

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

## **HODNOCENÍ TRÉNINKOVÉHO ZATÍŽENÍ POMOCÍ UKAZATELŮ VNĚJŠÍHO A VNITŘNÍHO ZATÍŽENÍ U HRÁČŮ FOTBALU U17**

Bakalářská práce

Autor: Tomáš Černý

Studijní program: TV-M

Vedoucí práce: Mgr. Michal Hrubý

Olomouc 2024



## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Tomáš Černý

**Název práce:** Hodnocení tréninkového zatížení pomocí ukazatelů vnějšího a vnitřního zatížení u hráčů fotbalu U17

**Vedoucí práce:** Mgr. Michal Hrubý

**Pracoviště:** Katedra sportu

**Rok obhajoby:** 2024

### **Abstrakt:**

Tato bakalářská práce se zaměřuje na analýzu tréninkového zatížení u hráčů fotbalu do 17 let v elitní soutěži s využitím ukazatelů vnějšího a vnitřního zatížení. Cílem práce je porovnat a zhodnotit, jak vnější zatížení (měřené pomocí celkové vzdálenosti, akcelerace a decelerace) kontrastuje s vnitřním zatížením (hodnoceným prostřednictvím srdeční frekvence) a jak tato data korelují s subjektivním vnímáním zatížení hráči (RPE). Metodologie zahrnovala sběr dat pomocí systému TeamPolar Pro a dotazníkového šetření. Výsledky ukazují, že RPE více koreluje s vnějším zatížením než se vnitřním, což může naznačovat jeho větší důvěryhodnost v kontextu fotbalového tréninku. Tato práce přispívá k lepšímu porozumění tréninkové zátěže mladých fotbalistů a poskytuje základy pro optimalizaci tréninkových jednotek.

### **Klíčová slova:**

Vnější zatížení, vnitřní zatížení, fotbal, ACWR, RPE, akcelerace, decelerace

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographical identification**

**Author:** Tomáš Černý  
**Title:** Evaluation of training load using external and internal load indicators for U17 football players

**Supervisor:** Mgr. Michal Hrubý  
**Department:** Department of Sport  
**Year:** 2024

**Abstract:**

This bachelor's thesis focuses on the analysis of training load in soccer players under 17 years of age in an elite competition using external and internal load indicators. The aim of the work is to compare and evaluate how external load (measured by total distance, acceleration and deceleration) contrasts with internal load (assessed by heart rate) and how this data correlates with players' subjective perception of load (RPE). The methodology included data collection using the TeamPolar Pro system and a questionnaire survey. The results show that RPE correlates more with external load than with internal load, which may indicate its greater credibility in the context of soccer training. This work contributes to a better understanding of the training load of young soccer players and provides a basis for optimizing training units.

**Keywords:**

External load, internal load, football, ACWR, RPE, acceleration, deceleration

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Michala Hrubého, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Boskovicích dne 27. června 2024

.....

Touto cestou chci poděkovat Mgr. Michalu Hrubému, mém vedoucímu práce, za jeho ochotu, podporu a cenné rady poskytnuté během mé práce.

## OBSAH

Obsah .....	7
1 Úvod .....	8
2 Přehled poznatků .....	9
2.1 Charakteristika fotbalu .....	9
2.2 Charakteristika zatížení .....	11
2.3 Metody hodnocení vnějšího zatížení .....	13
2.4 Hodnocení vnitřního zatížení .....	15
2.5 Model Acute:Chronic Workload .....	16
3 Cíle .....	19
3.1 Hlavní cíl .....	19
3.2 Dílčí cíle.....	19
3.3 Výzkumné hypotézy .....	19
4 Metodika .....	20
5.1 Výzkumný soubor .....	20
5.2 Metody sběru dat .....	20
5.3 Popis průběhu sběru dat .....	21
5.4 Statistické zpracování dat.....	22
5 Výsledky a diskuse .....	23
5.1 Porovnání zatížení pomocí subjektivního vnímaného zatížení s hodnocením pomocí ukazatelů srdeční frekvence.....	24
5.2 Vliv tréninkové jednotky na jednotlivé typy ACWR.....	30
6 Závěry .....	35
7 Souhrn .....	36
8 Summary .....	37
9 Referenční seznam .....	38
10 Přílohy.....	44

# 1 ÚVOD

Bakalářská práce se zaměřuje na detailní analýzu tréninkové zátěže u mladých fotbalistů, což je klíčové téma v kontextu prevence zranění a optimalizace výkonnosti. Osobně jsem v fotbalovém prostředí již několik let, nejprve jako hráč a nyní i v různých dalších rolích, kde se setkávám s potřebou pečlivého monitorování zátěže hráčů. Téma jsem si vybral s cílem hlouběji pochopit, jakým způsobem vnímání zátěže hráči odpovídá objektivním měřením a jaké faktory mohou ovlivňovat jejich fyzický i psychický stav. Fotbal, jako sport s masovou účastí a vysokými nároky na fyzickou kondici a výkonnost.

První část práce se věnuje teoretickým základům, kde podrobně rozebíráme pojmy jako vnější zatížení (např. celková vzdálenost, akcelerace, decelerace), vnitřní zatížení (např. srdeční frekvence, subjektivní námaha), a ACWR, který zahrnuje poměr mezi vnějším a vnitřním zatížením jako indikátor přetížení. Druhá část práce se pak zaměřuje na prezentaci a analýzu konkrétních dat, které jsme získali díky monitorovacímu systému TeamPolar Pro a dotazníkům. Výsledky našeho výzkumu nám ukázaly, jak se subjektivní vnímání zátěže hráči shoduje s objektivními měřeními pomocí ukazatelů srdeční frekvence. Zároveň jsme studovali, jak různé typy tréninkových jednotek ovlivňují hodnoty ACWR. Na závěr jsme se pokusili odpovědět na naše výzkumné otázky a vyvodili jsme praktické závěry, které by mohly přispět k lepšímu porozumění a optimalizaci tréninkových procesů u fotbalistů.



## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Charakteristika fotbalu

Fotbal je nejkrásnější kolektivní hrou a současně i nejrozšířenějším sportem naší planety. Pro hráče i divák je jedním z nejpřitažlivějších sportů a hraje se po celém světě, žádný sport nemá tak velkou popularitu a rozvoj. Fotbal, maže hranice mezi státy a rozdíly mezi rasami. Krom toho, že je fotbal nádherná hra, kde hráči ukazují svoje technické dovednosti, je také bitva, která v osobních soubojích přináší sílu, odolnost a nasazení (Kureš et al., 2022).

Fotbal se řadí mezi střídavé (intermitentní) pohybové činnosti, které zahrnují velice krátké, 1–5sekundové intervaly zatížení vysoké až maximální intenzity, které se prolínají s úplným klidem nebo intervaly nižší intenzity 5–10sekundové. Fotbal díky, téhle charakteristice patří mezi sporty se střídavým zatažením (Psotta, 2006).

Fotbal je situační týmový sport, ve kterém jsou hráči propojeni ve složitém systému charakterizovaném technicko-taktickými složkami, které jsou podporovány fyzickými a fyziologickými faktory (Mauro et al., 2022).

Ve fotbalu je výkon hráče charakterizován střídáním pohybového zatížení, a to střídáním velmi krátkých 2-10 sekund trvajících intervalů stoje, chůze, běhu různých rychlostí a způsobů, činností s míčem a dalších lokomočních činností. Ke změně intenzity nebo typu činnosti dochází v průměru každou 5. až 6. sekundu (Psotta, 2006).

Grasgruber a Cacek uvádějí, že špičkový fotbalista v průběhu hry (2x 45 minut) uběhne okolo 10 – 11km, z nichž 25 – 27 % připadá na chůzi, 37 – 45 % na klus, 6 – 8 % na pohyb pozpátku, 6 – 11 % na rychlý běh či sprint a zbytek, asi 20 %, na pohyb při řešení jednotlivých herních činností (Grasgruber & Cacek, 2008)

Podle Dolci et al. (2020) a Soligard et al. (2016) se výkony ve fotbale vyznačují opakovaným vysoko intenzívním intervalovým úsilím, zahrnujícím metabolické (aerobní a anaerobní) a neuromuskulární složky. Během zápasu elitní fotbalisté průměrně uběhnou 9–14 km, což představuje 22–24 % celkové vzdálenosti, při rychlostech vyšších než 15 km/h (vysoká intenzita), 8–9 % rychleji než 20 km/h (velmi vysoká intenzita) a 2–3 % rychleji než 25 km/h (práh sprintu).

Stojí za to poznamenat, že fyzická náročnost je silně spojena s herními pozicemi hráčů, protože každá role má specifické technicko-taktické požadavky související s různými fyzickými,

fyziologickými, energetickými a biomechanickými složkami (Brink, et al.,2010; Al Haddad et al., 2018).

Současný fotbal se vyznačuje vyšší intenzitou hry, rychlejšími herními standardy a může být fyzicky agresivnější než v minulých dekádách. Hráči nyní průměrně uběhnou asi 11 km během jednoho zápasu, přičemž tato vzdálenost zahrnuje různé rychlostní úseky, včetně krátkých sprintů s maximální intenzitou (do 10 m), které tvoří zhruba 12 % z celkové překonané vzdálenosti během zápasu. Kromě toho dochází k akceleracím a deceleracím s velmi vysokou intenzitou, přičemž hráči vykonají přibližně 25 akcelerací ( $>4 \text{ m/s}^2$ ) a 45 decelerací ( $>-4 \text{ m/s}^2$ ) (Suarez – Arrones,2015; Andrzejewski et al., 2018; Chmura et al., 2018).

Barnes a kol. (2014) poukázali na stále se zvyšující požadavky na vysokou intenzitu profesionálního fotbalu v moderní hře, s nárůstem vzdálenosti sprintu o ~35 % během období 7 sezón. Vzhledem k intenzivní fyzické povaze tohoto sportu byla v řadě profesionálních klubů hlášena vysoká úroveň zranění.

Zejména nekontaktní svalová zranění se zdají být významným problémem jak pro trenéry, tak pro zdravotnický personál, protože představují téměř jednu třetinu všech zranění v mužském profesionálním fotbale (Ekstrand, Hägglund, Walden, 2011; Jaspers et al., 2017)

Průměrný výskyt zranění (zápasů a tréninků) v sedmi klubech UEFA během sedmi sezón byl hlášen jako osm zranění na 1 000 hodin expozice, což odpovídá 50 zraněním za sezónu v týmu o 25 hráčích nebo dvěma zraněním na hráče za sezónu (Ekstrand, Hägglund, & Walden,2011).

Během olympijských her v roce 2012 představovala fotbalová soutěž nejvyšší míru zranění, s 35,2 % z celkového počtu zranění během olympijských her (Engebretsen et al., 2013).

Během fotbalové sezóny 2016/2017 bylo zraněným hráčům Premier League vyplaceno na mzdách 177 milionů liber, přičemž průměrná mzda na zranění činila více než 248 000 liber (Bowen,2020).

V důsledku toho je možné předpokládat, že kluby budou během sezóny utrácet přibližně 12,4 milionu liber pouze na platy hráčů, kteří jsou zraněním nedostupní, aniž by braly v úvahu další náklady spojené s jejich léčbou. Navíc bylo zjištěno, že ve 24 evropských klubech existuje pozitivní vztah mezi dostupností hráčů a úspěchem týmu, který je měřen ligovým umístěním a počtem bodů získaných za zápas (Hägglund, Walden, Magnusson, Kristenson, Bengtsson a Ekstrand, 2013).

## 2.2 Charakteristika zatížení

Tři nejčastější způsoby měření zatížení jsou pomocí systémů globálního polohování (GPS), hodnocení vnímané námahy během tréninkové jednotky (sRPE) a monitorů srdečního tepu (HR) (Sobolewski, 2020).

Tréninkovou zátěž lze rozdělit na vnitřní a vnější, vnější zátěž je specifický trénink předepsaný trenéry, přičemž vnitřní tréninková zátěž je individuální fyziologická a psychofyziologická reakce na vnější zátěž (Malone et al., 2015).

Impellizzeri (2019) objasňuje důležitost integrace obou typů zátěže a ukazuje, že odpojení mezi vnitřní a vnější zátěží může být použito k identifikaci toho, jak se sportovci vyrovnávají se svým tréninkovým programem. Konkrétně se předpokládá, že sportovci, kteří vykazují nižší vnitřní zátěž než standardizovaná vnější zátěž dokončená za podobných podmínek, odrážejí zvýšenou kondici. Naopak, když se v této situaci zvýší vnitřní zátěž, může sportovec ztratit kondici nebo trpět únavou.

Rychlost, zrychlení a celková vzdálenost jsou některé z nejběžnějších externích hodnocení tréninkové zátěže. Vnitřní tréninková zátěž představuje individuální reakci sportovce na trénink a lze ji kvantifikovat intenzitou a trváním fyziologického stresu působícího na sportovce. Navzdory výhodám vnitřní i vnější tréninkové zátěže bylo navrženo, že kombinace těchto dvou přístupů by mohla být nejúčinnějším způsobem kontroly (Griffin, Kenny, Comyns, & Lyons, 2020).

Kombinace měření externí zátěže, jako je vzdálenost a rychlost, a vnitřní zátěže, jako je srdeční frekvence a vnímaná námaha (RPE), je klíčová pro účinné sledování a optimalizaci tréninkových programů. Najít správnou rovnováhu mezi těmito dvěma typy zátěže může sportovcům pomoci dosáhnout lepší výkonnosti a snížit riziko zranění (Catapult Sports, 2022).

Zatížení je souhrn podnětů (stresorů) vyvolaných pohybovou aktivitou, která vyvolá trvalejší funkční strukturální a psychosociální změny (Bílek, 1983).

Obvykle se rozlišuje velikost vnějšího zatížení, které je metodickým popisem jednotlivých forem a obsahu tréninku, vztahujícím se k vnějším parametrům pohybové činnosti, a velikost vnitřního zatížení, které charakterizují individuální změny v organismu sportovce působením prováděných cvičení. Při manipulaci se zatížením je považována za rozhodující znalost vnitřního zatížení, která se vyjadřuje především pomocí fyziologických nebo biochemických ukazatelů, například zapojení motorických jednotek, srdeční frekvence, množství laktátu apod. (Lehnert, Novosad, Neuls, Langer, & Botek, 2010).

Soligard et al. (2016) navrhli v Časopise Britské sportovní medicíny, že tréninková zátěž může být rozdělena do dvou hlavních kategorií. Externí zátěž (EL) je definována jako jakýkoli

vnější podnět aplikovaný na sportovce, který je měřen nezávisle na jejich interních charakteristikách. Na druhou stranu interní zátěž (IL) je charakterizována jako zátěž, která je měřitelná posuzováním interních reakčních faktorů v biologickém systému sportovce, které mohou být fyziologické, psychologické nebo jiné.

Ve sportovní vědecké literatuře se běžně rozlišuje mezi vnitřní a vnější zátěží. Vnější zátěž se týká zátěže, které byli hráči skutečně vystaveni (celková vzdálenost, vzdálenost sprintu atd.), zatímco vnitřní zátěž se týká toho, jak hráči tuto zátěž vnímají (tepová frekvence, RPE atd.) (Akenhead, Nassis, 2016).

Externí zátěž se vztahuje ke všem pohybům hráče a lze ji měřit pomocí elektronických sledovacích systémů, jako jsou globální polohovací systémy (GPS) a akcelerometry. Vnější zatížení je kvantifikováno z hlediska vzdálenosti, rychlosti a zrychlení (Gabbet, 2016).

Vnější zátěž jsou objektivní měřítka práce vykonané sportovcem během tréninku nebo soutěže. Mezi nejběžnější měření vnějšího zatížení patří výkon, rychlost, zrychlení, časově – pohybová analýza a zpomalení (Bourdon et al., 2017).

Externí zátěž se týká veškerých pohybů sportovce a je možné ji měřit pomocí moderních technologií, jako jsou sledovací systémy založené na GPS a akcelerometry. Externí zatížení je analyzováno z hlediska faktorů jako je vzdálenost, rychlost a změna rychlosti (Buchheit et al., 2014; Stevens et al., 2017).

Podle (Bílek, 1983; Lehnert, 2007; Martens 2004) vnější zatížení vyjadřuje parametry vykonaných pohybových činností pomocí kvantitativních a kvalitativních ukazatelů (trvání, obsah, míra vykonané práce, rychlost pohybu apod.).

Vnitřní zátěž se týká fyziologické reakce hráčů na vnější zátěž a lze ji určit pomocí srdeční frekvence (TF) a hodnocení vnímané námahy (RPE) (Gabbet, 2016).

Vnitřní zátěž je definována jako relativní biologické (fyziologické i psychologické) stresory působící na sportovce během tréninku nebo soutěže. K hodnocení vnitřní zátěže se běžně používají měření, jako je srdeční frekvence (HR), laktát v krvi (BLa) a jmenovitá vnímaná námaha (RPE) (Bourdon et al., 2017).

Jones et al. (2015), zdůrazňuje důležitost vnitřního zatížení, protože zahrnuje fyziologické a psychologické reakce na trénink, které jsou zásadní pro efektivní adaptaci na tréninkový proces.

Smith et al. (2016) uvádějí, že měření vnitřního zatížení je nezbytné pro individuální přizpůsobení tréninkových programů, čímž se zvyšuje jejich účinnost a snižuje riziko přetížení nebo zranění.

Podle (Bílek, 1983; Lehnert, 2007; Martens 2004) je vnitřní zatížení odezva, reakce organismu či jeho jednotlivých systémů na zatížení vnější.

## 2.3 Metody hodnocení vnějšího zatížení

Globální polohovací systémy (GPS) zásadně změnilы způsob, jakým se sledují vnější zatížení (Cummins, Orr, O'Connor, & West, 2013).

Technologie globálních pozičních systémů (GPS) byla z velké části používána odborníky z praxe k hodnocení EL, což umožňuje analýzu času a pohybu v technicko-taktických úlohách (Rossi et al., 2018; Ehrmann, Duncan, Sindhusake, Franzsen, & Greene, 2016; Van Eetvelde, Mendonça, Ley, Seil, & Tischer, 2021; Varley, Fairweather, & Aughey, 2012).

Tato zařízení, která jsou obvykle velká zhruba jako mobilní telefon, nosí sportovci během tréninků i zápasů. GPS poskytuje údaje o rychlosti a celkové vzdálenosti, zatímco vestavěné inerciální senzory (jako akcelerometry a gyroskopy) zaznamenávají také aktivity nesouvisející s běžným pohybem, například skoky ve volejbale, kolize v ragby nebo záběry při plavání (Chambers, Gabbett, Cole, & Beard, 2015).

V nedávné době došlo k vývoji a zpřístupnění několika mikroelektromechanických systémů (MEMS), jako jsou tříosé akcelerometry, triaxiální gyroskopy, magnetometry a tlakové senzory. Tyto zařízení, označovaná jako inerciální sensorová zařízení (ISD) nebo inerciální měřicí jednotky (IMU), umožňují měření zrychlení a úhlové rychlosti. Technologie ISD byla speciálně navržena pro hodnocení v halových sportech, kde není použití zařízení GPS možné (Falbriard, Meyer, Mariani, Millet, & Aminian, 2018).

Zařízení, jako je GPS, umožňují trenérům a týmovým analytikům získávat podrobné údaje, včetně akcelerace a decelerace, celkové vzdálenosti během tréninku, maximální tepové frekvence a maximální rychlosti (Nobari et al., 2022).

Moderní geolokační technologie se vyvíjejí kvůli čtyřem hlavním potřebám trenérů a výzkumníků. Tyto potřeby zahrnují vytvoření záznamu minulého zatížení pro plánování budoucího tréninku, zlepšení specifičnosti tréninkové zátěže pro různé pozice ve hře, individuální přizpůsobení tréninkového zatížení pro lepší výkonnost a prevenci zranění hráčů a lepší porozumění hernímu výkonu pomocí srovnání zátěže během hry s výkony v různých testech (Akenhead & Nassis, 2016; Barrett et al., 2016; Buchheit & Simpson, 2017; Dellaserra et al., 2014; J. B. Taylor et al., 2017)

Podle dostupných údajů urazí střední záložníci, krajní obránci a krajní záložníci největší vzdálenost při vysoké intenzitě, zatímco útočníci a střední obránci absolvují kratší vzdálenosti (Di Salvo et al., 2007).

V prvních letech 21. století se objevily pokročilé technologické systémy, které jsou stále využívány dodnes. Jde o následující systémy:

### 1. Systémy založené na ultrazvukovém, rádiovém a infračerveném vlnění

Základní princip systému pro monitorování pohybu hráčů na hřišti je založena na sledování vzdálenosti hráče, jenž má na svém těle připevněn vysílač signálu, od známých bodů – přijímacích stanic signálu přijímačů – na okrajích hrací plochy a následném výpočtu skutečné pozice hráče na hřišti. Jde o problém určení souřadnic bodu v rovině z údajů o vzdálenosti bodu s neznámými souřadnicemi k bodům, jejichž souřadnice v rovině neznáme. Jde o trigonometrický problém, jehož řešením je triangulace. Tyto signály mohou být ultrazvukové, rádiové nebo infračerveného charakteru.

### 2. Systémy založené na GPS a DGPS technologiích

Systém GPS (Global Positioning System) neboli globální polohový systém je pasivní dálkoměrný systém vyrobený v USA Ministerstvem obrany v roce 1978 pro stanovení polohy a času na Zemi i v přilehlém prostoru. Někdy je také nazýván svým druhým názvem NAVSTAR. GPS je schopen poskytovat dvacet čtyři hodin denně a kdekoliv na zemském povrchu a přilehlém prostoru signály, které přijímače GPS zpracují a určí polohu v prostoru a přesný čas. GPS vyžaduje, aby každý měřený hráč měl na svém těle připevněn přijímač signálu z alespoň čtyř satelitů na oběžné dráze. Většina GPS přijímačů v sobě nese i další systémy jako 3D akcelerometry (Townshend, Worringham & Stewart, 2008) a 3D magnetometry (pro analýzu směru pohybu hráče), které zpřesňují a doplňují informace z GPS přijímače (Hill-Haas et al., 2009b; Portas, Rush, Barnes & Batterham, 2007) GPS systémů. Jedna přijímací stanice (stacionární bod) je umístěn na předem určené místo se známou polohou a svou polohu vysílá do přijímačů na tělech hráčů pro korekci určení polohy získané GPS přijímačem.

### 3. Systémy založené na digitalizaci videozáznamu a následný převod pohybu hráče do souřadnicového systému (Tracking systems)

Používají záznamy z jedné nebo více kamer, automaticky identifikují hráče na hřišti pomocí rozdílných teplot barev a zaznamenávají jejich pohybové trajektorie (Dobson & Keogh, 2007).

Nejvyšší sprinterskou vzdálenost podávají krajní obránci a krajní záložníci, zatímco střední záložníci a střední obránci pokrývají nejnižší vzdálenost mezi elitními fotbalisty (Di Salvo et al., 2007; Sarmiento et al., 2018; Di Salvo et al., 2010; Mohr et al., 2003; Gregson et al., 2010)

## 2.4 Hodnocení vnitřního zatížení

K hodnocení vnitřní zátěže se běžně používají měření, jako je srdeční frekvence (HR), laktát v krvi (Bla) a jmenovitá vnímaná námaha (RPE) (Bourdon et al., 2017).

Hodnocení vnímané námahy (RPE) bylo použito ke kvantifikaci vnitřní tréninkové zátěže sportovců. Na konci každého tréninku sportovci poskytují "hodnocení" intenzity tréninku 1–10. Intenzita tréninku se vynásobí délkou tréninku, aby se zajistila tréninková zátěž. Jednotky jsou "jednotky RPE×minuty" a ve fotbalových kódech se obecně pohybují mezi 300 a 500 jednotkami pro tréninky s nižší intenzitou a 700–1000 jednotkami pro tréninky s vyšší intenzitou (Gabbett, 2016).

Hodnocení vnímané námahy je jednoduchá, univerzální a nákladově efektivní metoda pro sledování vnitřní zátěže, která koreluje se srdeční frekvencí, koncentrací krve a laktátu (Chen, Fan, & Moe, 2002).

Tepová frekvence je ukazatel, který se dá velmi ovlivnit. Jelikož jeho reakce může být vyvolána například i stresem, je velmi časté, že se zvyšuje již před začátkem aktivity. Zvýšení tepové frekvence nám ukazuje intenzitu zatížení. K původním hodnotám, které jsou u každého člověka jiné, se vrací až při uklidnění. Obecně se bere, že klidová tepová frekvence u dospělého člověka je kolem 70 tepů za minutu. U sportovců může bývá nižší. Čím rychlejší je návrat tepové frekvence na klidovou po výkonu, tím je jedinec zdatnější (Dovalil, 2009).

Nicméně je nezbytné znát vztahy mezi vnitřní zátěží (IL) a vnější zátěží (EL), abychom pochopili vztah mezi dávkou a odezvou mezi tréninkem a soutěží. Míry IL odvozené z relace vnímané námahy (sRPE) prokázaly pozitivní souvislost s externími zátěžemi odvozenými z měřičů běžících při různých rychlostech a prahových hodnotách zrychlení. Uvádí se, že celková uběhnutá vzdálenost má nejsilnější souvislost s monitorovacími hodnotami sRPE (McLaren et al., 2018).

Tím, že vidíme vnější a vnitřní proměnné ve vzájemném vztahu, můžeme získat vhled do toho, jak je daný vnější stresor asimilován sportovcem v daném čase. Zatímco čas byl uváděn v minutách, intenzita byla sledována vlastní odpovědí na otázku "Jaký byl váš trénink?" pomocí stupnice od 1 do 10, i když upravené a odkazující na vnímání průměrné intenzity tréninku. Tímto způsobem by libovolné jednotky (AU) odrážely TL tréninku (např. 60 min × RPE 4 = 240 AU) (Foster, 1998).

Ve srovnání s vnitřními fyziologickými ukazateli, jako jsou srdeční frekvence (TF) a míra vnímané námahy (RPE), jsou ostatní měření fyziologického stavu méně známá. Nedávné studie zmiňují Hooperův index jako spolehlivou metodu pro sledování kondice sportovců, která poskytuje podrobné informace o únavě hráčů, stresu, bolestivosti svalů a kvalitě spánku.

Hooperův index byl nedávno využit pro sledování kondice hráčů během 4denního mezinárodního futsalového turnaje FIFA (Nobari, Barjaste, Martins, & Oliveira, 2024).

Hodnocení vnímané námahy (RPE) je užitečná subjektivní metoda pro sledování vnitřní tréninkové zátěže. Metoda s-RPE (session RPE) kombinuje RPE s dobou trvání cvičení (minutami, po které trénink nebo zápas trval), čímž poskytuje hodnotu tréninkové zátěže (TL) (Lupo, Tessitore, Gasperi, & Gomez, 2017).

## 2.5 Model Acute:Chronic Workload

Gabbett a kolegové a Hulin a kolegové zavedli intenzitní měření nazvané poměr akutního a chronického zatížení (ACWR). Tento poměr představuje vztah mezi akutním zatížením, definovaným jako součet intenzit za poslední týden, a chronickým zatížením, které je pohyblivým průměrem intenzit za posledních 28 dní. Tento přístup poskytuje cenné indikace o změnách intenzity zatížení během týdnů a pomáhá monitorovat a optimalizovat tréninkové zatížení pro prevenci zranění a zlepšení výkonu (Gabbett et al., 2016; Hulin et al., 2015).

ACWR je vypočítán dělením akutní zátěže (aktuální týden) tzv. chronickou zátěží (obvykle pohyblivý 4-týdenní průměr nebo exponenciálně). Většina studií, které počítají ACWR, používá hodnocení vnímané námahy a dobu trvání tréninkové jednotky/soutěže k registraci hodnot tréninkové zátěže, ale jiné používají celkovou vzdálenost a vzdálenost při běhu vysokou rychlostí (Gabbett et al., 2016; Clemente et al., 2019).

V případě ACWR je akutní zátěž jednoduše součtem zátěže každého dne během sedmidenního období. Chronická zátěž zahrnuje průměrnou zátěž posledních 4 týdnů tréninku a akutní týden může být zahrnut v chronické zátěži (tj. spárovaný) nebo vyloučen z chronické zátěže (tj. nespárovaný) (Windt & Gabbett, 2019).

Pokud jde o samotný poměr, akutní zátěž je dělena chronickou zátěží. Když celková akutní zátěž je dělena průměrnou chronickou zátěží, tento model je označován jako klouzavý průměr. V tomto modelu je každá zátěž vážena stejně. Naopak, exponenciálně vážený klouzavý průměr (EWMA) může poskytnout vyváženější přístup, protože přiřazuje klesající váhu starším hodnotám zátěže. Jedná se o nespárovaný model, kde je akutní týden dělen chronickými týdny s proporčním faktorem, který poskytuje větší váhu nedávným týdnům a menší váhu zbývajícím týdnům (Williams et al., 2017).

Pokud jde o riziko úrazu, poměr akutní k chronické pracovní zátěži v rozmezí 0,8 až 1,3 může být považován za optimální zónu tréninku, zatímco poměr  $\geq 1,5$  představuje zvýšené riziko,



tzv. "nebezpečnou zónu". Pro minimalizaci rizika zranění by lékaři měli usilovat o udržení poměru akutní a chronické pracovní zátěže mezi 0,8 a 1,3. Je důležité si uvědomit, že různé sporty mohou mít odlišné vztahy mezi tréninkovou zátěží a rizikem zranění (Blanch & Gabbett, 2016).

Pokud je chronická zátěž vysoká (tj. sportovec dosáhl "kondice") a akutní zátěž je nízká (tj. sportovec zažívá minimální únavu), pak je sportovec považován za dobře připraveného. Naopak, pokud akutní zátěž převyšuje chronickou zátěž (tj. sportovec nedosáhl dostatečného tréninku k dosažení "kondice" nebo zátěž byla rychle zvyšována, což vedlo k únavě), pak je sportovec považován za nedostatečně připraveného a pravděpodobně s vyšším rizikem zranění (Windt & Gabbett, 2019).

Bylo navrženo, že pro ACWR existuje "sladké místo" prevence zranění, kde by praktikující měli usilovat o udržení této míry mezi 0,8 a 1,3, zatímco  $ACWR \geq 1,5$  nebo  $\leq 0,8$  by zvýšilo riziko zranění (Windt & Gabbett, 2019).

ACWR jsou vypočítány dělením akutní zátěže, celkové zátěže za poslední týden, chronickou zátěží, obvykle klouzavým průměrem posledních 3–6 týdnů. Například, pokud je akutní zátěž vyšší než chronická zátěž, poměr bude větší než jedna a riziko zranění může být vyšší, i když některý výzkum naznačuje, že poměry od 0,80 do 1,30 mohou mít nejnižší riziko zranění. Pokud je chronická zátěž vyšší, poměr bude nižší než 1 a existuje potenciálně menší riziko zranění; nicméně nedostatek postupné zátěže může brzdít rozvoj kondice (Gabbett, 2016).

Podle Hulína a spol. lze ACWR spočítat z celkové vzdálenosti, počtu sprintů, zátěže hráče, sRPE, akcelerací a dekcelerací a dalších proměnných.

Podle Griffina a kol. (2020) se pro hodnocení vnitřního zatížení nejčastěji využívá subjektivní hodnocení vnímané námahy (sRPE). Hulin a kol. (2014) uvádějí, že pro hodnocení vnějšího zatížení se používá celková překonaná vzdálenost, vzdálenost překonaná při vysoce intenzivních činnostech a počet akcelerací a decelerací.

Podle Bowena a kol. (2017) je počet akcelerací citlivější metodou pro predikci rizika zranění než celková překonaná vzdálenost. Výzkum ukázal, že při více než 9254 akceleracích za tři týdny je riziko zranění 5,11krát vyšší. U překonané vzdálenosti autoři zjistili, že riziko zranění významně narůstá při překonané vzdálenosti přesahující 112 244 metrů.

Vliv poměru akutního a chronického pracovního zatížení (ACWR) se prosadil i na mezinárodní úrovni, kde je využíván při tvorbě mezinárodních směrnic a konsenzuálních prohlášení od předních organizací, jako je Mezinárodní olympijský výbor (MOV). ACWR je široce rozšířený a je začleněn do národních systémů řízení sportovců a komerčně dostupných softwarových řešení, protože se předpokládá, že souvisí s rizikem zranění a může (samostatně nebo ve spojení s jinými metrikami) přispět ke snížení počtu zranění (Soligard et al., 2016).

Akutní tréninková zátěž může být krátká jako jedno sezení, ale v týmových sportech se 1 týden tréninku jeví jako logická a pohodlná jednotka. Chronická tréninková zátěž představuje klouzavý průměr posledních 3–6 týdnů tréninku. V tomto ohledu je chronická tréninková zátěž analogická stavu "kondice" a akutní tréninková zátěž je analogická stavu "únavy" (Banister, Calvert, Savage, & Bach, 1975).

Porovnání akutní tréninkové zátěže s chronickou tréninkovou zátěží jako poměru poskytuje index připravenosti sportovce. Pokud je akutní tréninková zátěž nízká (tj. sportovec pociťuje minimální "únavu") a klouzavý průměr chronické tréninkové zátěže je vysoká (tj. sportovec si vytvořil "kondici"), pak bude sportovec v dobře připraveném stavu. Poměr akutní/chronické pracovní zátěže se bude pohybovat kolem 1 nebo méně. Naopak, pokud je akutní zátěž vysoká (tj. tréninková zátěž byla rychle zvýšena, což má za následek "únavu") a klouzavý průměr chronické tréninkové zátěže je nízká (tj. sportovec provedl nedostatečný trénink pro rozvoj "kondice"), pak bude sportovec ve stavu únavy. V tomto případě poměr akutní:chronická pracovní zátěž přesáhne 1. Použití poměru akutní:chronická pracovní zátěž zdůrazňuje pozitivní i negativní důsledky školení. Ještě důležitější je, že tento poměr bere v úvahu tréninkovou zátěž, kterou sportovec provedl, ve vztahu k tréninkové zátěži, na kterou byl připraven (Hulin et al., 2014).

První studie, která zkoumala vztah mezi poměrem akutní a chronické pracovní zátěže a rizikem zranění, se zaměřila na elitní rychlé nadhazovače kriketu. Tréninková zátěž byla odhadována na základě vnímané námahy během tréninku (RPE) a počtu nadhozených míčů. Zjistilo se, že pokud byla akutní pracovní zátěž stejná nebo nižší než chronická (poměr akutní k chronické pracovní zátěži  $\leq 0,99$ ), pravděpodobnost zranění nadhazovačů v následujícím týdnu byla zhruba 4 %. Naopak, pokud poměr akutní k chronické pracovní zátěži dosáhl nebo překročil hodnotu 1,5 (tj. týdenní pracovní zátěž byla 1,5krát vyšší než obvyklá zátěž), riziko zranění se v následujícím týdnu zvýšilo 2 až 4krát (Hulin et al., 2014).

Hulin a kolegové vyvinuli metriku známou jako ACWR, která rozlišuje nedávnou akutní zátěž (AW) od chronické dlouhodobé zátěže (CW) sportovce. Tento nástroj byl navržen s cílem pomoci odborníkům monitorovat zátěž sportovců v určených hranicích. Původně bylo zamýšleno udržovat ACWR v optimálním rozmezí 0,8–1,5, aby se předešlo náhlým změnám zátěže. Porozumění vztahu mezi pracovní zátěží a zraněními je klíčové pro zlepšení výkonu a dostupnosti hráčů. Existuje určitý spor v literatuře ohledně spojení mezi pracovní zátěží a zraněními u profesionálních fotbalistů. Konsensuální prohlášení Mezinárodního olympijského výboru (2016) naznačuje, že použití metody ACWR může být účinné při prevenci bezkontaktních zranění (Schwellnus et al., 2016).

## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Cílem práce je možnost hodnocení tréninkového zatížení pomocí ukazatelů vnějšího a vnitřního zatížení u hráčů fotbalu U17.

### **3.2 Dílčí cíle**

1. Posoudit vztah mezi hodnocením tréninkového zatížení pomocí ukazatelů vnitřního a vnějšího zatížení
2. Posoudit vliv typu tréninkové jednotky na vztah tréninkového zatížení s vnitřním a vnějším zatížením

### **3.3 Výzkumné hypotézy**

- 1) Předpokládáme, že hodnocení zatížení pomocí subjektivního vnímaného zatížení bude shodné s hodnocením pomocí ukazatelů srdeční frekvence
- 2) Předpokládáme, že typ tréninkové jednotky má vliv na jednotlivé typy ACWR

## 4 METODIKA

### 5.1 Výzkumný soubor

Měření se zúčastnilo 9 probandů elitní úrovně hrajících I. Celostátní dorosteneckou ligu v kategorii U17. Sedm jedinců je narozeno v roce 2007 a dva jsou narozeni v roce 2008. Probandům byla vypočítána průměrná tělesná hmotnost  $\bar{x} = 67,16 \text{ kg} \pm 7,76 \text{ kg}$  a tělesná výška  $\bar{x} = 177,76 \text{ cm} \pm 18,76 \text{ cm}$ .

### 5.2 Metody sběru dat

#### Hodnocení vnitřního zatížení

Pro monitorování vnitřního zatížení budou využity sport testery TeamPolar Pro. Záznam bude nastaven na 1s intervaly zaznamenávání. Pro potřeby této práce bude vnitřní zatížení vyjádřeno pomocí *tréninkového impulsu podle podle Edwards SHRZ* (SHRZ, A.U.) –  $SHRZ = \sum_{i=1}^5 t_i * i$ , kde  $t_i$  je čas strávený v zónách 1 až 5, kdy zóna 1 = 50-60 % $SF_{max}$ , zóna 2 = 60-70 % $SF_{max}$ , zóna 3 = 70-80 % $SF_{max}$ , zóna 4 = 80-90 % $SF_{max}$ , zóna 5 = 90-100 % $SF_{max}$ .

#### Hodnocení vnějšího zatížení

Pro hodnocení vnějšího zatížení hráčů během utkání nebo tréninkového procesu budou použity senzory vybavené GPS a GNSS senzory, akcelerometry a gyroskopy. Tyto senzory, známé jako MEMS („micro electrical mechanical sensors“), umožňují měření časově-vzdálenostních charakteristik i provádění inerciální analýzy. Díky těmto sensorům bude možné detailně popisovat vnější zatížení hráčů.

#### Hodnocení zatížení pomocí subjektivního vnímání zatížení

Metoda sRPE-TL kombinuje objektivní měření tréninkového zatížení (čas) se subjektivním hodnocením vnímané námahy (RPE - rating of perceived exertion), čímž poskytuje index tréninkové zátěže ve svévolných jednotkách (a.u.). Tato metoda je široce uznávána jako ukazatel vnitřní tréninkové zátěže.

V rámci této práce bude tréninkový impuls vyjádřený subjektivním vnímáním zatížení (sRPE-TL) vypočítán následovně:  $sRPE-TL = t \cdot sRPE$ , (a.u.), kde  $t$  je doba tréninkové jednotky nebo utkání v minutách a sRPE je Session RPE, která hodnotí zatížení během celého tréninku nebo utkání. sRPE bude zaznamenáváno pomocí Borgovy škály CR-10 (Obrázek 1).

## Výpočet ACWR

Pro výpočet ACWR jsem použil model exponenciálně váženého klouzavého průměru (model EWMA), který klade větší důraz na poslední pracovní zátěž, kterou sportovec vykonal, a to tak, že každé starší hodnotě pracovní zátěže přiřazuje klesající váhu. ACWR jsem počítal ze 3 hodnot, kterými byly celkový počet akcelerací a decelerací, SHRZ a sRPE.

## Obrázek 1

Borgova škála

BORGOVA ŠKÁLA - Hodnocení vnímání námahy pro kondiční trénink						
RPE	Námaha	Dýchání ("Talk test")	Přibližné % MTF	Typ	Typ zatížení a čas (udržitelnost)	Co bys mohl říct
0	Vůbec žádná	Normální dýchání	<50		Sezení, čtení, koukání na TV	Jsem gaučák
1	Velmi velmi lehká	Normální až velmi lehké dýchání	<50		Velmi lehká fyzická aktivita	Počítá se mytí nádobi a skládání prádla jako cvičení?
2	Velmi lehká	Lehké dýchání	<50		Velmi lehké cvičení nebo rozehřátí, udržitelnost v rámci hodin	Vykračuju si obchoďákem – pohyb ale ne zrovna trénink
3	Lehká	Zvýšené dýchání ale komfortní	<50		Lehké zotavné intervaly nebo lehké cvičení, udržitelnost v rámci hodin	Svižná chůze parkem – chutná to jak cvičení, ale lehké
4	Mírná	Nápadně zrychlený dech, komfortní konverzace	60-65	E	Zotavné intervaly nebo lehký souvislý běh	Citím se, že něco dělám a můžu to dělat dlouho
5	Poněkud těžká	Těžký dech, krátká konverzace	70	E	Aerobní zóna, komfortní na udržení	Pocit dobrého cvičení, který můžu dělat hodinu
6	Těžká	Velmi těžké dýchání, může mluvit ve větách	75	E	Aerobní zóna, náročné na udržení	Pocit dobrého cvičení, který můžu dělat 30 – 40 minut
7	Těžká	Krátké nádechy, může mluvit pouze v krátkých větách	80	T; I; O	udržitelná kardio zóna, těžké, hranice anaerobního prahu	To je těžké, nekomfortní. Můžu v tom plynule pokračovat ale nejsem si jistý jak dlouho.
8	Velmi těžká	Krátké nádechy, může mluvit pouze v pár slovech	85	T; I; O	Vysoko intenzivní intervalový trénink, 3-4 minuty interval	To je opravdu těžké, nemůžu vydržet takové tempo dlouho
9	Velmi, velmi těžká	Bez dechu, těžké mluvení	90-95	I; R; O	Vysoko intenzivní intervalový trénink, 30-60s intervaly	Můj kouč se mě snaží zabít! Odpočítávám sekundy do konce!
10	Maximální vypětí	Kompletně bez dechu, nemůže mluvit	100	I; R	Maximálně intenzivní intervalový trénink, sprinty 10-30s	Běžím jak o život! Podej mi kyblík na blit!

## 5.3 Popis průběhu sběru dat

Měření probíhalo po dobu 2 mikrocyklů během zimní přípravy. Před prvním tréninkem bylo trenérům dodáno zařízení TeamPolar Pro, které se skládá z hrudních pásů s čipem pro každého hráče zvlášť, tabletu a dokovací stanice. Trenéři po obdržení zařízení byli seznámeni, jak TeamPolar funguje a jaké všechny záležitosti s ním spojených jsou potřeba. Hráči vždy po příchodu na trénink v šatně od trenérů obdrželi hrudní pás s čipem, kdy každý hráč měl po celou dobu výzkumu přiřazené stejné číslo čipu, poté si nasadil každý hráč hrudní pás, do kterého si nacvaknul čip a odcházel na tréninkovou jednotku. Těsně před začátkem každé tréninkové jednotky musel trenér vzít tablet, ve kterém zahájil trénink a tím se zahájilo měření. Během tréninkové jednotky měli trenéři tablet s aktuálními daty k dispozici a kdykoli se mohli podívat, jak jsou jejich svěřenci na tom. Ihned po skončení tréninku opět trenér vzal tablet a ukončil

měření daného tréninku. Po příchodu hráčů do šatny si každý sundal hrudní pás s čipem, který odevzdal trenérům, kteří vždy všechny čipy posbírali a poté zapojili všechny čipy do dokovací stanice, aby došlo k nahrání tréninkových dat. Po skončení každého tréninku jsem poslal každému hráči na mobilní telefon odkaz s dotazníkem, ve kterém na stupnici každý hráč sám podle sebe vybral, jak byl pro něho pocitově trénink náročný. Každá tréninková jednotka a zápas během měření probíhal stejným způsobem. Hráči byli před začátkem prvního měření seznámeni, co vše se pomocí měření sleduje a všechny věci jim byly důkladně vysvětleny.

## **5.4 Statistické zpracování dat**

Statistické zpracování dat bylo provedeno pomocí programů Statistica 13 (Stat Soft, Inc., Tulsa, OK, USA). Normalita a homogenita dat byly ověřeny testy Kolmogorov – Smirnov a Levene. Statistická významnost byla stanovena na hladině  $p < 0,05$ . Pro posouzení vlivu typu tréninkové jednotky byla použita jednofaktorová ANOVA. Pro posouzení vztahů mezi proměnnými tréninkového zatížení jsme použili Pearsonův koeficient korelace. K vyhodnocení a analýze výsledků byly využity různé softwarové nástroje, včetně Microsoft Excel, Google formulářů a zejména platformy Microsoft Power BI. Microsoft Excel jsem použil hlavně pro tvorbu tabulek, výpočet ACWR a analýzu korelací. Google formuláře jsem nasadil pro sběr dat prostřednictvím dotazníků, které hráči vyplňovali po každém tréninku, zaznamenávající jejich subjektivní vnímání námahy a intenzity tréninku (RPE). Tato data jsem následně dále zpracovával. Platformu Microsoft Power BI jsem pak využil k evidenci všech dat ze zařízení Team Polar Pro a k tvorbě grafů. Tyto grafy, v kombinaci s korelačními analýzami, mi pomohly odpovědět na klíčové otázky problematiky.

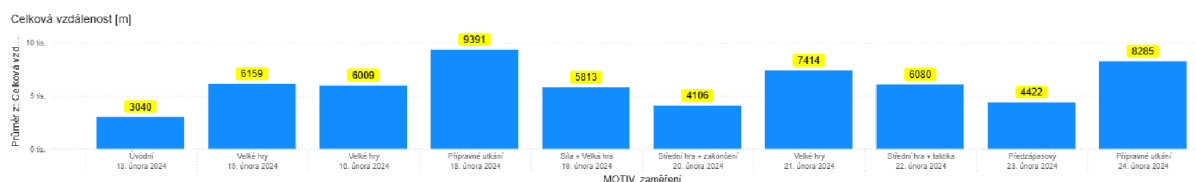
## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

### Hodnocení velikosti zatížení ve sledovaných tréninkových jednotkách

Průměrná vzdálenost hráčů během 2 měřených mikrocyklů byla  $\bar{x} = \pm 6128$  metrů, kdy se za měřené období dostali společně na hodnotu  $\bar{x} = \pm 422\,819$  metrů, průměrně dosahovali  $\bar{x} = \pm 1244$  akcelerací a decelerací s celkovým počtem  $\bar{x} = \pm 85\,806$  akcelerací a decelerací. Průměrně dosahovali  $\bar{x} = \pm 32$  uběhnutých metrů ve dvou nejvyšších rychlostních zónách v rychlosti nad 27 km/h.

#### Obrázek 2

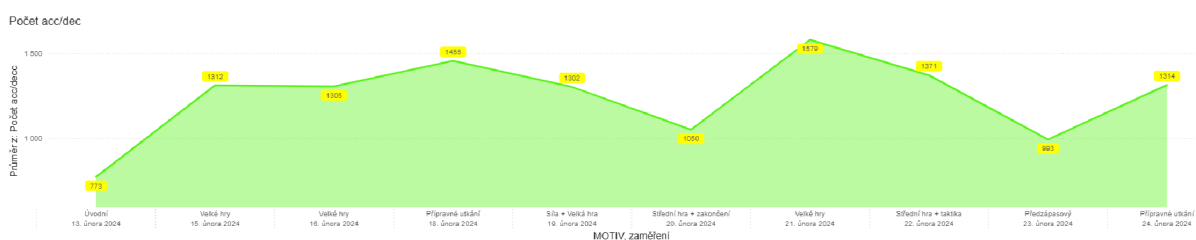
##### Celková naběhaná vzdálenost



Obrázek 2 nám ukazuje průměrné hodnoty celkové vzdálenosti hráčů v jednotlivých trénincích a zápasech. Můžeme vidět, že nejvíce metrů naběhali v zápasech a v tréninkovém procesu zejména ve velkých hrách, což splnilo záměr.

#### Obrázek 3

##### Celkový počet akcelerací a decelerací



Na obrázku 3 vidíme celkový součet průměrných akcelerací a decelerací.

Během měření odehráli hráči 2 přípravná utkání a během tréninkového procesu vystřídali 6 typů tréninků. V zápasech dosahovali průměrně vzdálenosti  $\bar{x} = \pm 8948$  metrů s  $\bar{x} = \pm 1399$  akceleracemi a deceleracemi. V tréninku zaměřeném na velké hry uběhli průměrně  $\bar{x} = \pm 6443$  metrů s  $\bar{x} = \pm 1385$  akceleracemi a deceleracemi. V úvodním tréninku, který slouží k adaptaci po dvoudenním volna, hráči uběhli  $\bar{x} = \pm 3040$  metrů s  $\bar{x} = \pm 773$  akceleracemi a deceleracemi. V dalším typu tréninku, který zahrnoval 30 minut síly a velkou hru, dosáhli průměrné vzdálenosti

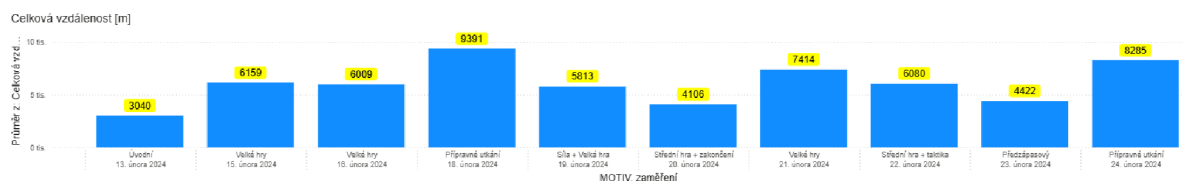
$\bar{x} = \pm 5813$  metrů s  $\bar{x} = \pm 1302$  akceleracemi a deceleracemi. Střední hra, poprvé doplněná zakončením, vedla k průměrné vzdálenosti  $\bar{x} = \pm 4105$  metrů s  $\bar{x} = \pm 1050$  akceleracemi a deceleracemi. Ve střední hře s taktickými prvky směřujícími k zápasu uběhli hráči průměrně  $\bar{x} = \pm 6080$  metrů s  $\bar{x} = \pm 1371$  akceleracemi a deceleracemi. V předzápasovém tréninku, obvykle méně náročném, hráči v zimní přípravě dosáhli vzdálenosti  $\bar{x} = \pm 4422$  metrů s  $\bar{x} = \pm 993$  akceleracemi a deceleracemi, což je více než v předzápasových trénincích během soutěžní sezóny.

## 5.1 Porovnání zatížení pomocí subjektivního vnímaného zatížení s hodnocením pomocí ukazatelů srdeční frekvence

V této podkapitole se zaměříme na zkoumání vztahu mezi zatížením hodnoceným pomocí subjektivního vnímaného zatížení (RPE) a zatížením hodnoceným pomocí ukazatelů srdeční frekvence (SHRZ). Budeme se snažit zjistit, zda existuje korelace mezi subjektivním vnímáním námahy a objektivními měřeními srdeční frekvence, které odrážejí vnitřní zatížení hráče. Dále budeme analyzovat, zda RPE vykazuje silnější souvislost s vnějším zatížením, jako je celková vzdálenost, akcelerace a decelerace, než s vnitřním zatížením měřeným SHRZ.

### Obrázek 4

Celková vzdálenost



Na obrázku 4 jsou průměrné hodnoty celkové vzdálenosti hráčů v jednotlivých trénincích a zápasech.

### Tabulka 1

ANOVA celkové vzdálenosti

Motiv	Úvodní trénink	Velké hry	Zápas	Síla + velká hra	Střední hra + zakončení	Střední hra + taktika	Předzápasový
Úvodní trénink		0,001	0,001	0,007	0,781	0,004	0,514
Velké hry	0,001		0,001	0,953	0,008	0,998	0,035
Zápas	0,001	0,001		0,001	0,001	0,003	0,001

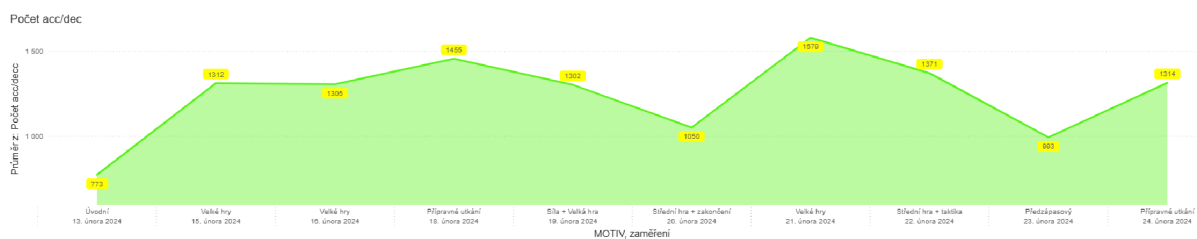


Síla + velká hra	0,007	0,953	0,001		0,338	0,999	0,585
Střední hra + zakončení	0,781	0,008	0,001	0,338		0,229	0,999
Střední hra + taktika	0,004	0,998	0,003	0,999	0,229		0,431
Předzápasový	0,514	0,035	0,001	0,585	0,999	0,431	

V úvodním tréninku je celková vzdálenost statisticky vzájemně menší ve srovnání s velkými hrami, zápasy, silovým tréninkem s velkými hrami a středními hrami s taktikou. Ve velkých hrách je celková vzdálenost statisticky vzájemně menší než v úvodním tréninku, zápasech, středních hrách s zakončením a předzápasovém tréninku. V zápasech je celková vzdálenost statisticky vzájemně menší než ve všech typech tréninkových jednotek. V silovém tréninku s velkou hrou je celková vzdálenost statisticky vzájemně menší než v úvodním tréninku a zápasech. Ve střední hře s následným zakončením je celková vzdálenost statisticky vzájemně menší než ve velkých hrách a zápasech. Ve středních hrách s taktickými nácviky je celková vzdálenost statisticky vzájemně menší než v úvodním tréninku a zápasech. V předzápasovém tréninku je celková vzdálenost statisticky vzájemně menší než ve velkých hrách a zápasech.

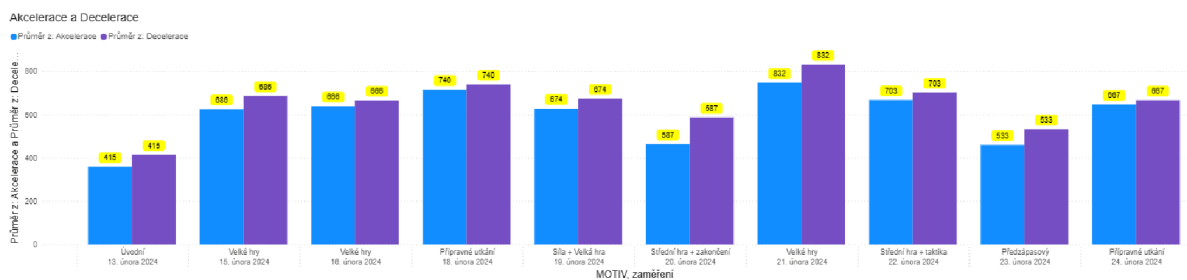
## Obrázek 5

Celkový počet akcelerací a decelerací



## Obrázek 6

Počet akcelerací a decelerací



Obrázek 6 nám ukazuje průměrné hodnoty jednotlivě akcelerací a decelerací na rozdíl od obrázků 3 a 5, kde je celkový součet akcelerací a decelerací. Můžeme vidět, že v každém tréninku převažovaly decelerace před akceleracemi.

## Tabulka 2

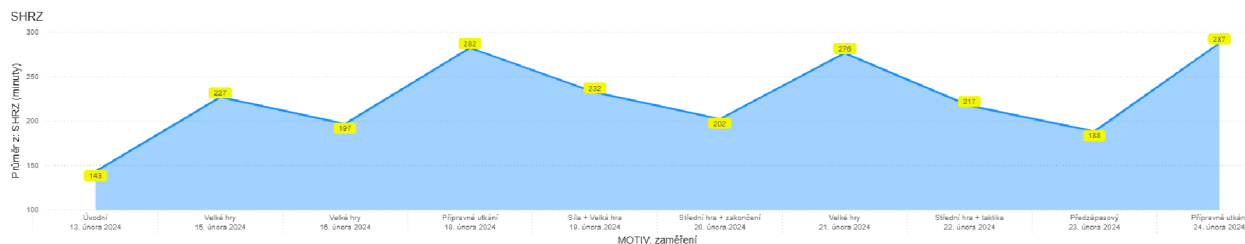
ANOVA akcelerací a decelerací

Motiv	Úvodní trénink	Velké hry	Zápas	Síla + velká hra	Střední hra + zakončení	Střední hra + taktika	Předzápasový
Úvodní trénink		0,001	0,001	0,001	0,223	0,001	0,492
Velké hry	0,001		0,999	0,981	0,021	1,0	0,004
Zápas	0,001	0,999		0,966	0,022	0,999	0,004
Síla + velká hra	0,001	0,981	0,966		0,410	0,998	0,183
Střední hra + zakončení	0,223	0,021	0,022	0,410		0,193	0,999
Střední hra + taktika	0,001	1,0	0,999	0,998	0,193		0,074
Předzápasový	0,492	0,004	0,004	0,183	0,999	0,074	

V úvodním tréninku jsou akcelerace a decelerace statisticky vzájemně nižší ve srovnání se všemi ostatními tréninky kromě předzápasového tréninku a středních her se střelbou. V rámci velkých her a zápasů jsou akcelerace a decelerace statisticky vzájemně nižší než v úvodním tréninku, středních hrách se zakončením a předzápasovém tréninku. Během silového tréninku jsou akcelerace a decelerace statisticky vzájemně nižší než v úvodním tréninku. Ve střední hře s následným zakončením jsou akcelerace a decelerace statisticky vzájemně nižší než ve velkých hrách a zápasech. Ve středních hrách s taktickými nácviky jsou akcelerace a decelerace statisticky vzájemně nižší než v úvodním tréninku. V předzápasovém tréninku jsou akcelerace a decelerace statisticky vzájemně nižší než ve velkých hrách a zápasech.

## Obrázek 7

SHRZ



### Tabulka 3

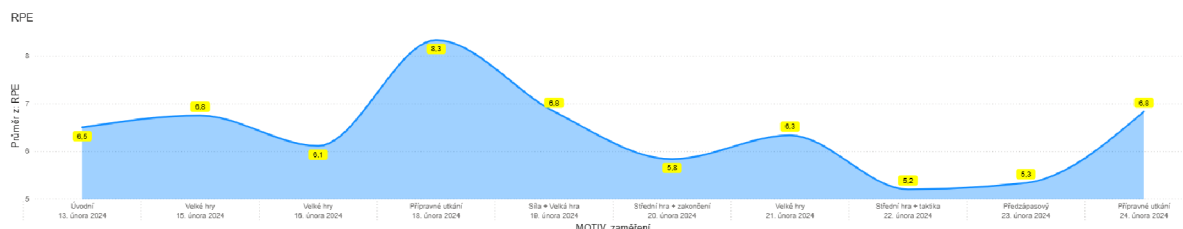
#### ANOVA SHRZ

Motiv	Úvodní trénink	Velké hry	Zápas	Síla + velká hra	Střední hra + zakončení	Střední hra + taktika	Předzápasový
Úvodní trénink		0,015	0,001	0,079	0,490	0,280	0,772
Velké hry	0,015		0,055	0,999	0,969	0,999	0,783
Zápas	0,001	0,055		0,509	0,064	0,285	0,017
Síla + velká hra	0,078	0,999	0,509		0,970	0,999	0,838
Střední hra + zakončení	0,490	0,969	0,064	0,970		0,999	0,999
Střední hra + taktika	0,280	0,999	0,285	0,999	0,999		0,980
Předzápasový	0,771	0,783	0,017	0,838	0,999	0,980	

V úvodním tréninku je SHRZ statisticky vzájemně menší ve srovnání s velkými hrami a zápasy. Ve velkých hrách je SHRZ statisticky vzájemně menší než v úvodním tréninku. V zápasech je SHRZ statisticky vzájemně menší než v úvodním a předzápasovém tréninku. V předzápasovém tréninku je celková vzdálenost statisticky vzájemně menší než v zápasech.

### Obrázek 8

#### RPE



Na obrázku 8 vidíme průměrné hodnoty subjektivního vnímaného zatížení, které hráči po každém tréninku pomocí dotazníku vyplňovali.

### Tabulka 4

#### ANOVA sRPE

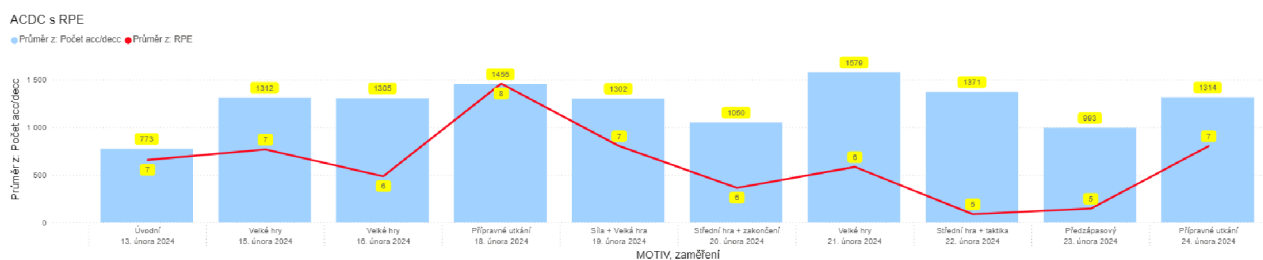
Motiv	Úvodní trénink	Velké hry	Zápas	Síla + velká hra	Střední hra + zakončení	Střední hra + taktika	Předzápasový
Úvodní trénink		0,045	0,001	0,035	0,683	0,819	0,999
Velké hry	0,045		0,173	0,959	0,972	0,951	0,246
Zápas	0,001	0,173		0,981	0,146	0,146	0,004
Síla + velká hra	0,035	0,959	0,981		0,755	0,710	0,135

Střední hra + zakončení	0,683	0,972	0,146	0,755		0,999	0,910
Střední hra + taktika	0,819	0,951	0,146	0,710	0,999		0,962
Předzápasový	0,999	0,246	0,004	0,135	0,910	0,962	

V úvodním tréninku je sRPE statisticky vzájemně menší ve srovnání s velkými hrami, zápasy, silovým tréninkem s velkými hrami. Ve velkých hrách a silovém tréninku je sRPE statisticky vzájemně menší než v úvodním tréninku. V zápasech je sRPE statisticky vzájemně menší než v úvodním a předzápasovém tréninku. V předzápasovém tréninku je sRPE statisticky vzájemně menší než v zápasech.

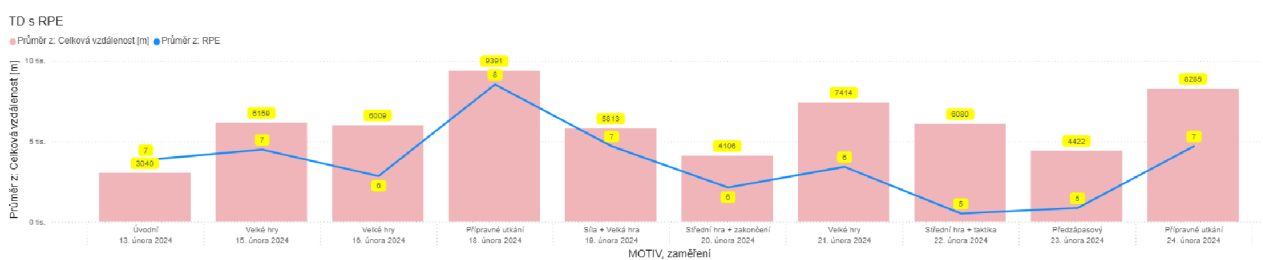
## Obrázek 9

Celkový počet akcelerací a decelerací s RPE



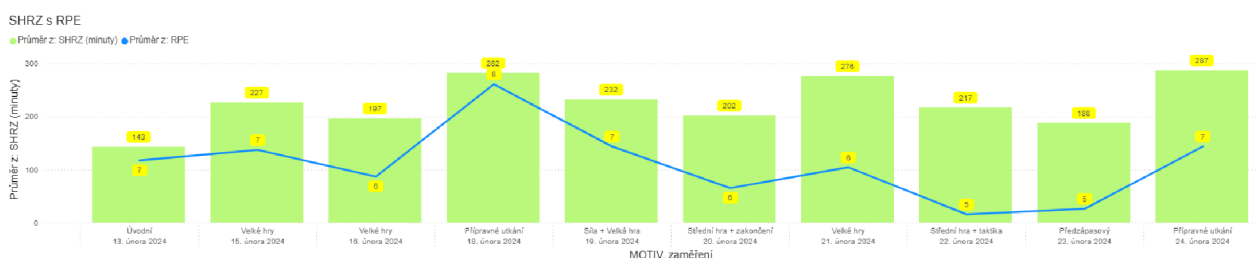
## Obrázek 10

Celková vzdálenost s RPE



## Obrázek 11

### SHRZ s RPE



## Tabulka 5

### Korelace všech tréninkových jednotek a zápasů

Motiv: Všechny tréninky								
Proměnná	Průměry	sm.odch.	ACDC	SHRZ	sRPE	ACWR ACDC	ACWR SHRZ	ACWR sRPE
ACDC	1243,37	301,56	1,00	0,75	0,78	0,23	0,26	0,21
SHRZ	223,54	69,17	0,75	1,00	0,62	0,16	0,33	0,16
sRPE	474,00	151,81	0,78	0,62	1,00	0,28	0,36	0,39
ACWR ACDC	1,17	0,17	0,23	0,16	0,28	1,00	0,92	0,93
ACWR SHRZ	1,14	0,14	0,26	0,33	0,36	0,92	1,00	0,90
ACWR sRPE	1,15	0,15	0,21	0,16	0,39	0,93	0,90	1,00

Původně jsme předpokládali, že hodnocení tréninkového zatížení pomocí subjektivního vnímaného zatížení (sRPE) bude odpovídat hodnocení pomocí objektivních ukazatelů srdeční frekvence (SHRZ). Naše očekávání bylo, že tyto dva přístupy k měření zátěže, subjektivní a objektivní, budou úzce propojené a budou se vzájemně podporovat. Nicméně, jak ukazuje tabulka korelací můžeme vidět, že, výsledky byly odlišné od našich předpokladů.

Při analýze dat jsme zjistili, že subjektivní vnímané zatížení (sRPE) vykazuje vyšší korelaci s ukazateli vnějšího zatížení (jako jsou celková vzdálenost, akcelerace a decelerace), než ukazateli vnitřního zatížení, jako je srdeční frekvence (SHRZ), jak jsme původně předpokládali. To znamená, že hráči pravděpodobně vnímají svou námahu a únavu spíše na základě fyzických parametrů, které mohou přímo pozorovat a cítit, jako je například intenzita pohybu a dynamika tréninkových aktivit, než na základě fyziologických změn uvnitř těla, které nejsou bezprostředně patrné.

Tato zjištění naznačují, že sRPE může být více ovlivněno vnějšími faktory tréninku, které hráči bezprostředně zažívají, než vnitřními fyziologickými reakcemi. To by mohlo znamenat, že při subjektivním hodnocení zátěže hráči více vnímají a hodnotí parametry, které mohou přímo cítit a vnímat, jako je například intenzita pohybu, rychlost a změny směru.

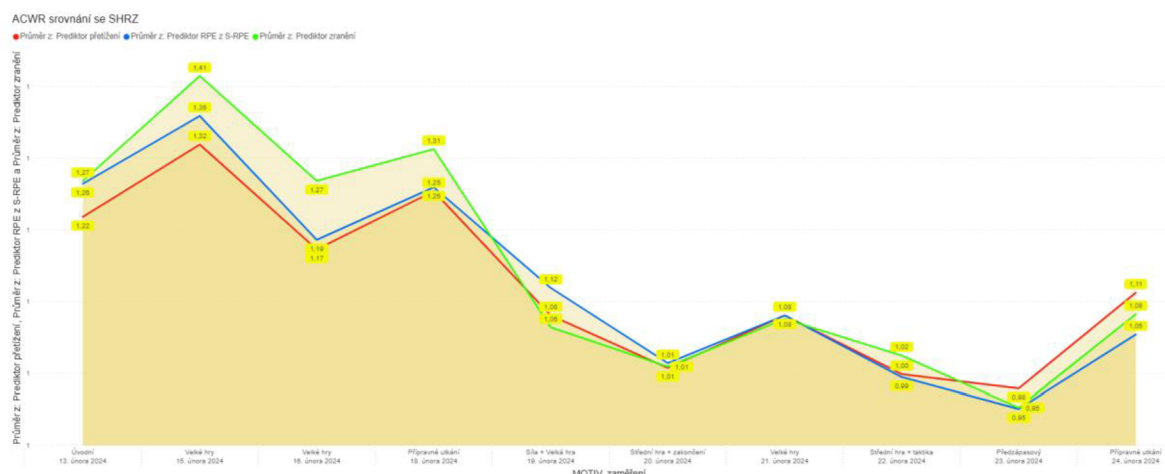
Je také možné, že hráči jsou schopni lépe odhadnout a reflektovat svůj výkon na základě těchto vnějších parametrů, protože jsou pro ně více konkrétní a snadněji pochopitelné než složité fyziologické ukazatele, jako je srdeční frekvence. Tento rozdíl může být také ovlivněn individuálními rozdíly v tom, jak hráči vnímají a reagují na různé typy zatížení.

Celkově tato zjištění zdůrazňují důležitost zohlednění různých metod hodnocení tréninkové zátěže. Zatímco objektivní měření fyziologických reakcí jsou nepochybně důležitá, subjektivní hodnocení hráčů poskytuje cenný pohled na jejich vnímání a zkušenosti s tréninkem. Pro komplexní a efektivní řízení tréninkové zátěže je tedy důležité kombinovat oba přístupy a zohledňovat jak vnější, tak vnitřní faktory zatížení.

## 5.2 Vliv tréninkové jednotky na jednotlivé typy ACWR.

### Obrázek 12

Všechny typy ACWR



Na obrázku 12 vidíme všechny 3 typy ACWR, jak se mění v jednotlivých typech tréninku. Červená křivka je ACWR ze SHRZ, modrá křivka je ACWR spočítané z sRPE a zelená křivka je ACWR z akcelerací a decelerací.

**Tabulka 6**

Korelace všech tréninků a zápasů

Motiv: Všechny tréninky								
Proměnná	Průměry	sm.odch.	ACDC	SHRZ	sRPE	ACWR ACDC	ACWR SHRZ	ACWR sRPE
ACDC	1243,37	301,56	1,00	0,75	0,78	0,23	0,26	0,21
SHRZ	223,54	69,17	0,75	1,00	0,62	0,16	0,33	0,16
sRPE	474,00	151,81	0,78	0,62	1,00	0,28	0,36	0,39
ACWR ACDC	1,17	0,17	0,23	0,16	0,28	1,00	0,92	0,93
ACWR SHRZ	1,14	0,14	0,26	0,33	0,36	0,92	1,00	0,90
ACWR sRPE	1,15	0,15	0,21	0,16	0,39	0,93	0,90	1,00

**Tabulka 7**

Korelace úvodního tréninku

Motiv: Úvodní trénink								
Proměnná	Průměry	sm.odch.	ACDC	SHRZ	sRPE	ACWR ACDC	ACWR SHRZ	ACWR sRPE
ACDC	773,25	54,71	1,00	0,35	-0,57	0,67	0,58	-0,56
SHRZ	143,00	28,39	0,35	1,00	-0,38	0,30	0,72	-0,13
sRPE	322,88	46,06	-0,57	-0,38	1,00	-0,36	-0,17	0,53
ACWR ACDC	1,27	0,03	0,67	0,30	-0,36	1,00	0,55	-0,38
ACWR SHRZ	1,22	0,04	0,58	0,72	-0,17	0,55	1,00	-0,20
ACWR sRPE	1,26	0,06	-0,56	-0,13	0,53	-0,38	-0,20	1,00

**Tabulka 8**

Korelace velkých her

Motiv: Velké hry								
Proměnná	Průměry	sm.odch.	ACDC	SHRZ	sRPE	ACWR ACDC	ACWR SHRZ	ACWR sRPE
ACDC	1384,45	134,04	1,00	0,70	0,40	-0,57	-0,39	-0,46
SHRZ	226,14	53,95	0,70	1,00	0,21	-0,15	0,08	-0,08
sRPE	485,86	83,97	0,40	0,21	1,00	-0,23	-0,07	0,00
ACWR ACDC	1,26	0,17	-0,57	-0,15	-0,23	1,00	0,95	0,94
ACWR SHRZ	1,19	0,14	-0,39	0,08	-0,07	0,95	1,00	0,94
ACWR sRPE	1,21	0,15	-0,46	-0,08	0,00	0,94	0,94	1,00

**Tabulka 9**

Korelace zápasů

Motiv: Zápas								
Proměnná	Průměry	sm.odch.	ACDC	SHRZ	sRPE	ACWR ACDC	ACWR SHRZ	ACWR sRPE
ACDC	1398,53	404,52	1,00	0,74	0,96	0,69	0,69	0,77
SHRZ	284,13	89,38	0,74	1,00	0,75	0,44	0,68	0,56

sRPE	593,47	227,06	0,96	0,75	1,00	0,76	0,77	0,88
ACWR ACDC	1,22	0,15	0,69	0,44	0,76	1,00	0,81	0,92
ACWR SHRZ	1,20	0,15	0,69	0,68	0,77	0,81	1,00	0,82
ACWR sRPE	1,18	0,15	0,77	0,56	0,88	0,92	0,82	1,00

### Tabulka 10

Korelace síly s velkou hrou

Motiv: Síla + velká hra								
Proměnná	Průměry	sm.odch.	ACDC	SHRZ	sRPE	ACWR ACDC	ACWR SHRZ	ACWR sRPE
ACDC	1302,00	97,37	1,00	0,42	-0,44	0,57	0,05	0,33
SHRZ	232,17	40,65	0,42	1,00	-0,85	0,55	0,58	0,05
sRPE	542,67	92,67	-0,44	-0,85	1,00	-0,27	-0,37	0,26
ACWR ACDC	1,06	0,06	0,57	0,55	-0,27	1,00	0,78	0,85
ACWR SHRZ	1,08	0,07	0,05	0,58	-0,37	0,78	1,00	0,61
ACWR sRPE	1,12	0,09	0,33	0,05	0,26	0,85	0,61	1,00

### Tabulka 11

Korelace střední hry se zakončením

Motiv: Střední hra + zakončení								
Proměnná	Průměry	sm.odch.	ACDC	SHRZ	sRPE	ACWR ACDC	ACWR SHRZ	ACWR sRPE
ACDC	1050,33	96,51	1,00	0,75	-0,19	0,62	0,61	0,33
SHRZ	202,00	46,39	0,75	1,00	-0,73	0,55	0,56	-0,14
sRPE	433,33	86,97	-0,19	-0,73	1,00	-0,32	-0,11	0,43
ACWR ACDC	1,01	0,06	0,62	0,55	-0,32	1,00	0,85	0,70
ACWR SHRZ	1,01	0,04	0,61	0,56	-0,11	0,85	1,00	0,64
ACWR sRPE	1,01	0,04	0,33	-0,14	0,43	0,70	0,64	1,00

### Tabulka 12

Korelace střední hry s taktickým nácvikem

Motiv: Střední hra + taktika								
Proměnná	Průměry	sm.odch.	ACDC	SHRZ	sRPE	ACWR ACDC	ACWR SHRZ	ACWR sRPE
ACDC	1370,60	78,58	1,00	0,31	-0,06	0,68	0,53	-0,16
SHRZ	217,20	24,69	0,31	1,00	-0,40	0,47	0,18	0,37
sRPE	422,20	67,77	-0,06	-0,40	1,00	0,43	0,72	0,62
ACWR ACDC	1,02	0,02	0,68	0,47	0,43	1,00	0,85	0,53
ACWR SHRZ	1,00	0,02	0,53	0,18	0,72	0,85	1,00	0,67
ACWR sRPE	0,99	0,06	-0,16	0,37	0,62	0,53	0,67	1,00



**Tabulka 13**

Korelace předzápasového tréninku

Motiv: Předzápasový								
Proměnná	Průměry	sm.odch.	ACDC	SHRZ	sRPE	ACWR ACDC	ACWR SHRZ	ACWR sRPE
ACDC	993,33	59,17	1,00	0,33	-0,14	0,72	-0,49	-0,06
SHRZ	188,17	22,16	0,33	1,00	-0,27	0,62	0,26	0,24
sRPE	348,50	53,40	-0,14	-0,27	1,00	-0,11	-0,18	0,68
ACWR ACDC	0,95	0,01	0,72	0,62	-0,11	1,00	0,16	0,00
ACWR SHRZ	0,98	0,04	-0,49	0,26	-0,18	0,16	1,00	-0,32
ACWR sRPE	0,95	0,03	-0,06	0,24	0,68	0,00	-0,32	1,00

Na základě podrobné analýzy dat z grafů a tabulek jsme dospěli k zajímavému a možná překvapivému závěru. Konkrétně se zdá, že typ tréninkové jednotky nemá významný vliv na jednotlivé typy ACWR (Acute:Chronic Workload Ratio). Předpokládali jsme, že specifické tréninkové jednotky by mohly vést k odlišným hodnotám ACWR, například že intenzivní silový trénink by mohl mít jiný vliv než vytrvalostní nebo technický trénink. Nicméně, naše výsledky tento předpoklad neověřily.

Místo toho jsme zjistili, že hodnoty všech typů ACWR jsou ve všech typech tréninku víceméně konstantní. To znamená, že bez ohledu na typ tréninkové jednotky, kterou hráči absolvují, zůstávají hodnoty ACWR stabilní. Nedochozí k výrazným odchylkám mezi různými typy tréninkových jednotek.

Tato konzistence napříč různými typy tréninku naznačuje, že existují jiné faktory, které mají větší vliv na ACWR než samotný typ tréninku. Může se jednat o individuální fyziologické a psychologické charakteristiky hráčů, jejich celkovou tréninkovou historii, úroveň regenerace, spánek, výživu, nebo dokonce stresové faktory mimo tréninkové prostředí. Tyto faktory mohou hrát klíčovou roli v tom, jak hráči reagují na různé tréninkové podněty a jak se jejich tělo přizpůsobuje akutním a chronickým zátěžím.

Navíc je možné, že tréninkové jednotky jsou v praxi navrženy tak, aby vytvářely rovnoměrné zatížení, což by mohlo vysvětlit, proč hodnoty ACWR zůstávají konzistentní. Trenéři mohou pečlivě plánovat a monitorovat tréninkové jednotky tak, aby zajistili rovnováhu mezi různými typy zátěže, a tím předešli výrazným výkyvům v ACWR.

Celkově tato zjištění zdůrazňují důležitost komplexního přístupu k řízení tréninkové zátěže. Zatímco typ tréninkové jednotky je jistě důležitým aspektem, je zřejmé, že pro efektivní řízení a optimalizaci tréninkového procesu je nezbytné brát v úvahu širokou škálu dalších faktorů. Tato komplexní perspektiva nám může lépe porozumět a řídit tréninkové zatížení, což přispěje k lepšímu výkonu a snížení rizika zranění.

## 6 ZÁVĚRY

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřil na hodnocení tréninkového zatížení u fotbalistů kategorie U17, a to pomocí ukazatelů vnějšího a vnitřního zatížení. Z výsledků provedených měření jsem zjistil následující:

Analýza grafů a korelací, které zkoumaly vztah mezi zatížením měřeným pomocí subjektivního vnímaného zatížení (RPE) a zatížením měřeným srdeční frekvencí (SHRZ), ukázala, že subjektivní vnímané zatížení (sRPE) je více korelováno s ukazateli vnějšího zatížení (např. celková vzdálenost, akcelerace, decelerace) než s ukazateli vnitřního zatížení, jako je srdeční frekvence (SHRZ). To naznačuje, že při subjektivním hodnocení zatížení hráči více vnímají a hodnotí parametry, které mohou přímo cítit a vnímat. Hráči jsou pravděpodobně schopni lépe odhadnout a reflektovat svůj výkon na základě těchto vnějších parametrů, protože jsou pro ně více konkrétní a snadno pochopitelné.

Dalším zjištěním bylo, že typ tréninkové jednotky nemá významný vliv na různé typy ACWR. Na základě analýzy dat z grafů a tabulek jsme dospěli k závěru, že specifické tréninkové jednotky nevedou k odlišným hodnotám ACWR. Naše výsledky ukázaly, že hodnoty všech typů ACWR jsou v různých typech tréninkových jednotek víceméně konstantní. To znamená, že bez ohledu na typ tréninku, který hráči absolvují, zůstávají hodnoty ACWR stabilní. Nedochozí k výrazným odchylkám mezi různými typy tréninkových jednotek. Trenéři tak mohou pečlivě plánovat a monitorovat tréninkové jednotky, aby zajistili rovnováhu mezi různými typy zatížení a předešli výrazným výkyvům v ACWR.

Tyto výsledky přispívají k lepšímu porozumění tréninkovému zatížení u mladých fotbalistů a poskytují praktické doporučení pro trenéry, jak efektivněji plánovat a monitorovat tréninkové programy, aby se zlepšila výkonnost hráčů a minimalizovalo riziko zranění.

## 7 SOUHRN

Cílem této práce bylo analyzovat a porovnat tréninkové zatížení u hráčů fotbalu do 17 let v elitní soutěži pomocí ukazatelů vnějšího a vnitřního zatížení. Pro sběr dat jsme využili systém TeamPolar Pro pro monitorování tréninkových a zápasových údajů hráčů a dotazník na hodnocení subjektivní námahy po každém tréninku.

Úvodní část práce poskytuje přehled termínů a konceptů použitých v rámci bakalářské práce. V kapitole cíle jsme formulovali hlavní cíle, dílčí cíle a výzkumné otázky, na které jsme se zaměřili během výzkumu. Metodika práce specifikuje výzkumný soubor, popisuje proces sběru dat a nastiňuje statistické zpracování dat. V kapitole výsledky jsme prezentovali naměřená data pomocí grafů a analýz korelací, abychom mohli podrobněji porovnat tréninkové zatížení na základě vnějších a vnitřních ukazatelů. Závěrečná kapitola se věnuje odpovědím na výzkumné otázky a celkovému zhodnocení porovnaných dat. Pomocí těchto kroků jsme se snažili přispět k lepšímu porozumění tréninkové zátěže mladých fotbalistů a poskytnout užitečné poznatky pro vývoj tréninkových programů a strategií monitorování výkonnosti ve sportovní praxi.

## 8 SUMMARY

The aim of this work was to analyze and compare the training load in soccer players under 17 years of age in an elite competition using external and internal load indicators. For data collection, we used the TeamPolar Pro system for monitoring players' training and match data and a questionnaire for evaluating subjective effort after each training session.

The introductory part of the thesis provides an overview of the terms and concepts used in the bachelor's thesis. In the objectives chapter, we formulated the main objectives, sub-objectives and research questions that we focused on during the research. The methodology of the work specifies the research set, describes the data collection process and outlines the statistical processing of the data. In the results chapter, we presented the measured data using graphs and correlation analyses, so that we could compare training loads based on external and internal indicators in more detail. The final chapter is devoted to the answers to the research questions and the overall evaluation of the compared data. Using these steps, we tried to contribute to a better understanding of the training load of young soccer players and provide useful insights for the development of training programs and performance monitoring strategies in sports practice.

## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *International journal of sports physiology and performance*, 11(5), 587-593.
- Al Haddad, H., Méndez-Villanueva, A., Torreño, N., Munguía-Izquierdo, D., & Suárez-Arrones, L. (2017). Variability of GPS-derived running performance during official matches in elite professional soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(10), 1439-1445.
- Andrzejewski, M., Chmura, P., Konefał, M., Kowalczyk, E., & Chmura, J. (2018). Match outcome and sprinting activities in match play by elite German soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(6), 785-792.
- Banister, E. W., Calvert, T. W., Savage, M. V., & Bach, T. (1975). A systems model of training for athletic performance. *Aust J Sports Med*, 7(3), 57-61.
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International journal of sports medicine*, 1095-1100.
- Barrett, S., Midgley, A., Reeves, M., Joel, T., Franklin, E., Heyworth, R., ... & Lovell, R. (2016). The within-match patterns of locomotor efficiency during professional soccer match play: Implications for injury risk?. *Journal of science and medicine in sport*, 19(10), 810-815.
- Bílek, L. (1983). *Zatížení je souhrn podnětů (stresorů) vyvolaných pohybovou aktivitou, která vyvolá trvalejší funkční strukturální a psychosociální změny.*
- Blanch, P., & Gabbett, T. J. (2016). Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute: chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *British journal of sports medicine*, 50(8), 471-475.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-161.
- Bowen, L., Gross, A. S., Gimpel, M., & Li, F. X. (2017). Accumulated workloads and the acute: chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 452–459. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095820>.
- Bowen, L., Gross, A. S., Gimpel, M., Bruce-Low, S., & Li, F. X. (2020). Spikes in acute: chronic workload ratio (ACWR) associated with a 5–7 times greater injury rate in English Premier League football players: a comprehensive 3-year study. *British journal of sports medicine*, 54(12), 731-738.

- Brink, M. S., Nederhof, E., Visscher, C., Schmikli, S. L., & Lemmink, K. A. (2010). Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 597-603.
- Buchheit, M., & Simpson, B. M. (2017). Player-tracking technology: half-full or half-empty glass?. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-35.
- Buchheit, M., Simpson, B. M., & Lacome, M. (2014). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 114(3), 683-692.
- Catapult Sports. (2022). Using internal and external load to answer performance questions. Retrieved from <https://support.catapultsports.com/hc/en-us/articles/360001406215-Using-Internal-and-External-Load-to-Answer-Performance-Questions>
- Clemente, F. M., Owen, A., Serra-Olivares, J., Nikolaidis, P. T., Van Der Linden, C. M., & Mendes, B. (2019). Characterization of the weekly external load profile of professional soccer teams from Portugal and the Netherlands. *Journal of Human kinetics*, 66(1), 155-164.
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports medicine*, 43, 1025-1042.
- Dellaserra, C. L., Gao, Y., & Ransdell, L. (2014). Use of integrated technology in team sports: a review of opportunities, challenges, and future directions for athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 556-573.
- Di Salvo, V., Baron, R., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of sports sciences*, 28(14), 1489-1494.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Montero, F. C., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International journal of sports medicine*, 28(03), 222-227.
- Dobson, B. P., & Keogh, J. W. (2007). Methodological issues for the application of time-motion analysis research. *Strength & Conditioning Journal*, 29(2), 48-55.
- Dolci, F., Hart, N. H., Kilding, A. E., Chivers, P., Piggott, B., & Spiteri, T. (2020). Physical and energetic demand of soccer: a brief review. *Strength & Conditioning Journal*, 42(3), 70-77.
- Ehrmann, F. E., Duncan, C. S., Sindhusake, D., Franzsen, W. N., & Greene, D. A. (2016). GPS and injury prevention in professional soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 360-367.
- Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American journal of sports medicine*, 39(6), 1226-1232.

Engebretsen, L., Soligard, T., Steffen, K., Alonso, J. M., Aubry, M., Budgett, R., ... & Renström, P. A. (2013). Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012. *British journal of sports medicine*, *47*(7), 407-414.

Falbriard, M., Meyer, F., Mariani, B., Millet, G. P., & Aminian, K. (2018). Accurate estimation of running temporal parameters using foot-worn inertial sensors. *Frontiers in physiology*, *9*, 330976.

Foster, C. A. R. L. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and science in sports and exercise*, *30*(7), 1164-1168.

Gabbett, T. J. (2016). The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?. *British journal of sports medicine*, *50*(5), 273-280.

Gabbett, T. J., Hulin, B. T., Blanch, P., & Whiteley, R. (2016). High training workloads alone do not cause sports injuries: how you get there is the real issue. *British journal of sports medicine*, *50*(8), 444-445.

Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Computer press.

Gregson, W., Drust, B., Atkinson, G., & Salvo, V. D. (2010). Match-to-match variability of high-speed activities in premier league soccer. *International journal of sports medicine*, 237-242.

Griffin, A., Kenny, I. C., Comyns, T. M., & Lyons, M. (2020). The association between the acute: chronic workload ratio and injury and its application in team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, *50*, 561-580.

Hägglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Zranění negativně ovlivňují výkonnost týmu v profesionálním fotbale: 11leté sledování studie zranění UEFA Champions League. *Britský časopis sportovní medicíny*, *47*(12), 738-742.

Hill-Haas, S. V., Dawson, B. T., Coutts, A. J., & Rowsell, G. J. (2009b). Physiological responses and time–motion characteristics of various small-sided soccer games in youth players. *Journal of sports sciences*, *27*(1), 1-8.

Hill-Haas, S. V., Rowsell, G. J., Dawson, B. T., & Coutts, A. J. (2009a). Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(1), 111-115.

Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Blanch, P., Chapman, P., Bailey, D., & Orchard, J. W. (2014). Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. *British journal of sports medicine*, *48*(8), 708-712.



- Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Lawson, D. W., Caputi, P., & Sampson, J. A. (2016). "Relationship between cumulative workloads and injury risk in elite rugby league players." *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2655-2662.
- Chambers, R., Gabbett, T. J., Cole, M. H., & Beard, A. (2015). The use of wearable microensors to quantify sport-specific movements. *Sports medicine*, 45, 1065-1081.
- Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 20(11), 873-899.
- Chmura, P., Konefał, M., Chmura, J., Kowalczyk, E., Zając, T., Rokita, A., & Andrzejewski, M. (2018). Match outcome and running performance in different intensity ranges among elite soccer players. *Biology of sport*, 35(2), 197-203.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *Int J Sports Physiol Perform*, 14(2), 270-273.
- Jaspers, A., Brink, M. S., Probst, S. G., Frencken, W. G., & Helsen, W. F. (2017). Relationships between training load indicators and training outcomes in professional soccer. *Sports medicine*, 47, 533-544.
- Jones, A., Smith, B., & Roberts, C. (2015). The importance of internal load in training adaptations. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(2), 123-130.
- Kureš, J., Hora, J., Skočovský, M., & Zahradníček, J. (2022). Pravidla fotbalu. Olympia.
- Lehnert, M. (2007). Současné směry teorie a praxe sportovního tréninku. Habilitační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). Trénink kondice ve sportu. *Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci*.
- Lupo, C., Tessitore, A., Gasperi, L., & Gomez, M. A. R. (2017). Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training sessions. *Biology of sport*, 34(1), 11-17.
- Malone, J. J., Di Michele, R., Morgans, R., Burgess, D., Morton, J. P., & Drust, B. (2015). Kvantifikace sezónní tréninkové zátěže u elitních anglických prvoligových fotbalistů. *Mezinárodní časopis sportovní fyziologie a výkonu*, 10(4), 489-497.
- Martens, R. (2004). Úspěšný trenér (3rd ed.) Praha: Grada.
- McLaren, S. J., Macpherson, T. W., Coutts, A. J., Hurst, C., Spears, I. R., & Weston, M. (2018). The relationships between internal and external measures of training load and intensity in team sports: a meta-analysis. *Sports medicine*, 48, 641-658.
- Miguel, M., Oliveira, R., Brito, J. P., Loureiro, N., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2022). External Match Load in Amateur Soccer: The Influence of Match Location and Championship Phase. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 10(4), 594. <https://doi.org/10.3390/healthcare10040594>

Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, 21(7), 519-528.

Nobari, H., Barjaste, A., Martins, A. D., & Oliveira, R. (2024). Comparisons of external load variables among periods, playing status, and positions in professional soccer team: A case study. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 17543371231225285.

Nobari, H., Khalili, S. M., Zamorano, A. D., Bowman, T. G., & Granacher, U. (2022). Workload is associated with the occurrence of non-contact injuries in professional male soccer players: A pilot study. *Frontiers in Psychology*, 13, 925722.

Piedra, A., Peña, J., Ciavattini, V., & Caparrós, T. (2020). Relationship between injury risk, workload, and rate of perceived exertion in professional women's basketball. *Apunts Sports Medicine*, 55(206), 71-79.

Portas, M. D., Rush, C. J., Barnes, C. A., & Batterham, A. M. (2007). Method comparison of linear distance and velocity measurements with global positioning satellite (GPS) and the timing gate techniques. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(10), 7-8.

Psotta, R. a kol. Fotbal – kondiční trénink. Praha. Grada, 2006.

Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F. M., Fernández, J., & Medina, D. (2018). Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. *PloS one*, 13(7), e0201264.

Sarmiento, H., Clemente, F. M., Harper, L. D., Costa, I. T. D., Owen, A., & Figueiredo, A. J. (2018). Small sided games in soccer—a systematic review. *International journal of performance analysis in sport*, 18(5), 693-749.

Schwellnus, M., Soligard, T., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., ... & Engebretsen, L. (2016). How much is too much?(Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *British journal of sports medicine*, 50(17), 1043-1052.

Smith, D., Brown, E., & Johnson, F. (2016). Measuring internal load for optimized training programs. *International Journal of Exercise Science*, 9(3), 233-242.

Sobolewski, E. J. (2020). The relationships between internal and external load measures for Division I college football practice. *Sports*, 8(12), 165.

Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., ... & Engebretsen, L. (2016). How much is too much?(Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British journal of sports medicine*, 50(17), 1030-1041.

- Stevens, T. G., de Ruiter, C. J., van Maurik, D., van Lierop, C. J., Savelsbergh, G. J., & Beek, P. J. (2017). Measuring acceleration and deceleration in soccer – specific movements using a local position measurement (LPM) system. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7), 901-906.
- Suarez-Arrones, L. (2015). Match-play activity profile in professional soccer...
- Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A., & Marmon, A. R. (2017). Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 47, 2533-2551.
- Townshend, A. D., Worringham, C. J., & Stewart, I. B. (2008). Assessment of speed and position during human locomotion using nondifferential GPS. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(1), 124-132.
- Van Eetvelde, H., Mendonça, L. D., Ley, C., Seil, R., & Tischer, T. (2021). Machine learning methods in sport injury prediction and prevention: a systematic review. *Journal of experimental orthopaedics*, 8, 1-15.
- Varley, M. C., Fairweather, I. H., & Aughey, R. J. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of sports sciences*, 30(2), 121-127.
- Williams, S., West, S., Cross, M., Stokes, K., & Kemp, S. (2017). The exponential nature of training load increases the risk of injury in youth rugby: A cluster randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 444-451.
- Windt, J., & Gabbett, T. J. (2019). How do training and competition workloads relate to injury? The workload—injury aetiology model *British Journal of Sports Medicine*, 53(16), 968-975.

## 10 PŘÍLOHY

proměnná	test normality	test homogeneity
Celková vzdálenost	d=,18263, p> .20	F= 13,967; p=0,15
ACDC	d=,12790, p> .20	F= 11,800; p=0,23
SHRZ	d=,09714, p> .20	F= 6,569; p=0,84
TD/SHRZ	d=,17334, p> .20	F= 1,516; p=0,19
sRPE	d=,09732, p> .20	F= 8,284; p=0,11
TD/sRPE	d=,10919, p> .20	F= 0,824; p=0,56
ACWR ACDC	d=,10111, p> .20	F= 7,039; p=0,08
ACWR SHRZ	d=,11120, p> .20	F= 4,757; p=0,17
ACWR sRPE	d=,09961, p> .20	F= 4,351; p=0,21