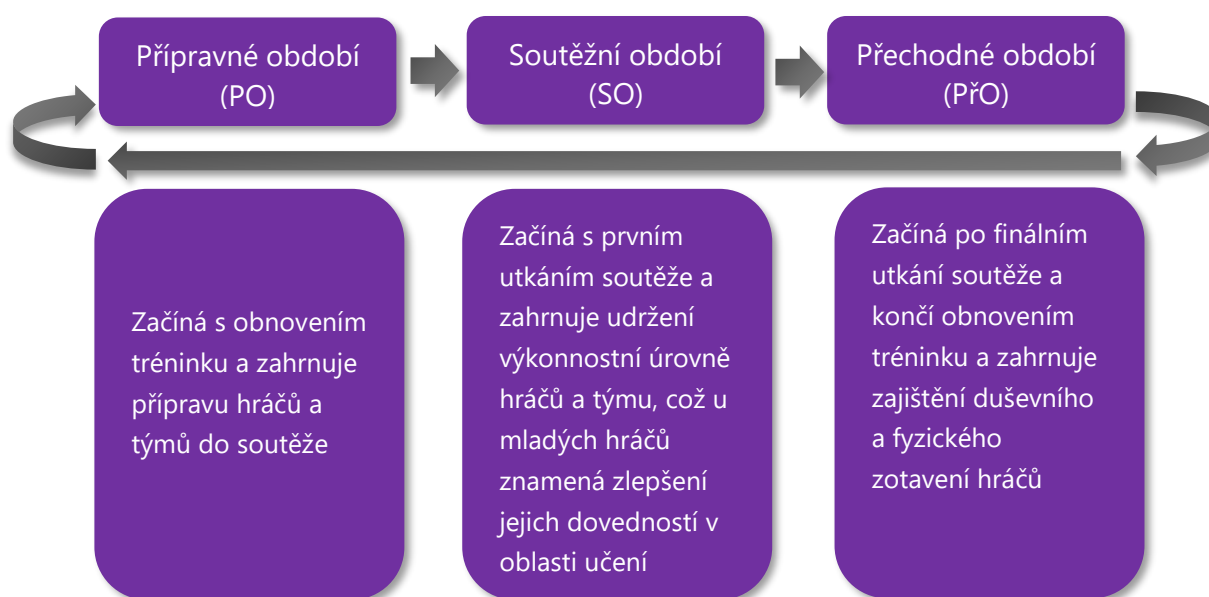
Systematický přehled a meta-analýza Hagstroma a Shortera (2018) potvrzuje, že hladiny CK jsou po fotbalovém utkání zvýšeny bezprostředně i po 24 a 48 hodinách.

Darani, Abedi a Fatollahi (2018) potvrdili, že na úroveň hladiny CK měřené po zátěži má vliv i způsob zotavovací fáze. U profesionálních fotbalistů (21,9±2,6 let), kteří absolvovali intervenci s chladnou vodou (ponoření a sezení ve vodě s teplotou 10 °C), byly naměřené hodnoty CK nejnižší, následovalo aktivní zotavení (výklus, člunkový běh, stretching) a nejvyšší hodnoty CK byly zaznamenány u pasivního zotavení (sed, leh). Ke snížení hladiny CK přispívají také masáže (Isabell, Durrant, Myrer, & Anderson, 1992; Rodenburg, Steenbeek, Schiereck, & Bär, 1994; Smith et al., 1994; Tiidus, 1997). Systematický přehled a meta-analýza, kterou provedli Dupuy, Douzi, Theurot, Bosquet a Dugué (2018) hodnotí vliv zvolených technik na snížení hladiny CK, přičemž zohledňuje i časový efekt. Potvrzují, že největší vliv mají masáže a intervence s chladnou vodou (dolní končetiny, trup a nejlépe při teplotě ≤ 15 °C) i nošení kompresního oblečení. Pozitivní vliv byl také zaznamenán u kryoterapie a kontrastní terapie vodou. U aktivního zotavení a stretchingu nebyl vliv prokázán. Je zde však neshoda mezi studii, kterou pravděpodobně ovlivňuje zvolený typ a provedení intervencí.

## 2.3 Fotbalový trénink

### 2.3.1 Tréninkový plán ve fotbale

Základem tréninkového plánu, zpravidla ročního, jsou menší časové úseky nazývané makrocykly, mezocykly a mikrocykly. Délka makrocyklu se pohybuje od dvou měsíců do jednoho roku. Základním makrocyklem je roční tréninkový cyklus, který bývá často rozdělen do dvou až tří kratších makrocyklů, jimiž jsou přípravné období (PO), soutěžní období (SO) a přechodné období (PřO) (Lehnert, Novosad, & Neuls, 2001; Votík, Zalabák, Bursová, & Šrámková, 2011).



Obrázek 2. Periodizace sezóny

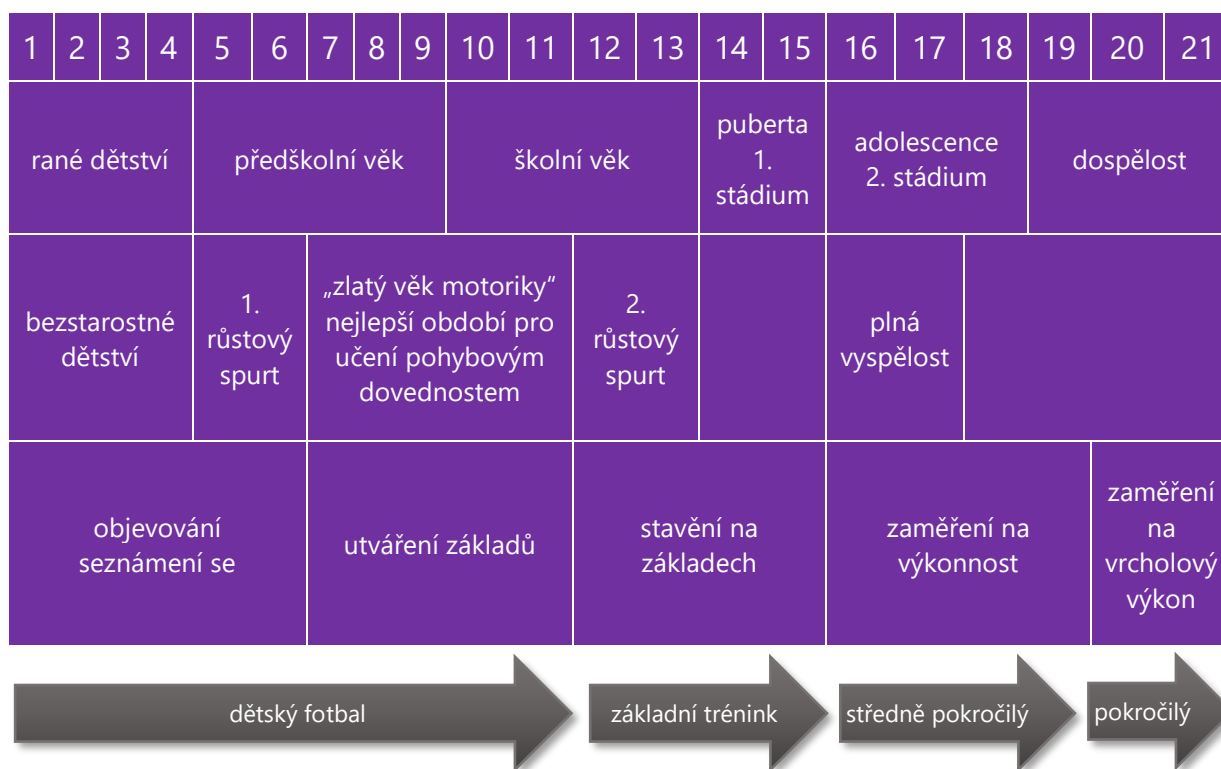
Makrocykly obsahují několik mezocyklů trvajících obvykle 2-6 týdnů. Mezocykly jsou tvořeny několika mikrocykly, které trvají zpravidla týden (od 3-10 dní). Týdenní tréninkové mikrocykly bývají ve fotbale plánovány od pondělí do neděle a v závislosti na věku hráčů, úrovni hry a tréninkovém či soutěžním období obsahují tři až osm tréninkových jednotek. V závodním mezocyklu, který se skládá ze čtyř mikrocyklů obsahujících šest tréninkových jednotek, bývá za účelem zotavení a obnovení energie (fyzické i psychické), doporučován u mladých hráčů denní až dvoudenní odpočinek v rámci každého mikrocyklu (Bénézet & Hasler, 2017; Lehnert et al., 2001).

Vlastní tréninkové jednotky mohou být vytvářeny pro celý tým a jsou přizpůsobovány skupině či pozici hráčů nebo jsou připravovány pro jednotlivce v rámci jejich individuální přípravy. Délka tréninkové jednotky se odvíjí od řady faktorů (cíle, druh, časové rozložení

v rámci mikrocyklu, klima, kultura, osobnost trenéra atd.) a může trvat od 45 do 120 až 150 minut, a to i během soutěžního období. Všeobecně platí, že délka tréninkové jednotky trvá 80-100 minut včetně rozcvičení. U mladých hráčů by nemělo celkové denní tréninkové zatížení překračovat 120-150 minut (Bénézet & Hasler, 2017; Votík, 2005; Votík et al., 2011).

### 2.3.2 Trénink a specifika mládeže

Fotbalový trénink by měl přispívat nejen k rozvoji dovedností nezbytných pro samotnou hru, ale měl by také pomoci rozvíjet osobní a sociální dovednosti mladých hráčů. Fotbal by měl být školou života v nejširším slova smyslu. Jeho cílem není jen trénování profesionálních hráčů, ale také přispívání k celostnímu rozvoji mladých lidí (inteligence, kultura, sociální dovednosti, atd.), proto je nezbytné klást ještě větší důraz na rozvoj jedinců, s využitím metod a cvičení, které odpovídají věku a zohledňují růstový spurt, tempo učení a vrozený individuální potenciál (Bénézet & Hasler, 2017; Weisser, 2013).



Obrázek 3. Vývojová stádia (převzato a upraveno z Bénézet & Hasler, 2017, 22)

Trénink mladistvých přizpůsobený fázím učení a vývoji je rozdělen do čtyř stádií, v nichž jsou stanovovány cíle s ohledem na věk a proporce hráčů, duševní a tělesný vývoj, pubertu, rychlost učení a úroveň již dosažených dovedností (Bénézet & Hasler, 2017) (Obrázek 3).

V prvním stádiu (6-12 let) se děti seznamují s fotbalem a je probouzena a prohlubována jejich láska a vášeň k této hře. Skrze hraní se pak záliba pro fotbal u dětí upevňuje a bývá objeovávána potřeba zvládnutí určitého počtu technik. Mladí hráči nachází svoji pozici na hřišti a uvědomují si potřebu komunikace se svými spoluhráči, jež je nezbytná k poražení soupeře. Součástí tréninku této věkové skupiny jsou koordinační cvičení, cvičení pro rozvoj agility a pružnosti a hry založené na reakcích a změnách směru. Toto období (8-10 let) bývá považováno za „zlatý věk motoriky“, neboť učení pohybovým dovednostem probíhá v tomto stádiu nejsnadněji (Bénézet & Hasler, 2017; Weisser, 2013).

Ve druhém stádiu (13-15 let) je pozornost věnována rozvoji a učení. Od úvodního seznamování se s fotbalem se přechází k tzv. základnímu tréninku, který je klíčovým faktorem nezbytným pro úspěch celého tréninkového programu. Toto období je klíčové pro rozvoj kvality technických dovedností a pro položení technicko-taktických a psychologických základů. Hráči pracují na základních technických dovednostech, individuálním taktickém povědomí a základních principech hry a stejně tak se do popředí zájmu dostávají mentální postoje jako koncentrace, sebedůvěra, vytrvalost, vůle atd. Důraz je kladen na učení, procvičování a transpozici zvládnutých technických dovedností do reálné hry. Učí se principům hry s cílem zlepšení čtení hry ze strany hráčů, procvičují se kolektivně techniky s míčem a celý program završuje dodatečný kondiční trénink zaměřený specificky na rozvoj aerobní kapacity a rychlosti, jakožto i na cvičení pružnosti, koordinace a pohybu (Bénézet & Hasler, 2017; Votík et al., 2011).

Třetí stádium (16-18 let) je zaměřeno na zlepšování výkonu hráčů skrze posílení a upevnění již získaných dovednostních kvalit. Nabízí se prostor pro práci na klíčových technických, taktických, fyzických a psychických faktorech, a to jak z hlediska kvantity, tak kvality (Tabulka 1). Tyto komponenty společně s duševními vlastnostmi tvoří základní požadavky pro hraní fotbalu na vysoké úrovni (Bénézet & Hasler, 2017; Votík, 2005).

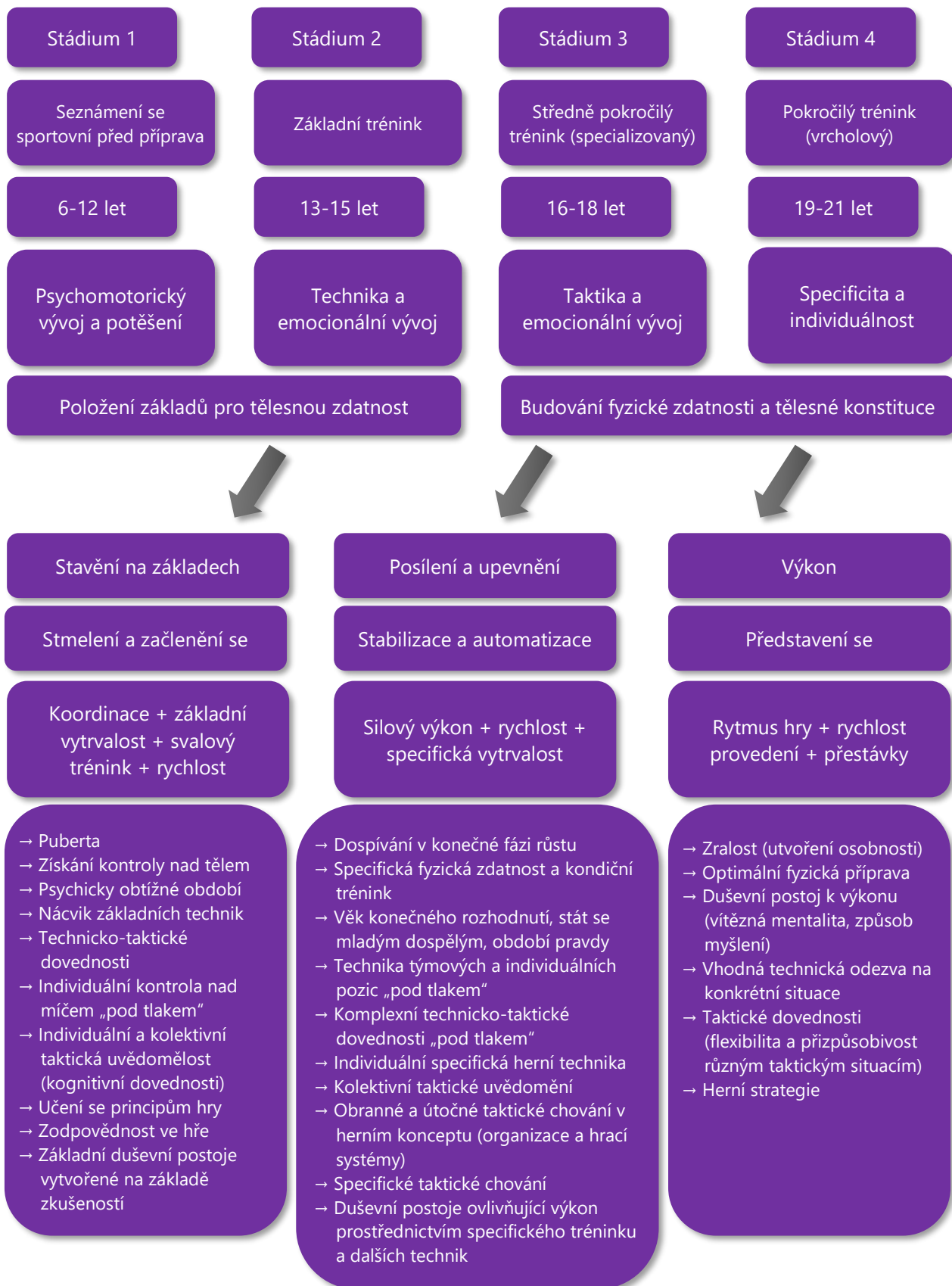


Tabulka 1. Faktory zájmu středně pokročilého tréninku (Bénézet & Hasler, 2017)

Faktory	
Technické	učení zaměřeno na techniky specifické pro pozice hráčů a techniky při pohybu, zároveň s pokračováním nácviu základních technik
Taktické	zvládnutí různých formací a organizace (útočná, defenzivní) a přizpůsobení se různým herním systémům
Fyzické	posílení již získané fyzické zdatnosti, pokračování v práci započaté v mladším věku, seznámení se se silovým cvičením, stabilizace a posílení svalových skupin skrze posilovací cvičení
Psychické	získání kontroly nad duševními postoji jako je koncentrace, sebevědomí, vytrvalost a vůle

Čtvrté stádium (19-21 let) je z hlediska koordinace řádného tréninku ošemetné, je však velmi důležité pro završení celkového tréninkového programu a pro dokončení přípravy profesionálních hráčů. Nadějní hráči již často trénují a hrají utkání s A týmy, jejichž trénink je zaměřen především na tým jako celek a na soutěž. Pro nedostatek časového prostoru je pro tyto hráče obtížné pravidelně dodržovat specifický tréninkový plán, založený na jejich individuálních dovednostech. To často oslabuje jejich výkon a další vývoj, neboť není prostor pro řádné rozvinutí jejich dovedností (kondice – svalová síla, technika – vedení míče, psychický stav – vytrvalost) a pro kompletní dokončení tréninkového procesu. Z výše uvedených důvodů je nezbytné začlenění tréninkových jednotek specificky a individuálně přizpůsobených potřebám mladých hráčů. Trénink budoucích profesionálních hráčů zahrnuje také jejich přípravu na setkání se s konkurencí nejvyšší úrovně (Bénézet & Hasler, 2017; Votík, 2005).

Na následující straně je uvedena struktura tréninku mladých fotbalistů obsahující stručnou charakteristiku jednotlivých vývojových stádií a shrnutí doporučení, požadavků a cílů specifických pro jednotlivá období (Obrázek 4).



Obrázek 4. Tréninkový program ve fotbale (převzato a upraveno z Bénézet & Hasler, 2017, 21, 23)

### 2.3.3 Struktura pro plánování tréninku mládeže 14-16 let v přípravném období

Základní strukturu pro plánování tréninku mládeže v přípravném období zobrazují níže uvedené tabulky 2 a 3, z nichž jsou patrné rozdíly, které vyplývají z cílů stanovených pro daná tréninková období. Rozdílnost není pouze v délce trvání přípravy (5 ku 6 týdnům), ale také v obsahu. Ve fázi specializovaného tréninku (U16), pro který je charakteristické posilování a upevňování dosažených dovedností, totiž přibývá jak obecné, tak i specifické fyzické přípravy, na kterou jsou již jedinci vzhledem ke svému vývoji a trénovanosti připraveni. Také se navyšuje počet tréninkových jednotek v rámci jednotlivých mikrocyklů a délka jejich trvání. Charakter přípravného období však zůstává stejný (zatížení → zvolnění → vyladění)

Tabulka 2. Struktura pro plánování přípravy v rámci základního tréninku (13 až 15 let) (převzato a upraveno z Bénézet & Hasler, 2017, 217)

Struktura pro plánování přípravy základního tréninku (13 až 15 let)				
1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden
seznámení se	zatížení	zvolnění	aktivace	vyladění
obecná fyzická příprava I. základní příprava	specifická fyzická příprava I.	týden zvolnění pro zotavení	specifická fyzická příprava II. přípravné utkání před soutěží	specifická fyzická příprava předsoutěžní fyzické vyladění týden před zahájením soutěže
střední zatížení 4-6 jednotek 90-100 min + 1 přátelské utkání	vyšší zatížení 5-7 jednotek 90-110 min (1-2 dny dvoufázový trénink s celkovým časem do 130-140 min) + 1-2 přátelské utkání	snížené zatížení 2-3 týmové jednotky 80-90 min + možnost 1-2 individuálních jednotek (koordinace + technika) + 1 přátelské utkání	postupné snižování zatížení 4-6 jednotek 90-100 min (vyšší zatížení na začátku týdne a nižší na konci) + 1-2 přátelské utkání	reduované a snížené zatížení 4-5 jednotek 80-90 min + možnost 1 přátelského utkání
objemový trénink střední intenzity + fyzické testy	objemový trénink se zvýšenou střední intenzitou	nízkoobjemový trénink na začátku týdne zařazení 2 dnů pro zotavení	trénink o vyšší intenzitě na začátku týdne zařazení 2-3 dnů pro zotavení	trénink se střední intenzitou + fyzické testy – možnost opakování

Tabulka 3. Struktura pro plánování přípravy v rámci středně pokročilého (specializovaného) tréninku (16 až 18 let) (převzato a upraveno z Bénézet & Hasler, 2017, 220)

Struktura pro plánování přípravy pokročilého (specializovaného) tréninku (16 až 18 let)					
1. týden	2. týden	3. týden	4. týden	5. týden	6. týden
seznámení se	zatížení	zatížení	zvolnění	vyladění	vyladění
obecná fyzická příprava I. základní příprava	obecná fyzická příprava II. základní příprava	specifická fyzická příprava I. soutěžní zatížení (utkání)	týden zvolnění pro zotavení koordinace specifická fyzická příprava II. přátelské utkání	specifická fyzická příprava III. přípravné/přátelské utkání před soutěží	specifická fyzická příprava předsoutěžní fyzické vyladění týden před zahájením soutěže
postupné zvyšování 5-6 jednotek 80-110 min možno 1-2 dny dvoufázový trénink o 70-80 min	postupné zvyšování 6-8 jednotek 80-100 min (možno 2-3 dny dvoufázový trénink) + 1 přátelské utkání	postupné zvyšování 5-7 jednotek 70-100 min (2 dny dvoufázový trénink o 70-90 min) + 1-2 přátelské utkání (maximální trvání 120-130 min denně)	snížené zatížení cyklus zvolnění 3-4 týmové jednotky 70-90 min + možnost 1-2 individuálních jednotek (síla) + 2 přátelské utkání	postupné snižování zatížení 4-5 jednotek 80-90 min + 1-2 přátelské utkání	snížené zatížení 4-5 jednotek 70-80 min + 1 přátelské utkání práce na fyzické a mentální přípravě (svěžest)
trénink nízké intenzity v souladu s objemem	trénink střední intenzity v souladu s objemem	středně objemový trénink se silnou intenzitou	nízkoobjemový trénink na začátku týdne zařazení 2-3 dnů pro odpočinek	trénink o vysoké intenzitě ale s nízkým objemem	trénink se střední intenzitou a nízkým objemem
fyzické testy				fyzické testy - opakování	

### 2.3.4 Model soutěžního mikrocyklu pro mládež ve věku 14-16 let

Níže uvedené tabulky 4 a 5 zobrazují doporučené modely soutěžního mikrocyklu u mládeže ve věku 14-16 let. Z doporučení vyplývá, že po odehraném utkání by měl následovat den volna pro fyzické i mentální zotavení. V něm by měla být podporována pohybová aktivita s nízkou intenzitou, která urychluje zotavení, pomáhá k psychickému uvolnění a může přispívat i ke

kompenzaci přetížení svalových skupin, které vyplývá ze sportovní specializace. V první polovině mikrocyklu mohou být v případě potřeby zařazeny dva dvoufázové tréninky (nejlépe od třetího dne po utkání). Dva dny před následujícím utkáním by měla být intenzita v tréninku snížena pro specifické zotavení a trénink den před utkáním je věnován přípravě na toto utkání.

Tabulka 4. Model soutěžního mikrocyklu ve fázi základního tréninku (13 až 15 let) (převzato a upraveno z Bénézet & Hasler, 2017, 226)

Model soutěžního mikrocyklu ve fázi základního tréninku (13 až 15 let)						
DEN + 1	DEN - 5	DEN - 4	DEN - 3	DEN - 2	DEN - 1	UTKÁNÍ
		dle potřeby <ul style="list-style-type: none"> <li>• specifický individuální</li> <li>• koordinační</li> <li>• silový (core trénink)</li> </ul>	dle potřeby <ul style="list-style-type: none"> <li>• specifický individuální</li> </ul>			rozcvičení (30-40 min) <ul style="list-style-type: none"> <li>• v závislosti na délce trvání utkání</li> </ul>
VOLNO (odpočinek)	80-90 min <b>Aerobní (AC)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• běh-fartlek</li> <li>• technický kruhový trénink/5v2</li> </ul> <b>Technicko-taktická (zóna 2-3)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• herní formáty</li> <li>• cvičení &gt; držení míče + přechody (útok↔obrana)</li> </ul> <b>Technická hra (zóna 3)</b> (středně velké hřiště) → 7v7/8v8/9v9  <b>Síla</b> (core trénink) + flexibilita	90-100 min <b>Rychlost nebo rychlostní síla</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ bez míče</li> <li>→ s míčem, technika</li> </ul> <b>Technicko-taktická (zóna 2)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• útok-obrana → 1v1/2v2/3v1</li> </ul> <b>Taktická hra (AP)</b> (malé hřiště) → 5v5/6v6	90-100 min <b>Hra (AP)</b> (malé hřiště) → 4v4/3v3  <b>Aerobní (MAP)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• intervalový</li> <li>• intermitentní (běh a technika)</li> </ul> <b>Taktická hra (zóna 3)</b> → 8v8/10v10	60-70 min <b>Specifické zotavení</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• teorie</li> <li>• flexibilita</li> <li>• síla (core trénink)</li> <li>• individuální technická (dead-ball situace)</li> </ul> <b>Odpočinkový den každý 3.-4. týden</b>	70-85 min <b>Takticko-technická-mentální</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kognitivní</li> <li>• týmové cvičení</li> </ul> <b>Rychlost</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• akcelerace + střely na bránu</li> </ul> <b>Hra (zóna 2-3)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• určená/téma</li> <li>• volná (malé hřiště)</li> </ul> <b>Dead-ball situace</b>	UTKÁNÍ
Vysvětlivky: AC – aerobní kapacita, AP – aerobní výkon, MAP – maximální aerobní výkon						

Tabulka 5. Model soutěžního mikrocyklu ve fázi středně pokročilého tréninku (16 až 18 let) převzato a upraveno z Bénézet & Hasler, 2017, 227)

Model soutěžního mikrocyklu ve fázi pokročilého (specializovaného) tréninku (16 až 18 let)						
DEN + 1	DEN - 5	DEN - 4	DEN - 3	DEN - 2	DEN - 1	UTKÁNÍ
		60-70 min • rychlost nebo silová rychlost • bez + s míčem (v závislosti na cyklu)	40-50 min <b>Specifický technický individuální</b> • technika v závislosti na pozici hráčů			rozcvičení (30-40 min) • v závislosti na délce trvání utkání
VOLNO (odpočinek)	80-90 min <b>Technicko-koordinační</b> • technický, individuální • hra 6v2/7v2  <b>Technicko-taktická (zóna 2-3)</b> → 6v6/7v7/8v6 • hra na křídle • hra na přechodovou fázi (útok↔obrana)  <b>Aerobní (AC)</b> • intervalový běh nebo fartlek  <b>Síla</b> (core trénink) + flexibilita	70-80 min <b>Základní technická</b> → ve skupinách  <b>Takticko-technická (zóna 2-3)</b> • ve 2 skupinách → útočníci: zakončení → obránci: hlavičkování a zahájení útoků  <b>Taktická hra (AP)</b> (malé hřiště) → 5v5/4v4/5v3 • rychlost • pressing (hra pod tlakem)	90-100 min <b>Aerobní (AP/MAP)</b> • intervalový • intermitentní > + mentální  <b>Technicko-taktická (zóna 2)</b> • útok-obrana → 2v1/3v1/3v2 → 4v3/6v4/7v5  <b>Hra (MAP)</b> → 2v2/3v3/4v4 nebo modelové utkání 11v11 (v závislosti na hře)	70-80 min <b>Specifické zotavení (zóna 1-2)</b> • aerobní • flexibilita • síla (core trénink) + • taktika - teorie  nebo  <b>Volno-odpočinek</b> (v závislosti na cyklu)	70-85 min <b>Takticko-technická-mentální (zóna 2)</b> • kognitivní hra → 5v2/6v2  <b>Rychlost</b> • reakce • akcelerace (s míčem)  <b>Technická cvičení týmová</b> • finální taktika  <b>Hra (zóna 3)</b> → 6v6/5v5/4v4 • volná  <b>Opakování her</b>	UTKÁNÍ
Vysvětlivky: AC – aerobní kapacita, AP – aerobní výkon, MAP – maximální aerobní výkon						

### 2.3.5 Tréninkové zatížení v soutěžním mikrocyklu s jedním utkáním

V rámci soutěžního mikrocyklu dochází ke změnám v intenzitě tréninkového zatížení. Modelové křivky zatížení (Tabulka 6) se mohou v rámci jednotlivých mikrocyklů mírně odlišovat, a to v závislosti na skladbě tréninků od druhého dne po utkání až po den před utkáním. Intenzita zatížení se postupně od druhého do čtvrtého dne po utkání zvyšuje, pátý den se výrazně snižuje a den před utkáním opět narůstá díky střední intenzitě zatížení, která je v tréninku zaměřeném na přípravu na utkání volena. Při utkáních bývá intenzita zatížení většinou nejvyšší, a proto je vhodné pro její snížení zařadit následující den volno pro odpočinek.

Tabulka 6. Křivky tréninkového zatížení v soutěžním mikrocyklu (převzato a upraveno z Bénézet & Hasler, 2017, 226)

Křivky tréninkového zatížení v soutěžním mikrocyklu s jedním utkáním v týdnu						
→ dvě křivky znázorňují možné varianty zatížení mezi mikrocykly						
UTKÁNÍ SO	DEN + 1 NE	DEN + 2 PO	DEN + 3 ÚT	DEN + 4 ST	DEN - 2 ČT	DEN - 1 PÁ
90-100 min velmi vysoká (+ 100%)	VOLNO	80-90 min střední (60-80%)	100-110 min vysoká (80-90%)	90-100 min vysoká až velmi vysoká (85-100%)	60-70 min nízká (50-70%) nebo ODPOČINEK	70-80 min střední (70-80%)
aerobní- anaerobní systém		základní vytrvalost → aerobní kapacita (AC) (zóna 2-3)	alaktický anaerobní nebo maximální aerobní výkon (MAP) → rychlost → rychlostní síla (explozivnost) (zóna 3-4)	specifická vytrvalost → aerobní výkon (AP) (zóna 3-4/5)	základní vytrvalost (oxygenace) (zóna 1-2)	základní vytrvalost → aerobní kapacita (AC) + alaktický anaerobní → reakce (zóna 2-3)

Níže uvedené varianty tréninkového zatížení (Tabulka 7) navržené Bangsbo (1995) jsou přizpůsobeny reálnému tempu utkání a jejich skladba umožňuje uskutečnění fyziologických adaptací vyvolaných změnou intenzity, která je vytvořena touto formou tréninku. Z intermitentního charakteru zatížení ve fotbalovém utkání totiž plyne, že trénink by měl být zaměřen na zlepšení schopnosti hráčů provádět intenzivní cvičení a na zrychlení zotavení po náročné činnosti. Toho je docíleno pravidelným aerobním a anaerobním tréninkem (Bangsbo, Mohr, & Krustup, 2006).

Tabulka 7. Varianty tréninkového zatížení v rámci mikrocyklu (převzato a upraveno z Bangsbo, 1995 in Bénézet & Hasler, 2017, 227)

Příklady variant tréninkového zatížení v mikrocyklu (dle Bangsbo, 1995)						
ČAS UTKÁNÍ	DEN					
	ÚT	ST	ČT	PÁ	SO	NE
0-15 min	rozcvičení	rozcvičení	rozcvičení	volno	rozcvičení	
15-30 min	3	3	5		2	
30-45 min	3	5	2		3	utkání
45-60 min	3	3	4		2	
60-75 min	zotavení	4	4			zotavení
75-90 min		3	3			
zklidnění		zotavení	zotavení			

*Vysvětlivky:* 1 = nízká intenzita, 2 = pozvolné zvyšování intenzity, 3 = střední intenzita, 4 = vysoká intenzita, 5 = velmi vysoká intenzita

## 2.4 Shrnutí

Z dostupných poznatků vyplývá, že nejvyšší četnost zranění je sledována u mladých sportovců ve věku 13-15 let a následně u 16-18letých. Ve fotbale patří mezi nejčastější zranění poranění svalové tkáně, zejména skupiny svalů zadní strany stehna označovaných souhrnně jako hamstringy. Incidence svalových poranění v současné době vzrůstá. Diskutovaným faktorem přispívajícím ke zvýšení rizika zranění je únava, která je příčinou změn neuromuskulárních funkcí.

Za nejcitlivější indikátor neuromuskulárního poškození bývá považována koncentrace kreatinkinázy. Řada autorů popisuje, že monitoring hladiny CK může pomoci při stanovování tréninkového zatížení a intervalu zotavení s cílem minimalizace poškození svalové tkáně a optimalizace výkonnosti sportovců. Zvýšená koncentrace CK odráží úroveň poškození svalové tkáně po předcházející fyzické námaze (cvičení – excentrické kontrakce, opakované sprinty, rychle změny směru, mechanické namáhání). Vzhledem k výrazné intraindividuální a interindividuální variabilitě v hladině CK není zcela jasné, jaké přírůstky v její koncentraci mohou být považovány za rizikové a indikovat svalové poškození či nutnost snížení tréninkového zatížení.



### **3 CÍLE A HYPOTÉZY**

#### **3.1 Cíle**

Cílem práce je zhodnotit v průběhu soutěžního mikrocyklu u mladých hráčů fotbalu kategorie U14 a U16 chování plazmatické kreatinkinázy jako markeru svalového poškození v reakci na soutěžní a tréninkové zatížení pro stanovení opětovné připravenosti k hernímu výkonu a pro stanovení rizika zranění a svalového poškození.

#### **3.2 Výzkumné otázky**

V<sub>1</sub>: Jak se mění hodnoty plazmatické kreatinkinázy v průběhu soutěžního mikrocyklu u mladých fotbalistů kategorie U14 a U16?

V<sub>1a</sub>: Jaké jsou průměrné hodnoty CK sledované u mladých fotbalistů kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu?

V<sub>1b</sub>: Jaké jsou absolutní hodnoty CK naměřené u jednotlivých hráčů fotbalu kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu?

V<sub>1c</sub>: Jaké jsou minimální a maximální hodnoty CK a nejvyšší přírůstky v koncentraci kreatinkinázy pozorované v průběhu soutěžního mikrocyklu u jednotlivých mladých fotbalistů?

V<sub>2</sub>: Jsou hráči fotbalu kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu na základě analýzy kreatinkinázy vystaveni zvýšenému poškození svalové tkáně či riziku zranění?

V<sub>2a</sub>: V jaké míře jsou hodnoty CK sledované u hráčů fotbalu kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu odlišné od udávaných fyziologických hodnot CK?

V<sub>2b</sub>: Jsou u hráčů fotbalu kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu sledovány hodnoty CK indikující svalové poranění?

V<sub>2c</sub>: Jaké jsou relativní hodnoty CK odvozené od sledované maximální hodnoty CK v průběhu soutěžního mikrocyklu?

V<sub>3</sub>: Jsou hráči na konci sledovaného mikrocyklu (tj. před utkáním na konci mikrocyklu) zotavení?

V<sub>4</sub>: Lze pomocí monitoringu kreatinkinázy stanovovat opětovnou připravenost k hernímu výkonu?

## 4 METODIKA

### 4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor byl sestaven z 20 elitních mladých hráčů fotbalového klubu Sigma Olomouc, a.s. kategorie U14 a U16, kteří v rámci soutěžního období trénovali průměrně 5 dní v týdnu a ve sledovaném období hráli jedno (U16) či dvě (U14) utkání.

Tabulka 8. Charakteristika souboru

Skupina	Počet jedinců výzkumného souboru n	Výška [cm]	Hmotnost [kg]	Věk [roky]	PHV [roky]	MO [roky]
		M ± SD				
U14	12	162,0 ± 9,4	48,7 ± 10,7	13,3 ± 0,3	13,5 ± 0,8	-0,1 ± 0,7
U16	8	177,2 ± 1,8	64,8 ± 4,4	15,4 ± 0,2	13,8 ± 0,2	1,7 ± 0,2

*Vysvětlivky:* M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, U14 – kategorie čtrnáctiletých fotbalistů, U16 – kategorie šestnáctiletých fotbalistů, PHV – věk odvozený od nejvyšší růstové rychlosti (PHV – peak height velocity), MO – kompenzace zralosti (MO – maturity offset)

Zákonní zástupci jednotlivých hráčů byli seznámeni s průběhem výzkumu a v případě souhlasu podepsali informovaný souhlas s testovacími postupy a s využitím naměřených dat pro vědecké účely (Příloha 1). Vybraní hráči byli informováni o cíli studie, o průběhu měření a o testovacích postupech a všichni souhlasili se zařazením do studie a se zpracováním získaných údajů. Před finálním zařazením do výzkumného souboru byli hráči vyzváni k vyplnění zdravotního dotazníku. Po splnění vstupních kritérií (Tabulka 9) byli zařazeni do výzkumného souboru.

Tabulka 9. Vstupní kritéria

Vstupní kritéria
Nepřítomnost muskuloskeletálního poranění dolních končetin v předcházejících 4. týdnech
Naplnění tréninkového zatížení alespoň z 80 %
Aktivní účast v utkáních

Při familiarizaci, která se konala před prvním měřením, byli hráči seznámeni s jednotlivými typy testů, jejichž provedení si vyzkoušeli, vyplnili příslušné dotazníky a škály, prodělali antropometrické vyšetření (A-226 Anthropometer, Trystom, Česká republika), analýzu

tělesného složení (Tanita UM-075, Japonsko) a odběry kapilární krve pro určení hladiny CK (spektrofotometr Reflotron®, F. Hoffman-La Roche Ltd, Basilej, Švýcarsko) a pro genetické vyšetření.

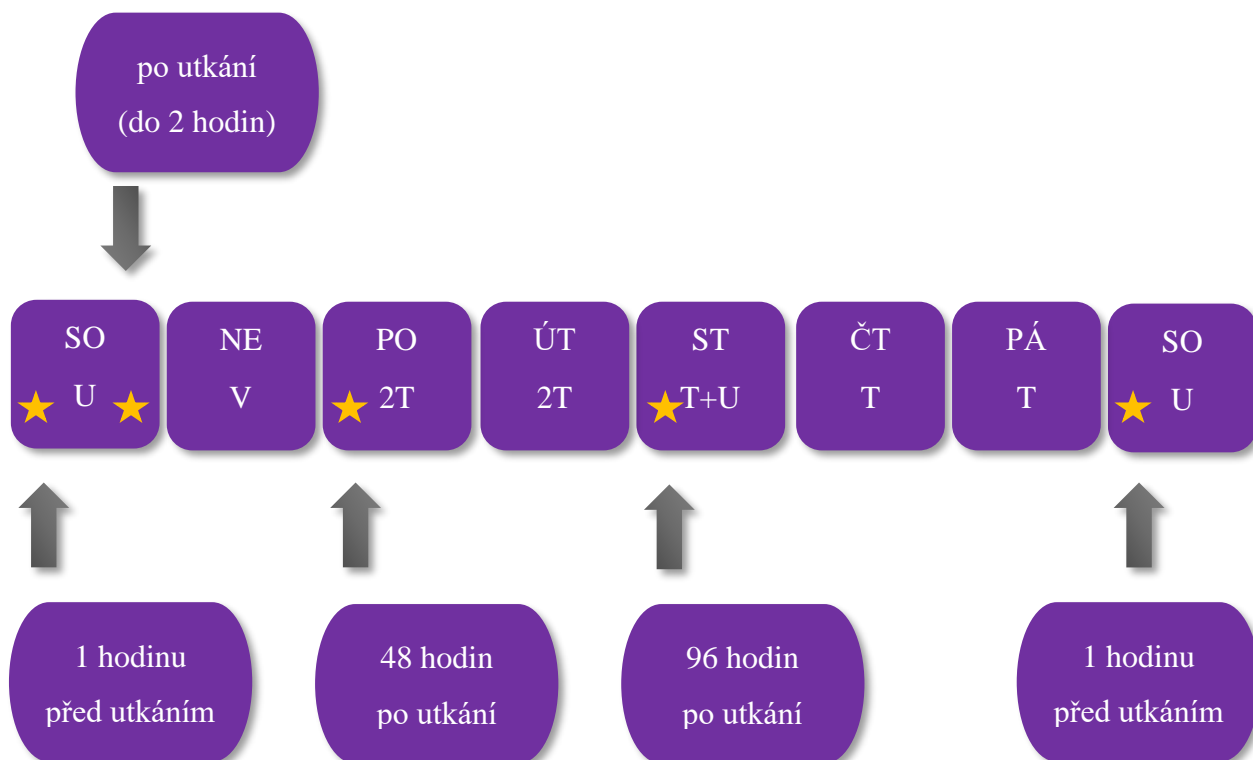
Hráči tohoto výběrového souboru byli sledováni v rámci dlouhodobého projektu podporovaného grantovou agenturou České republiky (GAČR) - Accumulated effects of fatigue on neuromuscular control of the knee and injury risk in youth athletes during growth and maturation od kategorie U13/U15 do kategorie U15/U17, tj. po dobu tří let.

Studie byla schválena Etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci dne 19. 3. 2015 pod jednacím číslem 14/2015 a byla v souladu s Helsinskou deklarací týkající se nábory lidských subjektů do výzkumu (Příloha 2).

## **4.2 Design výzkumu**

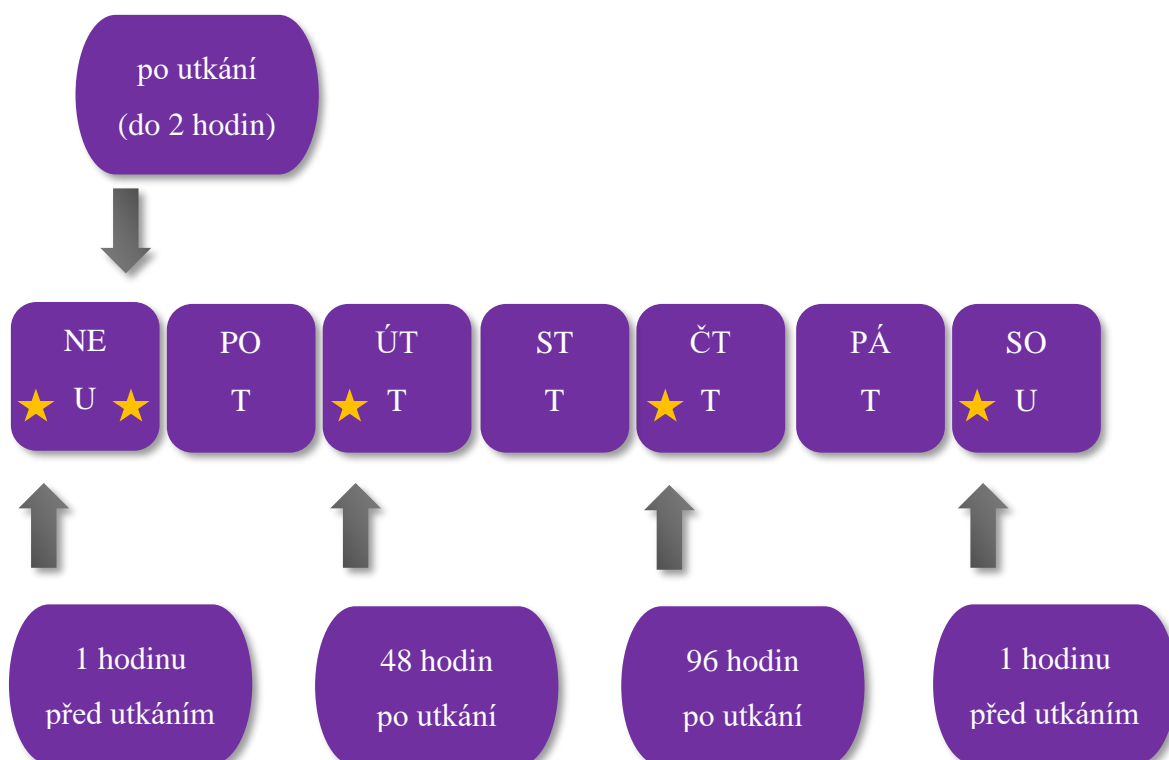
Z hlediska designu se jedná o experimentální výzkum založený na opakovaném měření. Vlastní testování probíhalo v listopadu, tj. na konci soutěžního období, ve 12. (U14) a 14. (U16) týdnu. Rozdílnost v délce měření u jednotlivých kategorií (U14 – 8 dní, U16 – 7 dní) byla způsobena tím, že domácí utkání bývají plánována na neděli, zatímco venkovní na sobotu. Ve sledovaném období se u vybraných kategorií lišilo složení mikrocyklu, a to z hlediska počtu tréninků, volna i počtu odehraných utkání, neboť v případě U14 byl vybrán mikrocyklus s vyšším soutěžním zatížením, který obsahoval dvě utkání (Obrázek 5 a 6). Délka utkání je u kategorie U14 stanovena dle herního řádu na 70 minutách, u kategorie U16 na 80 minutách.

Hráči byli měřeni pětkrát v rámci jednoho týdne. Měření bylo provedeno před a ihned po utkání, po 48 a 96 hodinách od prvního utkání a před dalším utkáním, tj. po 168 hodinách od prvního utkání u kategorie U14 a po 145 hodinách od prvního utkání u kategorie U16. Z hlediska plánování proběhla první dvě měření na konci jednoho soutěžního mikrocyklu, zbývající tři měření byla realizována v průběhu následujícího mikrocyklu. Den před prvním měřením (pátek u U14 a sobota u U16) neabsolvovali hráči trénink s vysokým zatížením. Kategorie U16 neměla žádné zatížení, neboť měla volno. Kategorie U14 měla pouze lehký trénink s nízkým zatížením.



Vysvětlivky: U – utkání, V – volno, T – trénink, \* – měření

Obrázek 5. Harmonogram měření kategorie U14



Vysvětlivky: U – utkání, T – trénink, \* – měření

Obrázek 6. Harmonogram měření kategorie U16

### 4.3 Sledované proměnné a metody získání dat

Vlastní měření probíhala dle stanoveného harmonogramu v tréninkových prostorech klubu. Hráči při každém sezení absolvovali řadu procedur, které byly součástí výše uvedeného projektu GAČR č. GA16-13750S. Zařazeny byly metody neuromuskulární (5 maximálních vertikálních skoků pro určení indexu reaktivní síly, 20 submaximálních vertikálních skoků pro stanovení tuhosti dolní končetiny, povrchová elektromyografie pro sledování svalové aktivity, konkrétně pro měření elektromechanického zpoždění z m. semitendinosus, m. biceps femoris a m. gastrocnemius při testu opakovaných skoků), kinematické (biomechanická analýza dopadu po vertikálním skoku s protipohybem po odrazu z jedné končetiny – single leg counter movement jump) a biochemické (stanovení hladiny CK z kapilární krve). Dále byla pomocí VAS škály sledována svalová únava, dle Borgovy škály stanovována intenzita vnímaného úsilí při tréninku a při utkání, dle dotazníku k pohybové aktivitě (česká verze upravená ze Self-reported 3-day physical activity questionnaires - 3dPAR) monitorována pohybová aktivita (Příloha 3) a v kooperaci s trenéry zaznamenáván tréninkový plán dle vytvořené předlohy pro určení objemu tréninkového zatížení (Příloha 4 pro U14 a Příloha 5 pro U16). Pro stanovení biologického věku a svalových dysbalancí byly sledovány vybrané antropometrické charakteristiky. Účastníci byli také analyzováni na genetický polymorfismus, zvláště na výskyt genů souvisejících s růstem a výkonem a na výskyt genů kolagenového alfa řetězce, jež mají vztah k poranění vazů a šlach. Z kapilárního vzorku krve byla určována koncentrace CK.

#### *Stanovení aktivity kreatinkinázy*

V menší uzavřené místnosti, kde byl dostatek klidu, byla u všech probandů jako první analyzována hladina CK. Probandi do místnosti vstupovali na vyzvání, vždy po jednom. Před vstupem byli požádáni, aby si ruce umyli teplou vodou a mýdlem, utřeli je do sucha a případně je zahřívávali třením, tak aby byla zajištěna čistota místa vpichu a lepší prokrvení. Po vstupu do místnosti nahlásili své jméno a příjmení a posadili se na připravenou židli. Kvalifikovaný zdravotník poté provedl odběr kapilární krve z konečku prstu. Krev byla odebírána z postranní části 2. či 3. prstu nedominantní končetiny. Místo budoucího vpichu bylo nejdříve řádně vydezinfikováno (Septoderm spray) a po oschnutí dezinfekce byla přiložena sterilní jednorázová lanceta (Accu-Check, Roche Diagnostics, Německo) pronikající při vpichu do hloubky 2,3 mm. První kapka, která se po vpichu objevila, byla setřena čtverečkem z buničité vaty a poté byl k místu vpichu, do nově se tvořící kapky krve, přiložen konec kapiláry (jednorázové skleněné kapiláry HCT 60 $\mu$ l, Hirschmann Laborgeräte, Německo), který nasával

vzorek krev. Po odebrání dostatečného množství krve (minimálně 30 $\mu$ l) byla kapilára z místa vpichu odebrána a nahrazena čtverečkem buničiny s dezinfekcí. Vzorek krve byl okamžitě analyzován spektrofotometrem Reflotron® (F. Hoffman-La Roche Ltd, Basilej, Švýcarsko) na plazmatickou CK aktivitu. Spektrofotometr byl připraven již před příchodem prvního probanda. Nejprve byla alkoholovým přípravkem vyčištěna měřicí komora a optický systém, poté byl spektrofotometr zapojen do zásuvky a spuštěn. Jakmile se na obrazovce objevilo označení READY, byl do měřicí komory vložen kontrolní proužek (Reflotron® Check control strip), který se užívá ke kontrole výkonu optického systému. Čas, jenž se objevil na obrazovce, informoval o době trvání, za níž by měl být magnetický kód načten. Po jeho uběhnutí se na obrazovce zobrazily tři vlnové délky (tři trojčíslí). Ty byly porovnány s údaji na krabici, a pokud spadaly do daného rozmezí, informovaly o správném fungování optického systému. Pokud by jedna z hodnot danému rozsahu neodpovídala, provedl by se celý proces s novým kontrolním proužkem znovu. Takto byl přístroj připraven na samotné měření. Vzorek krve byl přes speciální pipetu (Reflotron® Pipette) přenesen na testovací magnetický proužek (Reflotron® CK strips, UK), z něž byla předtím odstraněna ochranná fólie a který byl upevněn horizontálně v příslušném držáku na přístroji. Testovací proužek byl následně umístěn do měřicí komory, po jejímž zavření se objevil čas potřebný pro vyhodnocení. Po jeho uplynutí se zobrazila hodnota CK v jednotkách U/l. Ta byla přístrojem vytištěna a mimo to zaznamenána na arch papíru ke jménu probanda (double check). Hodnoty byly následně přepsány do programu Microsoft Excel (Microsoft Office 2016) a odtud exportovány pro potřeby statistického zpracování.

Po odběrech odešli probandi do tělocvičny, kde absolvovali druhou část měření.

#### **4.4 Statistické zpracování dat**

Získaná data byla průběžně přepisována a ukládána v programu MS Excel (Microsoft Office 2016). Pro zodpovězení otázek této dílčí části projektu stačily funkce zprostředkované programem MS Excel a základní popisné statistiky (četnosti, střední hodnoty – aritmetické průměry, mediány, směrodatné odchylky, maxima a minima) vypočtené v softwaru Statistica 13.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA).

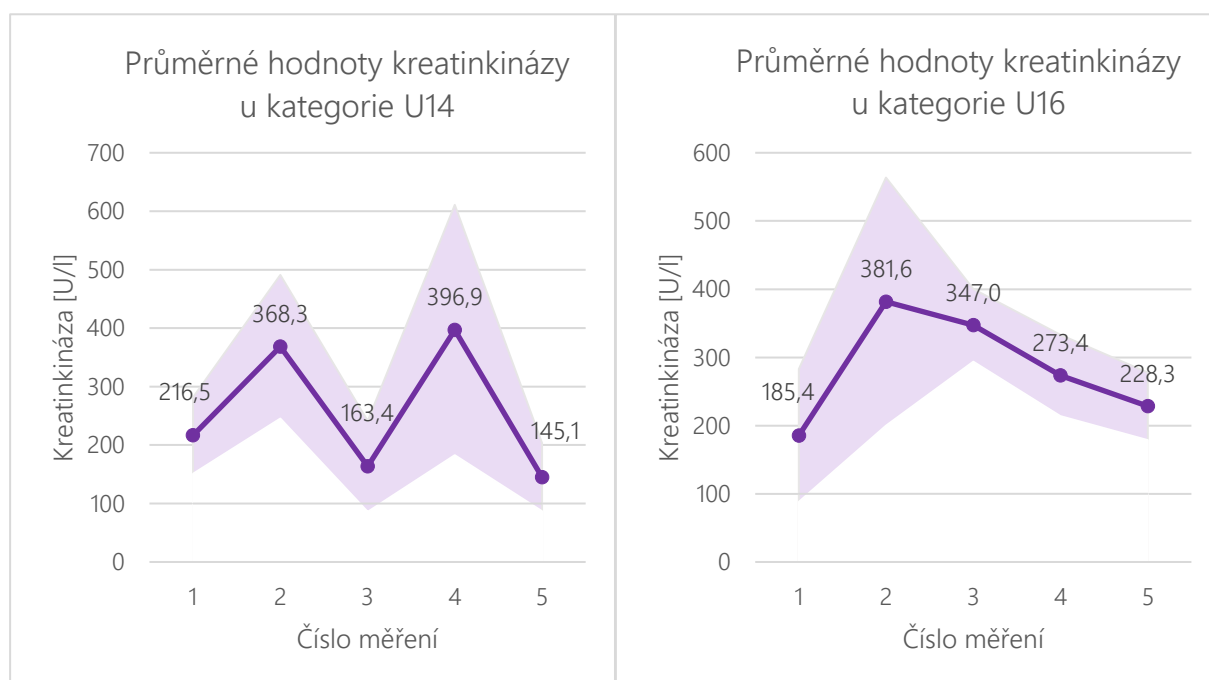
## 5 VÝSLEDKY

Tato kapitola uvádí výsledky výzkumu, který byl zaměřen na monitoring hladiny kreatinkinázy u mladých fotbalistů kategorie U14 a U16 v průběhu jednoho typického soutěžního mikrocyklu. Vzhledem k charakteru výzkumných otázek a specifickým zkoumané oblasti jsou výsledky netradičně diskutovány již v této výsledkové části v rámci příslušných podkapitol a představovány v širším kontextu. V závěru kapitoly je uvedeno shrnutí a limity studie. V samotné diskuzní části jsou následně výsledky této studie porovnávány se současnými literárními poznatky.

### 5.1 Výsledky k výzkumné otázce V<sub>1</sub>: Změny hodnot plazmatické kreatinkinázy v průběhu soutěžního mikrocyklu u fotbalistů kategorie U14 a U16

V<sub>1a</sub>: Jaké jsou průměrné hodnoty CK sledované u mladých fotbalistů kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu?

Obrázek 7 zobrazuje průměrné hodnoty CK, které byly vypočteny z hodnot získaných v průběhu soutěžního mikrocyklu během pěti měření u fotbalistů kategorie U14 a U16.



Obrázek 7. Průměrné hodnoty kreatinkinázy u kategorie U14 a U16

Z grafů lze pozorovat rozdílný trend ve vývoji hodnot, který je následkem odlišného zatížení jednotlivých kategorií. Fotbalisté kategorie U14 měli před utkáním (měření 1) vyšší průměrnou

hodnotu CK, neboť na rozdíl od hráčů kategorie U16, kteří měli den před utkáním volno, absolvovali trénink s nízkou intenzitou zatížení. Po utkání hladina CK u obou kategorií vzrůstá, a to o 151,8 U/l u kategorie U14 a o 196,2 U/l u kategorie U16. Vyšší zvýšení hladiny CK u kategorie U16 může být přičítáno déle trvajícím soutěžním zatížením (80 minut versus 70 minut) a pravděpodobně i vyšším soutěžním nárokům (vyšší kvalita, rychlost a úroveň hry), projevujícím se jako vyšší intenzita zatížení. Intenzita zatížení v utkáních však nebyla objektivně monitorována. U kategorie U14 lze po 48 hodinách po utkání (měření 3) vidět rapidní snížení koncentrace CK, a to o 204,9 U/l. U kategorie U16 je toto snížení nižší, pouze 34,6 U/l. Rozdílné zotavení je důsledkem odlišného zatěžování po utkání. Zatímco fotbalisti kategorie U14 měli následující den po utkání volno a dopoledne před měřením lehký trénink zaměřený na aktivní zotavení, fotbalisti kategorie U16 měli hned následující den trénink věnovaný zejména všeobecné pohybové přípravě. Účinnost aktivního zotavení na pokles hladiny CK potvrdil Darani et al. (2018).

Po 96 hodinách po utkání (měření 4) byl u kategorie U14 pozorován druhý vrchol v koncentraci CK. Jedinci před měřením absolvovali dva dvoufázové tréninky trvající 180 minut a v den měření ranní trénink a odpoledne středeční utkání (3 dny = 5 tréninků). Celková doba těchto tréninků překračovala dle Bénézeta a Haslera (2017) doporučené denní tréninkové zatížení u mladých fotbalistů (180 minut ku 120-150 minutám). U kategorie U16 hodnoty CK nadále klesají, a to i při každodenním tréninkovém zatížení (3 dny = 3 tréninky).

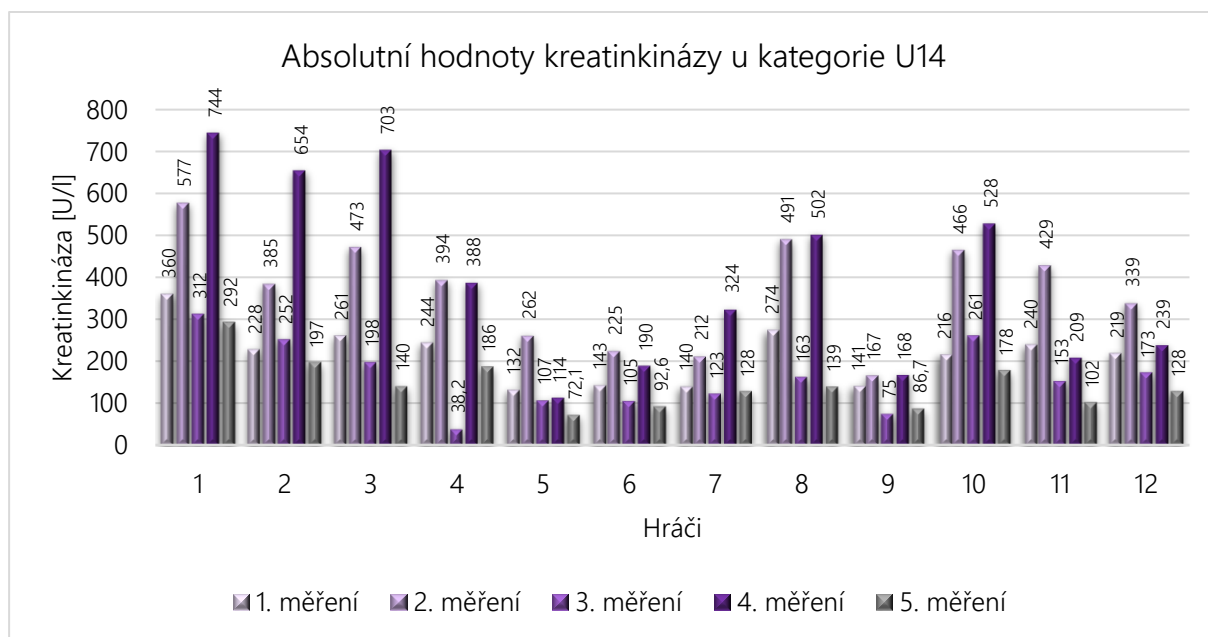
Před dalším (sobotním) utkáním (měření 5) jsou hodnoty u kategorie U14 nejnižší za celé sledované období. Měření, které proběhlo v sobotu, předcházelo středečnímu utkání a dva tréninky (90 minut). Kategorie U16 měla hodnoty před druhým utkáním o 42,9 U/l vyšší než před prvním utkáním. Jelikož ale první utkání hráli v neděli a druhé v sobotu, lze říci, že jejich mikrocyklus byl o jeden den kratší než bývá standardně doporučován zahraničními autory. Pokud by hráli utkání o den později, lze předpokládat, že by hodnoty CK byly ještě nižší. Vzhledem k postupnému snižování hladiny CK viditelnému na grafu (postupně o 34,6 U/l; 73,6 U/l a 45,1 U/l) by tedy mohly být srovnatelné s hodnotami naměřenými před prvním utkáním, které byly u většiny jedinců ve sledovaném období nejnižší.

Pro lepší vypovídající hodnotu a možnost porovnání byly vypočteny také mediány. Jejich hodnoty byly u kategorie U14 postupně 223,5 U/l; 389,5 U/l; 158 U/l; 356 U/l; 133,5 U/l a u kategorie U16 postupně 169 U/l; 424,5 U/l; 339 U/l; 303,5 U/l; 233 U/l.

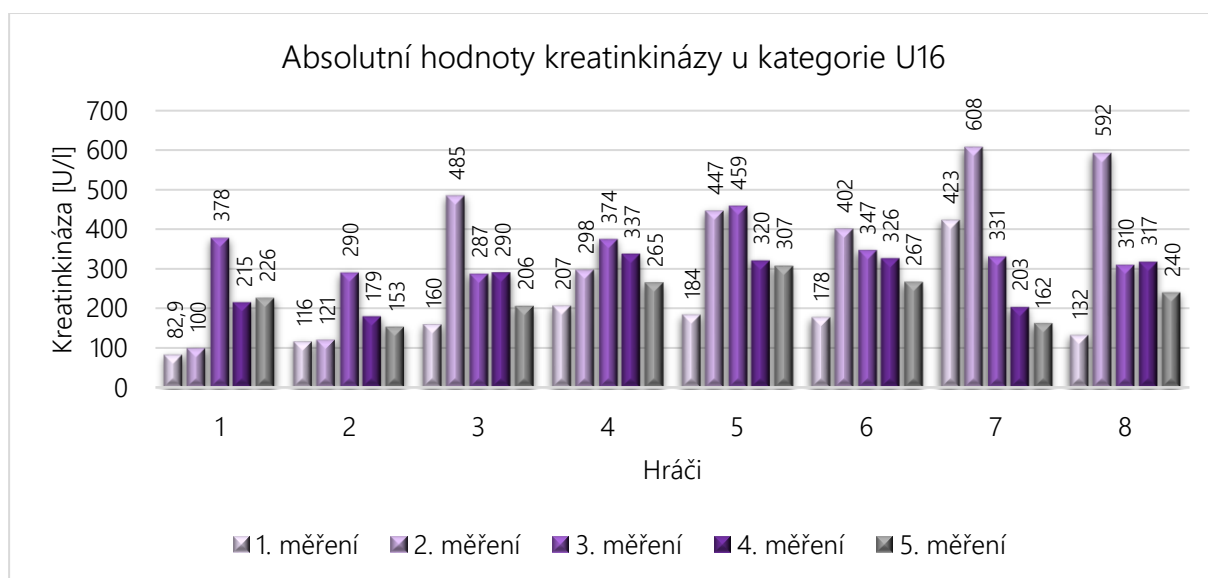


V<sub>1b</sub>: Jaké jsou absolutní hodnoty CK naměřené u jednotlivých hráčů fotbalu kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu?

Obrázky 8 a 9 zobrazují absolutní hodnoty CK získané během pěti měření provedených v průběhu soutěžního mikrocyklu u jednotlivých hráčů fotbalu kategorie U14 a U16.



Obrázek 8. Absolutní hodnoty kreatinkinázy u kategorie U14



Obrázek 9. Absolutní hodnoty kreatinkinázy u kategorie U16

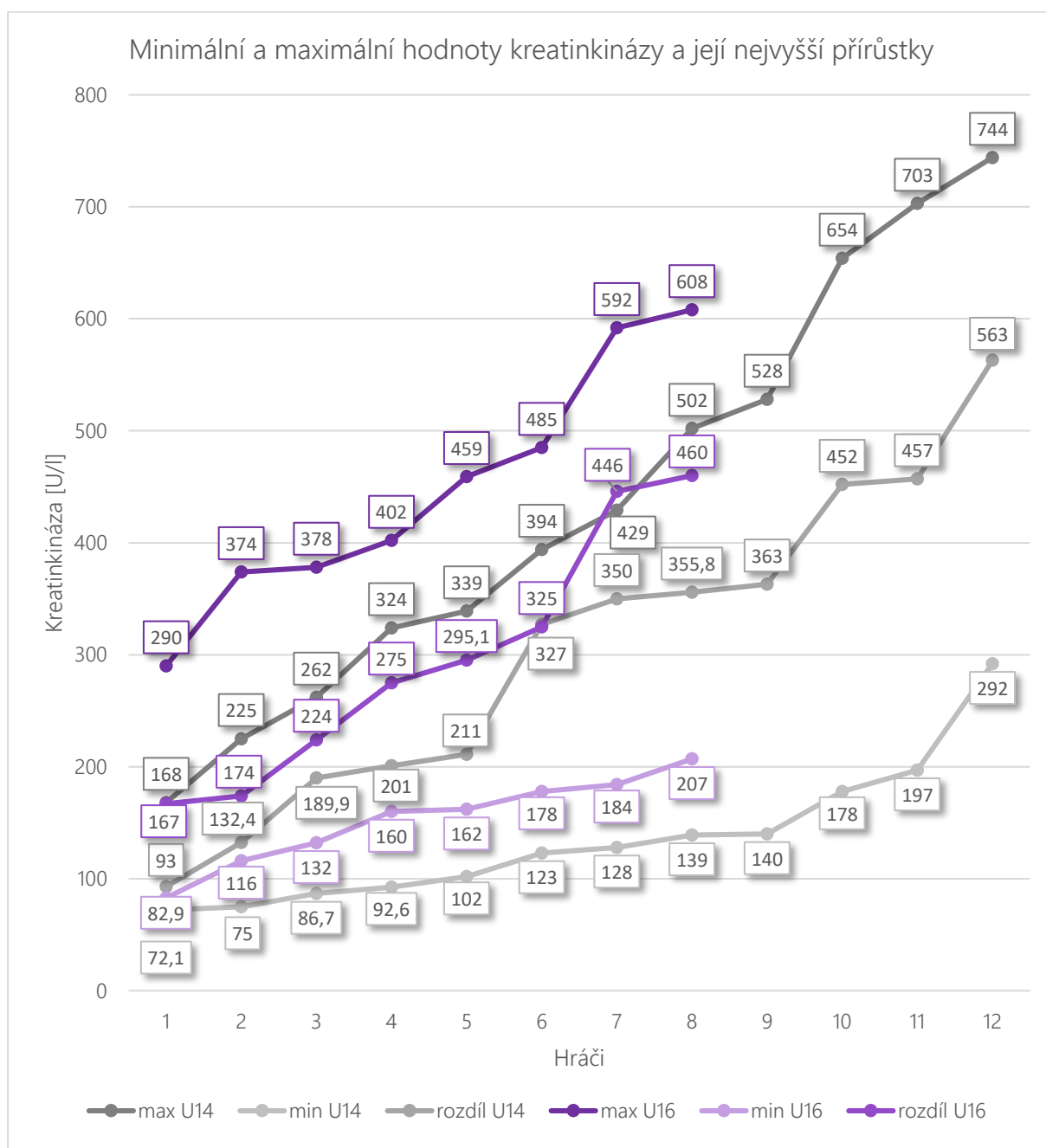
Z výsledků je patrná interindividuální variabilita v koncentraci CK. Přes to, až na pár výjimek, reaguje hladina CK u jednotlivých hráčů na zatížení podobným mechanismem. U obou kategorií je vidět rozdílnost v dosahování vrcholové aktivity CK. Část jedinců (41,7 %) z kategorie U14 dosahovala vrcholových hodnot již ve druhém měření, tj. po utkání, druhá část dosáhla vrcholových hodnot až v rámci čtvrtého měření (58,3 %). Podobné to bylo i u kategorie U16, kde polovina jedinců dosáhla vrcholové hodnoty CK již po utkání (měření 2), druhá polovina po uplynutí 48 hodin od utkání (měření 3). To potvrzuje fakt, že vrcholové hladiny CK bývá dosahováno s odstupem času, běžně udávaným mezi 24.-48. hodinou po výkonu. U některých jedinců tedy můžeme v tomto rozmezí sledovat zvyšování hladiny CK, u jiných již snižování a vracení se na klidovou hodnotu. Hodnoty pozorované při 2., 3. a 4. měření u hráčů kategorie U16, ale i U14 naznačují, že vrcholu v hladině CK bylo dosaženo do 48 hodin po utkání u obou kategorií. Jelikož jsme neměřili po 24 hodinách, ale jen okamžitě po utkání, je pravděpodobné, že námi naměřené hodnoty nejsou nejvyšší (maximální). Sledovaný pokles hladin CK u všech hráčů kategorie U14 po 48 hodinách po utkání naznačuje, že nejvyšších hodnot dosáhli pravděpodobně kolem 24. hodiny po utkání, u hráčů kategorie U16 to mohlo být později. CK není okamžitým indikátorem a u každého jedince reaguje s jinou rychlostí a v jiném rozsahu koncentrací a jejich přírůstků.

Při zohlednění doplňkové pohybové aktivity, kterou byla nejčastěji tělesná výchova a dále plavání, protahování, chůze a bowling, jsme u fotbalistů nebyli schopni identifikovat změny v hladině CK, o nichž by bylo možné říci, že jsou důsledkem této pohybové aktivity. Charakter zvolených aktivit by neměl nijak výrazně zvyšovat koncentraci CK, naopak by tyto aktivity mohly vést k urychlení regenerace a ke snížení hladiny CK, jak to sledovali Darani et al. (2018) a Dupuy et al. (2018). Při posuzování změn v hladině CK jsme nenalezli vztah mezi subjektivně udávanou intenzitou zatížení (nízká, střední, vysoká), její délkou a velikostí zvýšení hladiny CK. Pro tyto potřeby doporučujeme volit objektivní metody a detailnější popis pohybových aktivit.

V<sub>1c</sub>: Jaké jsou minimální a maximální hodnoty CK a nejvyšší přírůstky v koncentraci kreatinkinázy pozorované v průběhu soutěžního mikrocyklu u jednotlivých mladých fotbalistů?

Obrázek 10 zobrazuje rozložení minimálních ( $CK_{min}$ ) a maximálních ( $CK_{max}$ ) hodnot CK a nejvyšších vypočtených přírůstků ( $CK_{max} - CK_{min}$ ) v hladině CK sledovaných u jednotlivých hráčů. Hodnoty jsou uspořádány dle velikosti. Při pomnutí faktu rozdílného počtu participantů lze soudit, že starší hráči kategorie U16 měli minimální i maximální hodnoty CK vyšší než hráči kategorie U14. To dokládají střední hodnoty vyjádřené mediánem ( $Mdn$ ), které byly u

kategorie U16 v případě maxima 430,5 U/l proti 411,5 U/l u kategorie U14 a v případě minima u kategorie U16 na hodnotě 161 U/l oproti 125,5 U/l u kategorie U14. Mdn pro nejvyšší přírůstky CK byl vyšší u kategorie U14, a to 338,5 U/l ku 285,1 U/l u kategorie U16. To je v souladu i s průměrnými hodnotami, které jsou u kategorie U16 v případě minima ( $152,7 \pm 37,7$  U/l ku  $135,5 \pm 60,1$  U/l) i maxima ( $448,5 \pm 103,2$  U/l ku  $439,3 \pm 181,8$  U/l) nepatrně vyšší. Nejvyšší přírůstky v koncentraci CK dosahovaly u kategorie U14 průměrně  $307,9 \pm 137,6$  U/l a u kategorie U16  $295,8 \pm 104,5$  U/l.

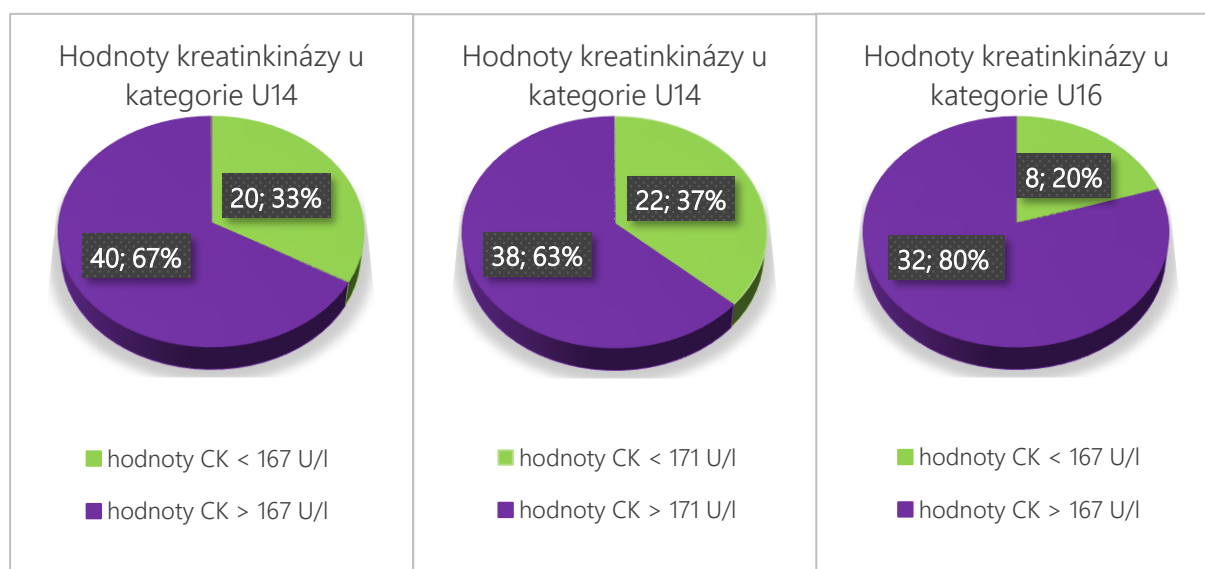


Obrázek 10. Minimální a maximální hodnoty kreatinkinázy a její nejvyšší přírůstky

## 5.2 Výsledky k výzkumné otázce V<sub>2</sub>: Poškození svalové tkáně a riziko zranění u fotbalistů kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu

V<sub>2a</sub>: V jaké míře jsou hodnoty CK sledované u hráčů fotbalu kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu odlišné od udávaných fyziologických hodnot CK?

Vezmeme-li v potaz obecné doporučení, na jehož základě se normální hodnoty CK nacházejí v rozmezí 15-167 U/l (Daher et al., 2005; Warner & Hammans, 2009), můžeme odlišit, v kolikati případech byly hodnoty CK v průběhu soutěžního mikrocyklu u fotbalistů zvýšené, a to v souvislosti se zatížením. Obrázek 11 vyjadřuje poměrné zastoupení normálních a zvýšených hodnot koncentrace CK u fotbalistů kategorie U14 a U16.



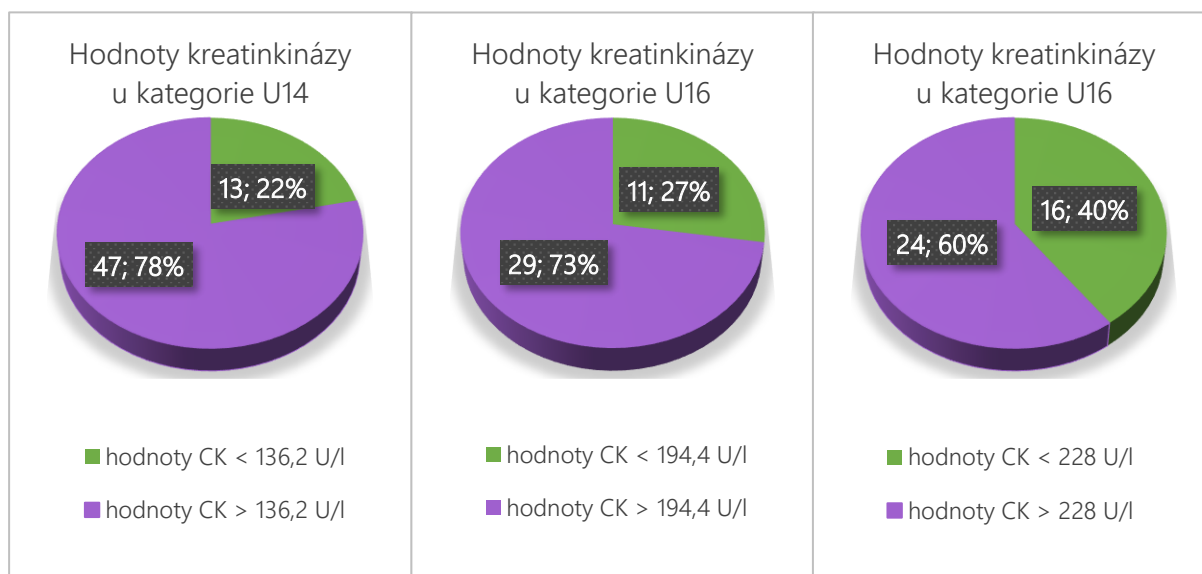
Obrázek 11. Poměrné zastoupení klidových a zvýšených hodnot koncentrace kreatinkinázy u fotbalistů kategorie U14 a U16 dle zahraničních norem

Normální hodnoty byly zachyceny v jedné třetině případů u kategorie U14 a pouze v jedné pětině případů u kategorie U16. Pokud by se zohlednil horní referenční limit CK, který byl u mužů Schumannem a Klaukem (2003) specifikován na hodnotě 171 U/l, změnil by se poměr u kategorie U14 ve dvou případech ve prospěch normálních hodnot na 37 %, u kategorie U16 by ke změně nedošlo.

V průběhu mikrocyklu nebyly u tří fotbalistů kategorie U14 a taktéž u tří fotbalistů kategorie U16 sledovány zmíněné normální hodnoty CK, tj. všechny jejich naměřené hodnoty CK byly vyšší než 167-171 U/l.

Ke změně poměrů dojde při zohlednění fyziologických hodnot používaných v České republice, stanovených dle společnosti Vaše laboratoře s.r.o. v rozmezí 0-136,2 U/l u dětí

ve věku 1-15 let a v rozmezí 0-194,4 U/l u mužů starších 15 let či dle Zimy a Mrázové v rozmezí 12-228 U/l u mužů ve věku 15-30 let (Obrázek 12). V tomto případě má pět hráčů kategorie U14 všechny hodnoty CK naměřené v rámci celého mikrocyklu zvýšené, tj. nad 136,2 U/l. V kategorii U16 má zvýšené hodnoty CK v celém průběhu mikrocyklu pouze jeden hráč, a to nad 194,4 U/l. Všichni hráči kategorie U16 měli alespoň jednu hodnotu CK naměřenou ve fyziologickém rozmezí, tj. pod 228 U/l.



Obrázek 12. Poměrné zastoupení klidových a zvýšených hodnot koncentrace kreatinkinázy u fotbalistů kategorie U14 a U16 dle českých norem

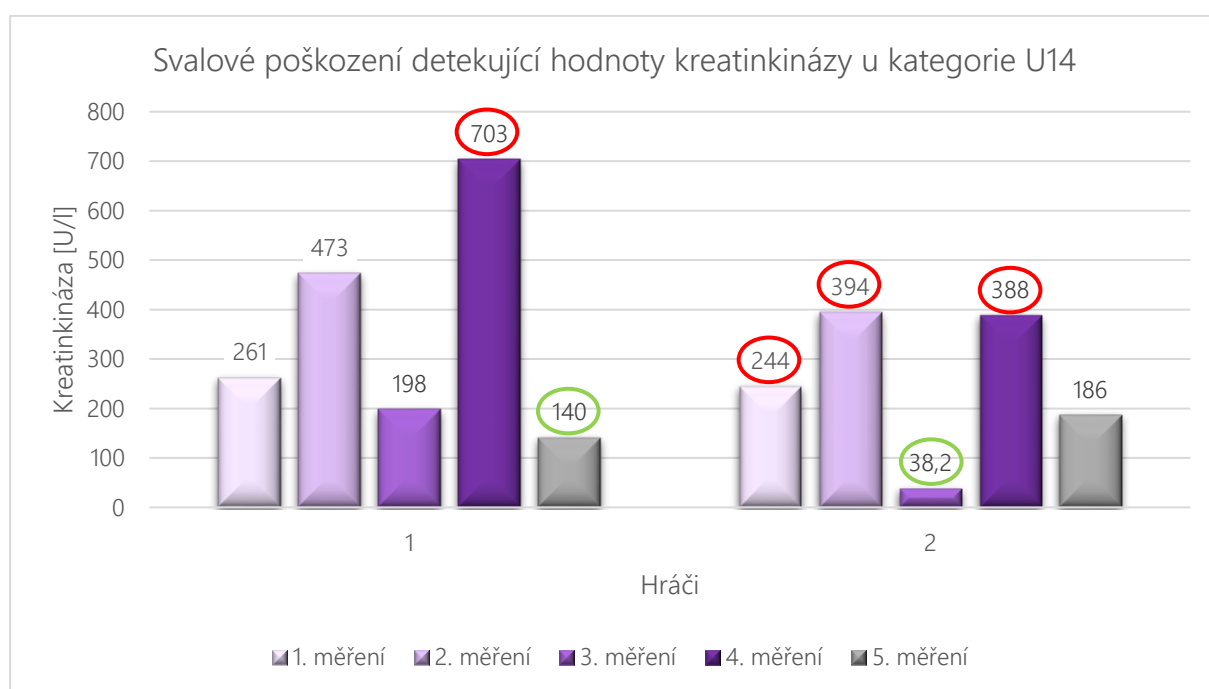
Při srovnání s horními referenčními limity, které byly navrženy u profesionálních dospělých fotbalistů (Tabulka 10), nedosahují ani v jednom případě nejvyšší hodnoty CK naměřené u mladých fotbalistů této horní hranice (U14  $CK_{max} = 744$  U/l, U16  $CK_{max} = 608$  U/l).

Tabulka 10. Horní referenční limity kreatinkinázy

Horní referenční limity kreatinkinázy		
Mougios (2007)	1083 U/l (881-1479 U/l) 491 U/l (369-728 U/l) 83 (53-84)-1492 (924-1908) U/l	sportující muži nesportující muži fotbalisté
Mahmutyazicioglu, Nash, Cleves a Nokes (2018)	64,9-1971,7 U/l	fotbalisté (muži)
Lazarim et al. (2009)	1338 U/l (1191-1639 U/l) → 97,5. percentil 975 U/l (810-1090 U/l) → 90. percentil	profesionální fotbalisté

V<sub>2b</sub>: Jsou u hráčů fotbalu kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu sledovány hodnoty CK indikující svalové poranění?

Ani v jednom případě nepřekračují naměřené hodnoty CK horní referenční limity, které byly u fotbalistů stanoveny a jejichž překročení může indikovat riziko zranění či nutnost snížení zatížení. Podíváme-li se však, zdali jsou některé hodnoty CK pětinasobkem normálních (klidových) hodnot, za něž budeme považovat nejnižší hodnoty CK, jež byly u mladých fotbalistů v rámci mikrocyklu naměřeny, odhalíme, že u kategorie U14 byla hraniční hodnota CK překročena ve čtyřech případech, a to v případě dvou hráčů (Obrázek 13).



Obrázek 13. Svalové poškození detekující hodnoty kreatinkinázy u kategorie U14

Pětinasobné zvýšení normální hladiny CK v krvi je považováno za marker svalového poškození (Daher et al., 2005; Warner & Hammans, 2009). U obou zmíněných hráčů však hodnoty CK před utkáním na konci sledovaného mikrocyklu (po 72 hodinách) klesají, a to v jednom případě až pod hranici normální hodnoty CK, tj. pod 167-171 U/l. To je v souladu s tvrzením, že poškození svalů vznikající při fotbalové hře přetrvává 48-72 hodin (Ispirlidis et al., 2008).

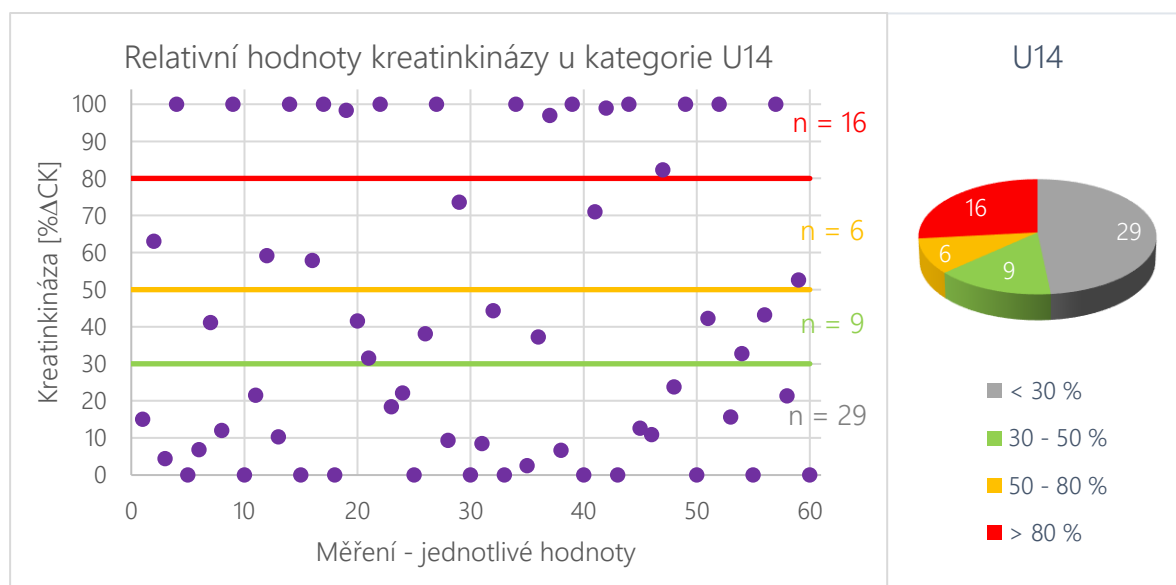
Hodnoty CK, které byly sledovány u mladých fotbalistů, neodpovídaly vážnému svalovému poranění, neboť se ani v jednom případě nepřibližovaly hranici 5 000 U/l, jejíž překročení to dle Huerty-Alardina et al. (2005) a Vohánky (2012) detekuje.

V<sub>2c</sub>: Jaké jsou relativní hodnoty CK odvozené od sledované maximální hodnoty CK v průběhu soutěžního mikrocyklu?

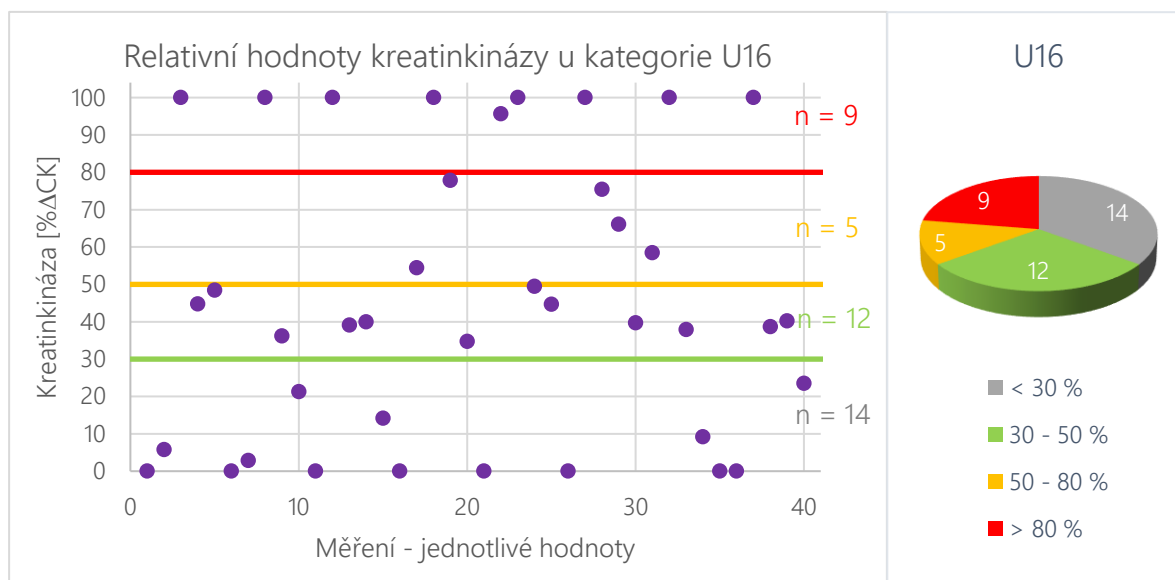
Obrázky 14 a 15 zobrazují četnost relativních hodnot CK odvozených od sledované maximální (vrcholové) hodnoty CK u fotbalistů kategorie U14 a U16. Hodnoty byly vypočteny dle níže uvedeného vzorce, kde  $\Delta CK_{\text{aktuální}}$  označuje relativní hodnoty CK,  $CK_{\text{aktuální}}$  příslušnou naměřenou hodnotu CK,  $CK_{\text{min}}$  v průběhu mikrocyklu nejnižší naměřenou hodnotu CK, ve zjednodušení považovanou za hodnotu klidovou a  $CK_{\text{max}}$  v průběhu mikrocyklu nejvyšší naměřenou hodnotu CK, přeneseně považovanou za maximální (vrcholovou).

$$\% \Delta CK_{\text{aktuální}} = \frac{CK_{\text{aktuální}} - CK_{\text{min}}}{CK_{\text{max}} - CK_{\text{min}}} \times 100 \%$$

Vzhledem k tomu, že byly k výpočtu použity hodnoty naměřené pouze v rámci sledovaného mikrocyklu, odráží chování CK jen v tomto období a ve vztahu k celkovému ročnímu cyklu mohou být zkreslené. U všech hráčů je uvedena hodnota CK, která byla naměřena jako maximální (vrcholová) a minimální (blížící se klidové). Hráči kategorie U14 měli v 63,3 % (38 případů) hodnoty  $\Delta CK_{\text{aktuální}}$  nižší než 50 %  $\Delta CK$  a pouze ve 26,7 % (16 případů) vyšší než 80 %  $\Delta CK$ . U hráčů kategorie U16 byly relativní hodnoty CK v 65 % (26 případů) nižší než 50 %  $\Delta CK$  a v 22,5 % (9 případů) vyšší než 80 %  $\Delta CK$ . U fotbalistů obou kategorií se relativní hodnoty CK v průběhu sledovaného období nacházely převážně ve středním a nižším pásmu.



Obrázek 14. Relativní hodnoty kreatinkinázy u kategorie U14



Obrázek 15. Relativní hodnoty kreatinkinázy u kategorie U16

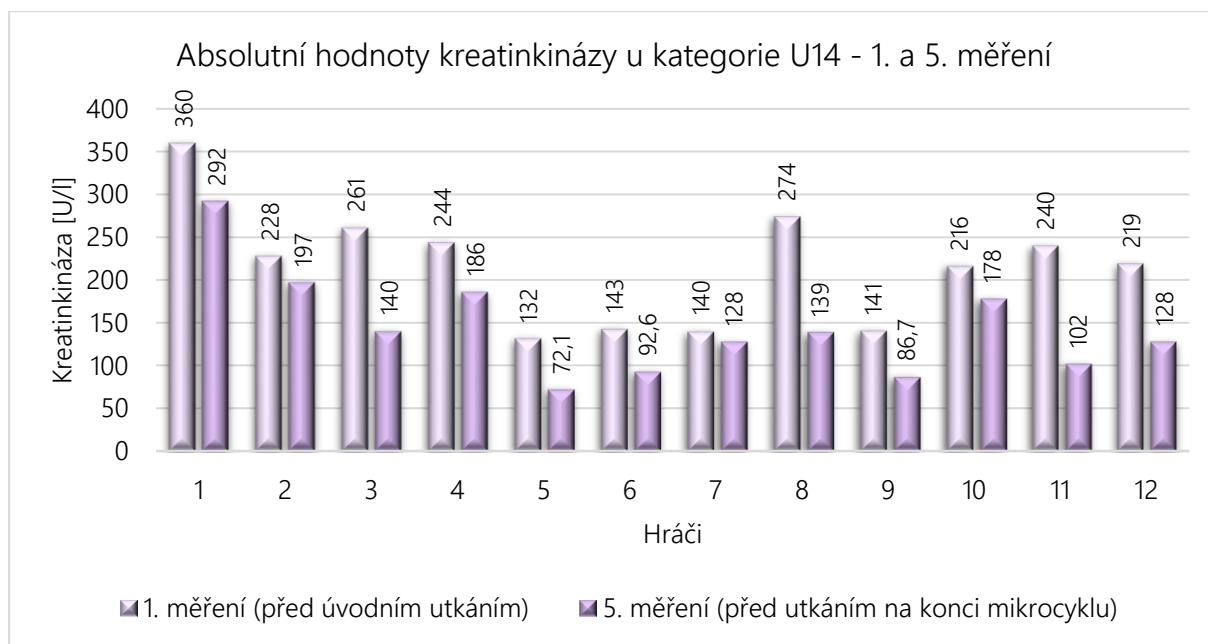
U jednotlivých hráčů může přepočítání CK na relativní hodnoty lépe vyjadřovat míru jejich zatížení a trenérům pomoci v orientaci se v hodnotách CK (relativní srovnání hráčů). Nezbytné je však znát potřebné údaje ( $CK_{max}$  a  $CK_{min}$ ) a měření provádět v adekvátním časovém rozmezí.

### 5.3 Výsledky k výzkumné otázce V3: Zotavení hráčů fotbalu kategorie U14 a U16 na konci sledovaného mikrocyklu podle analýzy kreatinkinázy

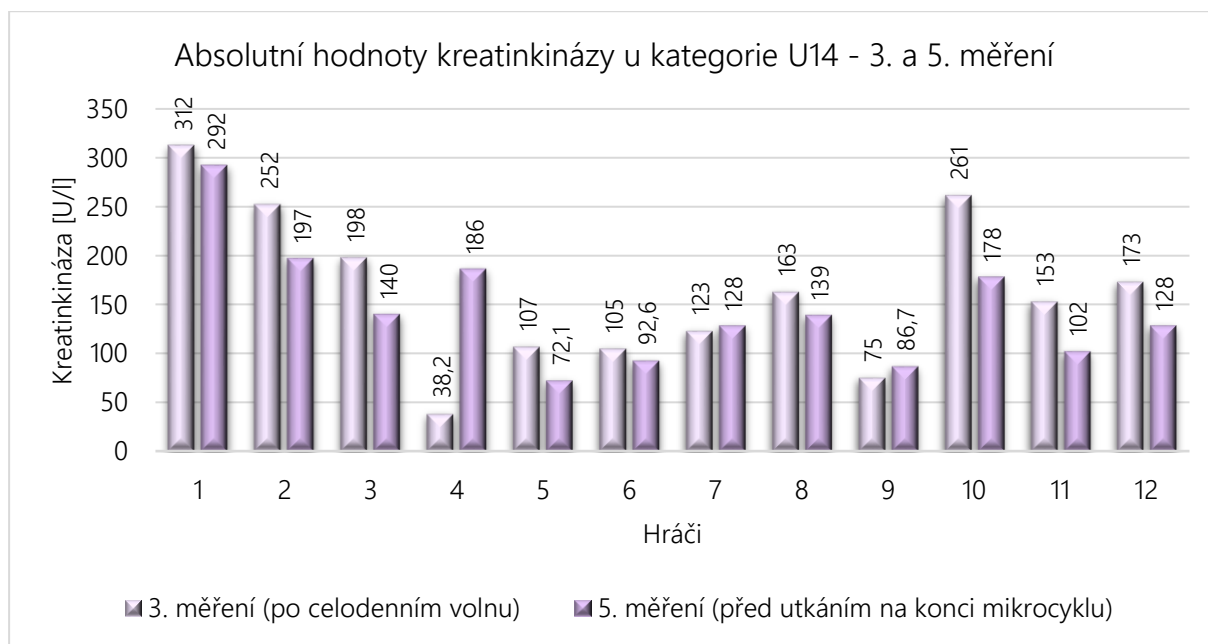
Při porovnání hodnot CK naměřených před úvodním utkáním (1. měření) a před utkáním na konci mikrocyklu (5. měření) můžeme sledovat, že všichni hráči kategorie U14 (Obrázek 16) mají hodnoty CK před utkáním na konci mikrocyklu nižší a v 67 % (8 případů) i v úrovni rozpětí normálních hodnot (< 167-171 U/l). Vzhledem k tomu, že i před úvodním utkáním byli hráči kategorie U14 vystaveni tréninkovému zatížení, naznačují tyto vyšší hodnoty z prvního měření pravděpodobně neideální zotavení. Proto můžeme na první pohled soudit, že po proběhlém mikrocyklu byli před utkáním na jeho konci všichni hráči zotaveni a lépe připraveni na výkon. U této kategorie se nabízí také porovnání hodnot CK z 5. měření s hodnotami CK získanými v rámci 3. měření, jemuž předcházelo celodenní volno. Tyto hodnoty by se vzhledem k pravidelnému tréninkovému zatěžování mohly více přibližovat normálním (klidovým) hodnotám CK. Z obrázku 17 je však zřejmé, že u většiny hráčů (9 z 12) byly tyto hodnoty CK stále zvýšené, a v rámci sledovaného mikrocyklu byly u kategorie U14 nejnižší hodnoty sledovány opravdu až při posledním měření (v 75 % případů). Vzhledem k interindividuální a intraindividuální variabilitě CK a k neznalosti reálných klidových hodnot mladých fotbalistů



nelze se stoprocentní jistotou tvrdit, že by byli před utkáním na konci mikrocyklu zotaveni, ale v rámci vývoje hladiny CK v průběhu celého mikrocyklu jsou tyto hodnoty CK u 75 %, tj. 9 jedinců nejpříznivější. Ke sledovanému poklesu CK v druhé polovině týdne jistě přispělo i snížení doby tréninkového zatížení, a to na polovinu (ze 180 min na 90 min) oproti první části týdne. Nezbytné je brát v potaz i řadou autorů sledovanou a popisovanou adaptaci CK.

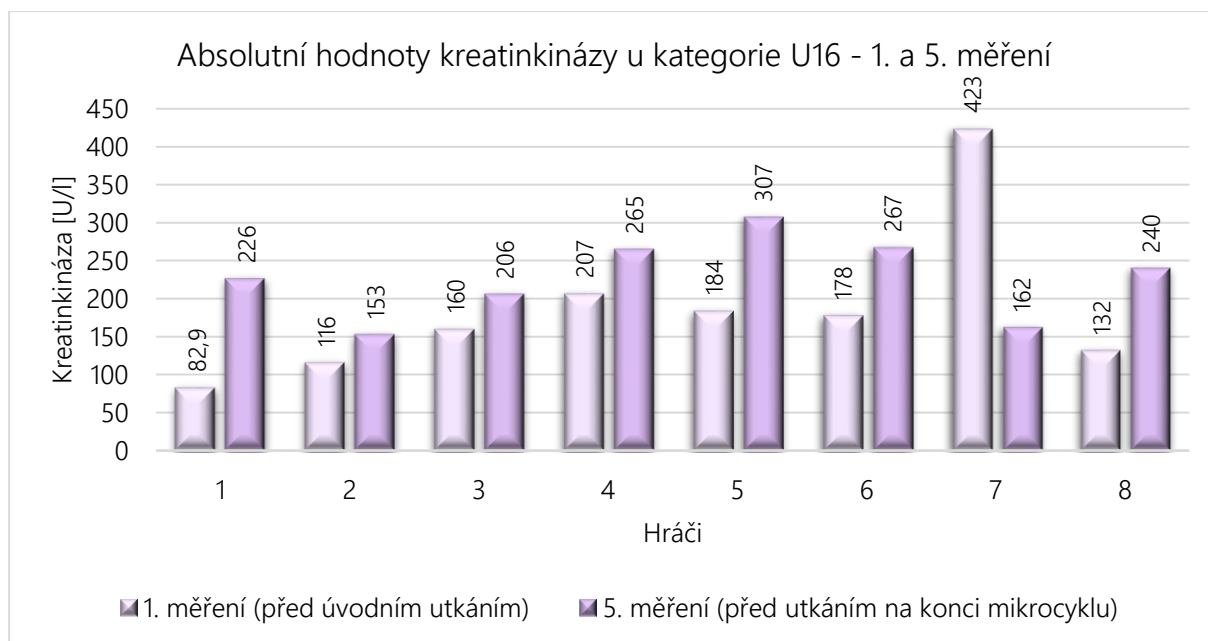


Obrázek 16. Porovnání absolutních hodnot kreatinkinázy u kategorie U14 – 1. a 5. měření



Obrázek 17. Porovnání absolutních hodnot kreatinkinázy u kategorie U14 – 3. a 5. měření

U fotbalistů kategorie U16 je situace opačná (Obrázek 18). U hráčů byly kromě jednoho případu (88 %) sledovány nižší hodnoty CK před úvodním utkáním a rovněž byly tyto hodnoty v rámci mikrocyklu naměřeny jako minimální, k čemuž jistě přispělo celodenní volno zařazené před prvním utkáním. Před utkáním na konci mikrocyklu jsou u většiny hráčů tyto hodnoty vyšší a pouze u dvou hráčů (tj. v 25 %) jsou v rozpětí normálních (klidových) hodnot (< 167 U/l). Z dostupných poznatků vyplývá, že hráči kategorie U16 nebyli pravděpodobně plně zotaveni a jelikož byl jejich mikrocyklus o den kratší, mohlo by posunutí utkání o jeden den stačit k tomu, aby se jejich hodnoty snížily na výchozí, případně by měla být snížena intenzita zatížení v trénincích, změněna jejich skladba či zařazeno volno. Hodnoty před utkáním na konci mikrocyklu však vzhledem k jejich velikosti nevykazují vyšší rizikovitost pro poškození svalové tkáně při srovnání s hodnotami u dospělých fotbalistů.



Obrázek 18. Porovnání absolutních hodnot kreatinkinázy u kategorie U16 – 1. a 5. měření

#### 5.4 Výsledky k výzkumné otázce V<sub>4</sub>: Stanovení opětovné připravenosti k hernímu výkonu dle monitoringu kreatinkinázy

Na základě našich poznatků i poznatků jiných autorů soudíme, že u jednotlivých hráčů fotbalu lze při znalosti jejich klidové, běžné tréninkové a reálné maximální (popř. vrcholové) hodnoty CK vytvořit jejich CK profily, dle nichž je možné pohybové zatížení dávkovat, upravovat a zpětně kontrolovat. Porovnávání se stanovenými normami není z hlediska výrazné intraindividuální i interindividuální variability CK nejvhodnější. Přepočítání na hodnoty relativní

může tyto rozdíly částečně redukovat, nutné je však stanovit hranici určující opětovnou připravenost k hernímu výkonu.

My jsme v rámci naší analýzy (Obrázek 14 a 15) sledovali, že všichni hráči měli před utkáním na konci mikrocyklu hodnoty CK pod hranicí 50 %  $\Delta$ CK, z toho kromě jednoho hráče měli všichni hráči kategorie U14 hodnoty CK pod hranicí 30 %  $\Delta$ CK, ale polovina hráčů kategorie U16 měla hodnoty nad touto hranicí, tj. v rozmezí 30-50 %  $\Delta$ CK. To je v souladu s porovnáním hodnot naměřených před prvním utkáním a před utkáním na konci mikrocyklu, které ukazuje připravenost hráčů kategorie U14 a nepatrně vyšší hodnoty CK před utkáním na konci mikrocyklu u kategorie U16. Průměrný rozdíl mezi hodnotami naměřenými před prvním utkáním a před utkáním na konci mikrocyklu činil u kategorie U16 pouze 45,1 U/l. V rámci individuálních hodnot měla ale polovina jedinců rozdíl mezi hodnotami CK vyšší než 100 U/l (+143,1 U/l, +37 U/l, +100 U/l, +58 U/l, +123 U/l, +89 U/l, -261 U/l a +108 U/l), což je v souladu s tvrzením o neideálním zotavení hráčů kategorie U16.

Při porovnání relativních hodnot CK s udávaným fyziologickým rozmezím hodnot CK nacházíme neshodu. Například hráči mající celkově vysoké hodnoty CK budou mít i nefyziologické hodnoty CK v rozmezí do 10 %  $\Delta$ CK a naopak hráči s nízkými hodnotami CK mohou mít i fyziologické hodnoty ve vysokých rozmezích %  $\Delta$ CK. Proto se s jejich pomocí nedá určit žádná přesná hranice, a proto jsou pro určování zotavení jakákoliv rozmezí absolutních hodnot nevhodná. Mohou být pouze určena pro jednotlivé hráče z analýzy chování jejich CK.

Na základě našich výsledků se zdá, že hranice 30 %  $\Delta$ CK je dostatečně senzitivní pro určení opětovné připravenosti hráčů, nelze ji však doporučit a získané výsledky zevšeobecňovat, neboť jsme nenaměřili pravé klidové hodnoty a pravděpodobně nemáme naměřeny ani nejvyšší hodnoty CK ve sledovaném mikrocyklu, a také porovnáváme hodnoty získané pouze v rámci jednoho mikrocyklu. Výsledky však mohou naznačovat strategii, kterou je možné se při analýze CK ubírat.

## 5.5 Shrnutí a vyjádření se k výzkumným otázkám

*V<sub>1</sub>: Jak se mění hodnoty plazmatické kreatinkinázy v průběhu soutěžního mikrocyklu u mladých fotbalistů kategorie U14 a U16?*

U obou kategorií bylo bezprostředně po prvním utkání sledováno zvýšení hladiny CK, které u hráčů kategorie U16 v průběhu mikrocyklu i při pravidelném trénování postupně klesalo, ale nevrátilo se na výchozí úroveň ani po 145 hodinách po prvním utkání. U hráčů kategorie U14

klesly hodnoty CK po 168 hodinách pod úroveň hodnot naměřených před prvním utkáním, a dále u nich bylo v průběhu mikrocyklu sledováno druhé zvýšení hodnot CK, které bylo pravděpodobně odezvou na předchozí dvoufázové trénování s denní dávkou překračující doporučený denní limit. Zařazení doporučeného volného dne ihned po utkání vedlo k výraznému snížení hodnot CK, což podporuje dodržování tohoto postupu.

Individuální analýza koncentrací CK v průběhu celého mikrocyklu odhaluje podobnou odezvu jednotlivých hráčů na zatížení, jež se liší svou velikostí a pravděpodobně rychlostí.

Nejnižší naměřené hodnoty CK byly u kategorie U14 v rozsahu 72,1-292 U/l a u kategorie U16 v rozmezí 82,9-207 U/l. Nejvyšší sledované hodnoty CK dosahovaly u kategorie U14 168-744 U/l a u kategorie U16 290-608 U/l. Největší rozdíly mezi minimálními a maximálními hodnotami CK byly u kategorie U14 vyšší (93-563 U/l ku 167-460 U/l). Rozpětí naměřených hodnot CK potvrzuje vysokou variabilitu v koncentracích CK u mladých fotbalistů kategorie U14 a U16.

*V<sub>2</sub>: Jsou hráči fotbalu kategorie U14 a U16 v průběhu soutěžního mikrocyklu na základě analýzy kreatinkinázy vystaveni zvýšenému poškození svalové tkáně či riziku zranění?*

Pro zodpovězení této výzkumné otázky neexistuje dostatek kvalitních poznatků. Naše výsledky nenaznačují vyšší rizikovost naměřených hodnot, kromě tedy dvou případů, kdy bylo objeveno, že 2 hráči kategorie U14 mají hodnoty CK v rozmezí detekujícím poškození svalové tkáně. Reliabilita tohoto postupu však bývá zpochybňována, lepší postup ale neexistuje.

Tvrzení, že hodnoty CK mladých fotbalistů byly v 60-80 % nad horní hranicí fyziologických rozmezí CK udávaných zahraničními i českými autory, a že ani v jednom případě nepřekročily referenční hodnoty stanovené u profesionálních dospělých fotbalistů, nemá kvůli vysoké variabilitě hodnot CK výpovědní hodnotu. Odhaluje však odlišnosti této specifické skupiny.

Převedení hodnot CK naměřených v průběhu celého mikrocyklu na relativní odhaluje, že většina hodnot CK se nacházela ve středním a nižším pásmu %  $\Delta$ CK.

Zdali naše hodnoty CK určují svalové poškození či jen narušení metabolismu těchto tkání není jasné. Zvýšené hodnoty CK však mohou při následném fyzickém zatížení zvyšovat riziko zranění, neboť vyjadřují jistý diskomfort organismu. Jaká míra zvýšení hodnot CK (i relativní) je spojena s rizikem zranění není jasné.

*V<sub>3</sub>: Jsou hráči na konci sledovaného mikrocyklu (tj. před utkáním na konci mikrocyklu) zotavení?*

Z našich výsledků vyplývá, že hráči kategorie U14 byli před utkáním na konci mikrocyklu pravděpodobně dostatečně zotavení, neboť v porovnání s hodnotami získanými před prvním utkáním, byly u všech hráčů nalezeny hodnoty CK nižší, přičemž u 75 % hráčů byly tyto hodnoty nejnižší v rámci sledovaného období. Strategie zohledňující relativní hodnoty toto tvrzení podporuje, neboť 92 % hráčů mělo hodnoty CK před utkáním na konci mikrocyklu pod hranicí 30 %  $\Delta$ CK.

U hráčů kategorie U16 vidíme vyšší hodnoty CK před utkáním na konci mikrocyklu v 88 %, což naznačuje potřebu prodloužení intervalu zotavení. Analýza relativních hodnot CK dokládá, že 50 % jedinců mělo hodnoty pod hranicí 30 %  $\Delta$ CK a 50 % jedinců v rozmezí 30-50 %  $\Delta$ CK. Průměrný rozdíl mezi hodnotami naměřenými před prvním utkáním a utkáním na konci mikrocyklu činil pouze 45,1 U/l. V rámci individuálních hodnot byly ale rozdíly následovné +143,1 U/l, +37 U/l, +100 U/l, +58 U/l, +123 U/l, +89 U/l, -261 U/l a +108 U/l. Polovina jedinců tedy měla rozdíl mezi hodnotami CK vyšší než 100 U/l, což podporuje tvrzení o neideálním zotavení hráčů kategorie U16. Zda jsou tato tvrzení z analýzy CK pravdivá by mohlo být ověřeno testy zaměřenými na sledování obnovení výkonnosti.

*V<sub>4</sub>: Lze pomocí monitoringu kreatinkinázy stanovovat opětovnou připravenost k hernímu výkonu?*

Naše výsledky předkládají možnou strategii při určování opětovné připravenosti mladých fotbalistů k hernímu výkonu. Vzhledem k uvedeným limitům, které však vymezují požadavky analýzy, je nutné tuto strategii ověřit. Ideální cestou je přepočítání absolutních hodnot CK na relativní a jejich srovnání s klidovými a běžnými tréninkovými hodnotami CK jednotlivých hráčů. V našem případě byla hranicí stanovující opětovnou připravenost hráčů hranice 30 %  $\Delta$ CK.

## **5.6 Limity studie**

Z hlediska hodnocení hladiny CK byl limitujícím faktorem zvolený design studie. Odlišná délka sledovaného mikrocyklu (U14 – 8 dní, U16 – 7 dní) a zejména odlišná náplň mikrocyklů (počet tréninků, počet utkání, intenzita tréninkového zatížení) neumožnila porovnání aktivity CK u mladších (U14) a starších (U16) jedinců (z hlediska odezvy organismu na zátěž ve vztahu ke kalendářnímu věku). Omezující bylo také časové rozdělení jednotlivých měření, které

neumožnilo dostatečný monitoring aktivity CK. Nejvíce limitující bylo vynechání měření po 24 hodinách po utkání, díky čemuž nebyla pravděpodobně sledována maximální (vrcholová) hladina CK.

Design studie také nepočítal s naměřením klidových hodnot CK u vybraných fotbalistů, které jsou pro individuální vyhodnocení hladiny CK stěžejní, stejně tak jako pro zhodnocení opětovné připravenosti k hernímu výkonu. Vzhledem k tomu, že byl vybrán mikrocyklus v závěru soutěžního období, mohou být naměřené hodnoty ovlivněné popisovanou adaptací, sledovanou u profesionálních fotbalistů. Námi naměřené hodnoty proto odráží stav organismu pouze v určitém časovém období, kterým byl soutěžní mikrocyklus a nemohou být zevšeobecněny na jiná období.

Jelikož nebyla objektivně sledována intenzita zatížení v utkáních, nemohla být zjištěna souvislost mezi soutěžním zatížením a zvýšením CK v reakci na něj, tj. jestli hráči, u nichž bylo sledováno vyšší zvýšení CK, byli v utkání více zatíženi (pracovali vyšší intenzitou).

Sledování pohybové aktivity s využitím dotazníku (deníková forma) by mělo být u dětí zváženo, neboť nemusí být zcela spolehlivé a je vhodné zařadit kontrolu a připomínání této úlohy.

## 6 DISKUZE

Existuje řada studií zabývajících se sledováním hladiny CK u dospělých fotbalistů, u mladých fotbalistů jich zatím mnoho není. Žádná studie dosud také u fotbalistů nehodnotila koncentraci CK v průběhu celého mikrocyklu. Výsledky této studie zaměřené na mladé fotbalisty ve věku 14 a 16 let proto přináší prvotní informace o chování CK v reakci na soutěžní a tréninkové zatížení a přibližují reálný stav hráčů fotbalu v soutěžním období.

Autoři, kteří sledovali chování CK u dětí vyslovili domněnku, že u dětí jsou reakce CK na zatížení nižší než u dospělých (Duarte et al., 1999; Soares, Mota, Duarte, & Appell, 1996; Webber, Byrnes, Rowland, & Foster, 1989). Webber et al. (1989) se zaměřili na skupinu dětí ve věku  $10,4 \pm 0,3$  let. Jejich zátěžový protokol obsahoval běh z kopce po dobu 30 minut s 10 % klesáním. Měření provedli před a po 24 hodinách po zatížení. U chlapců naměřili postupně  $95,7 \pm 9,2$  U/l a  $191,3 \pm 27,2$  U/l. U dospělých mužů byly hodnoty naměřené po zatížení vyšší ( $89,3 \pm 7,9$  U/l;  $381,4 \pm 44,4$  U/l). Jednalo se o jedince rekreačně sportující. Soares et al. (1996) pozorovali děti ve věku  $12,1 \pm 0,2$  let, u nichž sledovali mimo jiné reakci hladiny CK po zátěžovém protokolu obsahujícím silové cvičení (bench press). Hladiny CK měřili před cvičením, po 48 a 72 hodinách a po jednom týdnu. Postupně naměřili průměrné hodnoty  $32,2 \pm 14,5$  U/l;  $48,5 \pm 24,8$  U/l;  $55,5 \pm 41,2$  U/l;  $39,3 \pm 19,2$  U/l. Ty byly v porovnání s dospělými výrazně nižší ( $41,7 \pm 16,8$  U/l;  $266,1 \pm 27,24$  U/l;  $1190 \pm 1522,7$  U/l;  $727,1 \pm 308,0$  U/l). Žádný z jedinců se pravidelně neúčastnil posilovacího cvičení ani před experimentem neposiloval alespoň po dobu 2 měsíců. Cílová skupina třináctiletých chlapců, které podrobili zatížení Duarte et al. (1999), byla věkově nejbližší našemu výzkumnému souboru, tj. fotbalistům kategorie U14. Zmínění chlapci se však neúčastnili žádného intenzivního pohybového tréninku (14 dní před měřením) ani se nevěnovali soutěžnímu sportování. Hladina CK u nich byla sledována před a okamžitě po zátěžovém protokolu (pokládání dominantní končetiny na/ze schůdku v metronomu určeném rozdílném časovém intervalu 1-2 sekund), a dále po 1, 3, 24, 48, 72 a 96 hodinách. I při excentrickém charakteru cvičení byli nejvyšší naměřené hodnoty zvýšeny pouze o 39 % a 47 % oproti hodnotám před cvičením, které se nacházely okolo 50 U/l. Podobně nízké hodnoty i jejich zvýšení po rychlostním tréninku uvádí u třináctiletých fotbalistů také Andrzejewski et al. (2008).

Výše uvedená zjištění vedla autory k předpokladu, že děti reagují podobným mechanismem jako CK málo reagující dospělí jedinci (low CK responders) a ke zpochybnění validity CK jako markeru svalového poškození u dětí. Výsledné hodnoty CK naměřené v našem souboru jsou také nižší než bývají sledovány u profesionálních dospělých fotbalistů (Alves et al., 2015;

Coelho et al., 2016, 2011, 2014; de Barros et al., 2017; Ehlers et al., 2002; Garry & McShane, 2000; Ispiridis et al., 2008; Jaffe et al., 1984; Nedelec et al., 2014; Russell et al., 2015), ale jsou výrazně vyšší než hodnoty sledované u zmíněných 10, 12 a 13letých chlapců. S pominutím věkového rozdílu a odlišného protokolu zatížení (u nás fotbalové utkání) je další odlišností zacílení naší studie na jedince pravidelně a vrcholově sportující, u nichž nebyla zátěž vyřazena ani před úvodním měřením ani následně ve sledovaném období. Tím mohou být vysvětleny i sledované vyšší hodnoty CK u fotbalistů kategorie U14 a U16, neboť u jedinců pravidelně sportujících se hladina CK považovaná za klidovou zvyšuje a zároveň u nich bývá pozorováno nižší zvýšení koncentrace CK po zatížení v porovnání s nesportující populací. Námi sledovaní fotbalisté měli hodnoty CK naměřené do dvou hodin po utkání zvýšené o 70 % u kategorie U14 a o 106 % u kategorie U16. Je pravděpodobné, že se tyto hodnoty dále navyšovaly, neboť maximálního vrcholu bývá u fotbalistů dosahováno mezi 24. až 48. hodinou po utkání. Řada autorů přitom popisuje vrchol již u hodnoty CK naměřené po 24 hodinách (Hagstrom & Shorter, 2018). Webber et al. (1989) naměřili oproti nám (u kategorie U14) u desetiletých nesportujících chlapců vyšší přírůstky v koncentraci CK, a to až o 100 %. Měření však provedli po 24 hodinách od zatížení, zatímco my jsme měřili dále až po 48 hodinách, kde jsme již u obou kategorií sledovali pokles hladiny CK. Na rozdíl od Soarese et al. (1996), který popisuje u dvanáctiletých chlapců po 48 hodinách od zatížení zvýšení CK o 72 % (vrchol), naši hráči kategorie U14 se hodnotami dostávají až pod hodnoty CK naměřené před prvním utkáním, zatímco u hráčů kategorie U16 je hladina CK stále zvýšená o 87 %. V první řadě je nutné zohlednit, že naši hráči byli nadále vystaveni tréninkovému zatížení, zatímco u chlapců měřených jinými autory (Duarte et al., 1999; Soares et al., 1996; Webber et al., 1989) bylo intenzivní zatížení vyloučeno. Po jednodenním volna, které bylo u hráčů kategorie U14 zařazeno ihned po utkání, klesly jejich hodnoty (měření 3) o 125 % (204,9 U/l) a u hráčů kategorie U16, kteří trénovali, pouze o 19 % (34,6 U/l). Nižší zvýšení CK po utkání u kategorie U14 oproti kategorii U16 je spíše než věkovému rozdílu připisováno odlišnému zatížení v utkáních a jinému výchozímu stavu hráčů (kratší hrací doba, nižší intenzita zatížení při utkání, nižší rychlost, odlišná skladba tréninků v předcházejícím mikrocyklu). Měření provedené po 96 hodinách po utkání totiž dokazuje, že i u hráčů kategorie U14 mohou být přírůstky CK vysoké, dokonce i vyšší než byly pozorovány u kategorie U16. V závislosti na předchozím dvofázovém zatěžování totiž hodnoty CK u mladších hráčů vzrostly o 143 %. Měření ale proběhlo v odlišném čase po zatížení, tudíž nelze říci, že by mladší hráči měli vyšší variabilitu CK. Nevíme totiž v jakém vývoji jsme křivku CK zachytili, tj. jestli hodnoty rostly či už klesaly, jestli se hladina CK blížila maximální atd.



Uváděné průměrné hodnoty CK nereflktují variabilitu v individuálních reakcích jednotlivých hráčů. Dosavadní publikované studie s nimi i přesto pracují, a tím zkreslují úroveň poznatků. V souladu s tvrzením Hartmanna a Mestera (2000) můžeme při bližším prozkoumání absolutních hodnot CK naměřených v rámci mikrocyklu soudit, že u jedinců s celkově vyššími hladinami CK jsou i vyšší přírůstky CK v reakci na zatížení, tj. vyšší variabilita. V rámci celého mikrocyklu jsme pozorovali nejvyšší změny koncentrace CK u jednotlivých hráčů kategorie U14 v rozsahu od 93-563 U/l a u hráčů kategorie U16 v rozsahu 167-460 U/l. Naše výsledky nepotvrzují teorii, že by děti spadali do skupiny CK málo reagujících, a že by u nich platily zmíněné mechanismy, tj. přítomnost inhibitorů CK v krvi, nízká koncentrace CK ve svalu a nižší vyplavení (clearance) CK retikuloendoteliálním systémem. Charakter fotbalové hry vede pravděpodobně k výraznějšímu navýšení hladiny CK v porovnání s jinými zátěžovými protokoly (avšak rozdílná doba zatížení), což dokazují i značně vysoké limity uváděné u profesionálních fotbalistů. Současně to potvrzuje i Mougios (2007), který zjistil rozdílnost v hodnotách naměřených u plavců (70-523 U/l) a u fotbalistů (83-1492 U/l) a také výsledky systematického přehledu (Doeven, Brink, Kosse, & Lemmink, 2018) srovnávající týmové míčové hry. Pro fotbal, který je typický rychlými změnami směru, sprinty, souboji a brzděním, tj. převažujícími excentrickými kontrakcemi, je příznačné i velké mechanické zatížení. V rámci pádů a soubojů, které jsou u dospělých profesionálních fotbalistů často agresivnější než u mladších, dochází ke zhmoždění svalové tkáně a tím i k vyššímu vyplavení CK. Poškození svalové tkáně je ale způsobeno mechanickým stresem, nejde o metabolický stres způsobený reakcí svalového aparátu na pohybové zatížení. Ve fotbalové hře jsou tyto dvě složky neoddělitelné, a vyšší mechanické zatížení by mnohdy mohlo vysvětlovat nepoměrně vyšší přírůstky CK sledované u některých fotbalistů.

Dle výsledků experimentu, jenž provedli u třináctiletých fotbalistů (13,5±0,4 let) Wiacek, Andrzejewski, Chmura a Zubrzycki (2011), jsou vyšší přírůstky v koncentraci CK pozorovány po běhu maximální rychlostí v délce 30 metrů u rychlostních typů hráčů oproti vytrvalostním typům. Odběry CK byly provedeny ve třech různých obdobích (přípravné období, soutěžní období, přechodné období) před běžecím testem a po 3 minutách od ukončení běhu. Sledované střední hodnoty CK vyjádřené mediánem s 95% konfidenčním intervalem byly v přípravném období u rychlostních hráčů 60,74 U/l (47,35; 74,14)/73,3 U/l (56,42; 90,19) a u vytrvalostních 52 U/l (26,56; 77,43)/58,75 U/l (34,4; 83,09). V soutěžním období byly u obou typů hráčů sledovány vyšší hodnoty CK jak před, tak i po testu, a to následovně 69,23 U/l (51,76; 86,69)/96,86 U/l (65,84; 127,88) pro rychlostní typy a 63,87 U/l (36,51; 91,22)/69,96 U/l (43,01; 96,9) pro vytrvalostní typy hráčů. V přechodném období byla u

rychlostního typu hráčů pozorována celkově nejvyšší úroveň hladiny CK, a to 83,54 U/l (57,72; 109,36)/105,25 U/l (67,8; 142,7). U vytrvalostního typu hráčů došlo oproti soutěžnímu období ke snížení hladiny CK před testem, ale hodnoty CK naměřené po testu byly ve stejném rozmezí jako v soutěžním období, tj. 52,72 U/l (33,61; 71,83)/70,82 U/l (48,71; 92,93). Prezentované výsledky naznačují, že se kinetika CK mění i v závislosti na sledované části makrocyklu, tak jako to sledovali i Coelho et al. (2011, 2014) a Ehlers et al. (2002) u profesionálních fotbalistů. To může, kromě míry aktuálního zatížení v cyklech, odrážet také současný stav trénovanosti jedinců (z dlouhodobého hlediska – kondice). Zvyšování předtestových hodnot CK v průběhu sledovaných období může vyjadřovat míru trénovanosti a podporovat tvrzení, že u sportujících osob jsou klidové hodnoty CK vyšší (Brancaccio et al., 2010).

My jsme v rámci našeho měření typy hráčů neurčovali, každopádně v rámci individuální analýzy vidíme u hráčů dva typy reakcí, které by s tímto rozdělením mohly souviset. Zdá se pravděpodobné, že převaha bílých (rychlých) nebo červených (pomalých) svalových vláken, která se odlišují nejen unavitelností, ale také způsobem získávání energie i stavbou, by mohla vysvětlovat jak rozdíly mezi reakcemi CK u jedinců stejně starých, tak i napříč generacemi, neboť s věkem se poměr svalových vláken mění. Zastoupení rychlých svalových vláken je u dospělých jedinců v porovnání s dětmi či seniory vyšší. Tyto vlákna jsou také náchylnější na poškození, jež je vyvoláno pohybovou aktivitou (Koch, Pereira, & Machado, 2014). To by mohlo vysvětlovat sledované vyšší hodnoty CK u dospělých fotbalistů a také popisovanou vyšší četnost úrazů této věkové skupiny. Na druhou stranu však Wiacek et al. (2011) sledovali hladinu CK pouze po 3 minutách od výkonu, není tedy jisté, zdali uvedené rozdíly hodnot CK nevyjadřují spíše u různých typů hráčů rychlost reakce CK na zatížení, neznáme totiž maximální (vrcholové) hodnoty CK ani jejich vývoj. Pro tyto potřeby by muselo být provedeno podrobné testování kinetiky CK, které by pomohlo sestavit křivky zobrazující chování CK, bez toho, aniž by došlo ke zkreslení hodnot. Je pravděpodobné, že se tyto křivky budou individuálně lišit.

Snadná identifikace a relativně nízké náklady při analytických testech vedly k tomu, že byla CK navržena za jeden z nejlepších nepřímých ukazatelů poškození svalové tkáně a používána jako indikátor intenzity tréninkového zatížení a diagnostický ukazatel přetrénování. Řada faktorů však toto využití komplikuje. Jedním z nich je velká interindividuální variabilita sérové hladiny CK, která komplikuje vytvoření spolehlivých referenčních hodnot pro sportovce, a proto také řada trenérů neví, jak se zjištěnými hodnotami naložit či pracovat (Koch et al., 2014). Řada studií tedy oprávněně zpochybňuje validitu a reliabilitu tohoto nástroje (Baird, Graham, Baker, & Bickerstaff, 2012; Margaritis et al., 1999). Není také zcela jasné, jak zvýšení

hladiny CK po fyzickém zatížení interpretovat a rozhodně není možné dle hladiny CK určovat míru poškození svalové tkáně. Spíše než kvantitativní ukazatel rozsahu svalového poškození, lze CK použít jako kvalitativní ukazatel určující, že k určitému traumatu kosterního svalu došlo (Koch et al., 2014). Uvažuje se také, že vyšší aktivita, tj. hladina CK, může mít za následek vyšší dostupnost buněčné energie a zlepšení kontrakceschopnosti myofibril. Při vyloučení svalového poškození či jiných patologických stavů mohou vysoké hladiny CK v séru odrážet úroveň enzymatické aktivity ve tkáních. Zvýšená hladina CK po zátěži nemusí představovat stupeň skutečného poškození svalů, možná je i určitá forma narušení procesů řízení energie či jiné mechanismy v molekulárních reakcích (Baird et al., 2012). Jaké hodnoty CK tedy korelují s poškozením svalové tkáně není jasné. Proto nejsme schopni určit, které hodnoty CK odpovídají svalovému poškození, a které metabolickým nárokům tkání, jenž mohou být po zatížení fyziologicky vyšší. Výše uvedená tvrzení, která vznikla nezávisle na podkladě rešerše dostupné literatury, a pro která nejsme schopni na základě našich výsledků vymezit míru svalového poškození u mladých fotbalistů, podporuje i publikovaná meta-analýza a systematický přehled Hagstroma a Shortera (2018). V souladu s dostupnými poznatky, které však nejsou velmi spolehlivé, můžeme říci, že alespoň dva hráči z kategorie U14 měli hodnoty CK tak zvýšené, že by mohly určovat poškození svalové tkáně. Po 72 hodinách jsou ale jejich hodnoty opět sníženy, což je ve shodě s tvrzením Ispiridise et al. (2008) o délce trvání svalového poškození u fotbalistů. Na základě tvrzení Huerty-Alardína et al. (2005) a Vohánky (2012) jsme podle hodnot CK u mladých fotbalistů v průběhu mikrocyklu neidentifikovali vážné poškození svalové tkáně. Překročení hranice 5 000 U/l je ale z hlediska spolehlivosti při detekci svalového poranění pochybné a nezaručené.

Z důvodu neexistence referenčních hodnot CK u sportující mládeže jsme porovnávali hodnoty naměřené u mladých fotbalistů s uvedenými referenčními hodnotami u profesionálních dospělých fotbalistů. Zjistili jsme, že mladí fotbalisté ani v jednom případě nedosahovali horních limitů, jejichž překročení bývá spojováno se svalovým poškozením. V rámci měřeného mikrocyklu měli hráči kategorie U14 a U16 dále 67 % a 80 % hodnot nad horní hranici normálních hodnot CK uváděných zahraničními autory a nad českými fyziologickými hodnotami CK se nacházeli v 78 % a 73 % případů. Porovnání s těmito normami pouze popisuje situaci. Je jisté, že hodnoty CK mladých fotbalistů budou specifické a měly by být porovnávány pouze s adekvátními protihodnotami. Vytvoření referenčních limitů CK pro mladé fotbalisty je výzvou. U našich jedinců z kategorie U14 se hodnoty CK ve sledovaném období nacházely v rozmezí 72,1-744 U/l a u kategorie U16 v rozmezí 82,9-608 U/l. Je však

pravděpodobné, že nemáme zachyceny maximální (vrcholové) hodnoty CK. Pro zmiňovanou variabilitu koncentrací CK je však využitelnost referenčních hodnot diskutabilní.

Vzhledem k relativnímu hodnocení, které bylo u fotbalistů kategorie U14 a U16 vztaženo pouze na sledovaný mikrocyklus, se jen několik hodnot nacházelo nad hranicí 80 %  $\Delta$ CK. Tyto výsledky však není možné porovnat s jinými studiemi, neboť nejsou dohledatelné, či neexistují.

V současné době je klinický význam zvýšených hladin CK po cvičení nejasný (Latham, Campbell, & Nichols, 2008 in Hagstrom & Shorter, 2018). Výrazně zvýšené hodnoty CK mohou při následném fyzickém zatížení zvyšovat riziko zranění, neboť pravděpodobně poukazují na nedokonalé zotavení a nepřípravenost k výkonu v důsledku zvýšených nároků tkáňového metabolismu. To může vést k rychlejší unavitelnosti a ke změně pohybových stereotypů, což ústí ve vyšší energetické nároky, neekonomické provedení pohybu a vyšší zatížení pohybového systému. Proto zastáváme názor, že zvýšené hladiny CK mohou zvyšovat riziko následného poranění u mladých fotbalistů. Hranici, při níž toto riziko vzniká však nejsme schopni určit. Podobně soudí i v systematickém přehledu Hagstrom a Shorter (2018), kteří uvádí, že zatímco hladina CK může určovat úroveň zotavení, význam změn v hladině CK s ohledem na budoucí výkonnost je stále neznámý.

Ispirilidis et al. (2008) uvádí, že dle analýzy CK přetrvává poškození svalů vznikající při fotbalové hře 48-72 hodin. Soudí tak podle přetrvávající zvýšené hladiny CK, která již po 72 hodinách začíná výrazněji klesat, ale výchozí hodnoty nedosahuje ani po 144 hodinách. My jsme zvýšené hodnoty CK u fotbalistů kategorie U16 (7 z 8) sledovali podobně jako on i po 145 hodinách od prvního utkání. U všech fotbalistů kategorie U14 již byly hodnoty CK naměřené po 168 hodinách od prvního utkání nižší než hodnoty CK získané před utkáním. Hughes, Denton, Lloyd, Oliver a De Ste Croix (2018) popisují, že u fotbalových hráčků kategorie U13 a U15 byly po 168 hodinách po utkání hodnoty CK stále zvýšené, u hráčků kategorie U17 se snížily podobně jako u našich hráčů kategorie U14. Je pravděpodobné, že vzhledem k postupnému poklesu koncentrace CK u hráčů kategorie U16 by jejich hodnoty naměřené po 168 hodinách od utkání byly také vráceny na výchozí úroveň, pakliže by tedy nehráli naplánované utkání a trénovali podobně jako v průběhu sledovaného mikrocyklu.

Na základě našich výsledků předpokládáme, že dle hladiny CK můžeme u hráčů fotbalu hodnotit jejich opětovnou připravenost k výkonu, a to s využitím relativních hodnot CK. Tento předpoklad je však nutné ověřit a porovnat s dalšími proměnnými sloužícími k vyjádření míry zotavení (například countermovement jump, obnova rychlosti při sprintu atd.). Tvrzení Margaritise et al. (1999) o využitelnosti CK při určování zotavení tomu našemu odporuje. Zpracovával však výsledky triatlonistů, tedy jiného sportu. Jak se ale ukazuje, chování CK se

liší u různých sportovních odvětvích, a také je důležité zohlednění intenzity a délky zatížení. V souladu s námi doporučuje CK k monitoringu zotavení například Coelho et al. (2011); Lazarim et al. (2009) či Neumann, Pfützner a Hottenrott (2005).

Dostupné poznatky o CK jsou neucelené a neposkytují dostatečné informace, dle nichž by bylo možné s vysokou spolehlivostí určovat poranění svalové tkáně, zotavení hráčů či riziko zranění. Jako nejideálnější se zdá individuální přístup a zohlednění relativních hodnot určených z maximální (vrcholové) a klidové hodnoty CK (Alves et al., 2015; Coelho et al., 2016). S tímto přístupem však dosavadní publikované studie nepočítaly, a proto se omezily na pouhé vyjádření absolutních či průměrných hodnot CK a jejich odchylek, v menší míře mediánů. Pro vysokou variabilitu hladin CK se však na základě takovýchto výsledků nedá ve sportovním odvětví nic posuzovat, a proto dosud neexistuje kvalitní doporučený postup, který by z CK udělal spolehlivý indikátor (pro určení zotavení či poškození svalové tkáně atd.). Otázkou je, zdali potenciál, který řada autorů u CK zmiňuje, bude naplněn či zda se ukáže, že by měl tento indikátor zůstat v medicínské diagnostice, z níž byl převzat. To zodpoví pouze seriózní a kvalitní výzkum.

## 7 ZÁVĚRY

Výsledky této studie potvrzují, že u fotbalových hráčů kategorie U14 a U16 dochází v reakci na soutěžní zatížení, kterým je reálné fotbalové utkání, k výraznému zvýšení hladiny CK. Toto zvýšení dosahuje svého maxima v období mezi 24 a 48 hodinou po utkání a rychlost s jakým je dosaženo se u jednotlivých hráčů liší stejně tak, jako se liší jeho velikost. Při běžném trénování (bez zařazení volného dne) a jednom utkání v mikrocyklu může toto zvýšení koncentrace CK přetrvávat i po 145 hodinách od utkání, jak ukazují výsledky kategorie U16. U kategorie U14 jsme i přes zařazení druhého utkání v půlce týdne sledovali po 168 hodinách od prvního utkání snížení hodnot CK pod výchozí hodnoty, tj. hodnoty CK naměřené před prvním utkáním, ty však byly značně vysoké.

Vývoj hodnot CK v průběhu celého mikrocyklu naznačuje podobné reakce jednotlivých hráčů na zatížení, které se liší ve své velikosti a pravděpodobně i rychlosti. Nejnížší naměřené hodnoty CK byly u kategorie U14 v rozsahu 72,1-292 U/l a u kategorie U16 v rozmezí 82,9-207 U/l. Nejvyšší sledované hodnoty CK byly u kategorie U14 v rozsahu 168-744 U/l a v rozsahu 290-608 U/l u kategorie U16. Největší rozdíly mezi minimálními a maximálními hodnotami CK byly u kategorie U14 vyšší (93-563 U/l ku 167-460 U/l).

Oproti udávaným fyziologickým hodnotám CK jsou hodnoty CK sledované během mikrocyklu u fotbalistů kategorie U14 a U16 nejméně v 60 % vyšší. Ani v jednom případě však nepřevyšují referenční limity uváděné u dospělých profesionálních fotbalistů. Zda tyto hodnoty CK naměřené u mladých hráčů určují svalové poškození, riziko zranění či jen narušení metabolismu tkání není jasné. Při zohlednění tvrzení, že pětinasobné zvýšení normálních hodnot CK odpovídá svalovému poranění, jsme našli u 2 hráčů kategorie U14 hodnoty CK v tomto rozmezí detekujícím poškození svalové tkáně. Po 72 hodinách již tyto hodnoty výrazně klesly, a to i při běžném trénování. Většina hodnot CK se při jejich relativním vyjádření nacházela ve středním a nižším pásmu.

Výsledky analýzy CK podporují tvrzení, že hráči kategorie U14 byli před utkáním na konci mikrocyklu dostatečně zotaveni, zatímco hráči kategorie U16 nikoliv.

Pro určení opětovné připravenosti hráčů k hernímu výkonu z analýzy CK může být použita strategie zohledňující relativní hodnoty CK. V našem případě byla hranicí stanovující opětovnou připravenost hráčů hranice 30 %  $\Delta$ CK. Její spolehlivost je však nutné dále prozkoumat.

## 8 SOUHRN

U mladých sportovců ve věku 13-15 let a následně u 16-18letých je pozorována nejvyšší četnost zranění. Ve fotbale je jedním z nejčastějších zranění poranění svalové tkáně a jejich incidence vzrůstá.

Po tělesném zatížení bývá pozorováno zvýšení hladiny kreatinkinázy (CK), která je považována za nepřímý biomarker svalového poškození. O její spolehlivosti je kvůli výrazné interindividuální a intraindividuální variabilitě polemizováno.

Cílem této studie bylo zhodnotit v průběhu soutěžního mikrocyklu u mladých hráčů fotbalu kategorie U14 a U16 chování CK v reakci na soutěžní a tréninkové zatížení a posoudit jejich opětovnou připravenost k hernímu výkonu.

Výzkumný soubor byl sestaven z celkem 20 hráčů, z 12 hráčů kategorie U14 ( $13,6 \pm 0,3$  let) a z 8 hráčů kategorie U16 ( $15,6 \pm 0,2$  let). V průběhu soutěžního mikrocyklu byly pro stanovení aktivity CK odebrány kapilární vzorky krve, které byly bezprostředně analyzovány spektrofotometrem Reflotron® pro plazmatickou CK aktivitu. Hráči byli testováni pětkrát v rámci jednoho týdne, a to před a okamžitě po utkání, po 48 a 96 hodinách a před dalším utkáním, tj. po 145 či 168 hodinách (U16 a U14).

Bezprostředně po utkání bylo u obou kategorií pozorováno zvýšení CK. U kategorie U16 bylo toto zvýšení výraznější a přetrvávalo i po 145 hodinách po utkání. U kategorie U14, která měla uprostřed týdne zařazeno ještě další utkání, došlo po 96 hodinách k dalšímu prudkému navyšení aktivity CK, ale po 168 hodinách od utkání již hodnoty CK klesly pod úroveň hodnot CK naměřených před prvním utkáním. Tyto hodnoty byly značně vysoké a vyšší než u kategorie U16. Souhlasíme s tvrzením, že u fotbalistů bývají v porovnání s jinými kolektivními míčovými hrami nacházeny výraznější přírůstky v koncentraci CK, za něž je pravděpodobně zodpovědný typický charakter fotbalové hry obsahující rychlé změny směru, sprinty, brzdění či souboje, které vyvolávají vyšší mechanické i metabolické zatížení tkání.

Individuální analýza naměřených hodnot CK u jednotlivých hráčů odhalila podobné reakce jednotlivých hráčů na zatížení, které se lišily ve své velikosti a pravděpodobně v rychlosti. U fotbalistů byly hodnoty CK v porovnání se zahraničními i českými fyziologickými normami v 60-80 % vyšší. Ani v jednom případě však nepřevyšovaly referenční limity uváděné u dospělých profesionálních fotbalistů. Pouze u 2 hráčů kategorie U14 překročily hodnoty CK rozmezí detekující poškození svalové tkáně, po 72 hodinách však byly tyto hodnoty sníženy.

Nejnižší naměřené hodnoty CK byly u kategorie U14 v rozsahu 72,1-292 U/l a u kategorie U16 v rozmezí 82,9-207 U/l. Nejvyšší sledované hodnoty CK byly u kategorie U14 v rozsahu 168-744 U/l a v rozsahu 290-608 U/l u kategorie U16. Nejvyšší rozdíly mezi minimálními a maximálními hodnotami CK se u kategorie U14 pohybovaly mezi 93-563 U/l a u kategorie U16 mezi 167-460 U/l, což vypovídá o vysoké variabilitě aktivity CK, díky níž není zcela jasné, jaké hodnoty či zvýšení koncentrace CK může být považováno za rizikové a indukující svalové poškození či nutnost snížení tréninkového zatížení.

Výsledky naší analýzy CK podporují tvrzení, že hráči kategorie U14 byli před utkáním na konci mikrocyklu dostatečně zotaveni, zatímco hráči kategorie U16 nikoliv. Při zjištění netypicky vysokých koncentrací CK je vhodné zatížení redukovat, a to na takovou dobu, za níž dojde k poklesu aktivity CK. Při znalosti hráčského profilu CK (klidové, běžné tréninkové či maximální hodnoty CK získané ve zvolené disciplíně) je možné nejvhodněji dávkovat tréninkové zatížení a určovat interval zotavení, a tím také optimalizovat výkonnost sportovců.

U mladých fotbalistů potvrzují sledované změny v hladině CK vhodnost zařazení volného dne po zápase pro účely rychlejšího zotavení a vhodnost dodržování týdenního mikrocyklu s jedním zápasem. Prokazují také nevhodnost prodlužování celkového denního zatížení mladých fotbalistů nad 120-150 minut a nutnost promyšleného zařazování dvoufázových tréninků.



## 9 SUMMARY

The highest incidence of injury is observed in young athletes aged 13-15 years and subsequently in 16-18 year olds. Muscle tissue injuries are one of the most common injuries in football and their incidence is still increasing.

An increase in creatine kinase (CK), which is considered to be an indirect biomarker of muscle damage, is observed after exercise. Its reliability is controversial due to the high interindividual and intraindividual variability.

The aim of this study was to evaluate the behavior of CK in response to competition and training load during the competition microcycle of young U14 and U16 football players and to assess their preparedness for gaming performance.

The research sample consisted of 20 players, 12 players of category U14 ( $13.6 \pm 0.3$  years) and 8 players of category U16 ( $15.6 \pm 0.2$  years). During the competition microcycle, capillary blood samples were taken to determine CK activity and analyzed immediately by a Reflotron® spectrophotometer for plasma CK activity. Players were tested five times per week before and immediately after the match, after 48 and 96 hours and before the next match, ie after 145 or 168 hours (U16 and U14).

An increase in CK was observed immediately after the match in both categories. This increase was more pronounced and persisted after 145 hours in U16. In U14, which had yet another match in the middle of the week, there was another sharp increase in CK activity after 96 hours, but after 168 hours CK values had fallen below the CK levels measured before the first match. These values were considerably high and higher than in U16. We agree with agreement, that compared to other team ball sports, footballers tend to have a more pronounced increase in CK concentration. The reason is probably the typical character of football game, which in addition to the predominant eccentric contractions also contains higher mechanical load on the soft tissues.

Individual CK analysis revealed similar responses of individual players to the load that varied in size and probably speed. In the case of football players, the CK values were in 60-80% higher compared to foreign and czech physiological standards. In either case, however, the CK values did not exceed the reference limits for adult professional footballers. Only 2 players of U14 exceeded the CK range detecting the muscle tissue damage, but these values were reduced after 72 hours.

The lowest CK values were 72.1-292 U/l in U14 and 82.9-207 U/l in U16. The highest observed CK values were 168-744 U/l in U14 and 290-608 U/l in U16. The highest differences

between the minimum and maximum CK values were in U14 between 93-563 U/l, in U16 between 167-460 U/l, which indicates a high variability of CK activity. It is not entirely clear what values or increases in CK concentration can be considered as risk and inducing muscle damage or the need to reduce training load.

The results of our CK analysis support that U14 were sufficiently recovered before the next match, while U16 did not. When atypically high concentrations CK are detected, it is advisable to reduce the load for a period during which CK activity decreases. Knowing the CK player profile (resting, routine training, or maximum CK), the training load can be appropriately revoked and the recovery interval determined and the athletes' performance optimized.

The observed changes in CK levels in young footballers confirmed the appropriateness of including a rest day after the match in order to recover more quickly and suitably adhere to the one-week microcycle with one match. They also demonstrated the unsuitability of extending the total daily load of young footballers over 120-150 minutes and the need for a sophisticated inclusion of two-stage trainings.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Alshail, F., Aljohar, A., & Alshehri, M. (2016). Periodontal status and serum creatine kinase levels among young soccer players: A preliminary report. *Nigerian Journal of Clinical Practice, 19*(5), 655–658.
- Alves, A. L., Garcia, E. S., Morandi, R. F., Claudino, J. G., Pimenta, E. M., & Soares, D. D. (2015a). Individual analysis of creatine kinase concentration in Brazilian elite soccer players. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte, 21*(2), 112–116.
- Alves, A. L., Garcia, E. S., Morandi, R. F., Claudino, J. G., Pimenta, E. M., & Soares, D. D. (2015b). Individual analysis of creatine kinase concentration in Brazilian elite soccer players. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte, 21*(2), 112–116.
- Andrzejewski, M., Domaszewska, K., Chmura, J., Rychlewski, T., & Kubalewska, M. (2008). Influence of speed training loads on the activity of creatine kinase and lactic dehydrogenase and the concentration of oxypurines in blood samples of young football players. *Medycyna Sportowa, 24*(3), 149–159.
- Baird, M. F., Graham, S. M., Baker, J. S., & Bickerstaff, G. F. (2012). Creatine-kinase and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *Journal of Nutrition and Metabolism, 11*, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2012/960363>
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences, 24*(7), 665–674.
- Bénézet, J.-M., & Hasler, H. (2017). *Youth Football. Švýcarsko - Berneck*: Galledia AG.
- Brancaccio, P., Lippi, G., & Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, 48*(6), 757–767.
- Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin, 81–82*(1), 209–230.
- Brumback, R. A., Feeback, D. L., & Leech, R. W. (1992). Rhabdomyolysis in childhood: A primer on normal muscle function and selected metabolic myopathies characterized by disordered energy production. *Pediatric Clinics of North America, 39*(4), 821–858.
- Budgett, R. (1998). Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. *British Journal of Sports Medicine, 32*(2), 107–110.

- Byrne, C., Twist, C., & Eston, R. (2004). Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: theoretical and applied implications. *Sports Medicine*, 34(1), 49-69.
- Cardy, C. M., & Potter, T. (2007). The predictive value of creatine kinase, EMG and MRI in diagnosing muscle disease. *Rheumatology*, 46(10), 1617–1618.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11), S52–S69.
- Clarkson, P. M., Kearns, A. K., Rouzier, P., Rubin, R., & Thompson, P. D. (2006). Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(4), 623–627.
- Coelho, D. B., Cabido, C. T., Ciminelli, V. A. L., Coelho, L. G. M., Becker, L. K., de Oliveira, E. C., ... Silami-Garcia, E. (2016). Comparison of different ways of expressing creatine kinase concentration of soccer players during a competitive season. *Motriz: Revista de Educação Física*, 22(3), 160–165.
- Coelho, D. B., Morandi, R. F., de Melo, M. A. A., & Silami-Garcia, E. (2011). Creatine kinase kinetics in professional soccer players during a competitive season. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 13(3), 189–194.
- Coelho, D. B., Morandi, R. F., Melo, M. A., Andrade, R. L., da Paixão, R. C., & Silami-Garcia, E. (2014). Analysis of the trends of creatine kinase levels during the preseason of a professional soccer team. *The Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 16(2), 129–135.
- Daher, E. D. F., Júnior, G. B. da S., Brunetta, D. M., Pontes, L. B., & Bezerra, G. P. (2005). Rhabdomyolysis and acute renal failure after strenuous exercise and alcohol abuse : case report and literature review. *Sao Paulo Medical Journal*, 123(1), 33–37.
- Darani, M. S. M., Abedi, B., & Fatollahi, H. (2018). The effect of active and passive recovery on creatine kinase and C - reactive protein after an exercise session in football players. *International Archives of Health Sciences*, 5(1), 1–5.
- de Barros, L. F. ., Alves, D. M., Zogaib, R., & Conforti, C. (2017). Creatine kinase levels in soccer players after matches. *British Journal of Sports Medicine*, 51(Suppl 2), 2017.
- De Ste Croix, M. B. (2012). *Protect her knees - Exploring the role of football specific fatigue on dynamic knee stability in female youth football players*. Cheltenham: University of

Gloucestershire.

- Devrnja, A., & Matković, B. R. (2018). The effects of a soccer match on muscle damage indicators. *Kinesiology*, *50*(1), 112–123.
- Doeven, S. H., Brink, M. S., Kosse, S. J., & Lemmink, K. A. P. M. (2018). Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: a systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, *4*(e000264), 1–10.
- Duarte, J. A., Magalhães, J. F., Monteiro, L., Almeida-Dias, A., Soares, J. M. C., & Appell, H.-J. (1999). Exercise-induced signs of muscle overuse in children. *International Journal of Sports Medicine*, *20*, 103–108.
- Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisløff, U. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *The American Journal of Sports Medicine*, *38*(9), 1752–1758.
- Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., & Dugué, B. (2018). An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, Soreness, fatigue, and inflammation: A systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, *9*(403), 1–15.
- Edman, K. A. (1995). Myofibrillar fatigue versus failure of activation. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, *384*, 29–43.
- Edwards, R. H. T. (1981). Human muscle function and fatigue. *Ciba Foundation Symposium*, *82*, 1–18.
- Ehlers, G. G., Ball, T. E., & Liston, L. (2002). Creatine kinase levels are elevated during 2-a-day practices in collegiate football players. *Journal of Athletic Training*, *37*(2), 151–156.
- Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(7), 553–558.
- Emery, C. A. (2003). Risk factors for injury in child and adolescent sport: A systematic review of the literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *13*(4), 256–268.
- Fatouros, I. G., Chatzinikolaou, A., Douroudos, I. I., Nikolaidis, M. G., Kyparos, A., Margonis, K., ... Jamurtas, A. Z. (2010). Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant

- status responses following a soccer game. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3278–3286.
- Fatouros, I. G., & Jamurtas, A. Z. (2016). Insights into the molecular etiology of exercise-induced inflammation: Opportunities for optimizing performance. *Journal of Inflammation Research*, 9, 175–186. <https://doi.org/10.2147/JIR.S114635>
- Finnoff, J. T. (2012). Preventive exercise in sports. *PM & R: The Journal of Injury, Function and Rehabilitation*, 4(11), 862–866.
- Garry, J. P., & McShane, J. M. (2000). Postcompetition elevation of muscle enzyme levels in professional football players. *Medscape General Medicine*, 2(1), 1–2.
- Gebert, A., Gerber, M., Pühse, U., Gassmann, P., Stamm, H., & Lamprecht, M. (2018). Injuries in formal and informal non-professional soccer – an overview of injury context, causes, and characteristics. *European Journal of Sport Science*, 18(8), 1168–1176.
- Gleeson, M. (2007). Immune function in sport and exercise. *Journal of Applied Physiology* (1985), 103(2), 693–699.
- Hagstrom, A. D., & Shorter, K. A. (2018). Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: A systematic review and meta-analysis of pre- and post-match differences. *European Journal of Sport Science*, 18(9), 1234–1244.
- Hartmann, U., & Mester, J. (2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*, 32(1), 209–215.
- Hübner-Woźniak, E. (1992). *Wybrane zagadnienia fizjologii wysiłku fizycznego*. Warszawa: Instytut Sportu.
- Huerta-Alardín, A. L., Varon, J., & Marik, P. E. (2005). Bench-to-bedside review: Rhabdomyolysis - An overview for clinicians. *Critical Care*, 9(2), 158–169.
- Hughes, J. D., Denton, K., Lloyd, R. S., Oliver, J. L., & De Ste Croix, M. (2018). The impact of soccer match play on the muscle damage response in youth female athletes authors. *International Journal of Sports Medicine*, 39, 343–348.
- Hunkin, S. L., Fahrner, B., & Gastin, P. B. (2014). Creatine kinase and its relationship with match performance in elite Australian Rules football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(3), 332–336.

- Inman, L. A. G., Rennie, M. J., Watsford, M. L., Gibbs, N. J., Green, J., & Spurrs, R. W. (2018). Reference values for the creatine kinase response to professional Australian football match-play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(8), 852–857.
- Isabell, W. K., Durrant, E., Myrer, W., & Anderson, S. (1992). The effects of ice massage, ice massage with exercise, and exercise on the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*, 27(3), 208–217.
- Ispiridis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., ... Taxildaris, K. (2008). Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(5), 423–431.
- Jaffe, A. S., Garfinkel, B. T., Ritter, C. S., & Sobel, B. E. (1984). Plasma MB creatine kinase after vigorous exercise in professional athletes. *American Journal of Cardiology*, 53(6), 856–858.
- Janura, M., Vařeka, I., Lehnert, M., & Svoboda, Z. (2012). *Metody biomechanické analýzy pohybu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kenney, K., Landau, M. E., Gonzalez, R. S., Hundertmark, J., O'Brien, K., & Campbell, W. W. (2012). Serum creatine kinase after exercise: Drawing the line between physiological response and exertional rhabdomyolysis. *Muscle and Nerve*, 45(3), 356–362.
- Khan, F. Y. (2009). Rhabdomyolysis: a review of the literature. *The Netherlands Journal of Medicine*, 67(9), 272–283.
- Koch, A. J., Pereira, R., & Machado, M. (2014). The creatine kinase response to resistance exercise. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 14(1), 68–77.
- Kratz, A., Lewandrowski, K. B., Siegel, A., Chun, K., Flood, J., Van Cott, E., & Lee-Lewandrowski, E. (2002). Effect of marathon running on hematologic and biochemical laboratory parameters, including cardiac markers. *American Journal of Clinical Pathology*, 118(6), 856–863.
- Kyriakides, T., Angelini, C., Schaefer, J., Sacconi, S., Siciliano, G., Vilchez, J. J., & Hilton-Jones, D. (2010). EFNS guidelines on the diagnostic approach to pauci- or asymptomatic hyperCKemia. *European Journal of Neurology*, 17(6), 767–773.
- Lazarim, F. L., Antunes-Neto, J. M. F., da Silva, F. O. C., Nunes, L. A. S., Bassini-Cameron, A., Cameron, L. C., ... de Macedo, D. V. (2009). The upper values of plasma creatine

- kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 85–90.
- Le Gall, F., Carling, C., & Reilly, T. (2007). Biological maturity and injury in elite youth football [soccer]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(5), 564–572.
- Lehnert, M., Novosad, J., & Neuls, F. (2001). *Základy sportovního tréninku I*. Olomouc: Hanex.
- Lin, A., Lin, C., Wang, T., & Leu, J. (2005). Rhabdomyolysis in 119 students after repetitive exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 39(1), e3.
- Mahmutyazicioglu, J., Nash, J., Cleves, A., & Nokes, L. (2018). Is it necessary to adjust current creatine kinase reference ranges to reflect levels found in professional footballers? *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 4(e000282), 1–4.
- Malone, S., Mendes, B., Hughes, B., Roe, M., Devenney, S., Collins, K., & Owen, A. (2018). Decrements in Neuromuscular Performance and Increases in Creatine Kinase Impact Training Outputs in Elite Soccer Players. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 32(5), 1342–1351.
- Margaritis, I., Tessier, F., Verdera, F., Bermon, S., & Marconnet, P. (1999). Muscle enzyme release does not predict muscle function impairment after triathlon. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(2), 133-139.
- Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Delextrat, A., & Terrados, N. (2017). Fatigue and recovery in soccer: evidence and challenges. *The Open Sports Sciences Journal*, 10((Suppl 1: M5)), 52–70.
- Maxwell, J. H., & Bllor, C. M. (1981). Effects of conditioning on exertional rhabdomyolysis and serum creatine kinase after severe exercise. *Enzyme*, 26(4), 177–181.
- Mohammadi, H., Afzalpour, M. E., & Ievary, S. H. A. (2018). Response of creatine kinase and lactate dehydrogenase enzymes to rest interval between sets and set-repetition configuration during bouts of eccentric exercise. *Interventional Medicine and Applied Science*, 10(2), 83–86.
- Mougios, V. (2007). Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 41(10), 674–678.
- Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2014). The



- influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1517–1523.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Hottenrott, K. (2005). *Trénink pod kontrolou: metody, kontrola a vyhodnocení vytrvalostního tréninku*. Praha: Grada.
- Pfaffmann, D., Herbst, M., Ingelfinger, P., Simon, P., & Tug, S. (2016). Analysis of injury incidences in male professional adult and elite youth soccer players: A systematic review. *Journal of Athletic Training*, 51(5), 410–424.
- Read, P., Oliver, J. L., De Ste Croix, M. B. . A., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2015). Injury Risk Factors in Male Youth Soccer Players. *Strength and Conditioning Journal*, 37(5), 1–7.
- Reijnenveld, J. C., Te Boekhorst, B. C. M., Zonderland, M. L., Kalmijn, S., & Notermans, N. C. (2002). Response to exercise of patients with idiopathic hyper-CK-emia. *Muscle and Nerve*, 26(6), 832–837.
- Rodenburg, J. B., Steenbeek, D., Schiereck, P., & Bär, P. R. (1994). Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 15(7), 414–419.
- Rumpf, M. C., & Cronin, J. (2012). Injury incidence, body site, and severity in soccer players aged 6-18 years: Implications for injury prevention. *Strength and Conditioning Journal*, 34(1), 20–31.
- Russell, M., Northeast, J., Atkinson, G., Shearer, D. A., Sparkes, W., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2015). Between-match variability of peak power output and creatine kinase responses to soccer match-play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2079–2085.
- Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., Cook, C. J., Bracken, R. M., & Kilduff, L. P. (2016). Relationships between match activities and peak power output and Creatine Kinase responses to professional reserve team soccer match-play. *Human Movement Science*, 45, 96–101.
- Sangnier, S., & Tourny-Chollet, C. (2007). Comparison of the decrease in strength between hamstrings and quadriceps during isokinetic fatigue testing in semiprofessional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 952–957.
- Schumann, G., & Klauke, R. (2003). New IFCC reference procedures for the determination of

- catalytic activity concentrations of five enzymes in serum: preliminary upper reference limits obtained in hospitalized subjects. *Clinica Chimica Acta*, 237(1–2), 69–79.
- Scott, A., Malone, J. J., Morgans, R., Burgess, D., Gregson, W., Morton, J. P., & Drust, B. (2016). The relationship between physical match performance and 48-h post-game creatine kinase concentrations in English Premier League soccer players. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 11(6), 846–852.
- Sewright, K. A., Hubal, M. J., Kearns, A., Holbrook, M. T., & Clarkson, P. M. (2008). Sex differences in response to maximal eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(2), 242–251.
- Shea, K. G., Pfeiffer, R., Wang, J. H., Curtin, M., & Apel, P. J. (2004). Anterior cruciate ligament injury in pediatric and adolescent soccer players: an analysis of insurance data. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 24(6), 623–628.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lovell, R. (2010). The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 120–125.
- Smith, L. L., Keating, M. N., Holbert, D., Spratt, D. J., McCammon, M. R., Smith, S. S., & Israel, R. G. (1994). The effects of athletic massage on delayed onset muscle soreness, creatine kinase, and neutrophil count: a preliminary report. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 19(2), 93–99.
- Soares, J. M. C., Mota, P., Duarte, J. A., & Appell, H. J. (1996). Children are less susceptible to exercise-induced muscle damage than adults: a preliminary investigation. *Pediatric Exercise Science*, 8(4), 361–367.
- Takarada, Y. (2003). Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 416–419.
- Tiidus, P. M. (1997). Manual massage and recovery of muscle function following exercise: a literature review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 25(2), 107–112.
- Vincent, H. K., & Vincent, K. R. (1997). The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 18(6), 431–437.
- Vohánka, S. (2012). Zvýšená hladina kreatinkinázy. *Interní Medicína pro Praxi*, 14(8–9), 322–

- Votík, J. (2005). *Trenér fotbalu "B" UEFA licence: (učební texty pro vzdělávání fotbalových trenérů)*. Praha: Olympia ve spolupráci s Českomoravským fotbalovým svazem.
- Votík, J., Zalabák, J., Bursová, M., & Šrámková, P. (2011). *Fotbalový trenér: základní průvodce tréninkem*. Praha: Grada.
- Warner, T. T., & Hammans, S. R. (2009). Muscle Disease. In *Practical Guide to Neurogenetics* (First Edit). Filadelfie: Saunders.
- Webber, L. M., Byrnes, W. C., Rowland, T. W., & Foster, V. L. (1989). Serum creatine kinase activity and delayed onset muscle soreness in prepubescent children: a preliminary study. *Pediatric Exercise Science*, 1(4), 351–359.
- Weisser, R. (2013). *Fotbalový trénink dětí*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Wetters, N., Weber, A. E., Wuerz, T. H., Schub, D. L., & Mandelbaum, B. R. (2016). Mechanism of injury and risk factors for anterior cruciate ligament injury. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 24(1), 2–6.
- Wiacek, M., Andrzejewski, M., Chmura, J. . A. N., & Zubrzycki, I. G. (2011). The changes of the specific physiological parameters in response to 12-week individualized training of young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1514–1521.

## 11 PŘÍLOHY

Příloha 1

Informovaný souhlas



Fakulta  
tělesné kultury

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUC, FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY**

### **Informovaný souhlas pro nezletilé účastníky studie**

**Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání**

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný (á) souhlasím s účastí mého syna/dcery ve studii.
2. Byl (a) jsem podrobně informován (a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se od mého syna/dcery mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Porozuměl (a) jsem tomu, můj syn/dcera může kdykoliv svou účast přerušit či odstoupit a že účast ve studii je dobrovolná.
3. Při zařazení do studie budou data mého syna/dcery uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti osobních dat. Pro výzkumné a vědecké účely mohou být údaje mého syna/dcery poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
4. S účastí mého syna/dcery ve studii není spojeno poskytnutí žádné odměny.
5. Porozuměl jsem tomu, že jméno mého syna/dcery se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis zákonného zástupce:

Datum:

Podpis řešitele pověřeného touto studií:

Datum:

## Informovaný souhlas s poskytnutím vzorku DNA



Fakulta  
tělesné kultury

### Informovaný souhlas s poskytnutím vzorku DNA

č. obj.\*

#### Testovaná osoba - VZOREK

Jméno a příjmení: \_\_\_\_\_ Datum narození: \_\_\_\_\_  
Datum odběru: \_\_\_\_\_

Rasa (zakroužkujte): běloch černoch hispánc asiatická jiná (prosím popište) \_\_\_\_\_

(obvykle dle barvy kůže – bílá, černá, hnědá, žlutá – slouží ke zpřesnění statistiky pravděpodobnosti možného výskytu obdobné DNA v běžné populaci stejného typu)

#### Svědék (JE-LI PŘÍTOMEN ODBĚRU)

“Prohlašuji, že vzorky odebrané pro tento DNA test byly odebrány dle přiloženého návodu a správně označeny výše uvedenými údaji. Jsem srozuměn s tím, že nesprávné označení vzorků může vést k nespolehlivým výsledkům DNA testu. Prohlašuji, že nemám žádný zájem na nespolehlivosti tohoto testu či jeho zneužití pro jiné než výzkumné účely.”

Jméno a příjmení: \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

#### Testovaná osoba/zákonný zástupce

Tímto uděluji svůj výslovný **SOUHLAS** se zpracováním mých osobních a genetických údajů, které jsem dobrovolně poskytl pro potřeby vědeckého záměru FTK UP se sídlem Třída Míru 117, Olomouc, 771 11. Byl jsem informován o významu vědeckého záměru, jehož se účastním. Souhlasím s anonymním prezentováním výsledků v rámci vědeckých prezentací a materiálů FTK UP, bez porušení práv třetích osob. Souhlas uděluji ve výše uvedeném rozsahu na dobu nezbytnou pro realizaci projektu.

##### Testovaná osoba

Jméno a příjmení: \_\_\_\_\_

Podpis a datum \_\_\_\_\_

##### Zákonný zástupce

Jméno a příjmení: \_\_\_\_\_ Datum narození: \_\_\_\_\_

Podpis a datum \_\_\_\_\_

**Upozornění:** Odebrané vzorky budou sloužit výlučně k výzkumným účelům a ve výsledném hodnocení nebudou vztahovány k jednotlivým osobám. Analýza vzorků proběhne ve spolupráci s Ústavem molekulární a translační medicíny Lékařské fakulty UP v Olomouci, kde bude také zajištěna anonymizovaná archivace DNA po dobu řešení projektu.



Fakulta tělesné kultury  
Univerzity Palackého  
tř. Míru 115  
OLOMOUC

### Vyjádření Etické komise FTK UP

**Složení komise:** doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně  
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.  
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.  
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.  
doc. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.  
Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.

Na základě žádosti ze dne 13. 3. 2015 byl projekt základního výzkumu (výzkumného sledování)

Autoři: **doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr., Prof. Mark De Ste Croix, Ph.D., Prof. RNDr. Miroslav Janura, Dr., PhDr. Petr Šťastný, Ph.D., Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D., Mgr. Amr Zaatar, Ph.D., PhDr. Michal Botek, Ph.D., Mgr. Karel Hůlka, Ph.D., RNDr. Milan Elfmark**

s názvem **Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 14 / 2015

dne: 19. 3. 2015.

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

**Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

za EK FTK UP  
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.  
předsedkyně

razítko fakulty

Příloha 3

Vizuální analogová škála

**Škála VAS**

Zaznač křížkem na níže uvedené přímce, jakou bolest svalů pociťuješ:

Žádná  Nesnesitelná  
bolest bolest

Jméno a příjmení: .....

Datum: .....

Borgova škála vnímaného úsilí

**Borgova škála vnímaného úsilí**

(FTK UP Olomouc; GAČR 2016-2018)

**Jméno a příjmení:** \_\_\_\_\_

**Na škále uvedené níže vyjádři, jak náročný byl trénink/utkáni.**

K vyjádření tvého úsilí při tréninku ti pomůže následující tabulka.

**Tabulka vnímaného úsilí**

1	<b>VELMI LEHKÁ AKTIVITA</b> Téměř žádná námaha, ale více než spánek – např. sledování TV, čtení.
2–3	<b>LEHKÁ AKTIVITA</b> Máš pocit, že ji můžeš vykonávat hodiny, snadno při ní dýcháš, můžeš plynule mluvit.
4–6	<b>PONĚKUD NAMÁHAVÁ AKTIVITA</b> Máš pocit, že ji můžeš vykonávat po delší dobu, máš prohloubené dýchání, můžeš mluvit jen v krátkých větách.
7-8	<b>NAMÁHAVÁ AKTIVITA</b> Zátěž se stává nepříjemnou, pociťuješ nedostatek dechu, zvládneš vyslovit jen krátkou větu.
9	<b>VELMI NAMÁHAVÁ AKTIVITA</b> Velmi obtížně udržíš intenzitu cvičení, stěží dýcháš, můžeš vyslovit pouhé slovo.
10	<b>MAXIMÁLNĚ NAMÁHAVÁ AKTIVITA</b> Cítíš, že pokračovat ve cvičení je téměř nemožné, nedostává se ti dechu, nejsi schopen mluvit.

**Na škále zakroužkuj číslo, které nejlépe odpovídá tebou pociťované intenzitě a vyplň datum a čas tréninku/utkáni:**

**Datum a čas vyplnění:** \_\_\_\_\_

**0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10**



## Dotazník k pohybové aktivitě

### Dotazník k pohybové aktivitě (FTK UP Olomouc; GAČR 2016-2018)

Účelem tohoto dotazníku je odhadnout množství Tvé pohybové aktivity. Formulář obsahuje tabulky pro každý den týdne. Následující obrázek znázorňuje postup při vyplňování.

Vepiš pohybové aktivity prováděné v uvedených částech dne.		Pokud jsi během této části dne měl více než jednu aktivitu, napiš ji na další řádek.		
Pondělí	Aktivita	Mírně intenzivní	Intenzivní	Velmi intenzivní
Před vyučováním				
Během vyučování	TV: basketbal		60 minut	
Během polední přestávky	Badminton	30 minut		
Po vyučování	Fotbal		90 minut	
	Hokej		60 minut	

Vepiš dobu trvání aktivity (v minutách, zaokrouhlenou na desítky minut) do sloupce, který nejlépe vystihuje její intenzitu.

Uveď pouze aktivitu, která trvala nepřetržitě alespoň 10 minut.

Příklad: Sportovec v uvedeném případě výše měl po vyučování 90 minut fotbalu s vysokou intenzitou a 60 minut hokeje také s vysokou intenzitou.

### Příklady úrovně intenzity pohybové aktivity

#### Mírně intenzivní

normální dýchání a fyzicky nenáročný pohyb (*chůze; rekreačně volejbal, rekreačně plavání a jízda na kole; náročnější práce na zahradě – rytí, hrabání apod.*)



#### Intenzivní

zrychlené dýchání a fyzicky středně náročný pohyb (*rychlejší plavání; rychlejší jízda na kole; rekreačně fotbal; aerobik; tanec; jogging; cvičení ve fitness apod.*)



#### Velmi intenzivní

velmi rychlé dýchání a fyzicky náročný pohyb (*fyzicky náročná tréninková jednotka nebo její část; utkání; rychlý běh; rychlá jízda na kole apod.*)



**Jméno a příjmení:**

**Věková skupina:**  13 let  15 let

**Týden:**

<b>Sobota</b>	<b>Aktivita</b>	<b>Mírně intenzivní</b>	<b>Intenzivní</b>	<b>Velmi intenzivní</b>
Dopoledne do 12. hod.				
Odpoledne 12.-16. hod.				
Večer po 16. hod.				

<b>Neděle</b>	<b>Aktivita</b>	<b>Mírně intenzivní</b>	<b>Intenzivní</b>	<b>Velmi intenzivní</b>
Dopoledne do 12. hod.				
Odpoledne 12.-16. hod.				
Večer po 16. hod.				

<b>Pondělí</b>	<b>Aktivita</b>	<b>Mírně intenzivní</b>	<b>Intenzivní</b>	<b>Velmi intenzivní</b>
Před vyučováním				
Během vyučování				
Během polední přestávky				
Po vyučování				

<b>Úterý</b>	<b>Aktivita</b>	<b>Mírně intenzivní</b>	<b>Intenzivní</b>	<b>Velmi intenzivní</b>
Před vyučováním				
Během vyučování				
Během polední přestávky				
Po vyučování				

<b>Středa</b>	<b>Aktivita</b>	<b>Mírně intenzivní</b>	<b>Intenzivní</b>	<b>Velmi intenzivní</b>
Před vyučováním				
Během vyučování				
Během polední přestávky				
Po vyučování				

<b>Čtvrtek</b>	<b>Aktivita</b>	<b>Mírně intenzivní</b>	<b>Intenzivní</b>	<b>Velmi intenzivní</b>
Před vyučováním				
Během vyučování				
Během polední přestávky				
Po vyučování				

<b>Pátek</b>	<b>Aktivita</b>	<b>Mírně intenzivní</b>	<b>Intenzivní</b>	<b>Velmi intenzivní</b>
Před vyučováním				
Během vyučování				
Během polední přestávky				
Po vyučování				

## Příloha 4

## Tréninkové zatížení U14

Kategorie: fotbalisti U14	Záznam tréninkového zatížení hráčů fotbalu U14							
Den	SO	NE	PO	ÚT	ST	ČT	PÁ	SO
Zatížení - forma	Utkání (U) 70'	Volno	2T	2T	T+U Utkání 70'	T	T	Utkání (U) 70'
Celkový čas zatížení (min)	90		180	180	180	90	90	90
Regenerace (min)			60					
Taktická příprava – teorie (min)								
<b>Detailní pohybové zatížení (min)</b>								
<b>1. Rozevičení</b>	20		20	20	30	10	15	20
<b>2. Kondiční trénink</b>			50	90	30	40	50	
Trénink síly včetně "výbušnosti"			30	30	10	20	15	
Trénink rychlosti a agility bez míče				20	10		15	
Trénink rychlosti a agility s míčem				10	10	5		
Trénink RSA bez míče				10				
Trénink RSA s míčem			10			5		
SSG s kondičním zaměřením			10	20		10	20	
<b>3. Dovednostně orientovaný trénink</b>			30	70	50	30	25	
Technicko - taktický trénink			30	30	30	30		
Herní trénink				40	20		25	
<b>4. Všeobecná pohybová příprava</b>			20			10		
<b>5. Aktivní zotavování (pohybem)*</b>			60					
<i>Vysvětlivky:</i> * – sauna, parní lázeň, vířivka; RSA – opakovaná schopnost sprintu/rychlostní (repeated sprint ability); SSG – malé herní formy (small-sided games); T – trénink								

## Příloha 5

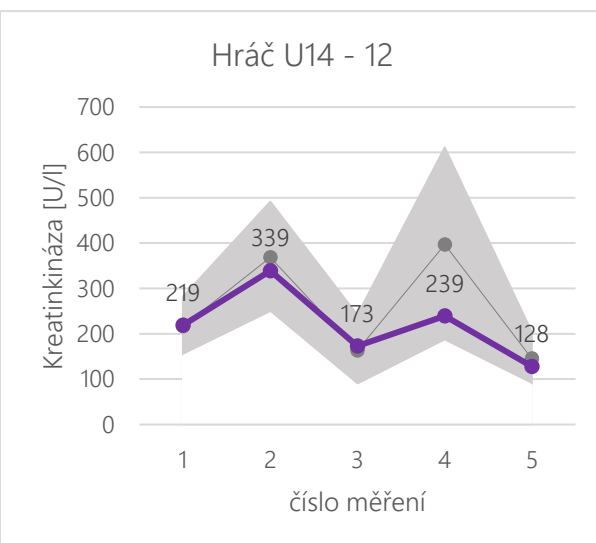
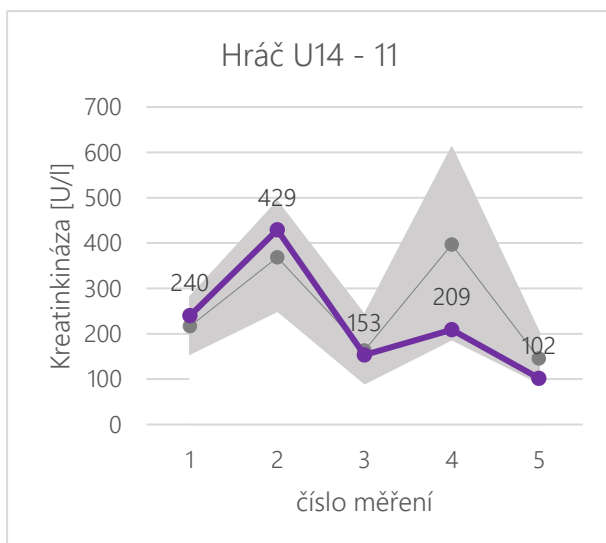
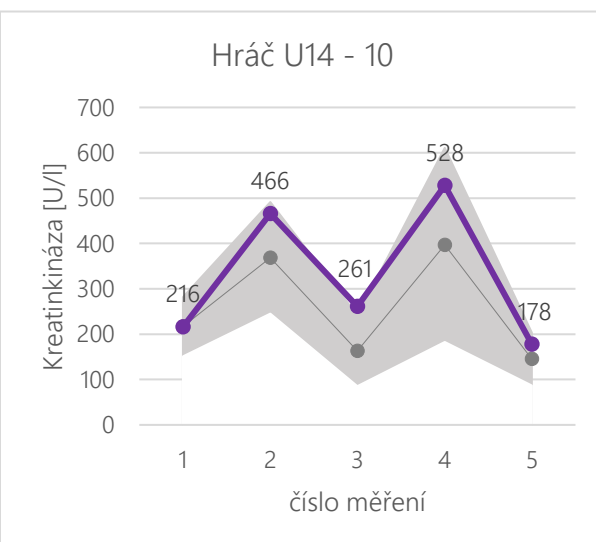
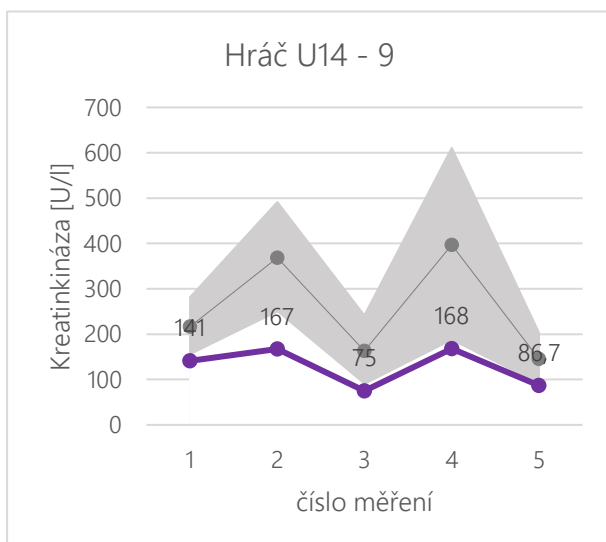
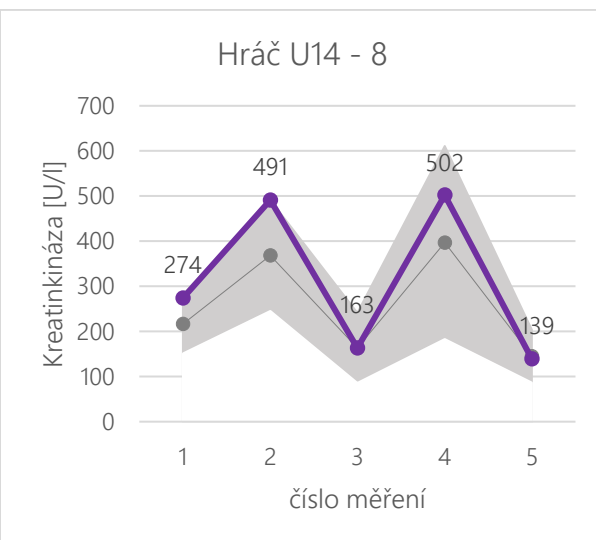
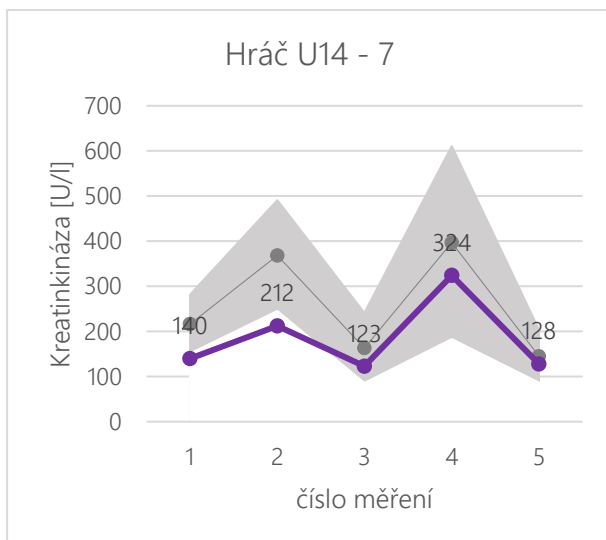
## Tréninkové zatížení U16

Kategorie: fotbalisté U16	Záznam tréninkového zatížení hráčů fotbalu U16						
Den	NE	PO	ÚT	ST	ČT	PÁ	SO
Zatížení - forma	Utkání (U) 80'	T	T	T	T	T	Utkání (U) 80'
Celkový čas zatížení (min)	110	75	75	105	75	90	110
Regenerace (min)		60					
Taktická příprava – teorie (min)			60				
<b>Detailní pohybové zatížení (min)</b>							
<b>1. Rozevičení</b>	20	15	15	15	15	15	20
<b>2. Kondiční trénink</b>			50	35	70	10	
Trénink síly včetně "výbušnosti"			15	15	20		
Trénink rychlosti a agility bez míče				10		10	
Trénink rychlosti a agility s míčem			10	10	10		
Trénink RSA bez míče							
Trénink RSA s míčem							
SSG s kondičním zaměřením			25		40		
<b>3. Dovednostně orientovaný trénink</b>		20	10	55		55	
Technicko - taktický trénink				20		55	
Herní trénink		20	10	35			
<b>4. Všeobecná pohybová příprava</b>		30					
<b>5. Aktivní zotavování (pohybem)*</b>	10	10				10	10
<i>Vysvětlivky:</i> * – sauna, parní lázeň, vířivka; RSA – opakovaná schopnost sprintu/rychlostní (repeated sprint ability); SSG – malé herní formy (small-sided games); T – trénink							

## Příloha 6

### Individuální hodnoty CK naměřené u fotbalistů kategorie U14 během soutěžního mikrocyklu





## Příloha 7

### Individuální hodnoty CK naměřené u fotbalistů kategorie U16 během soutěžního mikrocyklu

