

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury



AKTUÁLNÍ PŘÍSTUPY K HODNOCENÍ ZATÍŽENÍ A ÚNAVY U HRÁČŮ FOTBALU

Diplomová práce

(bakalářská)

Autor: Radomír Kapusta, Trenérství a sport  
Vedoucí práce: doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

Olomouc 2019

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení autora:** Radomír Kapusta

**Název bakalářské práce:** Aktuální přístupy k hodnocení zatížení a únavy u hráčů fotbalu

**Pracoviště:** Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci, katedra společenských věd v kinantropologii

**Vedoucí bakalářské práce:** doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

**Rok obhajoby bakalářské práce:** 2019

**Abstrakt:** Kvantifikace a sledování tréninkového zatížení je za poslední roky tématem mnoha vědeckých prací. Monitorování únavy, zatížení a zatěžování pomáhá trenérům individuálně předepisovat, sledovat, analyzovat a upravovat tréninkový program. Cílem práce bylo analyzovat vědecké práce a zjistit, s jakými ukazateli tyto vědecké práce nejčastěji pracují, aby bylo ve fotbale možné kvantifikovat únavu, zatížení a zatěžování. K vyhledávání poznatků do této přehledové práce byly použity články z vědeckých databází Medline a SportDiscus. Při hodnocení zatížení u fotbalistů, se z analyzovaných prací ukázalo subjektivní vnímání námahy a monitorování prostřednictvím globálního polohového systému, jako nejrozšířenější.

**Klíčová slova:** výkon, únava, zatížení, zotavení, týmový sport, fotbal

**Bibliographical identification**

**Author's first name and surname:** Radomír Kapusta

**Title of bachelor thesis:** Current approaches to assessing the loading and fatigue of soccer players

**Department:** Faculty of Physical Culture Palacký University Olomouc, Department of coaching and sport

**Supervisor:** doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

**They year od presentation:** 2019

**Abstract:** Quantification and monitoring of a load has been a subject of many scientific studies in recent years. Monitoring of fatigue, load and loading helps coaches to individually track, prescribe, analyze and modify training programmes. The aim of this study was to analyze scientific works and find out which indicators are being worked the most often with in order to quantify fatigue, load, and loading in soccer. Articles from the scientific databases Medline and SportDiscus were used to search for this work. When evaluating soccer players, work with rated perceived exertion and GPS monitoring has proven to be the most widespread from the analyzed works.

**Keywords:** performance, fatigue, load, recovery, team sport, soccer

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením doc. PhDr. Michala Botka, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje, dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne

Děkuji doc. PhDr. Michalu Botkovi, Ph.D. za cenné rady, bez kterých bych si často nevěděl rady, při zpracování této bakalářské práce.

## OBSAH

1	ÚVOD .....	9
2	SYNTÉZA POZNATKŮ .....	11
2.1	Etiologie únavy .....	11
2.1.1	Fyziologická únava .....	12
2.1.2	Patologická únava .....	13
2.1.3	Zotavení a princip superkompenzace.....	17
2.2	Fyziologická charakteristika fotbalu .....	18
2.3	Vymezení tréninkového zatížení .....	21
2.3.1	Globální polohový systém .....	25
2.3.2	Přímé pozorování .....	26
2.3.3	Subjektivní hodnocení vnímané námahy .....	27
2.3.4	Tréninkový impuls .....	29
2.3.5	Vertikální skok.....	29
2.3.6	Srdeční frekvence.....	30
2.3.7	Variabilita srdeční frekvence .....	32
2.3.8	Koncentrace laktátu v krvi .....	37
2.3.9	Specifické zranění ACL .....	38
3	CÍLE.....	40
4	METODIKA .....	41
4.1	Výběr vědeckých článků .....	41
4.2	Analýza studií .....	42
5	VÝSLEDKY .....	45
5.1	Ukazatele vnitřního zatížení .....	46
5.1.1	Hodnocení vnímané námahy za pomoci Borgovy škály.....	46
5.1.2	Hooperův index.....	46
5.1.3	Variabilita srdeční frekvence .....	47

5.1.4	Srdeční frekvence.....	47
5.1.5	Zdravotní stav vnímaný hráčem.....	48
5.2	Ukazatele vnějšího zatížení .....	48
5.2.1	GPS monitoring .....	49
5.2.2	Vertikální skok z protipohybu .....	49
5.2.3	Kondiční testy .....	49
5.2.4	Tréninkový impuls .....	50
5.2.5	Dynamometrie.....	50
5.2.6	Vertikální skok z podřepu .....	51
5.2.7	Izometrický test hamstringů.....	51
6	DISKUZE .....	53
7	ZÁVĚRY .....	58
8	SHRNUTÍ .....	59
9	SUMMARY .....	60
10	REFERENČNÍ SEZNAM LITERATURY .....	61

### **Použité symboly a zkratky**

ANS	autonomní nervový systém
ASRM	sebehodnocení sportovců
ATP	adenozintrifosfát
CNS	centrální nervová soustava
CP	kreatinfosfát
GPS	globální polohový systém
H	vodík
La	laktát
RPE	subjektivní hodnocení vnímané námahy
SF	srdeční frekvence
SF <sub>ex</sub>	srdeční frekvence během cvičení
SF <sub>klid</sub>	klidová srdeční frekvence
SF <sub>max</sub>	maximální srdeční frekvence
VO <sub>2max</sub>	maximální spotřeba kyslíku
VSF	variabilita srdeční frekvence

*Pozn.:* V seznamu zkratk nejsou uvedeny zkratky všeobecně známé nebo používané jen ojedinelé s vysvětlením v textu. Dále nejsou uvedeny symboly a jednotky běžně užívaných fyzikálních veličin.



# 1 ÚVOD

Elitní atleti týmových sportů, zejména pak fotbaloví hráči jsou v posledních letech vystaveni obrovskému konkurenčnímu prostředí. Toto vysoká zatížení reflektují počet faktorů, které zahrnují nárůst frekvence domácí soutěže, zejména pro hráče nejvyšší úrovně, kteří díky strategické a systematické přípravě hrají s vyšší intenzitou (Bradley et al., 2009).

Vyšší zatížení může také vyplynout ze zvýšených nároků mezinárodní soutěže jak v domácích, tak mimo sezónních obdobích. Zvýšená dostupnost sportovců, pro výběr v důsledku snížení počtu zranění podstatně zvyšuje týmovou šanci na úspěch (Hägglund et al., 2013).

Strategie prevence úrazů jsou tedy základem práce realizačního týmu sportovce. Rutinní úpravy tréninkového zatížení (frekvence, doba trvání, intenzita zatížení), se vyskytují během tréninku a tyto následně zvyšují nebo snižují riziko únavy. Únava je svým charakterem multifaktoriální a závisí na individuálních, environmentálních, energetických a dalších nutričních faktorech a specifických úkolů (Thomas, Dent, Howatson, & Goodall, 2017).

Monitorování únavy je důležité při přizpůsobení se tréninku a zajištění toho, aby byl sportovec připraven k soutěži a také ke snížení náchylnosti sportovce ke zranění a nemoci (Nimmo & Ekblom, 2007).

Sport s přerušovanou, nebo proměnlivou intenzitou, jako je fotbal se skládá z okamžiků vysokého výkonu, které střídají chvíle méně namáhavé činnosti. Silové schopnosti jsou důležité pro vyvinutí největší možné výbušnosti a rychlosti, dobrý aerobní základ umožňuje co nejrychlejší zotavení po velkém vypětí a anaerobní schopnosti pro opakované sprinty (Sharkey & Gaskill, 2019).

Fotbal je charakteristický vysokými neuromuskulárními požadavky na akceleraci, deceleraci, změnami směru, skoky, souboji. Ve vrcholovém fotbale mohou být hrány dva, až tři zápasy, během sedmi dní. Tím pádem tréninkové plány jsou navrženy trenéry a personálem, aby připravily hráče tyto vysoké nároky opakovat, několikrát týdně, během celé sezóny (obvykle 9 až 11 měsíců nepřerušovaného tréninku a soutěže). Prvním krokem k úspěchu je přesné plánování tréninkových programů, druhým důležitým krokem je monitorování dopadu tréninkové jednotky na hráče, jelikož zápasy a tréninky vyvolávají fyziologické změny, které jsou nesmírně důležité pro posouzení. Přesné zkoumání těchto změn by pak dalo trenérům náznaky, nebo indicie, pro přejítí hráče směrem k individuálnímu vnitřnímu tréninkovému zatížení tak, aby bylo možné provést úpravy tréninku (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005b).

Vnější tréninkové zatížení by pak přešlo do pozadí. Díky tomu by bylo možné se vyhnout stavu přetrénování, optimalizovat výkonnost, snížit počet zranění a nemocí. Možnosti, jak kvantifikovat únavu a tréninkové zatížení mohou být různé (Borresen & Lambert, 2008).

Od subjektivního hodnocení vnímané námahy hráčů, za pomoci dotazníků, které mnohdy mohou být velice užitečné, až po sledování jejich vnitřního zatížení prostřednictvím srdeční frekvence, nebo její variability (Botek et al., 2017) a ostatních ukazatelů. Hráči jsou v dotazníku vyzýváni, aby klasifikovali své vlastní vnímané zatížení, během tréninkové jednotky na základě využití vnějšího zatížení, jako je pokrytá vzdálenost při různých rychlostech a podobně a také vnitřního zatížení, jako je například tepová frekvence (Carling, Bloomfield, Nelsen, & Reilly, 2008).

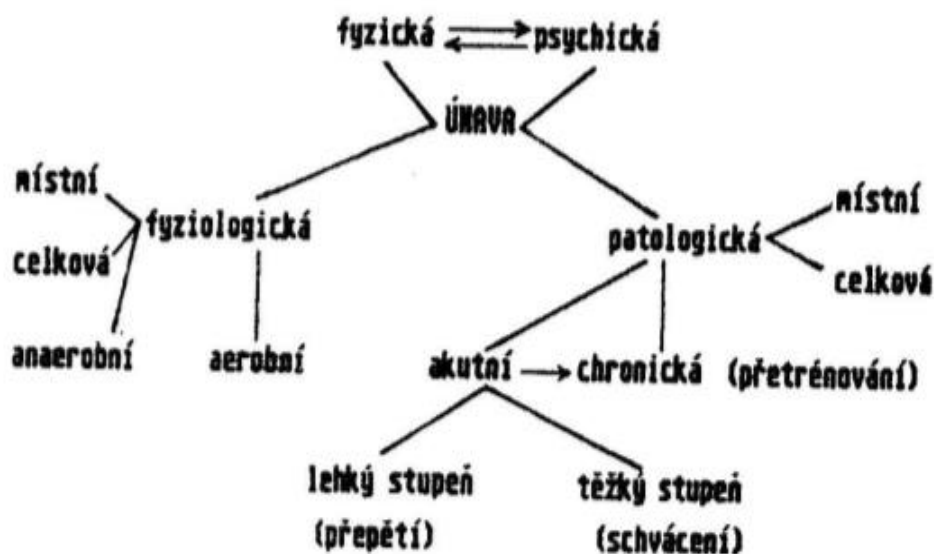
Jedno z nejčastějších svalových zranění, z důvodu zvýšené únavy je zranění hamstringů (Greig, 2019).

Nedávné analýzy ukázaly, že zahrnutí tréninkových programů, zaměřené na biomechaniku sportovce, nebo na silový trénink, mají potenciál, snížit riziko sportovních zranění a mohou mít pozitivní vliv na výsledky sportovců, klubů a komunit (Ivarsson et al., 2017).

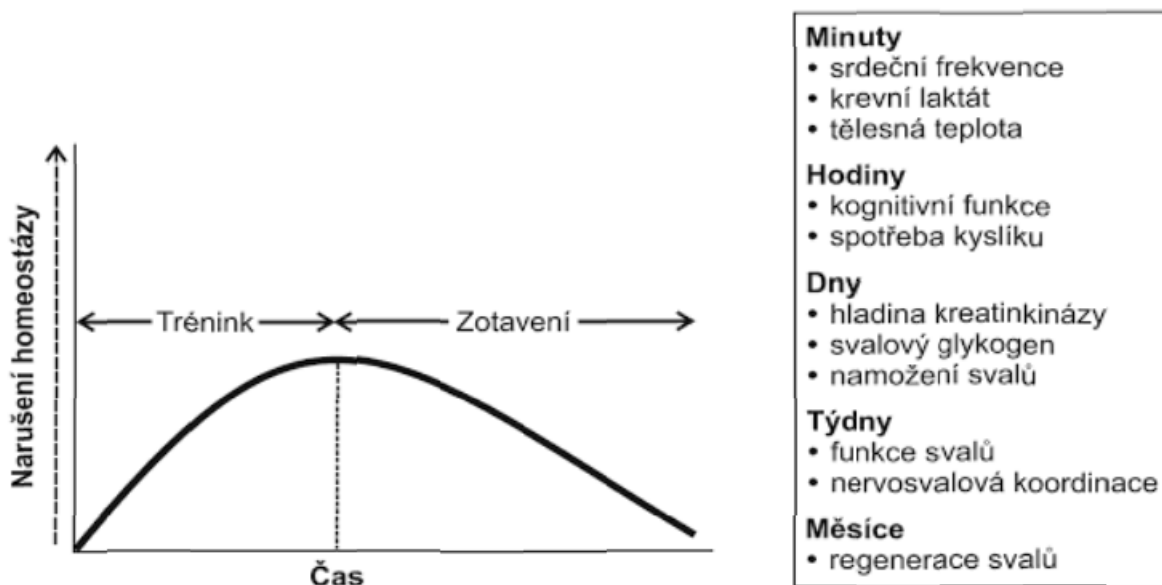
## 2 SYNTÉZA POZNATKŮ

### 2.1 Etiologie únavy

Komplex dějů, při kterém nastává snížená odpověď různých tkání na podněty, které jsou stejné intenzity, nebo je nezbytné použití podnětu vyšší intenzity pro získání stejné odpovědi nazýváme únavou (Havličková, 2004).



Obrázek 1. Rozdělení únavy (Havličková, 2004).



Obrázek 2. Doba návratu na výchozí úroveň po jednorázovém zatížení (Botek et al., 2017)

Havlíčková (2004) dále rozděluje únavu na fyziologickou a patologickou.

### **2.1.1 Fyziologická únava**

Fyziologická únava je přirozenou součástí pohybové aktivity, která v průběhu zotavení postupně vymizí. Jedná se o kladný jev, který slouží k růstu výkonnosti z důsledku vyvolání adaptačních mechanismů. Projevuje se ztrátou koordinace, jemné motoriky, změnami v technice a může mít místní, nebo celkový charakter (Jančík, Závadná, & Novotná, 2006).

Chronické nerespektování, nebo záměrné potlačení příznaků fyziologické únavy může vést ke vzniku únavy patologické, která se pojí se zdravotními negativy (Meeusen et al., 2013).

Dle místa vzniku můžeme dělit fyziologickou únavu na centrální a periferní.

#### **2.1.1.1 Periferní únava**

Bývá charakterizována, jako nemožnost svalového vlákna vyvinout maximální sílu, přestože došlo k ideální nervové impulzaci motorické ploténky. Snížení zásob adenosintrifosfátu (ATP), kreatinfosfátu (CP), krevní glukózy a glykogenu, zvýšená koncentrace anorganického fosfátu, vodíkových protonů a iontů laktátu (La), jsou fyziologické důvody periferní únavy (Brooks, Fahey, & White, 2005).

La se dokáže za aerobních podmínek stát významným zdrojem energie pro pracující svaly a myokard, nikoliv pouze odpadním produktem anaerobních procesů, způsobující pokles pH (Stejskal, 2007).

Vznik  $H^+$  se dle Stejskala (2007) děje prostřednictvím metabolizace pyruvátu primárně na kyselinu mléčnou, která pak disociuje na  $La^-$  a  $H^+$ . V rychlosti produkce ATP sehrává významnou roli pokles pH, kdy je fosfofruktokináza považována za zásadní enzym anaerobního metabolismu (Brooks et al., 2005).

Acidóza, která je vyvolána zvýšenou koncentrací  $H^+$  se podílí zásadní velikostí na inhibici aktivity fosfofruktokinázy a to vede, v důsledku nedostatečné tvorby ATP ke vzniku únavy (Stejskal, 2007).

#### **2.1.1.2 Centrální únava**

Bývá obvykle popisována jako únava, která ovlivňuje, nebo vyvolává některé stavy centrální nervové soustavy (CNS), jako jsou například vnímání svalového úsilí, pociťování bolesti, nálady a celkový diskomfort. (Máček & Radvanský, 2011).

Máček a Radvanský (2011) dále uvádějí, že centrální únava vychází z útlumu úloh CNS, jako obranné reakce organismu na vysoký proud aferentních vzruchů z aktivního svalstva a že původ centrální únavy bývá obvykle vyvolán v oblasti thalamu a to vzestupem koncentrace serotoninu a dopaminu v CNS.

### **2.1.2 Patologická únava**

Ve spojitosti s patologickou únavou se můžeme setkat s výrazy jako přetížení a přetrénování. Stav přetížení můžeme definovat jako krátkodobé přetrénování, které pokládáme ze součást kondičního tréninku. V důsledku opakovaného a dlouhodobého překračování adaptační kapacity organismu, mluvíme o vzniku chronické formy únavy, která se často propojuje se stavem přetrénování a to vede k poklesu výkonnosti a ztráty sportovní formy (Lehnert et al., 2014).

Přetížení je typ fyzické aktivity, která je doprovázena krátkým obdobím, kdy dochází ke snížení výkonu, které může, nebo nemusí být spojeno s fyziologickými změnami nebo zlepšením výkonu, o několik dní později. Přetížení rozdělujeme na funkční a nefunkční. Funkční přetížení nastává, když je dosaženo nadměrné kompenzace po přiměřené době odpočinku, se zlepšením výkonu. Nefunkční přetížení je ztráta výkonnosti, nebo stagnace výkonu, trvající několik týdnů nebo měsíců. V nefunkčním přetížení jsou obvykle přítomny hormonální změny (Budgett et al., 2000).

Jedním ze základních příznaků únavy, která je postupně narůstající, je pokles sportovně specifické výkonnosti, kterou doprovázejí symptomy psychosomatické, biochemické, psychologické a patofyziologické (Halson, Lancaster, Jeukendrup, & Gleeson, 2003).

V současné době jsou velmi často používány termíny jako krátkodobé přetížení, přepětí, syndrom přetrénování, nebo syndrom nevysvětlitelného poklesu výkonnosti (NPV) a některé další projevy dysbalance autonomního nervového systému (ANS) (Máček & Radvanský, 2011).

Za přetrénování bývá obvykle považována akumulace tréninkových i mimotréninkových podnětů, které dohromady vyvolávají krátkodobý pokles sportovní formy, který ale nemusí být spojen s přítomností psychologických a fyziologických symptomů maladaptace, ale zotavení a návrat k původní výkonnosti se na rozdíl od přetížení a přetrénování pohybuje mezi několika týdny, až měsíci, občas i déle, rozdílem je tedy časové hledisko (Kreider, Fry, & O'Toole, 1998).

Průběh	Trénink (přetížení)	Intenzifikace tréninku <----->		
		Výsledek	akutní únava	funkční přetížení ( <i>Functional overreaching</i> )
Zotavení	dny	dny–týdny	týdny–měsíce	měsíce–roky
Výkonnost	zvýšení	přechodné snížení např. během kondičního soustředění	stagnace nebo pokles	pokles

Obrázek 3. Etiologie syndromu přetrénování (Botek et al., 2017)

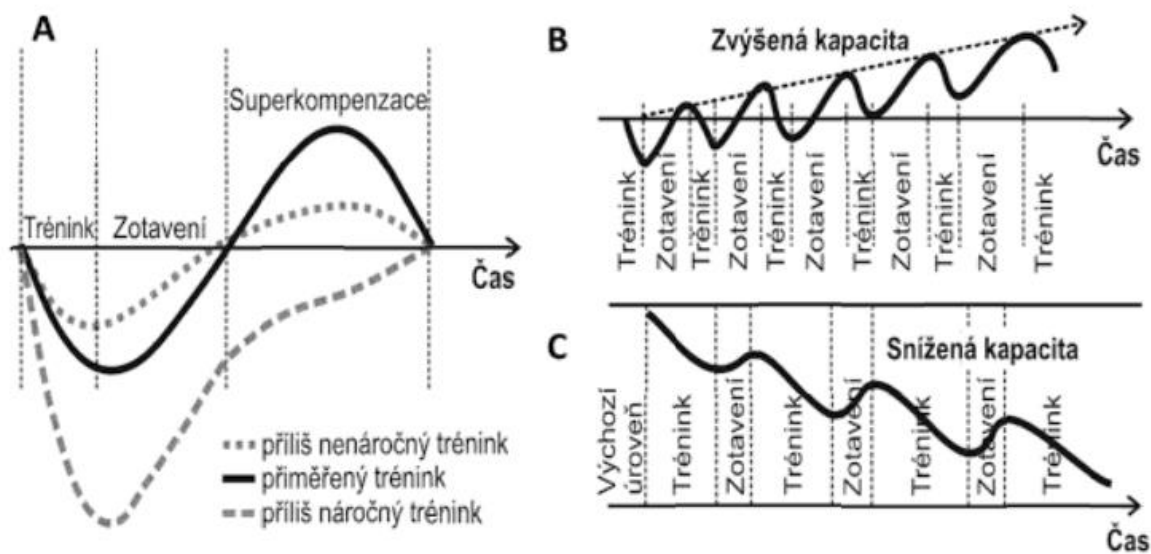
Postupným a systematickým zvyšováním tréninkového zatížení, s cílem vyvolat růst výkonnosti můžeme záměrně navodit stav přetížení (Máček, Máčková, & Radvanský, 2003).

Typickou situací jsou tréninkové kempy, ve kterých se hráči podrobují náročným vícefázovým tréninkovým jednotkám, s omezenou regenerační dobou. Projevuje se narušením funkcí hormonálního i kardiovaskulárního systému (Máček et al., 2003).

Po projevení se konkrétních symptomů by měla co nejdříve nastat úprava tréninkového zatížení s cílem kvalitní regenerace, dokud nedojde k návratu sportovní výkonnosti (Máček et al., 2003).

Pokud nastane déletrvající nerovnováha, mezi zatížením a zotavením, tak se funkční přetížení může překloupat do maladaptační podoby přetížení, kdy může dojít k déletrvajícímu poklesu výkonnosti. Tento stav může trvat i několik let a je spojován se zhoršením imunity organismu, nebo s narušením neurohumorální regulací (Meeusen et al., 2013).

Syndrom přetrénování je výsledek chronického přetěžování organismu sportovce, kdy úroveň tréninkových i mimotréninkových stresových podnětů překročila adaptační možnosti organismu (Máček et al., 2003).



Obrázek 4. Vliv velikost zatížení na průběh superkompenzace (A), progresivní (B) a regresivní (C) vývoj tréninkové kapacity (Botek et al., 2017)

### 2.1.2.1 Sympatický typ přetrénování

U tohoto typu přetrénování ztrácí parasympatikus svou klidovou dominanci a dochází k přesunu autonomní kardiální regulace na stranu sympatiku. Tento typ není tak často diagnostikován, jelikož se vyskytuje v iniciální fázi syndromu přetrénování (Botek, Krejčí, & McKune, 2017).

Sympatický typ přetrénování je doprovázen zvýšenou dráždivostí, nespavostí, zvýšenou ranní srdeční frekvencí (SF) a krevním tlakem. Vyskytuje se nejčastěji u sportovců, jejichž disciplíny jsou založeny na krátkodobé silové výkony s převládajícím anaerobním energetickým krytím. Svou roli hrají i tréninkové jednotky s vysokou intenzitou a objemem, s následnou nedostatečnou regenerací (Lehmann et al., 1997).

S postupem času dochází k vyhasínání celkové autonomní regulace a přechází do vagového typu syndromu přetrénování (Stejskal, 2002).

### 2.1.2.2 Vagový typ přetrénování

Diagnostikování vagového typu přetrénování je mnohem častější, jelikož se vyskytuje až v pozdějším stádiu syndromu přetrénování. Převládá reziduální aktivita vagu, z důvodu vyčerpání sympatiku a prohlubuje se dysbalance mezi subsystemy ANS (Botek et al., 2017).

Charakteristické symptomy jsou přetrvávající zvýšená únava, apatie, deprese, poruchy imunity (Hackeney, Dobridge, & Wilson, 2000).

Nejnovější studie pokles klidové SF nepovažují za spolehlivý ukazatel vagového typu přetrénování a tento typ přetrénování bývá nejčastěji zaznamenán u vytrvalostních disciplín (Achten & Jeukendrup, 2003).

Obecně můžeme za iniciátory syndromu přetrénování považovat rozdíly mezi zatížením a kvalitou zotavení, vysokou frekvenci utkání, monotónnost tréninkové jednotky, osobní, nebo emoční problémy a spánkovou deprivaci (Meeusen et al., 2013).

Meeusen et al., (2013) dále uvádějí, že pro trenéra by měly být alarmující i signály jako časté poruchy nálady, vysoká únava a především tolik zmiňovaná snížená specifická výkonnost sportovce, která převládá i po delším zotavovacím období.

Dělení klinických symptomů do tří skupin dle (Kučera & Dylevský, 1999).

- Výkonnostní symptomy: nedostatky v kondičních schopnostech a dovednostech, v obratnosti, síle, vytrvalosti a rychlosti. Pokles obecné i specifické výkonnosti.
- Neuropsychické symptomy: celkové neadekvátní psychické reakce jako agresivita, deprese, apatie, nerozhodnost.
- Somatické symptomy: porucha menstruace, poruchy spánku, zažívací poruchy, permanentní pocit únavy.

*„Mezi autory panuje shoda v tom, že mnohem snažší, než syndrom přetrénování diagnostikovat, je mu raději předcházet (Botek et al., 2017).“*

Meeusen et al. (2013) říkají, že ačkoliv zatím neexistuje žádná přesná a sofistikovaná diagnostika, je důležité všimnout si těchto indicií:

- vyhnout se monotónním tréninkovým jednotkám.
- dbát na správnou hydrataci, spánek a dietu.
- přizpůsobovat velikost tréninkového zatížení na každodenních měřeních na zařízeních, nebo pomocí dotazníků.
- nezapomínat, že sportovec je vystaven i psychosociálnímu stresu, environmentálním vlivům a podobně.



- neuspěchat návrat sportovce do standardního tréninkového režimu po zranění, nebo nemoci.

### 2.1.3 Zotavení a princip superkompensace

Zotavení má za cíl odstranit únavu a je to přirozený biologicko - anabolický proces, během kterého dochází k postupné obnově energetických substrátů, jež byly redukovány během zatížení a návratu klidových funkcí organismu (Lehnert et al., 2014).

Pokud zotavení probíhá bez fyzické aktivity, jedná se o pasivní odpočinek, do kterého se nejčastěji řadí relaxace a spánek, pokud se k procesu urychlení zotavení přidá pohybová aktivita, jedná se o odpočinek aktivní (Havlíčková, 2004).

Dovalil a Jansa (2009) rozděluje proces zotavení do dvou fází, které se od sebe časově odlišují.

Rychlá fáze zotavení je typická dynamickými úpravami funkcí, které byly během zatížení vychýleny z rovnováhy vnitřního prostředí a trvá asi 5 minut od ukončení zatížení. V této fázi dochází k částečné úhradě kyslíkového dluhu, doplnění zásob v krvi, myoglobinu a makroergních fosfátů. Kyslík je využíván i pro práci dýchacích svalů, transport hlavních iontů a velká část energie musí být vložena do regulace a odvodu nadbytečného tepla (Máček & Radvanský, 2011).

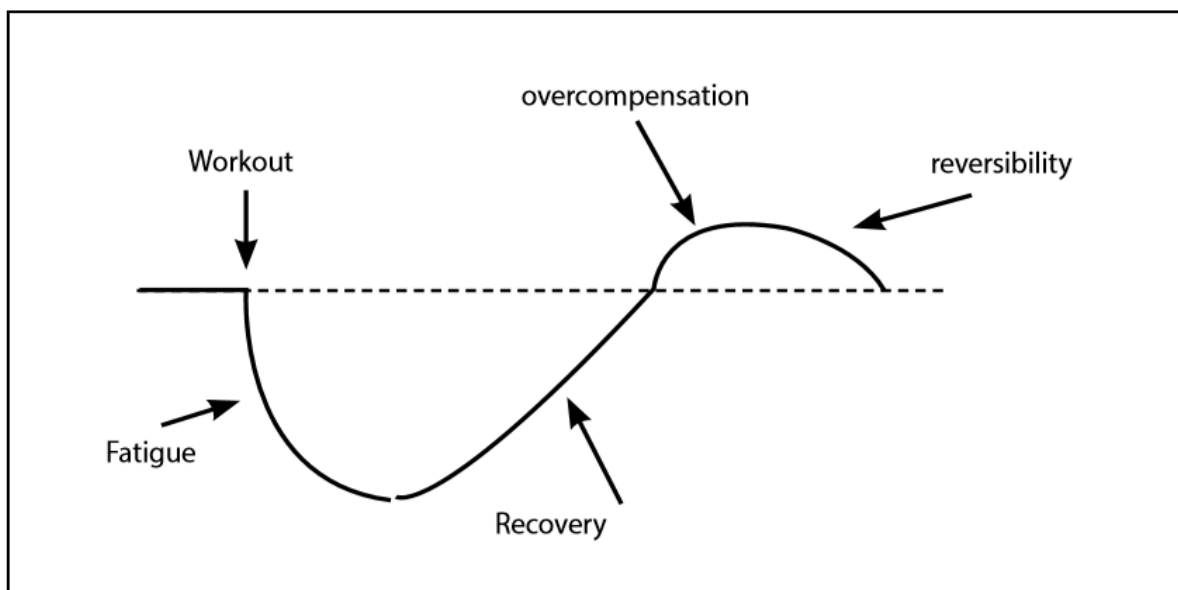
Pomalá fáze zotavení je typická pozvolnějsími a pomalejšími změnami, které probíhají několik hodin i dnů po ukončení zatížení, až do plného zotavení organismu. Přebíhají anabolické procesy, resyntéza bílkovin a tvorba zásobního glykogenu (Dovalil, 2012).

Tabulka 1. Doba potřebná k regeneraci v reakci na tréninkové zatížení (Panuška, 2014)

<b>TYP TRÉNINKOVÉHO ZATÍŽENÍ PŘIBLIŽNÁ DOBA REGENERACE</b>	
Lehký rychlostní trénink	12 hod
Náročný rychlostní trénink	24 hod
Lehký aerobně vytrvalostní trénink	24 hod
Těžký aerobně vytrvalostní trénink	48 hod
Lehký anaerobně vytrvalostní trénink	24 hod
Těžký anaerobně vytrvalostní trénink	48 hod
Těžký silový trénink	48 – 72 hod

Superkompenzací bývá nazýváno přechodné zvýšení substrátů, které vystoupají nad výchozí úroveň, v důsledku předchozího zatížení (Botek et al., 2017).

Po tréninku se výkon na určitou dobu snižuje a sportovci by měli mít adekvátní stravu a odpočinek, aby se zotavili a následně se dostali do fáze superkompenzace. Superkompenzace je obdobím zlepšení výkonu, kdy by sportovci měli zařadit další trénink. Pokud není trénink prováděn během období superkompenzace, výkon se nezlepší. Pokud je cvičení prováděno během období zotavení, výkon se sníží. Pravidelným trénováním ve fázi zotavení se snadno můžeme dostat do stavu přetrénování (Gregson & Littlewood, 2018).



Obrázek 5. Princip superkompenzace (Savioli, Medeiros, Camara Jr, Biruel, & Andreoli, 2018).

## 2.2 Fyziologická charakteristika fotbalu

Fotbal je aerobním sportem, který klade důraz na sílu, rychlost a výbušnost. Je nutná vysoká aerobní kapacita hráčů, nutná pro rychlostní vytrvalost. Čím vyšší hodnota maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ), tím vyšší vzdálenost a počet sprintů, které může fotbalista uskutečnit (Botek, 2012).

Fotbal klade z fyziologického hlediska obrovské nároky na nervosvalové a látkové regulační systémy, které řídí pohybovou činnost hráče. Současná hra klade neustále se zvyšující požadavky na objem a intenzitu herních činností v utkání, při stále se vzrůstající složitosti. Hráč má stále méně času, i méně prostoru na vyřešení dané herní situace (Votík, 2005).

Většina vrcholových fotbalových hráčů hraje jedno, nebo více soutěžních utkání za týden po většinu roku. Po celou tuto dobu trénuje většinu dní v týdnu, někdy i dvakrát denně.

Požadavky na trénink v oblasti energetických zdrojů musí být splněny, aby bylo možno udržet vrcholový výkon a zabránilo se vzniku chronické únavy (Seite, 2006).

Herní výkon hráče v utkání tvoří široký rejstřík pohybových aktivit s míčem a bez míče, při střídavém a nestejněměrném pohybovém zatížení, po dobu 90 minut. Jedná se o nepravidelné střídání intervalů činnosti nízké intenzity – od stoje, poklusu, až po intervaly vysoce intenzivních sprinterských činností (Psotta, Bunc, Mahrová, Netscher, & Nováková, 2006).

Tato uvedená pohybová činnost, která je závislá na funkčním stavu srdečně cévního a kosterně svalového systému, využívá především v zóně aerobního a anaerobního zatížení, pro doplňování pohotových energetických zdrojů ATP – CP. Intermitentní a pohybové zatížení hráče v utkání má vztah ke všem 3 způsobům metabolického krytí. Rychlostně silovým schopnostem, rychlostně vytrvalostním schopnostem a vytrvalostním schopnostem. Celková výkonnost hráče je určena také pufrovací kapacitou, která určuje odolnost vůči acidóze. V důsledku tohoto se zvětší alkalické rezervy, které tlumí, či vyrovnávají kyselost vnitřního prostředí, svalstva a krve (Buzek, 2007).

Celková vzdálenost, překonána hráčem během utkání závisí na mnoha různých faktorech. Úrovní soutěže, herní pozice, herního stylu týmu a úrovně fyzické kondice jednotlivce. Na elitní úrovni hráči obvykle urazí 10 – 13 km za zápas, což z fotbalu dělá aerobní sport. Více než 600 m je pokryto maximální rychlostí, přibližně 2,4 km je uraženo v běhu vysoké intenzity. Po celou dobu utkání dosahuje SF okolo 85 %  $SF_{max}$  a úroveň spotřeby kyslíku je asi 70 %  $VO_{2max}$ . Tyto hodnoty naznačují, že celková vydaná energie pro hráče vážícího 75 kg, je asi 1600 kcal, tj. (6,5 MJ). Hodnota pro hráče na nižších úrovních bude celkově nižší, než tato hodnota, protože hodnota  $VO_{2max}$  je také nižší a tím i celkově vynaložená energie bude také menší (Seite, 2006).

Další autoři se shodují, že vzdálenost, kterou pokryjí, hráči v poli, se pohybuje mezi 10 – 12 km za zápas. Několik studií vykazuje, že nejdelší vzdálenost urazí hráči ve středu hřiště. Intenzita činnosti v průběhu zápasu klesá a ve 2. poločase je oproti prvnímu snížena cirka o 5 – 10 %. Během zápasu se hráč dostane do sprintu každých 90 sekund, který trvá odhadem 2 – 4 sekundy. Během zápasu se sprint na uběhnuté vzdálenosti podílí na 1 – 11 %. Z vytrvalostního hlediska hráč vykoná 1000 – 1400 krátkodobých pohybových aktivit, které se mění co 4 – 6 sekund. S míčem provádí hráč činnost po dobu 1 – 3 minut za zápas. Další prováděné aktivity jsou 10 – 20 sprintů, vysoce intenzivní běhy odhadem každých 70 sekund, 15 soubojů ve stoji, 10 soubojů ve vzduchu, 50 dotyků s míčem, 30 přihrávek, neustálé změny rychlosti (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005a).

Aerobní výkonnost je charakteristická aerobní kapacitou a maximálním aerobním výkonem. Ukazatelem maximálního aerobního výkonu je maximální spotřeba kyslíku  $VO_{2max}$  ( $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ ). U top hráčů zaznamenáváme relativně vysoké hodnoty  $VO_{2max}$  – 56 – 69  $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ . Podobné hodnoty můžeme zaznamenat u běžců na 100 m – 400 m, u kterých je dlouhodobá adaptace na rychlostně silové a rychlostně vytrvalostní výkony. Naopak v porovnání s běžci na dlouhé tratě je maximální spotřeba kyslíku výrazně nižší. Avšak za posledních 30 let se hodnocená maximální spotřeba kyslíku, ačkoliv došlo, k výraznému zvýšení tempu hry nezměnila. Fotbal vyžaduje ne co možná nejvyšší, ale určitou úroveň aerobní výkonnosti. Významnějším faktorem jsou pohybová rychlost a explozivní síla. Vysoká úroveň anaerobních schopností ve fotbale hráči umožní provádět běhy vysokou rychlostí, což může mít zásadní dopad na výsledek utkání. Špičkový fotbalista může udělat během zápasu více běhu nejvyšších intenzit, než průměrný profesionální hráč. Bylo prokázáno, že intervalový trénink zvyšuje aerobní vytrvalost, zvětšuje uběhnutou vzdálenost, zvýší intenzitu práce a počet sprintů. Hráči stráví 1-11 % času hry ve sprintu, což představuje 0,5 - 3,0 % efektivního času s míčem ve hře. Například záložník sprintuje více než 1,1 km z celkového počtu 10,9 km pokrytých během zápasu. Z tohoto důvodu je nesmírně důležité začlenit anaerobní trénink do koncepce tréninku (Sporis, Ruzic, & Leko, 2008).

Ve fotbale je velice důležitá schopnost opakovaných sprintů, během zápasu. Tato schopnost může být vyhodnocena jako schopnost vykonávat několik sprintů, které jsou odděleny pauzou, která je krátká a během které se hráči plně nezotaví před dalším sprintem (Spinks, Reilly, & Murphy, 2006).

Fotbalisté obvykle disponují vyšší úrovni maximálního anaerobního výkonu a svalové síly, než trénující ve vytrvalostních sportech. Naopak oproti sprinterům, kteří jsou specialisty na rychlostně silové výkony, je značně nižší. V utkání jsou prováděny každých 30 až 90 sekund běhy vysoké, až maximální rychlosti, které trvají od 1 až do 4 sekund. U elitních dospělých fotbalistů většinou v rychlosti, mezi 17 – 30 km/h, tyto intervaly se dále střídají s intervaly ve středních rychlostech mezi 13 – 16 km/h, které trvají od 3 – 6 sekund. Dále pak s činností nižších intenzit, tj. stoj, chůze, poklus, a běh v nižších rychlostech, trvajícím do 10 sekund. Poměr intervalu nižších a intervalů vyšších, někdy až v maximální rychlosti zaznamenan v čase, se pohybuje obvykle v rozmezí 1:14 – 1:7. Makroergní fosfáty jsou klíčovým zdrojem energie pro svalový výkon, pokud tedy není delší, než 5 sekund. Předpokládá se, že úplné resyntézy CP je v utkání dosaženo minimálně a lokomoční a herní činnosti vyšší, až submaximální intenzity se realizují v podmínkách neúplného zotavení. (Psotta et al., 2006)

## 2.3 Vymezení tréninkového zatížení

Minimálně jedno zranění ročně utrpí elitní fotbalista, které ho vyřadí z účasti v zápase, nebo v soutěži. Nejvíce frekventovaná zranění jsou poranění kolene, nebo poranění stehenních svalů, která se s přibývajícím věkem stávají stále častěji. Příčinou těchto zranění může být stále více probíraná nerovnováha mezi antagonisty a agonisty, která způsobují nestabilitu v kolenním kloubu, z důvodu špatně zvoleného zatížení a postupným přetěžováním (Lehnert, 2012).

Z tohoto důvodu je potřebné neustále sledování zatížení a zatěžování fotbalového hráče, ale i sportovce obecně. Měření tréninkového zatížení může být rozděleno na vnitřní a vnější. Vnitřní tréninkové zatížení definujeme, jako relativní biologický (fyziologický i psychologický) stresor, působící na hráče během tréninku, nebo soutěže. Měření SF, variability srdeční frekvence (VSF),  $VO_{2max}$ , množství laktátu v krvi a hodnocení vnímání námahy (RPE), jsou běžně používány, jako ukazatele vnitřního tréninkového zatížení. Na druhou stranu, vnější tréninkové zatížení je objektivním tréninkovým měřítkem práce, která byla sportovcem provedena během tréninku, nebo utkání a jsou vyhodnocovány nezávisle na vnitřním tréninkovém zatížení. Díky statistikám a analýzám dat z globálního polohového systému (GPS), je objektivním měřítkem vnějšího tréninkového zatížení například rychlost, akcelerace, časově-pohybová analýza a uražená vzdálenost, během utkání, nebo tréninku (Townshend, Worringham, & Stewart, 2008).

Shrnutí a hodnocení běžných metod monitorování sportovcovy zatížení jsou představovány v obrázku č. 6. Je také důležitý integrovaný přístup k tréninkovému zatížení a z toho důvodu by mělo být používáno vnitřní a vnější zatížení v kombinaci, k poskytnutí většího přehledu o tréninkovém zatížení. Kupříkladu sportovci opakující stále stejnou tréninkovou jednotku v odlišné dny, mohou zachovat stejný výkon, po stejnou dobu, což odpovídá vnějšímu zatížení, ale v závislosti na stavu jeho únavy, stavu emočního naladění, historii tréninku, nebo nemoci, vnitřní zatížení, jako tepová frekvence, nebo hodnota laktátu v krvi, bude odlišná. Tohle spojení vnitřního a vnějšího zatížení může pomoci trenérovi a realizačnímu týmu určit, zda je sportovec unavený, nebo ne (Halson, 2014).

Tréninkové zatížení odráží vnitřní a vnější zatížení sportovce. Vnější zatížení se vztahuje k práci, která je sportovcem dokončena, nezávisle na jeho vnitřní charakteristice a je důležitá pro porozumění jeho schopností a kapacit (Esposito et al., 2004).

Vnitřní zatížení, resultuje z externích tréninkových faktorů a je jak rozhodující pro stanovení stresu, tak následné adaptace na trénink (Virus et al., 2001).

Kombinace obou, jak vnitřního, tak vnějšího zatížení je tudíž důležitá pro trénink, protože neshoda vnitřního a vnějšího zatížení může rozhodovat, mezi unavenými a neunavenými sportovci. Tento přístup nalezneme například v cyklistice, kde výkonnost, nebo výkon je čas v závislosti na síle, která je produkována cyklistou, a které mají relativně přesnou souvislost. Za takových podmínek, může vnitřní zatížení, které je potřebné k udržení určitého vnějšího zatížení poskytnout cenné informace, které se týkají únavového stavu sportovce. Na rozdíl od uzavřených sportů, je schopnost propojovat vnější a vnitřní zatížení v otevřených sportech, jako jsou týmové, zejména fotbal obtížná, kvůli inherentní variabilitě fyzického výkonu, během specifických tréninkových cvičení a zápasů (Gregson, Drust, Atkinson, & Salvo, 2010).

I v důsledku toho, pokusy o sledování stavu únavy v týmových sportech byly z velké části zaměřeny na hodnocení vnitřního a vnějšího zatížení. V rámci tohoto přístupu by měl být platný ukazatel únavy citlivý na zatížení a jejich odezva na akutní cvičení by se měla odlišit. Případné nástroje by měly být neinvazivními, rychlými, snadno spravitelnými a omezit jakékoliv další zatížení na sportovce. Ve fotbale je tohle obzvláště důležité, jelikož se soutěžní utkání vyskytuje jednou, někdy dvakrát, až třikrát do týdne, což znamená, že od hráčů je vyžadováno dosáhnout vrcholu s limitujícím časem na zotavení (Halson, 2014).

Pravidelná činnost, zaměřená na diagnostiku a odhalování svalových dysbalancí a jejich kompenzace, by měla být významnou součástí práce členů realizačního týmu a trenérů z důvodu snižování rizika vzniku zranění. Je známo, že izokinetická měření jsou věcným nástrojem pro zjištění svalových dysbalancí, předchozích zranění, individualizaci a hodnocení efektů tréninkových programů, zaměřených na svalovou sílu. Pro identifikaci zranění lze použít metodu porovnání poměrů izokinetické síly, u dříve zraněné a zdravé kontralaterální končetiny, které souvisí s rizikem opětovného zranění (Lehnert, 2012).

Askling, Karlsson, & Thorstensson (2003) provedli studii, ve které se zaměřili na svalová zranění, konkrétně hamstringů, které jsou se zraněním ACL vůbec nejčastější. Testovaná skupina provedla celkem 16 specifických silových tréninků na zadní stehenní svaly. Silové tréninky probíhaly každý 5. den, první 4 týdny a každý 4. den, posledních 6 týdnů. Trénink byl proveden v neunaveném stavu, po standardním rozcvičení, které trvalo 15 minut. Trénink se skládal z koncentrických a excentrických cvičení a byl proveden na YoYo ergometrovém setrvačnicku. Proband prováděl bilaterální flexi v koleni v poloze na břicho, akcelerováním setrvačnicku koncentrickou kontrakcí hamstringů a deakcelerací za pomoci excentrické kontrakce. 30 hráčů Švédské fotbalové ligy bylo rozděleno do 2 skupin, po 15 testovaných, 2. skupina byla kontrolní.

Askling et al. (2003) uvádějí, že během 10 měsíční studie, která byla provedena, bylo hlášeno, že se během sezóny objevilo 13 zranění zadního stehenního svalu u 30 hráčů. Ze 13 zranění bylo 8 klasifikováno, jako drobná zranění, 4 jako středně těžká zranění a 1, jako těžké zranění. 6 zranění se stalo během utkání a 7 zranění během tréninku. 8 zranění se stalo během sprintování a jedno během odebrání míče ve skluzu. Hlavní zjištění této studie bylo, že hráči, kteří v předsezóně prováděli trénink, zaměřený na excentrické a koncentrické posílení hamstringů, měli nižší výskyt zranění, než jejich spoluhráči, kteří trénovali pouze klasicky naordinovaný trénink trenéry. Trénink měl pozitivní efekt také na maximální sílu hamstringů a také na maximální rychlost.

Metoda	Cena	Potřeba zatížení	Potřeba softwaru	Snadnost použití	Platnost	Spolehlivost	Použití k interpretaci PA	Použití k předepsání	Proměnné
<b>Ukazatele vnějšího zatížení</b>									
RPE	N	N	A/N	V	S-V	S-V	A	A	Proměnná v libovolných jednotkách (časově závislé)
Hodnocení vnímané námahy	N	N	A/N	V	S-V	S-V	A	A	Proměnná v libovolných jednotkách (časově závislé)
TRIMP	N-S	A	A	S	S-V	S-V	A	N	Proměnná v libovolných jednotkách (časově závislé)
Zdravotní dotazníky	N	N	A/N	S-V	S	S-V	A	A/N	Hodnocení, kontrolní seznam
Psychologické dotazníky	N-S	N	A/N	S-V	S-V	S-V	A	A	Hodnocení, kontrolní seznam
Indexy srdeční frekvence	N-S	A	A	V	V	S-V	A	A	Srdeční frekvence, čas strávený v zónách SF, variabilita srdeční frekvence, zatavení, apod.
Přijem kyslíku	V	A	A	N	V	V	A	A	VO <sub>2</sub> metabolické ekvivalenty
Krevní laktát	S	A	A/N	S	V	V	A	A	Koncentrace
Biochemická hodnocení	S-V	A	A/N	N	V	S-V	A	A	Koncentrace, objem
<b>Ukazatele vnitřního zatížení</b>									
Čas	N	A	A/N	V	V	V	A	A	Jednotky času (s, min, h, den, týden, rok)
Frekvence tréninků	N	N	N	V	V	V	A	A	Počet tréninkových jednotek
Vzdálenost	N	A/N	A/N	V	V	V	A	A	Jednotky vzdálenosti (m, km)
Opakované pohyby	N	A/N	A/N	S-V	V	S-V	A	A	Počet aktivit (kroky, výskoky, hody)
Tréninkový režim	N	A/N	N	V	V	V	A	A	Vzpěračský trénink, běh, cyklistika, plavání, apod.
Výkon	S-V	A	A	N-S	V	V	A	A	Relativní (W/kg) a absolutní síla (W)
Rychlost	N-S	A	A/N	S-V	V	V	A	A	Měření rychlosti (m/s, m/min, km/h)
Akcelerace	N-S	A	A	N	V	V	A	A	Měření akcelerace (m/s <sup>2</sup> )
Funcní nervosvalové testy	N-S	A	A/N	S	S-V	V	A	A	Měření výšky vertikálního skoku
Akutní:chronické poměry pracovní zátěže	N-S	A/N	A	S	S-V	S-V	A	A	Velikost akutní tréninkové zátěže a relativní chronické zátěže
GPS měření	S	A	A	S	S-V	S	A	A	Rychlost, vzdálenost, akcelerace, lokace
Metabolická síla	S	A	A	N-S	N-S	S	A	N	Energetický ekvivalent
Videaanalýza automatizována	V	A	A	N	S-V	S	A	A	Rychlost, poloha, akcelerace
Videaanalýza neautomatizována	S-V	A	A	N	S-V	S	A	A	Rychlost, poloha, akcelerace
Akcelerometrie	S	A	A	N-S	S-V	S	A	N	x-y-z g síla
Zatížení hráče	S	A	A	S	S	S	A	A	Proměnná v libovolných jednotkách (časově závislé)

Vysvětlivky: N, nízká; S, střední; V, vysoká; A, ano; N,ne; PA, polybová aktivita.

Tabulka 2. Shrnutí a vyhodnocení některých běžných metod, používaných ke sledování zatížení sportovce a odpovědi organismu (Bourdon et al., 2017a).



### 2.3.1 Globální polohový systém

Technologii GPS v současné době stále více používají trenéři a sportovní vědci a dá se říct, že je prakticky součástí týmu. Dokáže nám poskytnout řadu informací, profilu sportovní aktivity sportovce, měření pohybu hráče, k objektivní kvantifikaci úrovně námahy a fyzické zátěže jednotlivých hráčů. Vztah mezi zatížením a potenciálním zraněním byl ve sportovní vědě široce studován. Je vysoce pravděpodobné, že pokud je hráčovo zatížení a zatěžování vysoké, nebo vyšší, než jeho určité prahové hodnoty, je zde vysoká pravděpodobnost zranění (Carling, Williams, & Reilly, 2006).

Napomáhá nám ke zkoumání výkonu v zápase, posuzuje zátěž různé herní pozice, taktické informace, fyziologické reakce na vnitřní a vnější zatížení, intenzitu tréninku, nebo nám umožňuje sledovat změny ve fyziologických požadavcích na hráče. GPS bývá použito k měření základních vzorců pohybu hráče, jako je rychlost, překonaná vzdálenost, počet zrychlení, počet zpomalení, které souvisí se změnami směrů, kolizemi s hráči, či kontakty, se zemí. Je dnes běžnou praxí napříč vrcholovými sporty, že generovaná data slouží k vývoji jednotlivých profilů sportovců, které mohou být použity k návrhu individuálních tréninkových programů a sledovat tréninkové zatížení. Získaná data z GPS tedy slouží dvojímu cíli, lepší výsledky a předcházení zraněním (Reilly, Drust, & Clarke, 2017).



Obrázek 6. Příklad získaných dat z GPS (<https://www.trustedreviews.com/reviews/playertek-sensor>)

- Celková vzdálenost

Jako měřítko výkonu je ve fotbale často srovnáváno uběhnutí celkové vzdálenosti, ve vysoké intenzitě. Vzdálenost s vysokou intenzitou získala určitou důvěryhodnost, jako měřítko zatížení a výkonnosti, během porovnávání hráčů z elitní úrovně (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003).

- Individualizace prahových hodnot rychlosti

Pro běhy vysoké intenzity by měly být stanoveny prahové hodnoty. Bylo zjištěno, že medián vysoké prahové hodnoty běhu vysoké intenzity byl 15 km/h (Mohr et al., 2003).

- Metabolická síla

Zrychlení a zpomalení i při nízkých absolutních rychlostech jsou vysoce intenzivní a energeticky náročné činnosti. Schopnost vypočítat okamžité „energetické náklady“ na základě známých a měřených data a měření „okamžité rychlosti“ z GPS umožňuje vypočítat tento odhad metabolické síly (Gaudino et al., 2013).

### **2.3.2 Přímé pozorování**

Přímé pozorování je prováděno trenérem, během tréninku a je schopný zaznamenat tréninkové proměnné, jako je náplň cvičení, doba trvání, nebo relativní a absolutní intenzita, rychlost. Přímé pozorování pak může zahrnovat subjektivní názor trenéra, zda je hráč přetřénován, či nikoliv (Hopkins, 1991).

Vnímání trenérů a atletů stejného tréninku bylo studováno (Brink, Frencken, Jordet, & Lemmink, 2013), trenéři a hráči vykazovali výrazné rozdíly mezi tréninkem, který byl předepsán trenérem a tréninkem, kteří hráči skutečně absolvovali. Tato disociace může mít významný dopad na účinnost tréninku. Rozsah, na jehož základě může být trénink kvantifikován je proto omezen. Tato metoda vyžaduje přítomnost trenéra na každém tréninku a bylo by potřeba projít velké množství dat, aby byla úspěšná (Hopkins, 1991).

Technologie využívající GPS nám umožňuje různé způsoby pro sledování dráhy a rychlosti během tréninku, kterou hráč překoná (Larsson, 2003).

Byly nalezeny chyby průměrných vzdáleností 0,04 % - 0,7 % a pro polohu 1,94 – 2,13 m. Přesnost predikce rychlosti měla odchylku 0,08 km/h pro chůzi a pro běh 0,11 km/h., což vedlo k variačním koeficientům 1,38 %, respektive 0,82 % (Schutz & Ren, n.d.).

### 2.3.3 Subjektivní hodnocení vnímané námahy

Nedávné průzkumy o monitorování únavy u vrcholového sportu ukazují, že sebehodnocení sportovců (ASRM) jsou široce používána pro posuzování celkového stavu jednotlivce, nebo celého družstva. V současné době existuje mnoho ASRM, které byly rozsáhle zkoumány. Mnohé z nich jsou však často rozsáhlé a časově náročné na to, aby umožnily jejich každodenní používání u velkého počtu členů týmu. Mnoho týmových sportů proto často přijímá kratší, přizpůsobené dotazníky, které mohou být podávány na denní bázi. Nedávný přehled ukázal, že ASRM vykazuje větší citlivost na akutní a chronické tréninkové zátěže než běžně používaná objektivní měření (Saw, Main, & Gatin, 2016).

V týmových sportech, australské fotbalové lize (AFL) a anglické Premier League (EPL) se ukázalo, že psychometrické škály jsou citlivé na denní, týdenní a sezónní změny tréninkového zatížení. Denní ASRM (únava, kvalita spánku, stres, nálada, a svalová bolestivost) významně korelovali s denním tréninkovým zatížením v předsezónním kempu a soutěžním období u hráčů AFL a EPL (Buchheit et al., 2013).

#### 2.3.3.1 Borgova škála

Vůbec nejpoužívanějším nástrojem, pro subjektivní zhodnocení vnímané námahy, nebo vnímané intenzity tréninku, je Borgova škála. Bylo zjištěno, že výsledky, které byly na škále hráčem označeny, dobře korelovaly s fyziologickými parametry, jako je SF, nebo koncentrace laktátu v krvi. Empirický vztah, mezi Borgovou škálou a parametry intenzity zátěže, jako je např.  $VO_{2max}$ , rovněž souhlasily (Borg, 2016).

1 - 10 Borg Rating of Perceived Exertion Scale	
0	Rest
1	Really Easy
2	Easy
3	Moderate
4	Sort of Hard
5	Hard
6	
7	Really Hard
8	
9	Really, Really, Hard
10	Maximal: Just like my hardest race

Obrázek 7. Borgova škála (Borg, 1998).

### 2.3.3.2 Obličejová škála

Lidské bytosti si dokáží pamatovat více o slovech, která jsou spojena do obrázků, než do izolovaných slov. Člověk si těžko pamatuje, nebo se musí při nejmenším hodně snažit zapamatovat si matematické vzorce, data, naopak je schopen si snadno zapamatovat, kde byl včera, jaké oblečení měl na sobě, nebo co jedl. Starší vzpomínky obvykle zahrnují také vizuální obrazy, nebo snímky, namísto slov, nebo čísel. Vzhledem k tomu, že Borgova škála nabízí jen slovní projevy, validace obličejové škály má větší univerzálnost a větší pravděpodobnost porozumění (Tsze & Baeyer, 2013).

### Wong-Baker FACES Pain Rating Scale



Obrázek 8. Wong - Bakerova obličejová škála (Oragui, Parsons, White, Longo, & Khan, 2010).

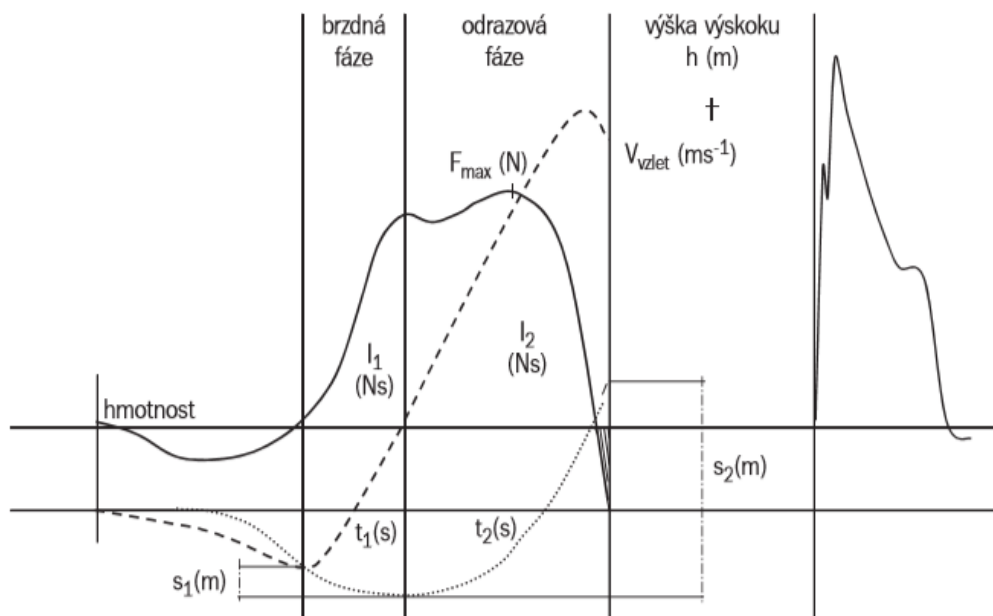
### 2.3.4 Tréninkový impuls

Koncept tréninkového impulsu TRIMP představil Bannister, který integroval intenzitu a trvání tréninku do jednoho konceptu. Jedná se o poměrně jednoduchý koncept, který používá zóny SF a jednoduchý systém hodnocení, pro výpočet množství práce, provedené během tréninku, nebo zápasu. Hodnota intenzity zatížení v %  $SF_{max}$  je násobena délkou zatížení. Původně se využíval převážně ve vytrvalostních sportech, dnes není jeho využití ve fotbale pouze výjimečné (Akubat & Abt, 2011).

### 2.3.5 Vertikální skok

U elitních fotbalistů je pro diagnostikování jejich kondice za potřebí specifických testů. Je to z důvodu dostatečné citlivosti, pro posouzení změn fyzické výkonnosti, v důsledku realizovaného zatížení (Lehnert & Gottfried, 2005).

Tento test slouží k hodnocení explozivní síly dolních končetin, který se provádí na měřicí desce a ze stoje s chodidly mírně od sebe se provádí maximální výskok. Proband má na skok 3 pokusy a hodnotí se pokus s nejlepším výkonem. Výskok z podřepu, úhel  $90^\circ$  v kolenním kloubu, paže v bok (Psotta et al., 2006).



Obrázek 9. Záznam biomechanických parametrů odvozených z křivky síly v čase při testu vertikálního výskoku na dynamografické desce (Psotta et al., 2006)

### 2.3.6 Srdeční frekvence

Je obecně známo, že měření za pomoci monitorů SF je velmi přesné, byť stále je zde mnoho vlivů, jako teplo, vlhkost, hypoxie, tréninkový stav jedince, které ji ovlivňují (Achten & Jeukendrup, 2003).

Také je nutno brát v potaz interdenní variabilitu SF, která může dosahovat až 6 tepů.min<sup>-1</sup> při každodenním hodnocení její odezvy na tréninkové zatížení (Lambert, Mbambo, & St Clair Gibson, 1998).

U SF bylo prokázáno, že je během zatížení v korelaci s VO<sub>2</sub> výkonem a metabolickými prahovými hodnotami (Pind & Mäestu, 2017).

Jsou obecně známy 2 nejužívanější způsoby vyjádření intenzity zatížení. Vypočítá se absolutní hodnota SF při tělesné práci a díky ní se vypočítá procentuální podíl ze SF<sub>max</sub>.  $SF_{max} = (SF_{ex} / SF_{max}) \times 100$ . Výjde nám intenzita v procentech, která odpovídá určité úrovni SF<sub>max</sub>. Dále můžeme vyjádřit intenzitu zatížení za pomoci procent maximální tepové rezervy (% MTR) pomocí následujícího vzorce:  $[(SF_{ex} - SF_{klid}) / (SF_{max} - SF_{klid})] \times 100$  (Karvonen et al., 1957).

Pro naordinování tréninkového zatížení je využití hodnot MTR vhodnější, jelikož na rozdíl od procent SF<sub>max</sub> bere v potaz změny v SF<sub>max</sub> vyvolané věkem a také modulaci SF<sub>klid</sub> vyvolanou kondicí a věkem (Borresen & Lambert, 2009).

Monitorování SF během zatížení má určité limity, jakým je například sledování SF během zatížení s vysokou intenzitou, nebo s krátkou dobou trvání, kdy SF reaguje s určitou latencí (Ekelund, 1967).

Další omezení je fenomén nazýván kardiovaskulární drift, kdy ke zvyšování SF dochází postupně během zatížení s nejvyšším nárůstem SF během prvních 30 minut, a přitom vzestup SF může být spojován například se ztrátou tekutin (Rowell, 2011).

V sinoatrálním uzlu má každý stah zdravého srdce svůj prvopočátek a SF je řízena nervově i humorálně (Aubert, Seps, & Beckers, 2003).

Ačkoliv se klidové hodnoty SF různí, fyziologicky se klidová SF pohybuje od 60 – 75 tepů.min<sup>-1</sup>. Zvýšená SF nad 90 tepů.min<sup>-1</sup> se nazývá tachykardie, naopak snížená SF pod 60 tepů.min<sup>-1</sup> se označuje jako brachykardie, ke které dochází například ve spánku. S tím souvisí i sportovní brachykardie, kdy dochází ke zpomalení SF, v důsledku adaptace organismu sportovce na fyzickou zátěž (Neumann, Pfützner, & Hottennrott, 2005).

Raczak et al. (2006) se domnívají, že na poklesu klidové SF se podílejí také změny v aktivitě ANS, kdy dochází k posunu sympatogové rovnováhy směrem k vagové

predominanci. Pokles hodnot systolického a diastolického tlaku je kromě poklesu submaximální SF považován za typický projev adaptace kardiovaskulárního a vegetativního systému na vytrvalostní zatížení (Achten & Jeukendrup, 2003).

Po několika týdnech pravidelného vytrvalostního tréninku si můžeme všimnout i poklesu SF během submaximálního zatížení, které obvykle bývá doprovázeno se zlepšením funkce kosterních svalů, které při dynamické práci působí jako pomocná svalová pumpa oběhu a podílí se na lepším žílnímu návratu a tím pádem i na zlepšeném plnění srdce krví (Botek et al., 2017).

Dahl, Rodahl, Stromme a Åstrand (2003) se také zabývají změnami hemodynamických poměrů, která patří k jedním z klíčových projevů adaptace kardiovaskulárního systému, které společně se zlepšeným žílním návratem přispívají ke zvýšení systolického objemu, který za situace snížené SF umožňuje poskytovat stejný minutový srdeční výdej a může vést ke zvyšování hodnoty  $VO_2max$ . U novorozenců se SF pohybuje mezi 130 – 140  $tepů.min^{-1}$  a u starších dětí mezi 75 – 100  $tepů.min^{-1}$  (Seliger, Vinařický, & Trefný, 1983).

Lineární vzestup se s rostoucí intenzitou projeví asi do 180  $tepů.min^{-1}$  (Dovalil, 2012)

180  $tepů.min^{-1}$  je údajně hodnota, při které jsou sportovci relativně v setrvalém stavu. Pokud sportovec překoná hranici nad 180  $tepů.min^{-1}$ , tak zatížení může být pouze krátkodobé a je podmíněno maximálním možným kyslíkovým dluhem. Zatížení nad 190  $tepů.min^{-1}$  je pro organismus člověka velmi neekonomické a srdce musí být morfofunkčně tomuto zatížení přizpůsobeno, pokud je zatížení déletrvajícím (Seliger et al., 1983).

Psotta (2006) říká, že převládá obecné tvzení, čím vyšší je intenzita, tím je hodnota SF vyšší. SF je dobře ovlivnitelný fyziologický ukazatel, který reaguje na rozrušení skrze stresové hormony, jako je adrenalin a zvyšuje se i v předstartovním stavu. Na původní, nižší hodnoty se vrací až v době uklidnění a čím strmější, nebo rychlejší je návrat SF na původní hodnoty, tím je jedinec zdatnější. Fotbal je typický svým intermitentním charakterem zatížení a bylo zjištěno, že během utkání je průměrná SF u obránců 155  $tepů.min^{-1}$ , u záložníků a útočníků pak 170  $tepů.min^{-1}$  (Súss, Tůma, & kolektiv, 2011)

Seliger et al. (1983) dále tvrdí, že zvýšená SF může být výsledkem naší nálady, našich emocí, nebo i vystavení akutní hypoxii. Během pravidelného zatěžování organismu, zejména pak tréninkem vytrvalostním, dochází k adaptaci organismu na zatížení, která se projevuje pozvolnějším projevem nárůstů SF při srovnatelném zatížení. Sportovní trénink má vliv na hypertrofii srdce, která může být excentrického charakteru, hlavně tedy u vytrvalostního tréninku, což vyjadřuje veličina minutového srdečního objemu (srdeční výdej - Q) říká nám,

jaké množství krve je srdeční komorou vypuzeno za minutu, což znamená, že se objem komor zvětšuje a srdce dokáže dostat do krevního oběhu stejný objem krve za menší počet stahů. Ve druhém případě může dojít ke koncentrické hypertrofii srdce, která je typická pro silový trénink, kde nastává zvětšení tloušťky stěn, ale zmenšení dutin (Benson & Connolly, 2012).

Srdeční výdej (Q) lze vypočítat metodou Fickovy rovnice a je určen systolickým objemem (SV) a SF (Seliger et al., 1983).

Fickova rovnice se vypočítá za pomoci arteriovenózní difference kyslíku (a-VO<sub>2</sub>), SF a SV:  $VO_2 = Q \times a-VO_2$ . Srdeční výdej se pohybuje u člověka v klidu okolo 70 ml a SF zase 70 tepů.min<sup>-1</sup>, minutový srdeční výdej tedy odpovídá asi 4900 ml/min (Mourek, 2012).

Benson a Connolly (2012) dále uvádějí, že každý sportovec by měl znát svou hodnotu SF<sub>max</sub>, z důvodu optimalizace tréninku. S přibývajícím věkem se snižuje SF<sub>max</sub>. U každého jedince ale hraje roli mnoho faktorů, které ji ovlivňují, jako např.: věk, tělesná kondice, pohlaví, prostředí, aktuální psychický stav, apod. (Neumann et al., 2005).

Znalost tepové frekvence bývá využívána pro řízení tréninkového zatížení, kdy u jedince můžeme nastavit intervaly tepových frekvencí pro trénink, který chceme provést.

Tabulka 3. Přehled zón srdeční frekvence (Benson & Connolly, 2012).

Index zatížení	Úroveň zatížení	Tempo	Energetické zdroje	Energetické procesy	Složka zdatnosti
60 – 75% SF <sub>max</sub>	Nízká	Pomalé	Převážně tuky	Aerobní	Základní vytrvalost
75 – 75% SF <sub>max</sub>	Střední	Střední	Cukry a tuky	Aerobní a anaerobní	Tempová vytrvalost
85 – 95% SF <sub>max</sub>	Vysoká	Rychlé	Převážně cukry	Anaerobní	Speciální vytrvalost
95 – 100% SF <sub>max</sub>	Velmi vysoká	Sprint	Výhradně cukry	ATP	Rychlost

### 2.3.7 Variabilita srdeční frekvence

I v současnosti je pro trenéry bez kontinuálního sledování nesmírně obtížné stanovit nejvhodnější poměr, mezi intenzitou, objemem a regenerací (Bompa & Haff, 2009).

Dalším účinným nástrojem je variabilita srdeční frekvence (VSF), která nám umožňuje hodnotit stav ANS a která se používá pro hodnocení R-R intervalů, mezi po sobě jdoucími srdečními stahy. Variabilita neboli proměnlivost srdeční frekvence je způsobena oscilací



srdeční frekvence v průběhu času. Srdeční rytmus, který se projevuje kolísáním, nekonstantností za klidových podmínek a který je regulován fyziologickými mechanismy. Jako nejčastější metody se využívají metody časové a frekvenční analýzy. Mezi významné fyziologické determinanty VSF řadíme polohu těla, objem krevní plazmy, autonomní kardiální regulaci a genetiku (Buchheit, 2014).



Obrázek 10. R-R intervaly srdeční frekvence (Rajendra Acharya, Paul Joseph, Kannathal, Lim, & Suri, 2006).

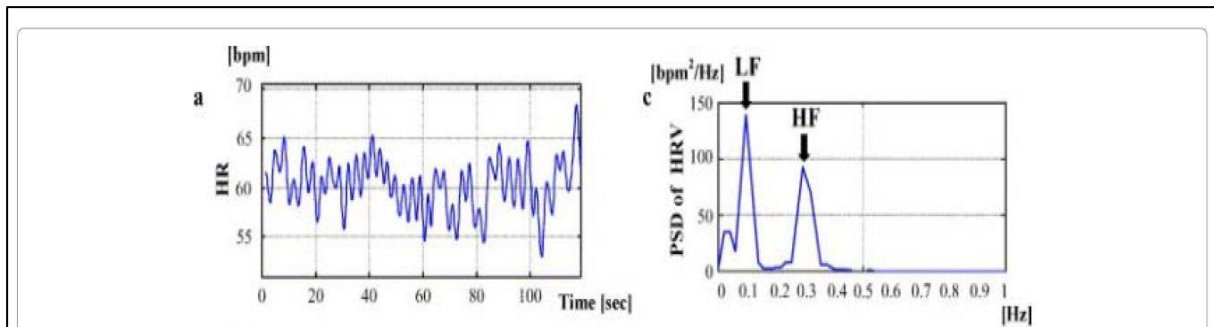
### **2.3.7.1 Hodnocení variability srdeční frekvence**

#### **2.3.7.1.1 Metoda časové analýzy**

Jedná se o nejjednodušší způsob, jak hodnotit VSF. Esenciálním je porovnávání a monitorování délky R-R intervalů ve vymezeném úseku na záznamu elektrodiagramu (EKG). 1. způsobem hodnocení časové analýzy, porovnávání délek mezi R-R intervaly, je za pomoci průměrné SF a směrodatné odchylky SDRR. 2. způsobem je sledování rozdílů mezi sousedními intervaly za pomoci rMSSD, které vyjadřuje průměr čtverců rozdílů sousedních R-R intervalů (Aubert et al., 2003).

#### **2.3.7.1.2 Frekvenční analýza variability srdeční frekvence**

Frekvenční, nebo někdy také spektrální analýza nám umožňuje nepřímo, za pomoci jednotlivých, spektrálních proměnných kvantifikovat aktivitu ANS.



Obrázek 11. Krátkodobý záznam distribuce spektrálního výkonu VSF (Joshi, Desai, & Menon, 2016).

Frekvenční analýza VSF se ve většině případů používá pro analýzu krátkodobých záznamů, kdy je sledován výkon ve čtyřech frekvenčních pásmech (Berntson et al., 1997.)

Berntson et al. (1997) dělí frekvenční pásma následovně.

- ultra nízkofrekvenční pásmo: vliv v tomto frekvenčním pásmu můžeme přisuzovat hormonálním změnám, nebo termoregulaci. Často bývá ovlivněno pohybovou aktivitou. Frekvence se pohybuje do 0,00333 Hz.
- velmi nízkofrekvenční pásmo: významný vliv v této oblasti se připisuje působení sympatiku, které je spojeno s termoregulací, ve frekvenčním rozsahu 0,0033 – 0,4 Hz.
- nízkofrekvenční pásmo: za pomoci baroreceptorů je toto pásmo ovlivněno činností sympatiku i parasympatiku. Pokles jedné části ANS přichází z důvodu zvýšení aktivity části druhé. Frekvenční rozsah je v tomto pásmu 0,4 – 0,15 Hz.
- vysokofrekvenční pásmo: bývá považováno za hlavní ukazatel činnosti a vlivů parasympatiku. Činnost této složky bývá spojována výhradně s respirační aktivitou vagu. Frekvenční rozsah je 0,15 – 0,4 Hz.

### 2.3.7.2 Faktory ovlivňující variabilitu srdeční frekvence

První z významných faktorů ovlivňující VSF je pohlavní (Fráňa, Souček, Říháček, Bartošikova, & Fráňová, 2005).

Do 50. roku života se projevuje signifikantní rozdíl, mezi muži a ženami v VSF. U žen má velký vliv na VSF menstruační cyklus, který je spojený s reprodukčním obdobím a který se projevuje zejména díky estrogeneru. Je známo, že ženy mají v reprodukčním období zvýšenou

SF a během gravidity byla prokázána také snížená funkce sympatiku (Acharya, Joseph, Kannathal, Lim, & Suri, 2006).

Tento rozdíl se pak postupně vytrácí, což může pravděpodobně souviset s úbytkem estrogenu u žen (Aubert et al., 2003).

Acharya et al. (2006) připisují k dalším významným faktorům ovlivňující VSF věk. VSF s rostoucím věkem klesá, kdy postupně vagová aktivita klesá a narůstá dominance sympatovagové rovnováhy.

Aubert et al. (2003) tvrdí, že ačkoliv s věkem klesá kardiální vagová regulace, může být u pravidelně vytrvalostně sportujících jedinců významně potlačena, až do vyššího věku.

Významnými faktory, které upravují autonomní kardiální regulaci jsou kvalita spánku a spánková deprivace, které mohou negativně ovlivnit sportovní výkonnost (Eagles, Mclellan, Hing, Carloss, & Lovell, 2014).

Při nedostatku spánku dochází k redukci aktivity vagu a relativnímu vzestupu aktivity sympatiku (Zhong et al., 2005).

Na poklesu VSF má také význam kouření, které způsobuje vyšší sympatickou a nižší parasympatickou modulaci, stejně jako užívání alkoholu, které vede k poklesu VSF a zvýšení SF, ačkoliv se u vrcholových sportovců nepředpokládá (Acharya et al., 2006).

Stresové faktory, jako je mentální stres, emoční stres mohou zvyšovat SF a tím i aktivitu sympatiku, což má za následek snížení celkové VSF, bez ohledu na tělesnou zdatnost (Dishman et al., 2000).

S blížícími se utkáními se může dostavit patriční nervozita, obavy, nebo úzkost a tyto psychologické modulátory ANS se pak projevují útlumem aktivity vagu a sympatovagová rovnováha se přesouvá směrem k sympatiku (Berntson, Sarter, & Cacioppo, 2003).

Fráňa et al. (2005) zmiňují důležitost stravování. Obecně by člověk měl přijímat méně tuků, méně cukrů a jíst více zeleniny a ovoce. Mezi základní principy, které přispívají k udržení vysoké VSF je dodržování správné životosprávy a celkový zdravý životní styl. Základem by měla být pravidelná pohybová aktivita, která by měla trvat minimálně 45 minut, s minimální frekvencí třikrát týdně. Jedná se například o běh, jízdu na kole a podobně. Na VSF a SF má vliv i dědičnost.

Singh et al. (1999) uvádějí, že dědičnost může mít vliv na VSF až z 23%.

### **2.3.7.3 Využití spektrální analýzy v prevenci syndromu přetrénování**

Spektrální analýza VSF umožňuje objektivně posoudit stav aktivity ANS a výsledky lze použít pro efektivnější vedení tréninkového procesu, umožňuje predikovat obsah nastávající edukační jednotky, ve smyslu intenzity zatížení, sleduje připravenost sportovce. Při nerovnováze mezi zatížením a zotavením může dojít k přetížení, k poklesu sportovní formy a výkonnosti a syndromu přetrénování. Porucha funkcí ANS je jednou z příčin syndromu přetížení a přetrénování. Jako prvotní fázi přetížení můžeme vysledovat pokles aktivity parasympatiku a posunu rovnováhy k sympatiku. Analýza variability srdeční frekvence dovoluje lépe zhodnotit fyzický stav atleta prostřednictvím ANS a dovoluje efektivnější zhodnocení začínající a kumulující únavy (Lee & Mendoza, 2014).

Lee a Mendoza (2014) popisují, že vysoká aktivita parasympatiku svědčí o dobré fyzické kondici, pokud budeme sportovce vystavovat nějakou dobu intenzivní zátěži, tak by měli vykazovat zhoršené hodnoty SA VSF a posunu aktivity na stranu sympatiku. V období regenerace a zotavení by se aktivita ANS měla vrátit zpět, směrem k parasympatiku, tímto způsobem spatřují v přetížení možnost využití efektu superkompenzace a zvýšení výkonnosti sportovců. Syndrom přetrénování můžeme rozdělit na sympatický a parasympatický a lze rozpoznat v důsledku zvýšené aktivity sympatiku, nebo parasympatiku (vagu). Tyto rozdíly se projevují v závislosti na intenzitě zatížení. Pokud ve sportu převažují výkony anaerobního charakteru, konkrétně krátkodobé silové, tak se syndrom přetrénování projeví zvýšenou aktivitou sympatiku v klidové fázi. Při vytrvalostních sportech aerobního charakteru můžeme syndrom přetrénování sledovat zvýšenou aktivitou parasympatiku, která bývá doprovázená zvýšenou únavou.

### **2.3.7.4 Variabilita srdeční frekvence po cvičení**

VSF po cvičení je důsledkem reaktivace parasympatiku a poklesu sympatické aktivity. Musí být tedy vyhodnocena ihned po skončení cvičení (dvě až pět minut). VSF je ovlivněna hladinami epinefrinu v plazmě, po výkonu, koncentrací laktátu v krvi, krevní acidózou, akumulací stresových metabolitů v krvi a kosterním svalstvu a arteriálním okysličováním. Arteriální baroreflexní aktivita, regulace krevního tlaku, vazodilatace krevních cév a stimulace metaboreflexu, která optimalizuje transport kyslíku do svalů, to vše určuje úroveň reaktivace parasympatiku, a tedy i VSF po cvičení. Kromě toho je známo, že srdeční parasympatická aktivita je ovlivněna délkou trvání a intenzitou cvičení, věkem, pohlavím, základní fyzickou

schopností, tréninkem, psychickým stavem, centrální únavou a příjmem tekutin (Stanley, Peake, & Buchheit, 2013).

Během dnů odpočinku (dny bez tréninku, nebo soutěže) je stále důležité zaměřit se na sledování hráčů. Dokonce, i když hráči netrénují, neuromuskulární komplexy jsou stále stimulovány během procesu zotavení, zejména dle teorie superkompenzace (Bompa & Haff, 2009).

Po cvičení, v krátkodobém horizontu (0–90 min) převládá metaboreflexní stimulace, zatímco dlouhodobá (1–48 h), baroreflexní stimulace v důsledku parasympatické reaktivace. Oba reflexy se překrývají přibližně ve 30. minutě. Ve srovnání se standardním tréninkovým programem bylo pozorováno, že každodenní úprava tréninkového zatížení podle každodenních individuálních změn měření VSF umožňuje větší zlepšení  $VO_{2max}$  (Stanley et al., 2013).

### **2.3.8 Koncentrace laktátu v krvi**

Koncentrace laktátu v krvi je užitečným nástrojem pro hodnocení změn v anaerobní vytrvalosti. Prahová hodnota laktátu se zlepšuje s vyšším  $VO_{2max}$ , proto by mohlo být spekulováno, že čím vyšší je prahová hodnota pro laktát, tím vyšší je průměrná intenzita pohybové aktivity, kterou by hráč mohl udržet během zápasu, aniž by se v těle hromadil laktát (Gharbi et al., 2008).

Bylo zjištěno, že vrchol laktátu v krvi po cvičení byl dosažen přibližně 3 minuty po ukončení cvičení, pokud nebylo provedeno žádné aktivní zotavení. Během fotbalového zápasu byla měřena koncentrace laktátu v krvi mezi 1,0 a 15,5 mmol/l (Stølen et al., 2005).

Měření a získávání hodnot obvykle bývá odebráním z intravenózního vzorku krve a následným analyzováním v laboratoři nebo z bříška prstů, za pomoci přenosného analyzátoru, který produkuje validovaná měření přímo na hřišti. Koncentrace laktátu v krvi dobře koreluje s jinými ukazateli intenzity cvičení, jako jsou měření RPE a SF (Pyne, Martin, & Logan, 2000).

Krevní laktát se snadno shromažďuje z bříška prstů a měřicí nástroje jsou relativně levné a velmi spolehlivé. Sběr laktátu je cenným nástrojem pro monitorování tréninkového zatížení. Jeho koncentrace je však velmi závislá na aktivitě provedené v průběhu pěti minut před odběrem krve. Kromě toho, na rozdíl od SF nebo RPE, je sběr laktátu z krve invazivní metodou a jeho každodenní odebírání by se časem mohlo stát velmi nepohodlné, jelikož pouze kvalifikovaný pracovník je schopen provádět sbírku dat správně. Proto vzorkování koncentrace laktátu z krve představuje omezující faktory, které činí jeho použití méně žádoucím než RPE

nebo SF, zejména u elitních hráčů. Je také důležité provádět sbírku současně u všech hráčů (Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna, & Impellizzeri, 2009).

### **2.3.9 Specifické zranění ACL**

Fotbalová je bohužel spojen s významným rizikem poranění dolních končetin a je zde vyšší výskyt zranění než v mnoha kontaktních sportech. Nejčastější zranění jsou bezkontaktní zranění dolních končetin, která se v mladším věku stávají běžně. Muži mají větší pravděpodobnost většího výskytu zranění kotníků, zatímco například fotbalistky jsou náchylnější k poranění kolen. Poranění předního zkříženého vazů (ACL) jsou běžným příkladem zranění dolních končetin ve fotbale. Úrazy ACL se vyskytují nejčastěji v bezkontaktních sportech, které zahrnují rychlé otáčení, zrychlení, zpomalení, skákání a následné dopady, takže fotbalisté jsou největšími kandidáty na tato zranění (Boden, Dean, Feagin, & Garrett, 2000).

Mnohé sportovní asociace rozpoznaly riziko zranění mladých fotbalistů, a vyvinuli programy prevence zranění, nebo zásahy, aby pomohly snížit výskyt těchto zranění. Kanadská akademie sportu vydala prohlášení a doporučení k realizaci programů prevence úrazů u fotbalistů s cílem snížit výskyt zranění ACL. Tyto standardizované intervenční programy jsou vědecky navrženy a jsou zaměřeny na zlepšení síly, propriorecepce, koordinace a neuromuskulární kontroly (Hübscher & Refshauge, 2013).

Při správném provádění v mládežnických fotbalových týmech jsou tyto intervence účinné při snižování hodnot zranění dolních končetin o 32–65 %. Tyto intervence mají konkrétně 77–90% snížení rizika zranění kolene a 50–66% snížení rizika poranění kotníku. Mělo by dojít k omezení, jak akutních, tak chronickým poraněním a k lepšímu průběhu zranění. Na rozdíl od anatomických rizikových faktorů, neuromuskulární a biomechanické deficity lze řešit intervenčními programy. Kontrola středu těla a propriorecepce dolních končetin jsou modifikovatelné rizikové faktory a je důležité tělo přizpůsobit možným poruchám při sportovních úlohách. Snížená schopnost přemístění trupu při rychlých intervencích je vysoce citlivé na predikci zranění ACL v kolenu. Svalová síla, aktivace a synergická koordinace jsou důležité pro prevenci těchto zranění. Snížená relativní síla hamstringů, ale zvýšená relativní síla kvadricepsů může mít za následek zranění ACL. Výskyt tohoto poranění je vyšší v závěrečné fázi utkání, ve které je přítomná svalová únava. Jeden z neuromuskulárních deficitů, který je označován jako vazivová dominance, lze definovat jako nerovnováhu mezi neuromuskulárním

a vazivovou kontrolou dynamické stability kolenního kloubu. Dále jsou ohrožení jedinci, u kterých převažuje dominance jedné nohy (Emery & Meeuwisse, 2010).

Mezi nejvíce sledované parametry, jako prevence těchto zranění jsou například sledování reaktivní síly (RSI). Tato síla představuje individuální schopnost přechodu z excentrické na koncentrické svalové kontrakce, během cyklu prodlužování a zkracování a je určena pro monitorování zátěže na svalovou šlachy, během plyometrického cvičení. Další parametry, které sledujeme, se měří za pomoci izokinetické dynamometrie, kde se měří síla dominantní a nedominantní nohy, při koncentrickém a excentrickém působení kolenních flexorů a koncentrického působení extenzorů kolene (Emery & Meeuwisse, 2010).

### **3 CÍLE**

#### **Hlavní cíl**

Hlavním cílem práce bylo analyzovat vědecké práce a zjistit, s jakými ukazateli tyto práce nejčastěji pracují, aby bylo ve fotbale možné kvantifikovat únavu, zatížení, a zatěžování s cílem předcházet zraněním.

#### **Dílčí cíle**

Zjistit, které ukazatele vnitřního zatížení jsou nejčastěji monitorovány.

Zjistit, které ukazatele vnějšího zatížení jsou nejčastěji monitorovány.

#### **Výzkumné otázky**

VO1 Jaká kombinace ukazatelů se nejčastěji využívá při dávkování zatížení a jako prevence zranění ve fotbale?

VO2 Které ukazatele se jeví jako vhodné pro snížení rizika zranění ve fotbale?



## 4 METODIKA

### 4.1 Výběr vědeckých článků

Abychom byli schopni lokalizovat ty nejkvalitnější vědecké práce, byly prohledány tyto 2 databáze: Medline, který je jedním z nejdůležitějších zdrojů informací v lékařství i souvisejících věd o životě, zahrnující okolo 5 600 odborných časopisů a SPORTDiscus, mezinárodní databáze časopisů z oblasti sporu a sportovní medicíny a zahrnuje více, než 415 časopiseckých titulů a více než 700 000 článků. Za pomoci hledání logických výrazů/frází, byla vkládána tato klíčová slova: „Soccer“, „Fatigue“, „Load“, „Monitoring“. Pojem „Soccer“ byl vyhledáván v titulech prací, „Fatigue“ a „Load“ byly vyhledávány v abstraktech článků a „Monitoring“ byl hledán ve veškerém textu. Vyhledávány byly práce v anglickém jazyce a byly odstraněny duplicity. Vyhledáno bylo celkově 33 článků. Z důvodu dodržení aktuálnosti, byly hledány články v letech 2017 – 2019. Výběr byl tímto přidaným kritériem zúžen na 18 prací. Poslední kritériem bylo obsažení plného textu, který nám výběr zúžil o jednu práci, na konečný počet 17.

Dále byly práce tříděny manuálně. Jedna práce vykazovala stejná data, název a myšlenky, nicméně nebyla z duplicity systémem odstraněna. Proto byla odstraněna z výběru manuálně. Druhou práci nebylo možné stáhnout, nebo zobrazit a třetí studie, po jejím prostudování neseděla dle mého subjektivního názoru do této práce. Nakonec bylo analyzováno 14 vědeckých prací a vyhledávání proběhlo 2.6.2019.



## 4.2 Analýza studií

Velikost vzorku atletů v analyzovaných studiích se pohybovala od 8 probandů, až po 35. 11 analyzovaných studií bylo založeno na zkoumání mužského pohlaví, z toho 3 studie, byly

studie o ženských hráčkách fotbalu. Tabulka číslo 1 nám ukazuje, že věk probandů se pohyboval od 15 let do 30.7 let věku. 2 analyzované studie se týkaly i 2 týmů, které byly analyzovány na amatérské úrovni, 3 družstva se pohybovalo na úrovni poloprofesionální soutěže, 6 již bylo profesionálních a 3 týmy hrály soutěže na elitních úrovních, které zahrnovaly účast v evropských pohárových soutěžích. Doba délky studií byla velmi variabilní a pohybovala se od jednoho týdnu, až do jednoho roku, kdy výzkum probíhal po celou sezónu.

Analyzované studie	Počet probandů	Věk probandů	Pohlaví	Délka studie (Týdny)	Soutěž/Úroveň
(Rabbani, Basari, Reisi, Clemente, & Kargarfard, 2018)	8	21.1 ± 3.4	Muž	2	Profesionální
(Strauss, Sparks, & Pienaar, 2019)	30	22.8 ± 2.4	Žena	1	Poloprofesionální
(Sams, Sato, Deweese, Sayers, & Stone, 2018)	18	20 ± 1	Muž	18	Poloprofesionální
(Manuel Clemente et al., 2019)	29	25.14 ± 3.90	Muž	7	Profesionální
(Matinlauri et al., 2019)	20	21.3 ± 2.5	Muž	1	Poloprofesionální
(Oliveira et al., 2019)	19	26.3 ± 4.3	Muž	39	Elitní
(Jaspers et al., 2019)	26	23.2 ± 3.7	Muž	52	Elitní
(Dewitt, Gonzales, Laughlin, & Amonette, 2018)	18	25.1 ± 3.3	Žena	20	Profesionální
(Thorpe et al., 2017)	10	19.1 ± 0.6	Muž	3	Profesionální
(Flatt, Esco, & Nakamura, 2017)	8	20.2 ± 1.8	Žena	3	Profesionální
(Martin Buchheit, Lacombe, Cholley, & Michael Simpson, 2018)	18	17 ± 2	Muž	2	Elitní
(Akubat, Barrett, Sagarra, & Abt, 2018)	10	20±1	Muž	2	Amatérská
(Clemente, 2018)	10	19.8 ± 1.6	Muž	2	Amatérská
(Clemente et al., 2017)	35	25.7 ± 5.0	Muž	52	Profesionální

Obrazek 13. Přehled analyzovaných studií

## 5 VÝSLEDKY

Výsledky byly rozděleny do dvou kategorií, na ukazatelé, které nám pomáhají monitorovat vnitřní zatížení a zatěžování a vnější ukazatelé, které nám pomáhají určit velikost vnějšího zatížení.

Reference	Vnitřní zatížení										Vnější zatížení			
	RPE	SF	VSF	HI	PPW	GPS	SJ	IPC	CMJ	KONDIČNÍ TESTY	TRIMP	DYNAMOMETRIE		
(Rabbani, Basri, Reisi, Clemente, & Kargarfard, 2018)	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE		
(Strauss, Sparks, & Pienaar, 2019)	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE		
(Sams, Sato, Devesse, Sayers, & Stone, 2018)	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE		
(Manuel Clemente et al., 2019)	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE		
(Matinlauri et al., 2019)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE		
(Oliveira et al., 2019)	ANO	NE	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE		
(Jaspers et al., 2019)	ANO	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE		
(Dewitt, Gonzales, Laughlin, & Annette, 2018)	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE		
(R. Thorpe et al., 2017)	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE		
(Flatt, Esco, & Nakamura, 2017)	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE		
(Martin Buchheit, Lacombe, Cholley, & Michael Simpson, 2018)	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	ANO		
(Akubat, Barrett, Sagarra, & Abt, 2018)	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO	NE		
(Clemente, 2018)	ANO	ANO	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE		
(Clemente et al., 2017)	ANO	NE	NE	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE		

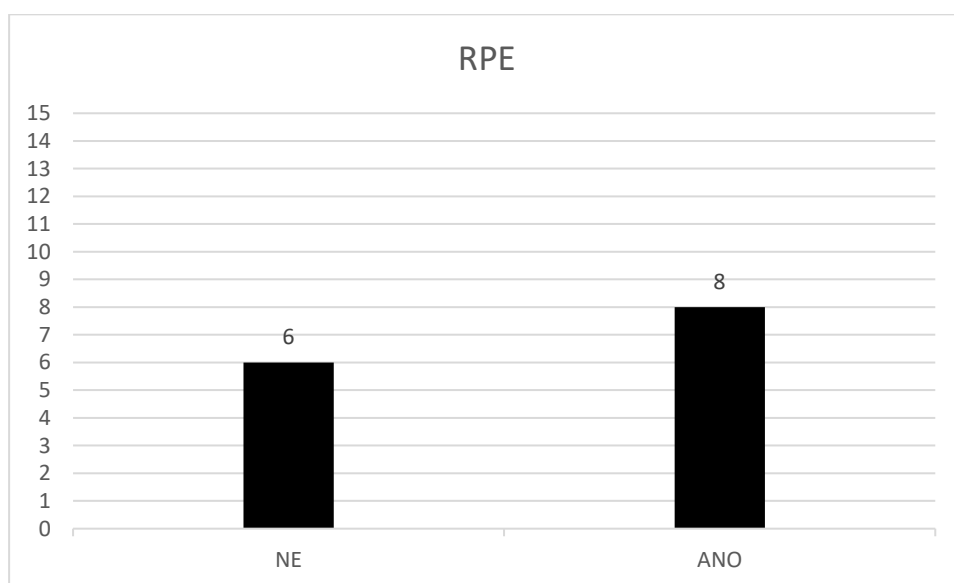
Obrázek 14. Souhrnný přehled výsledků bakalářské práce

## 5.1 Ukazatelé vnitřního zatížení

Z ukazatelů vnitřního zatížení se ze 14 analyzovaných studií sledovaly parametry v následujícím pořadí.

### 5.1.1 Hodnocení vnímané námahy za pomoci Borgovy škály

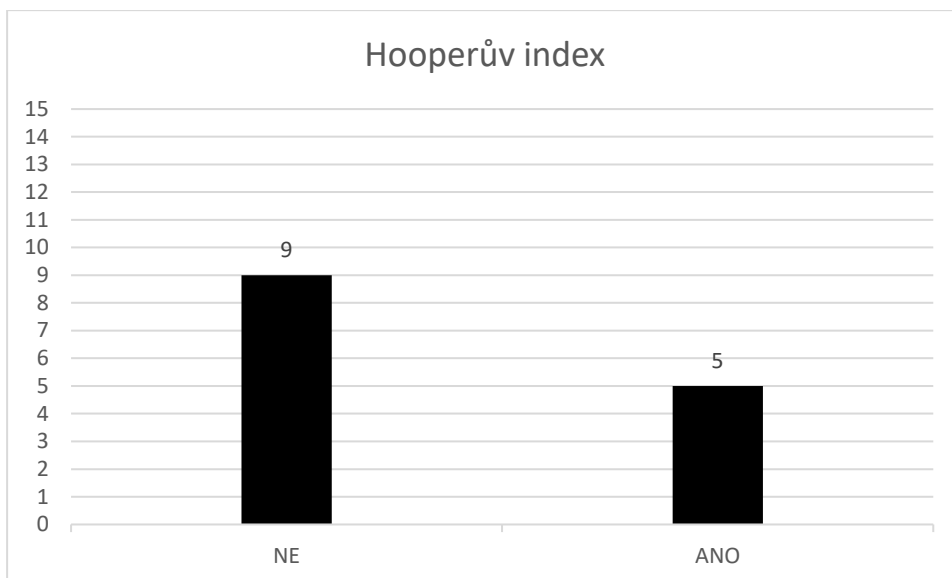
Borgova škála byla nejčastěji sledovaným parametrem pro subjektivní hodnocení vnímané námahy a intenzity tréninku, v oblasti vnitřního zatížení. Hráči po tréninkové jednotce vyplňují dotazník otázek od stupnice od jedné do desíti, kdy 10. stupeň se jeví jako stupeň nejvyššího zatížení. Ze čtrnácti analyzovaných studií bylo RPE použito v osmi případech.



### 5.1.2 Hooperův index

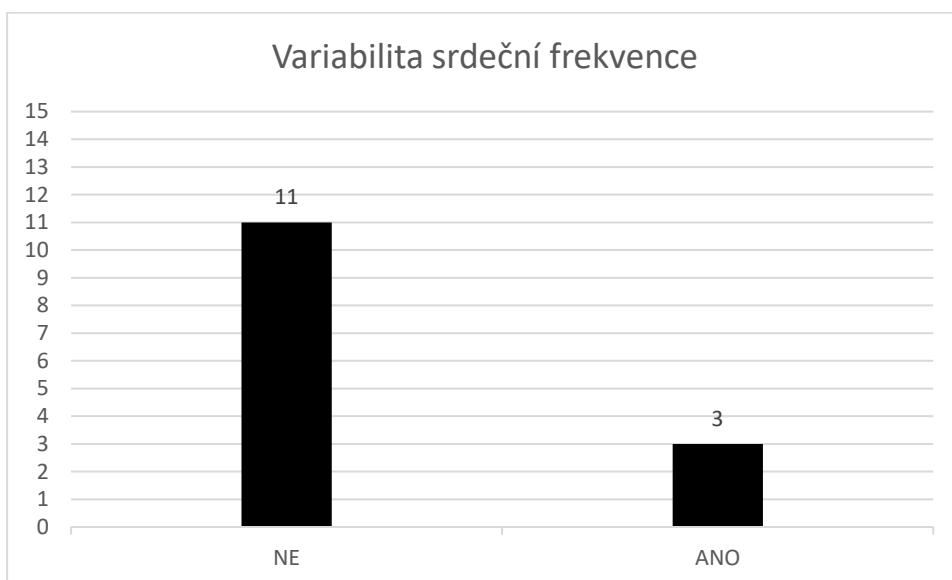
Hooperův index je dotazník, který se skládá z podmnožin vnímané kvality spánku, stresu, svalové únavy a bolestivosti, přičemž každá otázka bývá hodnocena na sedmi bodové stupnici (od „1“ až „7“, což představuje „velmi velmi dobré“ a „velmi špatné“ hodnocení).

Z celkových čtrnácti analyzovaných článků, byl Hooperův index použit u pěti prací a u devíti použit nebyl.



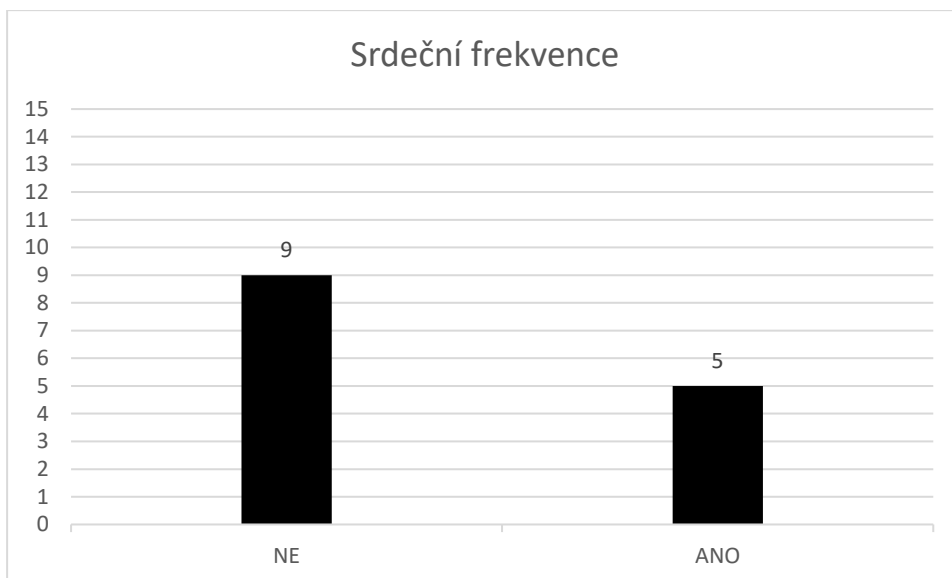
### 5.1.3 Variabilita srdeční frekvence

Variabilita srdeční frekvence byla použita ve třech analyzovaných pracích a v jedenácti použita nebyla.



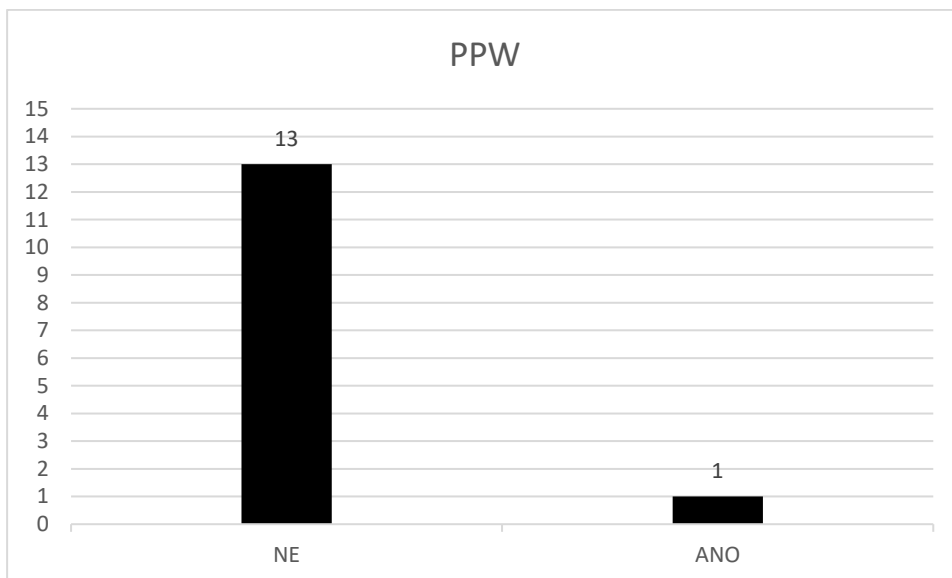
### 5.1.4 Srdeční frekvence

Hodnocení srdeční frekvence bylo použito v pěti studiích ze čtrnácti. 9 studií monitorování SF nevyužilo.



### 5.1.5 Zdravotní stav vnímaný hráčem

V jednom ze čtrnácti případů byla použita „Perceived player wellness“ (PPW). Data byla sbírána každé ráno a dotazník obsahoval pět otázek o únavě, kvalitě spánku, celkové svalové bolesti, vnímané úrovni stresu a nálady. Tento průzkum se velice podobá Hooperovému indexu.



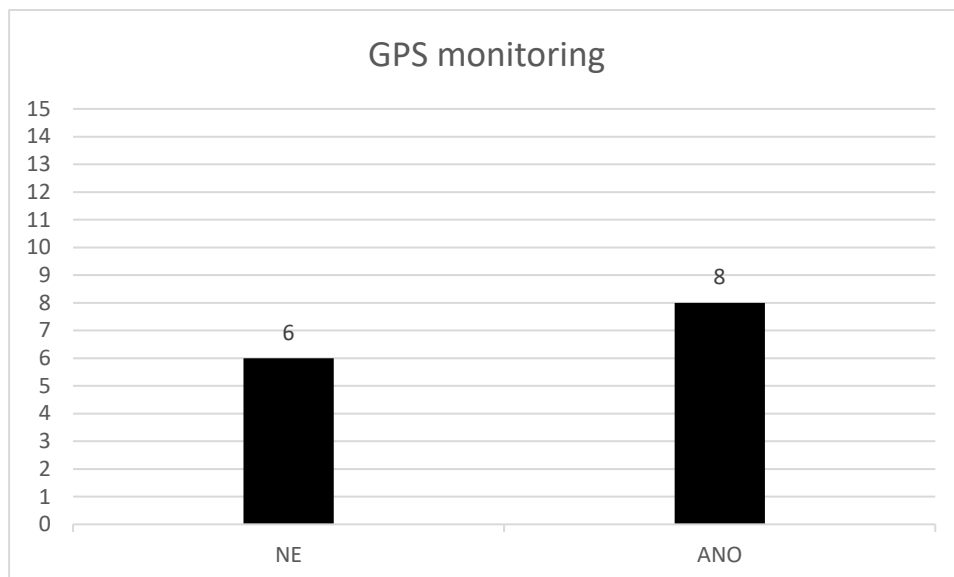
### 5.2 Ukazatelé vnějšího zatížení

Z ukazatelů vnějšího zatížení se ze čtrnácti analyzovaných studií sledovaly tyto parametry.



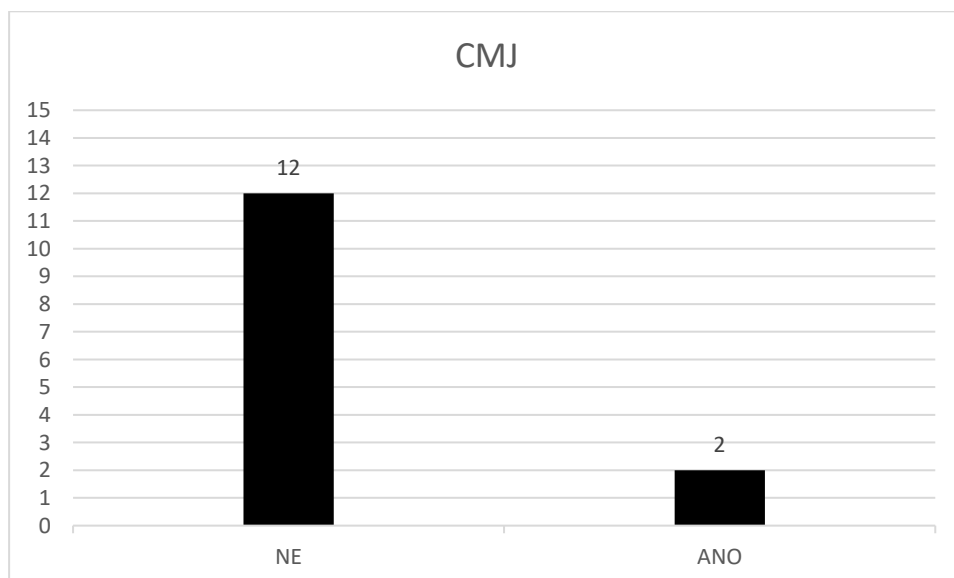
### 5.2.1 GPS monitoring

GPS monitoring byl z parametrů vnějšího zatížení ten nejsledovanější. Byl využit v osmi ze čtrnácti analyzovaných studií.



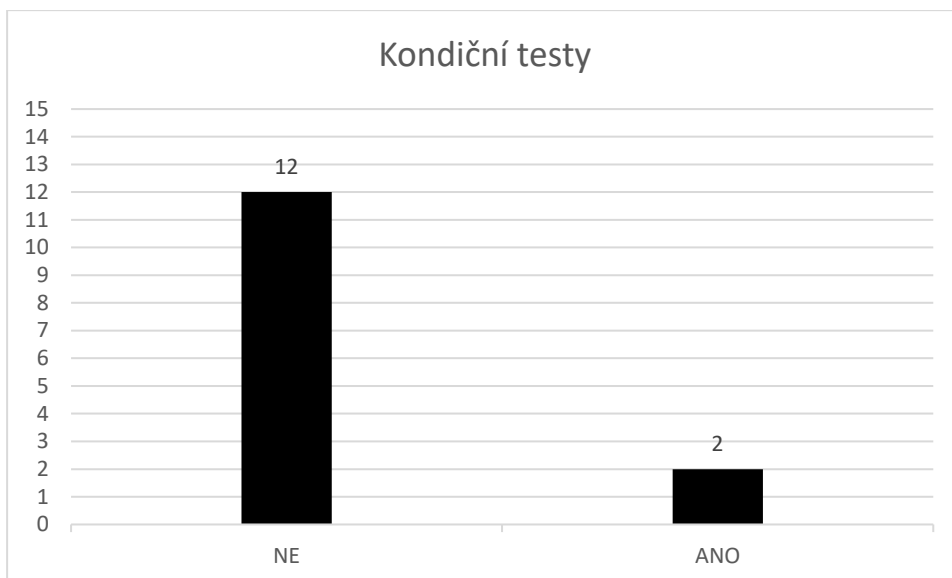
### 5.2.2 Vertikální skok z protipohybu

Counter movement jump (CMJ), byl použit ve třech studiích ze čtrnácti.



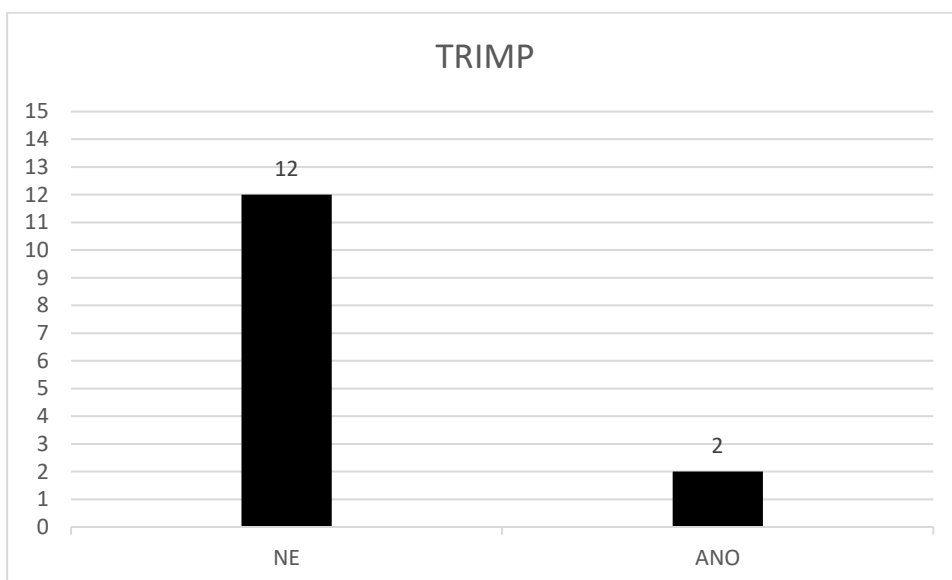
### 5.2.3 Kondiční testy

Kondiční testy, jako například Yo-Yo intermittent recovery test, byly použity ve dvou studiích ze čtrnácti.



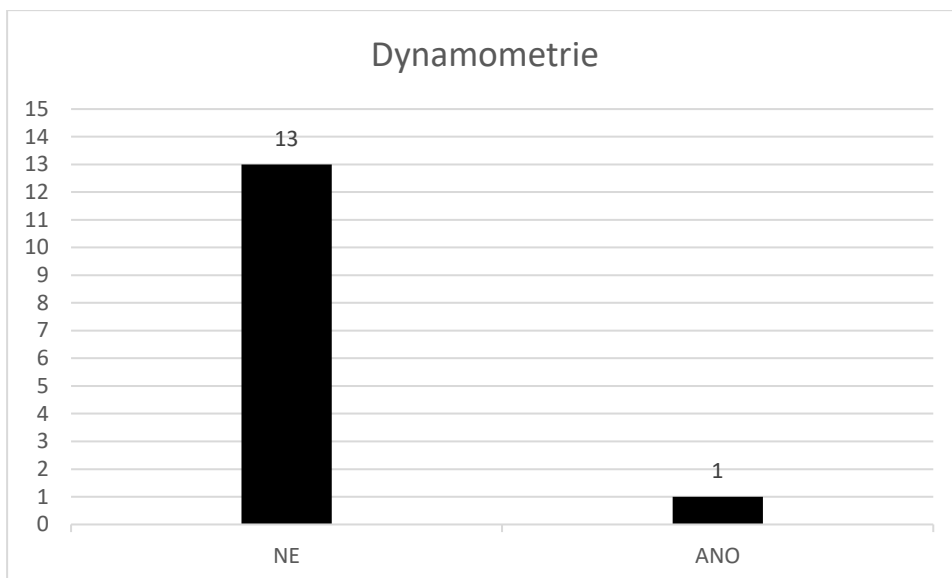
### 5.2.4 Tréninkový impuls

Bannisterův tréninkový impuls (TRIMP) by se dal dle studií zařadit i k ukazatelům vnitřního zatížení. Použit byl ve dvou studiích ze čtrnácti.



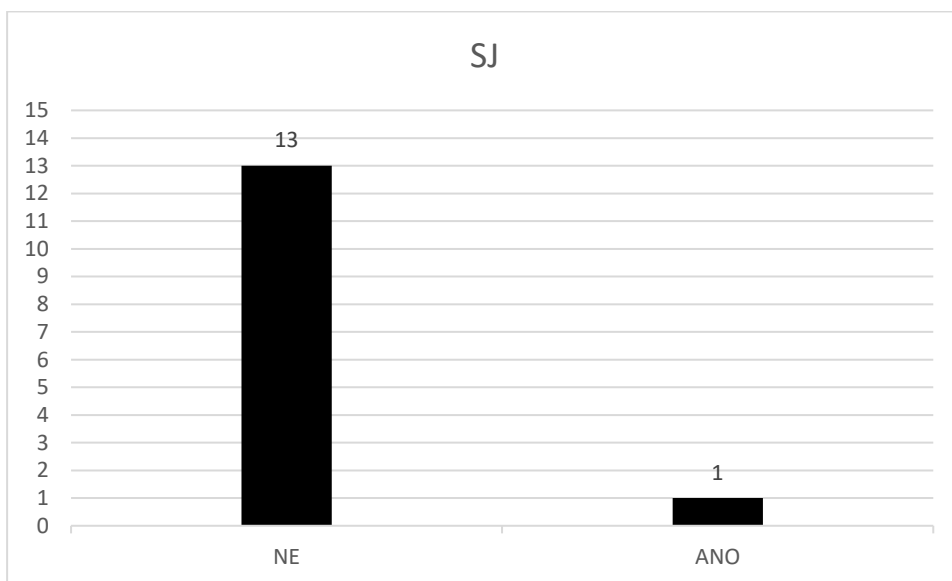
### 5.2.5 Dynamometrie

Dynamometrie byla použita v jedné studii ze čtrnácti.



### 5.2.6 Vertikální skok z podřepu

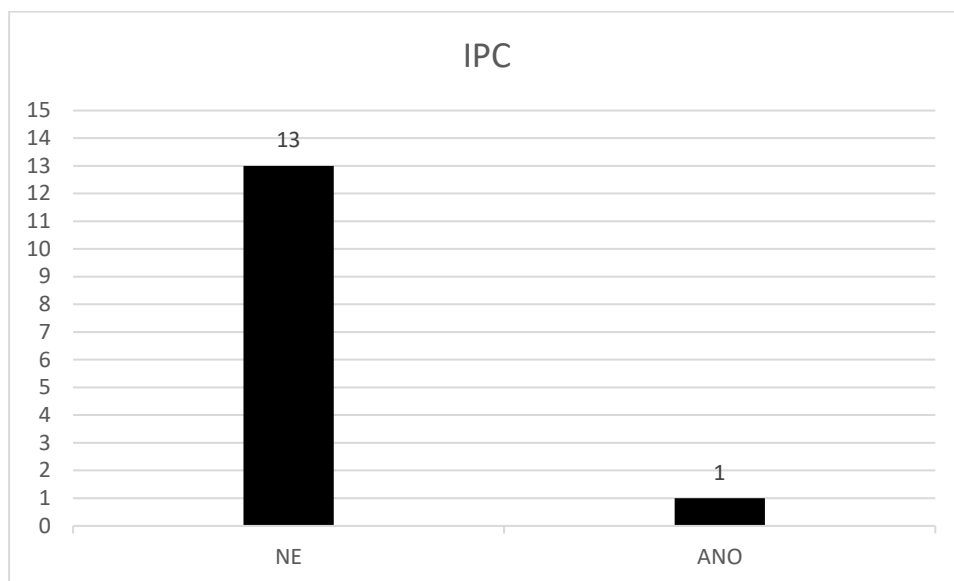
Squat jump (SJ) byl použit jen jednou ve čtrnácti analyzovaných studiích.



### 5.2.7 Izometrický test hamstringů

Isometric posterior chain test (IPC) – byl test, ve kterém hráči stáli hýžděmi, horní částí zad, hlavou a netestovanou nohou a patou proti zdi. Pata nohy, která byla testována, byla umístěna na silové platformě, kdy kotník byl v neutrální poloze. Výška krabice, na které byla umístěna silová platforma, a její vzdálenost ke stěně, byly individuálně nastaveny tak, aby bylo zajištěno, že každý hráč byl testován v 90 ° flexi kyčle a 20 ° polohy ohybu kolena - měřeno

pomocí goniometru. Izometrický test hamstringů byl použit v jedné studii, ze čtrnácti analyzovaných.



## 6 DISKUZE

Rabbani et al. (2018) tvrdí, že mírné zhoršení kvality spánku pozorované v této studii je v souladu s předchozími studiemi Moalla et al. (2016), které uváděly škodlivé účinky náročného harmonogramů zápasů a tréninkových fází s vysokým zatížením. Vysoká asociace mezi spánkem a RPE ( $r = 0,89$ ) nalezená v této studii je v souladu s nálezy studie Moalla et al. (2016), kteří ukázali významné vztahy mezi těmito sledovanými parametry a tréninkovou zátěží. Pozorování zvýšeného stresu, který je vyvolaný náročným zápasovým programem naznačuje, že zvýšený stres můžeme pozorovat u fotbalistů, kteří se podrobí tréninkovým, nebo zápasovým fázím s vysokým zatížením. Také bolestivost svalstva je v souladu s výsledky, kdy se svalová bolestivost ukázala být jako zvýšená, během náročných fází zatížení. Měření VSF ukázalo pouze triviální změnu v náročném zápasovém programu. Výsledky jsou tedy v kontrastu, kdy předchozí studie Flatt et. al (2017) prokázala významné změny v LnrMSSD ve fázích s vysokým zatížením a další studii Thorpe et al. (2015), která ukázala významné vztahy mezi LnrMSSD a odchylkami v tréninkovém zatížení. Důvodem této nesrovnalosti jsou pravděpodobně rozdíly v použitých metodických přístupech, které byly v předchozí studii Plews et. al (2013) odvozené z více časových bodů, myšleno, že VSF se měřila několikrát a výsledky nebyly založeny na pár měřeních, jako u této studie, ale na více měřeních. Tento výsledek doporučuje předchozí tvrzení Plews et al. (2014), že při měření VSF by měly být použity alespoň tři měření, během jednoho týdne. Hooperův index vykazoval mírně větší citlivost na tréninkovou fázi s vysokým zatížením než LnrMSSD v této studii. Velmi velká asociace mezi RPE a Hooperovým indexem ( $r = 0,72$ ) ve srovnání s malým vztahem mezi RPE a LnrMSSD ( $r = 0,10$ ) opět naznačuje vyšší citlivost subjektivních vykazovaných měření, při sledování stavu únavy fotbalistů během fází s vysokým zatížením. Tyto výsledky potvrzují zjištění nedávného přezkumu Saw et al. (2016), který ukázal nadřazenost subjektivních opatření před objektivními indexy. Mezi podskupinami Hooperova indexu také spánek a únava vykazovaly velké predikční schopnosti. Výsledky této studie proto naznačují, že je účinnější používat subjektivní měření, namísto objektivních indexů, jako je například VSF, pokud je jediným možným řešením „jeden časový bod“.

Strauss et. al (2019) předpokládají, že v analýze týmových sportů, jako je fotbal, je únava považována za neschopnost hráčů, přenést a následně udržet běžecký výkon z první poloviny zápasu, ve druhé polovině zápasu. Z toho důvodu byla použita metoda monitorování SF, spolu s GPS monitoringem. Snížení počtu uběhnutých vzdáleností vysokých intenzit ( $>90\%$  SF<sub>max</sub>),

může být výsledkem únavy. Strauss et al. (2019) říkají, že zkrácený čas, strávený v zóně běhů vysokých intenzit, ve druhé polovině zápasu, je výsledkem snížené fyzické práce hráče a tím pádem i výskytu únavy.

Sams et al. (2018) říkají, že metody použité v této studii jsou z hlediska nákladů efektivní, což je další z důvodů, pro jejich použití. Byla zjištěna výška skoku a porovnání možných změn s hodnocením tréninkové zátěže a vnímané námahy RPE. Monitorování sportovců bylo úspěšné, což dokazuje udržení výšky SJ po celou sezónu a pozitivního vztahu mezi tréninkovým zatížením a změnami výšky. SJ v kombinaci s RPE tak může sloužit jako užitečný nástroj pro monitorování únavy sportovce.

Clemente et al. (2019) použili ke sledování tréninkového zatížení GPS monitoring, jelikož měřili vnější zatížení za pomoci uběhnutých vzdáleností různých intenzit, v tréninkových jednotkách, během sedmi mikrocyklů. Byla měřena pokrytá celková vzdálenost (m), vzdálenost překonána v chůzi (0 - 6,9 km / h), v mírném tempu (7,0 - 13,9 km / h), v rychlejším tempu (14,0 - 20,0 km/h) a ve sprintu (> 20,0 km / h). Zjistili, že zatížení s blížícím se zápasem postupně klesá, což nám umožňuje zredukovat únavu a lépe připravit hráče k fotbalovému utkání.

Matinlauri et al. (2019) říkají, že zranění zadního stehenního svalu jsou jedny z nejčastějších zranění ve fotbale. Jejich nedostatečná síla, nebo nerovnováha síly, mezi oběma končetinami, mohou být přispívajícím faktorem k jejich únavě a tím i ke zvýšené náchylnosti ke zranění. Významné snížení izokinetické a izometrické síly hamstringů je vyvoláno okamžitě, po tréninkovém, nebo zápasovém zatížení. Výsledky studie podporují zjištění, která dokazují, že jednoduchý izometrický test síly zadního stehenního svalu dokáže detekovat akutní, nebo kumulující se únavu, související s fotbalovým zápasem u fotbalistů. Jednoduchý test izometrické síly zadního stehenního svalu nám tedy může pomoci monitorovat proces zotavení z fotbalového a tréninkového zatížení.

Oliveira et al. (2019) se snažili poskytnout užitečné informace týkající se tréninkového zatížení napříč celou fotbalovou sezónou týmu hrající evropské soutěže. Chtěli poskytnout náhled kombinací různých měření tréninkového zatížení, pozorovaných během celé sezóny, kvantifikovat vnitřní a vnější tréninkové zatížení, za pomoci GPS monitoringu a RPE s HI. Oliveira et al. (2019) tvrdí, že je velmi důležité sledovat zdraví elitních sportovců a poskytovat další informace týkající se detailů únavy hráče, stresu, svalové bolesti a vnímání spánku. Tyto proměnné jsou obvykle spojeny s psychofyziologickými stresovými reakcemi, jako je hodnocení vnímané námahy nebo skóre Hooperova indexu. V této záležitosti je platným a

jednoduchým způsobem monitorování vnitřního tréninkového zatížení. RPE ukázalo korelaci s tréninkovými zónami srdeční frekvence. Následně je také nutné dle Oliveira et al. (2019) kvantifikovat vnější tréninkové zatížení, které je spojeno s celkovým množstvím zatížení, provedené během tréninků a / nebo zápasů. Jedním snadným a praktickým způsobem řízení reakce na trénink pro každého hráče (např. frekvence, čas, celková vzdálenost a vzdálenosti s různou intenzitou tréninkového cvičení) je analýza pohybu pomocí GPS monitoringu.

Jaspers et al. (2019) tvrdí, že současné studie ukazují, že je důležité zahrnout jak objektivní zatížení z tréninkové jednotky jako je GPS, tak i data od hráčů ze subjektivního vnímaného zdravotního stavu hráče. Únava, celková bolestivost svalů, úroveň stresu jsou nejužitečnějšími proměnnými pro hodnocení kombinovaného dopadu zatížení, na budoucí zdravotní stav hráče. Bylo zjištěno, že vnější a/nebo vnitřní zatížení v kombinaci s předchozím subjektivním vnímáním zdravotního (wellness) stavu hráče vedlo k dobré predikci, což ukazuje na význam denního hodnocení wellness stavu hráče. Navíc může pomoci při individualizaci tréninkového programu, jak bude hráč s určitým zdravotním (wellness) stavem reagovat na dané vnější zatížení. RPE a GPS monitoring, se ukázaly v kombinaci jako užitečný nástroj.

Dewitt et al. (2018) tvrdí, že účelem studie bylo zjistit, jak může aktuální stav zápasu ovlivnit proměnné vnějšího zatížení a kvantifikovat zatížení u jednotlivých pozic fotbalových hráčků. Jelikož byly zkoumané proměnné celková překonána vzdálenost (m); vzdálenost ve vysokých rychlostech ( $> 17,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ); počet běhů ve vysokých rychlostech ( $> 17,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ); maximální sprinty (počet sprintů  $> 22,7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) jevil se jako nejvhodnější prostředek monitorování za pomoci GPS. Obecně bylo největší vnější zatížení během remízy 0–0, ve srovnání s ostatními stavy hry a může být způsobeno mnoha faktory.

Thorpe et al. (2017) měřili vnější zatížení za pomoci uběhnutých vzdáleností ve vysokých rychlostech ( $> 14,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) během tréninku, jelikož vykazuje velkou korelaci se subjektivním hodnocením vnímané námahy a následně porovnáváno s vnitřními ukazateli. Oproti předchozím studiím Thorpe et al. (2015), kdy bylo zjištěno, že kvalita spánku může klesat až o jeden bod s každými uběhnutými 400 m ve vysokých rychlostech, v současné studii však byla korelace velmi malá a monitorování kvality spánku ne příliš výrazné. Bylo zjištěno, že svalová bolestivost je významně zvýšena mezi 24 a 72 hodinami po fotbalovém zápase. Kromě toho bylo vidět, že kvalita spánku se v období soutěží snižuje. Do této studie byly zahrnuty pouze dva zápasy ve vzorku 17 dnů, což znamená, že omezené množství zápasů a intenzita tréninku není dostatečná k ovlivnění bolestivosti svalů, kvality spánku a stresu. Vztah mezi změnami ve výšce CMJ a celkovou akumulací vzdálenosti pro vysoké rychlosti během dvou až 4 dnů byl

nevýznamný. Zjištění z této studie ukazuje, že výška CMJ je necitlivá na akutní změny v zatížení u elitních fotbalistů. U VSF byla zjištěna korelace mezi denními výkyvy Ln rMSSD a celkovou vzdáleností ve vysokých rychlostech, kdy v této studii sklon regresivního modelu naznačoval, že zvýšení o každých 300 m ve vysokých rychlostech vedlo ke snížení VSF o jednu jednotku, což znamená, že větší tréninkové zatížení vede ke větší sympatické dominanci. U SF frekvence byly zaznamenány během 4 dnů změny v poklesu, ale to mohlo být pravděpodobně vyvoláno prostředím, nebo objemem krve.

Flatt et al. (2017) říkají, že monitorování individuálních reakcí lnRMSSD na trénink ve spojení s tréninkovým zatížením a psychometrikou, může poskytnout objektivní odůvodnění pro trenéry, aby strategicky manipulovali s tréninkovým zatížením na individuálním základě. Snížený týdenní průměr lnRMSSD byl spojen se zvýšeným tréninkovým stresem/zatížením. Snížení tréninkového zatížení u jednotlivých fotbalistů, kteří projevují nepříznivé psychometrické a lnRMSSD změny (např. snížený týdenní průměr lnRMSSD a zvýšenou lnRMSSDcv, která představuje denní fluktaci, přičemž vyšší hodnoty CV jsou spojovány s nižší kondicí a vyšším tréninkovým stresem a naopak) v reakci na intenzivní trénink, může pomoci zabránit nadměrnému hromadění únavy. Velké zvýšení týdenního průměru lnRMSSD v reakci na snížené tréninkové zatížení, spolu s dobrými výsledky z psychometrických dotazníků, může naznačovat, že vyšší tréninkové zatížení by mohlo být dobře tolerováno a může docházet k rozvoji výkonnosti. Zdá se, že jednotlivci, kteří neprokáží žádné změny v lnRMSSD a psychometrických hodnotách, snášejí tréninkové zatížení adekvátně a není u nich žádná velká změna zatížení potřeba. Autoři se dále zmiňují o YoYo IRT-1, kdy některé sledované subjekty zvýšili svůj výkon v tomto testu, po 3 týdnech monitorování zatížení a únavy pomocí lnRMSSD.

Buchheit et al. (2018) měřili odpovědi na 3 různé tréninkové jednotky, zaměřené na sílu, vytrvalost a rychlost. Před a po každém tréninku byly zaznamenány CMJ, síla adduktorů (třísel), 4 minutový běh v rychlosti 12 km/h. Všechny 3 kondiční tréninkové jednotky byly asociovány s omezeným množstvím únavy dolních končetin, to znamená, že výsledky CMJ se o mnoho nezměnily. Únavu dolních končetin v této studii lépe naznačoval test stlačení třísel na dynamometru. GPS monitoring byl použit u všech typů tréninkových jednotek, avšak nejvyšší validitu měl při vytrvalostním tréninku, jelikož při rychlostním a silovém se objevuje mnoho krátkých úseků, ve kterých se mohou objevit nepřesnosti v měření za pomoci GPS. SF dobře korelovala s uběhnutou vzdáleností, kdy hráči strávili přibližně stejný čas v bězích vysokých intenzit, jako ukazovala SF.



Akubat et al. (2018) si dali za cíl prověřit vztah mezi vnitřním (RPE) a vnějším tréninkovým zatížením a posoudit dopad únavy. Vzhledem ke spolehlivé povaze kondičního testu BEATS90<sub>mod</sub> lze předpokládat, že snížení celkové vzdálenosti, uběhnuté vzdálenosti ve vysoké rychlosti, může znamenat pokles výkonu v důsledku únavy.

Clemente (2018) říká, že výsledky získané o vztahu mezi svalovou bolestivostí a proměnlivým zatížením naznačují, že u hráčů s větší bolestivostí svalů dochází ke snížení výkonu. Stres také vykazuje logický vztah se zatížením. Stres, s kvalitou spánku, do velké míry korelovaly s RPE.

Clemente et al. (2017) na rozdíl od ostatních autorů říkají, že intenzita tréninku nesouvisí s kvalitou spánku jako takovou, což by mohlo naznačovat, že v soutěžním období může při různých tréninkových a cestovních režimech vnímaný indikátor spánku přinést spíše informace o potenciálním stavu zotavení, než jakékoli spojení s tréninkovým zatížením. Svalová bolestivost a únava byly signifikantně vyšší v týdnech se dvěma zápasy. Byly odhaleny až významné vztahy mezi vnitřním tréninkovým zatížením RPE a Hooperovým indexem v týdnu, ve kterém se odehrály 2 zápasy, nikoliv jeden.

## 7 ZÁVĚRY

RPE za pomoci Borgovy škály bylo využito u osmi prací, následoval Hooperův index, který byl využit pětkrát, monitorování srdeční frekvence také pětkrát, monitorování VSF třikrát a subjektivně vnímaný zdravotní stav hráče jednou.

Z vnějších ukazatelů byl GPS monitoring využit osmkrát, následovali vertikální skok z protipohybu, kondiční testy a tréninkový impuls dvakrát a jednou byl jako indikátor využita dynamometrie, výskok z podřepu a izometrický test hamstringů.

Došel jsem k závěru, že ačkoliv stále ještě nemáme indikátor, který je nám schopen s jistotou říci, že zrovna v daný okamžik přijde zranění, v důsledku únavy, tak máme mnoho prostředků a ukazatelů, které nám dokáží říct, že může takový stav nastat, nebo že se k tomuto stavu může sportovec stálým a chronickým zatěžováním v důsledku hromadící se únavy dostat.

Vhodnější, než syndrom přetrénování léčit, je mu z dostupných informací prospěšnější předcházet. Máme mnoho relevantních ukazatelů, které se ukázaly, jako nejspolehlivější. Měly by se používat denně, během celé sezóny. Je proto nesmírně důležité sledovat vnitřní a vnější zatížení v kombinaci, jako je například využití subjektivního hodnocení vnímané námahy, srdeční frekvence, nebo její variability, spolu s GPS monitoringem.

## 8 SHRnutí

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit aktuální přístupy k hodnocení zatížení, zatěžování a únavy u fotbalových hráčů, s cílem předcházet zraněním. Ve vědeckých databázích Medline a SportDiscus bylo za pomoci příslušných klíčových slov a dalších kritérií nalezeno 14 vědeckých prací. Tyto vědecké práce byly následně analyzovány, ze kterých postupným zkoumáním vyplynulo, kterými ukazateli se nejčastěji zabývaly.

Tyto indikátory byly následně rozděleny na ukazatelé vnitřního zatížení a vnějšího zatížení. Mezi ukazateli vnitřního zatížení byl v analyzovaných pracích použit Hooperův index, subjektivní hodnocení vnímané námahy za pomoci Borgovy škály, variabilita srdeční frekvence, srdeční frekvence a dotazník subjektivně vnímaného zdravotního stavu hráče, který se podobá Hooperovému indexu. Mezi ukazateli vnějšího zatížení byl využit GPS monitoring, vertikální skok z podřepu a protipohybu, kondiční testy, tréninkový impuls, dynamometrie a izometrický test hamstringů.

V analyzovaných pracích byl jako indikátor vnitřního zatížení nejčastěji využíván dotazník subjektivního hodnocení vnímané námahy, za pomoci Borgovy škály. Jedná se o nenákladný a rychlý způsob, jak kvantifikovat vnitřní zatížení hráče, který nám umožní i jiný pohled, než jen objektivní kvantifikaci, za pomoci přístrojů a subjektivního názoru trenéra.

Jako indikátor vnějšího zatížení byl nejčastěji využit GPS monitoring, který nám dokáže zprostředkovat relativně přesná, objektivní tréninková data, jako je celková vzdálenost, překonaná během tréninku, nebo zápasu, rychlostní zóny, ve kterých se hráč nejčastěji pohyboval, nebo místo na hřišti, ve kterém strávil nejvíce času.

Nejlepší cesta ke kvantifikaci zatížení a zatěžování a tím pádem i k prevenci zranění a posouzení únavy, je používat tyto vnitřní a vnější ukazatelé v kombinaci, jelikož nám tak mohou dát mnohem přesnější údaje, než pokud by byly využity izolovaně.

## 9 SUMMARY

The aim of this bachelor thesis was to find out current approaches to evaluation of load, loading and fatigue of football players with the aim to prevent injuries. 14 scientific works were found in the Medline and SportDiscus scientific databases using relevant keywords and other criteria. These scientific works were subsequently analyzed, which showed by gradual examination, which indicators were most often used.

These indicators were subsequently divided into indicators of internal loading and external loading. Among the indicators of internal loading in the analyzed works were used Hooper's index, subjective evaluation of perceived exertion using the Borg scale, heart rate variability, heart rate and questionnaire of subjectively perceived player wellness, which is quite similar as Hooper index. Among the external loading indicators were used GPS monitoring, vertical jump from squat and counter movement, condition tests, training impulse, dynamometry and isometric posterior chain test.

In the analyzed works, the questionnaire of subjective evaluation of rated perceived exertion, using the Borg scale, was most often used as an indicator of internal loading. This is an inexpensive and fast way to quantify the internal loading of a player, which allows us to look beyond the objective quantification, using the instruments and the subjective opinion of the coach.

As an external loading indicator, GPS monitoring was most often used to provide us with relatively accurate, objective training data, such as the total distance traveled during training or match, the speed zones in which the player was most likely to move, or the playing zone of the field he spends most of his time.

The best way to quantify load and loading, and thus to prevent injury and fatigue assessment, is to use these internal and external indicators in combination, as they can give us much more accurate data than if they were used in isolation.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM LITERATURY

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). *Heart Rate Monitoring Applications and Limitations*. 33(7), 517–538.
- Akubat, Barrett, Sagarra, & Abt. (2018). The Validity of External. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/sports6020044>
- Akubat, I., & Abt, G. (2011). Intermittent exercise alters the heart rate – blood lactate relationship used for calculating the training impulse ( TRIMP ) in team sport players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(3), 249–253. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.12.003>
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). *Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload*. 244–250.
- Aubert, E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). *Heart Rate Variability in Athletes*. 33(12), 889–919.
- Benson, R., & Connolly, D. (2012). *Trénink podle srdeční frekvence: jak zvýšit kondici, vytrvalost, laktátový práh, výkon*. (1st ed.). Praha: Grada Publishing.
- Berntson, G G, Bigger, J. T. J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., ... van der Molen, M. W. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623–648.
- Berntson, Gary G, Sarter, M., & Cacioppo, J. T. (2003). Ascending visceral regulation of cortical affective information processing. *The European Journal of Neuroscience*, 18(8), 2103–2109.
- Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A. J., & Garrett, W. E. J. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6), 573–578.
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training*. [5-th Edition]. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Borg, G. (1998). *Borg's Perceived exertion and pain scales*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Borg, G. (2016). *Borg's Perceived Exertion And Pain Scales*. (August).
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). *Autonomic Control of Heart Rate during and after Exercise Training Status*. 38(8), 633–646.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9), 779–795. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>
- Botek, M. (2012). *FYZIOLOGICKÉ ASPEKTY SPORTOVNÍCH HER: FOTBAL* (p. 45). p. 45.

Olomouc: Fakulta tělesné kultury, Univerzity Palackého.

- Botek, M., Krejčí, J., & McKune, A. J. (2017). *Variabilita srdeční frekvence v tréninkovém procesu: historie, současnost a perspektiva*. Retrieved from <http://www.medvik.cz/link/MED00194805>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... Cable, N. T. (2017a). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2--161--S2--170. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... Cable, N. T. (2017b). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2-161-S2-170. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168. <https://doi.org/10.1080/02640410802512775>
- Brink, M. S., Frencken, W. G. P., Jordet, G., & Lemmink, K. A. P. M. (2013). *Coaches ' and Players ' Perceptions of Training Dose : Not a Perfect Match Coaches ' and Players ' Perceptions of Training Dose : Not a Perfect Match*. (March 2015). <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2013-0009>
- Brooks, G. A., Fahey, T. D., & White, T. P. (2005). *Exercise physiology : human bioenergetics and its applications*. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/toc/rwhi20/>
- Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., ... Coutts, A. J. (2013). Journal of Science and Medicine in Sport Monitoring fitness , fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 550–555. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.003>
- Buchheit, Martin. (2014). *Monitoring training status with HR measures : do all roads lead to Rome ?* 5(February), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, Martin, Lacombe, M., Cholley, Y., & Michael Simpson, B. (2018). Neuromuscular Responses to Conditioned Soccer Sessions Assessed via GPS-Embedded Accelerometers. *International Journal of Sports Physiology*, 13(5), 577–583.
- Budgett, R., Newsholme, E., Lehmann, M., Sharp, C., Jones, D., Peto, T., ... White, P. (2000). Redefining the overtraining syndrome as the unexplained underperformance syndrome.

- British Journal of Sports Medicine*, 34(1), 67–68. <https://doi.org/10.1136/bjism.34.1.67>
- Buzek, M. (2007). *Trenér fotbalu "A."* Praha: Olympia.
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). *The Role of Motion Analysis in Elite Soccer Work Rate Data*. 38(10), 839–862.
- Carling, C., Williams, A. M., & Reilly, T. (2006). Handbook of Soccer Match Analysis: A Systematic Approach to Improving Performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5(1), 171. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3818670/>
- Clemente. (2018). Associations between wellness and internal and external load variables in two intermittent small-sided soccer games. *Physiology*, 197, 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.09.008>
- Clemente, Mendes, Nikolaidis, Calvete, Carriço, & Owen. (2017). Internal training load and its longitudinal relationship with seasonal player wellness in elite professional soccer. *Physiology*, 179, 262–267. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.06.021>
- Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. (2009). *Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.08.005>
- Dahl, H. A., Rodahl, K., Stromme, S. B., & Åstrand, P.-O. (2003). *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise* (4th ed.). Retrieved from <http://lib.ugent.be/catalog/rug01:000881322>
- Dewitt, J., Gonzales, M., Laughlin, M., & Amonette, W. (2018). External loading is dependent upon game state and varies by position in professional women's soccer. *Science*, 2(3), 225–230.
- Dishman, R. K., Nakamura, Y., Garcia, M. E., Thompson, R. W., Dunn, A. L., & Blair, S. N. (2000). Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 37(2), 121–133.
- Dovalil, J. (2012). *Výkon a trénink ve sportu* (4th ed.). Praha: Olympia.
- Dovalil, J., & Jansa, P. (2009). *Sportovní příprava* (2nd ed.; B. Václav, E. Čáslavová, J. Heller, J. Kocourek, V. Kašpar, K. Kovář, ... E. Tomečková, Eds.). Q-art.
- Eagles, A., McLellan, C., Hing, W., Carloss, N., & Lovell, D. (2014). Changes in sleep quantity and efficiency in professional rugby union players during home based training and match-play. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.
- Ekelund, L. G. (1967). Circulatory and respiratory adaptation during prolonged exercise. *Acta*

*Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 292, 1–38.

- Emery, C. A., & Meeuwisse, W. H. (2010). The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 44(8), 555–562. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.074377>
- Esposito, F., Impellizzeri, F. M., Margonato, V., Vanni, R., Pizzini, G., & Veicsteinas, A. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 93(1–2), 167–172. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1192-4>
- Flatt, A. A., Hornikel, B., & Esco, M. R. (2017). Heart rate variability and psychometric responses to overload and tapering in collegiate sprint-swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(6), 606–610. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.017>
- Flatt, A., Esco, M., & Nakamura, F. (2017). INDIVIDUAL HEART RATE VARIABILITY RESPONSES TO PRESEASON TRAINING IN HIGH LEVEL FEMALE SOCCER PLAYERS. *Journal of Strength*, 31(2), 531–538.
- Fráňa, P., Souček, M., Řiháček, I., Bartošíkova, L., & Fráňová, J. (2005). Hodnocení variability srdeční frekvence, její klinický význam a možnosti ovlivnění. *Farmakoterapie*, 1, 375–377.
- Gaudino, P., Iaia, F. M., Alberti, G., Strudwick, A. J., Atkinson, G., & Gregson, W. (2013). Monitoring training in elite soccer players: systematic bias between running speed and metabolic power data. *International Journal of Sports Medicine*, 34(11), 963–968. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1337943>
- Gharbi, A., Chamari, K., Kallel, A., Ahmaidi, S., Tabka, Z., & Abdelkarim, Z. (2008). Lactate kinetics after intermittent and continuous exercise training. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7(2), 279–285. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-44649137966&partnerID=40&md5=cc2dde5bd5b6e12938f633493a077e9d>
- Gregson, W., Drust, B., Atkinson, G., & Salvo, V. (2010). Match-to-Match Variability of High-Speed Activities in Premier League Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(04), 237–242. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1247546>
- Gregson, W., & Littlewood, M. (2018). *Science in Soccer: Translating Theory into Practice*. Retrieved from <https://books.google.cz/books?id=rxmLDQAAQBAJ>
- Greig, M. (2019). Concurrent changes in eccentric hamstring strength and knee joint kinematics



- induced by soccer-specific fatigue. *Physical Therapy in Sport*, 37, 21–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.02.003>
- Hackney, A., Dobridge, J., & Wilson, L. (2000). The overtraining syndrome in athletes: Hypothesis as to development and steps to treatment. *Medicina Sportiva*.
- Häggglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 738–742. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092215>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(S2), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Halson, S. L., Lancaster, G. I., Jeukendrup, A. E., & Gleeson, M. (2003). Immunological responses to overreaching in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(5), 854–861. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000064964.80040.E9>
- Havlíčková, L. (2004). *Fyziologie tělesné zátěže I*. Praha: Univerzita Karlova v Praze.
- Hopkins, W. G. (1991). Quantification of Training in Competitive Sports. *Sports Medicine*, 12(3), 161–183. <https://doi.org/10.2165/00007256-199112030-00003>
- Hübscher, M., & Refshauge, K. M. (2013). Neuromuscular training strategies for preventing lower limb injuries: what's new and what are the practical implications of what we already know? *British Journal of Sports Medicine*, 47(15), 939 LP – 940. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091253>
- Ivarsson, A., Johnson, U., Andersen, M. B., Traanaeus, U., Stenling, A., & Lindwall, M. (2017). Psychosocial Factors and Sport Injuries: Meta-analyses for Prediction and Prevention. *Sports Medicine*, 47(2), 353–365. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0578-x>
- Jančík, J., Závodná, E., & Novotná, M. (2006). *Fyziologie tělesné zátěže - vybrané kapitoly*.
- Jaspers, Brink, Frencken, Staes, Davis, & Helsen. (2019). Predicting Future Perceived Wellness in Professional Soccer. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 1–25. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0864>
- Joshi, M., Desai, & Menon. (2016). *Heart Rate Variability ( HRV ) Analysis as Preclinical Diagnostic Tool in Cardiac Performance Assessment for Diabetic Subjects*. 1–6.
- KARVONEN, M. J., KENTALA, E., & MUSTALA, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 35(3), 307–315. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960965673&partnerID=40&md5=9581b8e5bf7d8080bd6cede66cf824cb>

- Kreider, R., Fry, A., & O'Toole, M. (1998). Overtraining in sport. In R. B. Kreider, A. C. Fry, & M. L. O'Toole (Eds.), *Overtraining in sport*. Champaign, IL, US: Human Kinetics.
- Kučera, M., & Dylevský, I. (1999). *Sportovní medicína* (1. vyd). Praha: Grada.
- Lambert, M. I., Mbambo, Z. H., & St Clair Gibson, A. (1998). Heart rate during training and competition for long-distance running. *Journal of Sports Sciences, 16 Suppl*, S85-90. <https://doi.org/10.1080/026404198366713>
- Larsson, P. (2003). *Global Positioning System and Sport-Specific Testing*. 33(15), 1093–1101.
- Lee, C. M., & Mendoza, A. (2014). *Dissociation of heart rate variability and heart rate recovery in well-trained athletes*. (November 2011). <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2258-8>
- Lehmann, M. J., Lormes, W., Opitz-Gress, A., Steinacker, J. M., Netzer, N., Foster, C., & Gastmann, U. (1997). Training and overtraining: an overview and experimental results in endurance sports. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 37*(1), 7–17.
- Lehnert, M. (2012). *Izokinetické testování kolenního kloubu u sportovců na příkladu fotbalu*. 1–4.
- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund, M., Smékal, D., & al. et. (2014). *Kondiční trénink* (1st ed.). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Lehnert, M., & Gottfried, S. (2005). *Vztah mezi výsledky testování izokinetické síly a výškou vertikálního skoku*. (Tabulka 1), 1–8.
- Máček, M., Máčková, J., & Radvanský, J. (2003). Syndrom přetrénování. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*.
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity* (1. vyd). Praha: Galén.
- Manuel Clemente, F., Owen, A., Serra-olivares, J., Theodoros Nikolaidis, P., Van der linden, C., & 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.
- Matinlauri, Alcaraz, Freitas, Mendiguchia, Abedin-maghanaki, Castillo, ... Cohen. (2019). A comparison of the isometric force fatigue-recovery profile in two posterior chain lower limb tests following simulated soccer competition. *Plos One, 14*(5), e0206561. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206561>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., ... Urhausen, A. (2013).

- Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186–205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>
- Moalla, W., Fessi, M. S., Farhat, F., Nourira, S., Wong, D. P., & Dupont, G. (2016). Relationship between daily training load and psychometric status of professional soccer players. *Research in Sports Medicine*, 24(4), 387–394. <https://doi.org/10.1080/15438627.2016.1239579>
- 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. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
- Mourek, J. (2012). *Fyziologie* (2nd ed.). Praha: Grada Publishing.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Hottennrott, K. (2005). *Trénink pod kontrolou* (1st ed.). Praha: Grada Publishing.
- Nimmo, M. A., & Ekblom, B. (2007). Fatigue and illness in athletes. *Journal of Sports Sciences*, 25(sup1), S93–S102. <https://doi.org/10.1080/02640410701607379>
- Oliveira, Brito, Martins, Mendes, Marinho, Ferraz, & Marques. (2019). In-season internal and external training load quantification of an elite European soccer team. *Plos One*, 14(4), e0209393. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209393>
- Oragui, E., Parsons, A., White, T., Longo, U. G., & Khan, W. S. (2010). Tourniquet Use in Upper Limb Surgery. *HAND*, 6(2), 165–173. <https://doi.org/10.1007/s11552-010-9312-6>
- Panuška, P. (2014). *Rozvoj vytrvalostních schopností* (1st ed.). Praha: Mladá fronta.
- Pind, R., & Mäestu, J. (2017). *MONITORING TRAINING LOAD : NECESSITY , METHODS AND APPLICATIONS*. 23, 7–18.
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Evaluating Training Adaptation With Heart-Rate Measures: A Methodological Comparison. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 688–691. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.6.688>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Meur, Y. Le, Hausswirth, C., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2014). Monitoring Training With Heart-Rate Variability: How Much Compliance Is Needed for Valid Assessment? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(5), 783–790. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0455>
- Psotta, R., Bunc, V., Mahrová, A., Netscher, J., & Nováková, H. (2006). *Fotbal: Kondiční*

- trénink* (1st ed.). Praha.
- Pyne, D. B., Martin, D. T., & Logan, A. (2000). *Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser*. 112–116.
- Rabbani, Baseri, Reisi, Clemente, & Kargarfard. (2018). Monitoring collegiate soccer players during a congested match schedule. *Physiology*, *194*, 527–531. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.07.001>
- Raczak, G., Danilowicz-Szymanowicz, L., Kobuszevska-Chwirot, M., Ratkowski, W., Figura-Chmielewska, M., & Szwoch, M. (2006). Long-term exercise training improves autonomic nervous system profile in professional runners. *Kardiologia Polska*, *64*, 135–140; discussion 141.
- Rajendra Acharya, U., Paul Joseph, K., Kannathal, N., Lim, C. M., & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: a review. *Medical & Biological Engineering & Computing*, *44*(12), 1031–1051. <https://doi.org/10.1007/s11517-006-0119-0>
- Reilly, T., Drust, B., & Clarke, N. (2017). *Muscle Fatigue during Football Match-Play*. (February 2008).
- Rowell, L. B. (2011). Cardiovascular Adjustments to Thermal Stress. In *Comprehensive Physiology* (pp. 967–1023). <https://doi.org/10.1002/cphy.cp020327>
- Sams, M., Sato, K., Deweese, B., Sayers, A., & Stone, M. (2018). QUANTIFYING CHANGES IN SQUAT JUMP HEIGHT ACROSS A SEASON OF MEN'S COLLEGIATE SOCCER. *Journal of Strength*, *32*(8), 2324–2330.
- Savioli, F. P., Medeiros, T. M., Camara Jr, S. L., Biruel, E. P., & Andreoli, C. V. (2018). DIAGNOSIS OF OVERTRAINING SYNDROME. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, *24*(5), 391–394. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182405185927>
- Saw, A. E., Main, L. C., & Gastin, P. B. (2016). *Monitoring the athlete training response : subjective self-reported measures trump commonly used objective measures : a systematic review*. (May 2014), 281–291. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758>
- Schutz, Y., & Ren, E. (n.d.). *Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system* '. 642–646.
- Seite, U. (2006). *ENERGY DEMANDS NUTRITION FOR FOOTBALL Energy demands of training and match play*. 15–16.
- Seliger, V., Vinařický, R., & Trefný, Z. (1983). *Fyziologie člověka pro studující fakulty tělesné výchovy a sportu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n.p.
- Sharkey, B. J., & Gaskill, S. E. (2019). *Fyziologie sportu pro trenéry*. Praha: Mladá fronta.

- Singh, J. P., Larson, M. G., O'Donnell, C. J., Tsuji, H., Evans, J. C., & Levy, D. (1999). Heritability of heart rate variability: the Framingham Heart Study. *Circulation*, 99(17), 2251–2254. <https://doi.org/10.1161/01.cir.99.17.2251>
- Spinks, W., Reilly, T., & Murphy, A. (Eds.). (2006). *Science and football IV*. New York: Routledge.
- Sporis, G., Ruzic, L., & Leko, G. (2008). The anaerobic endurance of elite soccer players improved after a high-intensity training intervention in the 8-week conditioning program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 559–566. <https://doi.org/10.1108/PR-04-2014-0095>
- Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013). *Cardiac Parasympathetic Reactivation Following Exercise: Implications for Training Prescription*. 1259–1277. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0083-4>
- Stejskal, P. (2002). Trénink v oblasti přetížení a možné důsledky. Možnosti časné diagnostiky a prevence syndromu přetrénování a optimalizace tréninku. *Sborník Referátů Ze 4. Mezinárodního Vědeckého Semináře Efekty Pohybového Zatížení v Edukačním Prostředí Tělesné Výchovy a Sportu*, (Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.).
- Stejskal, P. (2007). Konec tradičního pojetí energetických zón? *Efekty Pohybového Zatížení v Edukačním Prostředí Tělesné Výchovy a Sportu*.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005a). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005b). *Physiology of Soccer*. 35(6), 501–536.
- Strauss, A., Sparks, M., & Pienaar, C. (2019). The Use of GPS Analysis to Quantify the Internal and External Match Demands of Semi-Elite Level Female Soccer Players during a Tournament. *Journal of Sports Science*, 18(1), 73–81.
- Súss, V., Tůma, M., & a kolektiv. (2011). *Zatížení hráče v utkání*. Praha: Karolinum.
- Thomas, K., Dent, J., Howatson, G., & Goodall, S. (2017). Etiology and Recovery of Neuromuscular Fatigue after Simulated Soccer Match Play. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(5), 955–964. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001196>
- Thorpe, R., Strudwick, A., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2017). The Influence of Changes in Acute Training Load on Daily Sensitivity of Morning-Measured Fatigue Variables in Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology*, 12, S2-107-S2-113.

- Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2015). Monitoring Fatigue During the In-Season Competitive Phase in Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(8), 958–964. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0004>
- Townshend, A. D., Worringham, C. J., & Stewart, I. A. N. B. (2008). Assessment of Speed and Position during Human Locomotion Using Nondifferential GPS. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *40*(1), 124–132. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181590bc2>
- Tsze, A. D. S., & Baeyer, C. L. Von. (2013). *Validation of Self-Report Pain Scales in Children*. *132*(4). <https://doi.org/10.1542/peds.2013-1509>
- Viru, A. M., Hackney, A. C., Välja, E., Karelson, K., Janson, T., & Viru, M. (2001). Influence of prolonged continuous exercise on hormone responses to subsequent exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*, *85*(6), 578–585. <https://doi.org/10.1007/s004210100498>
- Votík, J. (2005). *Trenér fotbalu “B”* (2nd ed.). Praha: Olmypia.
- Zhong, X., Hilton, H. J., Gates, G. J., Jelic, S., Stern, Y., Bartels, M. N., ... Basner, R. C. (2005). Increased sympathetic and decreased parasympathetic cardiovascular modulation in normal humans with acute sleep deprivation. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *98*(6), 2024–2032. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00620.2004>