

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**VALIDIZACE METODY HODNOCENÍ DYNAMICKÉHO ZATÍŽENÍ  
U DĚTÍ MLADŠÍHO ŠKOLNÍHO VĚKU**

Diplomová práce

Autor: Bc. Pavla Šiblová

Studijní program: Učitelství TV pro 2. stupeň ZŠ a SŠ se specializacemi

Vedoucí práce: doc. Mgr. Roman Cuberek, Ph.D.

Olomouc 2023

## Bibliografická identifikace

**Jméno autora:** Bc. Pavla Šiblová  
**Název práce:** Validizace metody hodnocení dynamického zatížení u dětí mladšího školního věku

**Vedoucí práce:** doc. Mgr. Roman Cuberek, Ph.D.  
**Pracoviště:** Institut aktivního životního stylu  
**Rok obhajoby:** 2023

### Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá validizací navržených parametrů dynamického zatížení u dětí mladšího školního věku. Měření dynamické zátěže bylo prováděno pomocí akcelerometrů Axivity AX6, u dětí, které překonávaly překážkovou dráhu v co nejkratším čase. Překážková dráha se skládala z 8 úseků s odlišnými pohybovými úkoly, které byly voleny tak, aby se střídaly úseky s předpokládanou větší a menší dynamickou zátěží. Ze získaných surových dat byly pro jednotlivé úseky vypočteny parametry: *Integrální součet akcelerace (ISA)*, *PlayerLoad™ (PL)* a *Stupeň dynamiky pohybu (SDP)*. Intenzita akcelerační zátěže byla vyjádřena relativizací dvou parametrů vzhledem k času –  $ISA \cdot \text{min}^{-1}$  a  $PL \cdot \text{min}^{-1}$ . Na zjevnou validitu bylo usuzováno z pohledu odlišností v míře dynamického zatížení mezi odlišnými pohybovými úkoly. Souběžná validita byla založena na komparaci dvou metod hodnocení vnějšího zatížení (korelace času překonání dráhy a sledovaných parametrů dynamické zátěže). Pomocí výsledků ANOVA byly zjištěny rozdíly v uvedených parametrech mezi jednotlivými úseky ( $p < 0,05$ ), vždy existoval alespoň jeden úsek, který se v daném parametru lišil od ostatních. Dynamické zatížení tyto parametry nehodnotí stejným způsobem a nejsou navzájem zastupitelné. Z hlediska zjevné validity lze proto očekávat jejich odlišnou úroveň. Korelace mezi jednotlivými parametry u celé trasy dosáhla hodnoty 0,992 pro parametr *ISA*, 0,602 pro *PL*, 0,459 pro *SDP*, -0,502 pro  $ISA \cdot \text{min}^{-1}$  a -0,480 pro  $PL \cdot \text{min}^{-1}$ . To ukazuje na silnou úroveň souběžné validity u *ISA*, střední úroveň souběžné validity u *PL* a *SDP*, střední úroveň souběžné validity u parametrů  $ISA \cdot \text{min}^{-1}$  a  $PL \cdot \text{min}^{-1}$ .

### Klíčová slova:

Akcelerometr, Integrální součet akcelerace, PlayerLoad™, Souběžná validita, Stupeň dynamiky pohybu, Zjevná validita.

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovnických služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author:** Bc. Pavla Šiblová

**Title:** Validation of a method to assess dynamic load in younger school-age children

**Supervisor:** doc. Mgr. Roman Cuberek, Ph.D.

**Department:** Institute of Active Lifestyle

**Year:** 2023

### **Abstract:**

The thesis deals with the validation of the proposed parameters of dynamic load in children of early school age. The measurement of the dynamic load was performed using Axivity AX6 accelerometers, with children overcoming an obstacle course in the shortest possible time. The obstacle course consisted of 8 sections with different movement tasks, which were chosen to alternate between sections with expected higher and lower dynamic loads. From the raw data obtained, the parameters *Integral Sum of Acceleration (ISA)*, *PlayerLoad™ (PL)*, and *Degree of Movement Dynamics (SDP)* were calculated for each section. The intensity of the acceleration load was expressed by normalizing two parameters concerning time –  $ISA \cdot \text{min}^{-1}$  and  $PL \cdot \text{min}^{-1}$ . Face validity was inferred in terms of differences in the degree of dynamic load between different movement tasks. Concurrent validity was based on a comparison of two methods of external load assessment (correlation of time to traverse the track and observed dynamic load parameters). Using the results of ANOVA, differences in these parameters were found between sections ( $p < 0,05$ ), there was always at least one section that differed from the others in a given parameter. These parameters do not evaluate dynamic load in the same way and are not interchangeable. Therefore, different levels of validity can be expected from an apparent perspective. The correlations between individual parameters along the time to complete the entire course were 0.992 for *ISA*, 0.602 for *PL*, 0.459 for *SDP*, -0.502 for  $ISA \cdot \text{min}^{-1}$ , and -0.480 for  $PL \cdot \text{min}^{-1}$ . This indicates a strong level of concurrent validity for *ISA*, a moderate level of concurrent validity for *PL* and *SDP*, and a moderate level of concurrent validity for  $ISA \cdot \text{min}^{-1}$  and  $PL \cdot \text{min}^{-1}$ .

### **Keywords:**

Accelerometer, Concurrent Validity, Degree of Motion Dynamics, Face Validity, Integral Sum of Acceleration, PlayerLoad™.

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením doc. Mgr. Romana Cuberka, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 29. června 2023

.....



Děkuji doc. Mgr. Romanu Cuberkovi, Ph.D. za trpělivost, ochotu, vstřícnost a cenné rady při zpracování této práce. Díky jeho vedení mohla tato práce vzniknout.

## OBSAH

Obsah.....	6
1 Úvod.....	9
2 Přehled poznatků.....	10
2.1 Pohybová aktivita.....	10
2.1.1 Parametrizace pohybové aktivity.....	11
2.1.2 Sportovní trénink .....	13
2.2 Zatížení.....	14
2.2.1 Vnější zatížení .....	19
2.2.2 PlayerLoad™ .....	21
2.2.3 Vnitřní zatížení .....	24
2.3 Validita .....	26
2.3.1 Validizace motorického testu .....	28
2.4 Inerciální měřicí jednotky .....	29
2.4.1 Senzory pohybu .....	30
2.4.2 Akcelerometrie .....	31
2.4.3 Akcelerometr .....	32
3 Cíle .....	37
3.1 Hlavní cíl.....	37
3.2 Výzkumné hypotézy a výzkumná otázka .....	37
4 Metodika.....	38
4.1 Design práce.....	38
4.2 Výzkumný soubor.....	39
4.3 Metody sběru dat .....	39
4.4 Organizace sběru dat .....	40
4.4.1 Protokol měření.....	41
4.5 Statistické vyhodnocení dat.....	43
5 Výsledky.....	44
6 Diskuse.....	51
6.1 Limity práce.....	58

7	Závěry .....	61
8	Souhrn .....	62
9	Summary .....	63
10	Referenční seznam .....	64
11	Přílohy.....	70

## PŘEHLED POUŽÍVANÝCH ZKRATEK

CV	koeficient variability
IMU	interciální měřicí jednotky
<i>INT</i>	integrální součet akcelerace
<i>ISA*min<sup>-1</sup></i>	integrální součet akcelerace za minutu
<i>g</i>	tíhové zrychlení
GPS	globální polohovací systém
p	statistická významnost
PA	pohybová aktivita
PL	Player Load™
<i>PL*min<sup>-1</sup></i>	Player Load™ za minutu
r	korelační koeficient
SD	směrodatná odchylka
SPD	stupeň dynamiky pohybu

# 1 ÚVOD

Pohybová aktivita je vždy nutně spojena s činností kosterního svalstva, která se odráží ve zvýšeném energetickém výdeji. Proto může za určitých podmínek mít charakter pohybového zatížení, které vyvolává adaptační účinky. Hodnocení pohybové aktivity zaujímá významné místo v kinantropologickém výzkumu a sportovně pedagogické praxi. Základním východiskem práce je skutečnost, že většina pohybových aktivit mládeže a dospělé populace včetně sportovních her představují střídavé, intermitentní modely pohybového zatížení. Intermitentní charakter pohybové aktivity přináší řadu problémů při užití metod hodnocení energetického výdeje a intenzity zatížení, které vycházejí z teoretických předpokladů platných pro souvislou pohybovou aktivitu (Psotta, 2003).

V posledních letech došlo ke značnému pokroku v monitorování tréninkové zátěže ve sportech. Nové technologie dnes nabízejí dostatek příležitostí k neustálému sledování aktivit hráče. Tyto aktivity vedou k vnitřním biochemickým stresům na různé fyziologické subsystemy. Způsobují však také vnitřní mechanické namáhání různých muskuloskeletálních tkání. Na základě množství a periodizace těchto stresů se subsystemy a tkáně přizpůsobují. Proto se doufá, že sledováním vnějších zatížení bude možné odhadnout vnitřní zatížení pro předvídání adaptace prostřednictvím pochopení cest přizpůsobení se zatížení (Vanrenterghem, Nedergaard, Robinson & Drust, 2017).

Sledování zátěže hráčů týmových sportů je běžnou praxí jak při tréninku, tak při soutěžích, je nezbytné pro zjištění, zda se sportovci přizpůsobují svému tréninkovému programu, pro pochopení individuálních reakcí na trénink, pro posouzení únavy a s ní spojené potřeby regenerace a pro minimalizaci rizika nefunkčního přetěžování, zranění a onemocnění. V souvislosti k heterogenní povaze reakce každého sportovce na tuto tréninkovou zátěž je zásadní jejich individuální analýza (Miguel, Oliveira, Loureiro, García-Rubio, & Ibáñez, 2021).

Vzhledem k rychlosti vývoje miniaturních technologií, nositelných analytických nástrojů a aplikací lze poměrně snadno předpovědět, že sportovní vědec, sportovec a trenér bude mít v budoucnosti k dispozici více snímacích řešení pro předvídání a koordinaci výkonu než kdykoli předtím. Nicméně dosud nebyl identifikován ukazatel, který by přesně kvantifikoval kondiční a únavové reakce na trénink nebo předpovídal výkonnost (Bourdon et al., 2017).

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Pohybová aktivita

Pojem pohybová aktivita patří mezi základní koncepty kinantropologie. Všeobecně se uznává, že pohybová aktivita má komplexní charakter, který je určen vzájemnými vazbami biologické, psychické, psychomotorické a sociální stránky člověka (Psotta, 2003). Pohybová aktivita může být vymezena jako suma těch činností, které realizuje kosterní svalový systém, je podmíněna energetickým výdejem a součinností všech fyziologických funkcí (Hodaň, 2006). Podle Psotty (2003) je pohybová aktivita cílesměrnou, účelově zaměřenou činností, která může mít funkci adaptačního podnětu pro rozvoj psychomotorických dovedností a tělesné zdatnosti. Za určitých okolností může také působit na psychickou oblast člověka a podporovat socializační proces včetně interiorizace etických a estetických norem. Proto je pohybová aktivita předmětem zkoumání v různých kinantropologických podoborech.

Monitorování a hodnocení pohybové aktivity z tohoto fyziologického a funkčně motorického aspektu se uplatňuje jak v kinantropologickém výzkumu, tak v tělovýchovné a sportovní praxi.

Pohybovým aktivitám se přisuzuje významná role v pozitivním působení na zdraví a tělesnou zdatnost populace. Tyto názory se odrazily v posledním desetiletí do poměrně intenzivního epidemiologického výzkumu pohybových aktivit různých skupin populace, zejména v USA. Cílem epidemiologie pohybové aktivity různých skupin populace je popsat a charakterizovat pohybovou aktivitu v dlouhodobějším časovém horizontu, tj. ve dni, týdnu, měsíci, a popř. ji hodnotit ve vztahu k tělesnému zdraví, zdatnosti a životnímu stylu. Druhou výzkumnou oblastí, v které se uplatňuje hodnocení pohybové aktivity, je pedagogický výzkum, a to ve dvou směrech: s cílem charakterizovat psychomotorické a funkční požadavky dané pohybové činností, anebo posoudit efektivitu řízených pohybových činností, které se realizují v krátkodobých organizačních formách – vyučovací, cvičební nebo tréninkové jednotce. Pohybová aktivita či zatížení se potom hodnotí v různých souvislostech edukačního procesu. Ve výkonově orientovaných sportovních aktivitách, které se spojují se systematickým tréninkem, je monitoring a hodnocení pohybového zatížení důležitým nástrojem plánování a operativního řízení tréninkové činnosti (Psotta, 2003).

LaPorte, Montoye a Caspersen (1985) uvádí, že pohybová aktivita hraje stále důležitější roli ve vědeckém zájmu o způsobu života současné společnosti a je velmi důležitým faktorem při tvorbě politik zaměřených na zlepšení úrovně zdravého a aktivního životního stylu, kvality života

a zdraví obecně. Společnost, kultura a věda si stále více uvědomují velký význam sportu nejen jako součásti masové kultury, ale i široce chápaného pro individuální a sociální zdraví a blahobyt.

### ***2.1.1 Parametrizace pohybové aktivity***

Podle Cuberka (2019) není pohybová aktivita (PA), jako komplexní konstrukt přímo měřitelná, nemá jednotku a nelze ji přímo kvantifikovat. Pohybovou aktivitu je proto třeba parametrizovat, tzn. přiřazovat kvantifikovatelný parametr, resp. měřitelné proměnné, které by jistým způsobem a do jisté míry reprezentovali a umožňovali usuzovat na její úroveň. Při výzkumu je klíčové vybrat správné parametry pohybové aktivity, které limitují pravdivost výroků o PA vyslovených na základě realizované studie. Parametrizace PA je tudíž jeden z primárních faktorů determinující validitu studií v PA-výzkumech. Při správném výběru parametru musí být brána v úvahu jeho konstruktová shoda ve vztahu k PA, tj. vyjádřit a charakterizovat individuální PA jedince. Na individuální specifika jedince nebo PA specifické povahy (např. parametry opírající se o akcelerometrii nezohledňují zdatnost jedince, zdravotní a psychický stav aj.) není obvykle většina parametrů senzitivní. Je třeba proto vždy zvážit užití více parametrů PA.

Parametrizovat pohybovou aktivitu lze z hlediska fyziologického, fyzikálního, adaptačního konceptu a metodologické výzvy v oblasti parametrizace pohybové aktivity.

Na základě fyziologického hlediska realizace pohybu se vychází z předpokladu, že k pohybu těla nebo jeho součástí je třeba dostatečného množství energie. Energii jedinec vynakládá na realizaci pohybové činnosti (energie spojena se svalovou činností). Za standartní proměnnou je zde považován energetický výdej, jehož základní jednotkou je kalorie.

Z hlediska fyzikálního konceptu nahlížíme na pohybovou aktivitu ve vztahu pohybu těla jedince v prostoru, změn poloh jeho těla nebo pohybu segmentů v jednotlivých kloubních spojeních v prostoru. Jedinec je brán jako fyzikální objekt, který je složen z počtu pevných částí spojených pomocí kloubů. Pohybovou aktivitu můžeme popsat pomocí fyzikálních veličin jako jsou vzdálenost, čas, rychlost, síla, práce, zrychlení atd. Při hodnocení pohybové aktivity pomocí těchto veličin se předpokládá, že je pohybová aktivita vykonávána pomocí činností kosterního svalstva jedince, které je zajištěno potřebným energetickým výdejem. Popis pohybové aktivity pomocí míry akcelerace, změny polohy jedince vůči Zemi a doby trvání pohybu lze řadit do fyzikálního konceptu parametrizace konstruktů pohybové aktivity.

Adaptační koncept vychází z předpokladu, že pohybová aktivita vyvolává adaptační změny v organismu. Tyto změny mohou být krátkodobého, střednědobého nebo dlouhodobého charakteru. Hodnocení pohybové aktivity pomocí adaptačních změn respektuje skutečnost, že

chování jedince je závislé na jeho aktuálním fyzickém, psychickém i sociálním stavu a také na prostředí, kde je pohybová aktivita realizována (Cuberek, 2019).

LaPorte et al. (1985) používal k posouzení fyzické aktivity více než 30 různých metod. Tyto metody rozdělil do sedmi hlavních kategorií: kalorimetrie, klasifikace práce, průzkumné postupy, fyziologické markery, pozorování chování, mechanické a elektronické monitory a dietní opatření. Zjistil, že žádný nástroj nesplňuje kritéria platnosti, spolehlivosti a praktičnosti, aniž by ovlivňoval chování. Nástroje, které jsou velmi přesné, bývají na populačním základě nepraktické. Průzkumy jsou nejpraktičtějším přístupem ve velkých studiích, i když o jejich spolehlivosti a platnosti je známo jen málo. Studie využívající objektivní monitorování prostřednictvím srdeční frekvence, pohybových senzorů vypadají slibně, ale jsou stále experimentální a nákladné. Navzdory obtížnosti měření našel poměrně silnou souvislost mezi fyzickou aktivitou a zdravím, což naznačuje, že se zlepšením technik hodnocení by měly být pozorovány ještě silnější asociace.

Následující body ukazují, co je známého pro posouzení fyzické aktivity:

- Fyzická aktivita je komplexní chování mnoho vzájemně propojených dimenzí.
- Fyzickou aktivitu můžeme klasifikovat pomocí nejméně sedmi způsobů: kalorimetrie, pracovního zařazení, postupu průzkumu, fyziologických markerů, pozorování chování, mechanických a elektronických monitorů a nepřímým dietním odhadem.
- Každá třída měření fyzické aktivity zachycuje pouze část celého vzorce chování při činnosti. Některé přístroje mohou například hodnotit energii výdaje, ostatní frekvenci, intenzitu, trvání a typ pohybu a další parametry.
- Některé dimenze fyzické aktivity spolu souvisí. Například výdej energie souvisí s obezitou, vysoká intenzita aerobní aktivity souvisí s vytrvalostí a zátěžová fyzická aktivita souvisí s osteoporózou.
- Výzkum a praktické úvahy se řídí výběrem fyzické aktivity. Problémy výzkumu se týkají designu průzkumu a specifického zájmu. Praktické problémy se týkají nákladů, času a přijatelnosti měření.
- Průzkumy jsou nejpraktičtějším měřítkem fyzické aktivity pro rozsáhlé populační studie.
- Pohybové senzory se mohou ukázat jako extrémně užitečné pro rozsáhlé populační studie fyzické činnosti, pokud lze snížit jejich náklady a určit jejich platnost.
- Při měření byla nalezena relativně silná souvislost mezi pohybovou aktivitou a zdravím.

Dostupnost spolehlivé a objektivní kvantifikace sportovní fyzické aktivity prováděné v terénu je žádoucí pro sportovce, fyzioterapeuty i trenéry. Pravidelné shromažďování těchto



údajů v prostředí specifickém pro daný sport umožňuje jejich využití k lepšímu hodnocení a pochopení vzorců fyzické aktivity během daného období. Tento vývoj přinesl mnoho důkazů, které naznačují, že dostupnost objektivních terénních dat pomáhá optimalizovat rovnováhu mezi vnějším zatížením těla a následným vnitřním stresem, který doprovází fyzickou aktivitu. Interpretace těchto kvantifikovatelných údajů pomocí nositelných mikrosenzorů je doporučována s cílem minimalizovat riziko přetížení při tréninku před nebo během sportovních her (Van Iterson, Fitzgerald, Dietz, Snyder, & Peterson, 2017).

### **2.1.2 Sportovní trénink**

Spojení sportovního tréninku znamená přípravu jedince či týmu na soutěže – závody či utkání. V minulosti se trénink chápal spíše jako „přehrávání“ výkonů v soutěžích: běžci v tréninku běhali svoje trati, hráči hráli utkání atd. Postupně se ovšem s rozvojem sportu ukázalo, že pouhé opakování daného výkonu formou soutěžení nestačí a začala se hledat také dílčí řešení – vytváření systému nejrůznějších tréninkových cvičení, která měla za úkol sportovce připravit dokonaleji, než při pouhém opakování vlastního soutěžního výkonu. Objevovaly se určité specifické „tréninkové funkce“, především pozice trenéra či kouče, který se profiluje jako odborník právě na problematiku výběru a organizace tréninkových cvičení. Se zvyšováním úrovně výkonnosti se hledala další cvičení a postupy, což následně vyústilo až do současného komplexu velmi odborných znalostí, které tvoří základ moderní trenérské profese.

Podle Periče a Dovalila (2010) nespočívá přístup k tréninku pouze v tom, kolik km má závodník v tréninku uběhnout, jak rychle má běžet či kolik tun má navzpírat. Vlastní tréninkový proces dnes využívá také poznatků řady vědních oborů (např. fyziologie, psychologie, biomechaniky), které spolu s kumulovanou praktickou zkušeností sportovních specializací přispívají ke konstituování teoretických základů sportovního tréninku. Proto trenér, který chce být úspěšný, nemůže spoléhat jen na svou dobrou praktickou znalost daného sportovního odvětví, ale měl být i teoreticky vzdělán ve většině výše uvedených (a mnoha dalších) vědních oborů, protože jeho práce je především integrativní. Je však velmi obtížné získat dokonalou znalost všech teoretických oborů, proto dobrý trenér spolupracuje s celou řadou specialistů z daných oblastí (s lékaři, biochemiky, fyzioterapeuty, dietetiky apod.). Jen tak lze dosáhnout potřebné odbornosti rozhodnutí a tedy i co možná nejvyšší pravděpodobnosti úspěchu svěřenců. Tím se efektivní sportovní trénink stává často týmovou záležitostí, v níž však stále největší roli hraje vysoká odbornost a vzdělanost trenéra.

Výkonnost je schopnost podávat objektivně měřitelný výkon v určité pohybové oblasti nebo sportovním odvětví. Existuje mnoho testů, se kterými se můžeme setkat v souvislosti k

hodnocení výkonnosti. Tyto testy se liší v jednotlivých sportovních disciplínách a často i věkových a výkonnostních kategoriích. Standartizované podmínky testování jsou charakteristické v zátěžové diagnostice zaměřené na hodnocení fyzické zdatnosti a kondice. Při testování se zpravidla volí zatížení velkých svalových skupin. Hodnocení výkonnosti, popřípadě stavu trénovanosti je intraindividuální (hodnotí se změny a vzájemné vztahy u téhož jedince), zatímco srovnání interindividuální (srovnání výsledků mezi různými sportovci navzájem) má jen orientační hodnotu (Heller, 2018).

## 2.2 Zatížení

Přiměřený podnět vyvolá v organismu reakci (stres), která narušuje homeostázu vnitřního prostředí, která za jistých podmínek vyvolá u jedince řadu nejrůznějších změn. Tyto změny jsou pro sportovní trénink zásadní, patří k podstatě tréninku. Dochází k cílenému vytváření a využívání těchto podnětů, aby ovlivňovaly analyticky i komplexně formování sportovního výkonu. Tyto podněty jsou v terminologii sportovního tréninku označovány jako zatížení. Nejčastějším podnětem je pohybová činnost. Pohybová činnost není obecná, ale účelově uspořádaná, v níž se řeší pohybové úkoly s nároky na tělesnou námahu i psychiku sportovce, jde tedy o tréninková nebo také tělesná cvičení. Cvičení je charakteristické jeho obsahem, dobou trvání a stupněm úsilí, které je při něm vynakládáno (Perič & Dovalil 2010).

Podle Sobolewského (2020) v posledních letech umožnil vývoj technologie výzkumníkům a odborníkům lépe porozumět zátěži kladené na sportovce, a to jak během soutěže, tak při tréninku. Tato tréninková zátěž se běžně používá k určení, zda je sportovcům předepsán dostatečný tréninkový stimul, aby způsobil pozitivní adaptaci, ale také pokud je dána příliš velká zátěž, která by mohla vést k únavě a zranění. Existují důkazy, že monitorování zátěže má praktické uplatnění na sportovní výkon a stalo se tak nedílnou součástí systému řízení sportovců. Hodnocení tréninkové zátěže je závislé na sportu a týmu, protože každý sport a tým má svůj vlastní jedinečný styl hry. Pochopení toho, co tvoří tuto zátěž, je zásadní pro pochopení stresu vyvíjeného na lidské tělo během sportu. Vnější zatížení je spojeno s fyzickou prací prováděnou tělem ve formě pohybu, zatímco vnější zatížení se zaměřuje na měření fyzického úsilí vyvíjeného na tělo během pohybové aktivity, vnitřní zatížení se zabývá kombinací biochemických a biomechanických aspektů namáhání organismu. Stres kladený na lidské tělo se mezi sporty liší, protože některé sporty jsou vysoce lineární a aerobní povahy, což umožňuje použití měření srdeční frekvence a vzdálenosti k zohlednění zátěže (jízda na kole, běh). Jiné sporty jsou variabilnější povahy, mají úseky vysoce intenzivních sprintů následovaných obdobími aerobního zotavení (rugby a fotbal). Délka a intenzita těchto období se výrazně liší mezi sporty a v rámci

sportu (různé typy tréninků) a liší se mezi pozicemi na hřišti. Halson (2014) uvádí, že povaha monitorování zátěže, která je vyžadována nebo dokonce možná, se může značně lišit mezi týmovým a individuálním sportem. Monitorování v týmových sportech je často vnímáno jako náročnější kvůli různorodé škále tréninkových aktivit (např. obecná kondice, trénink odporu, intervalový trénink a kondice založená na dovednostech). Dále je hodnocení kvalifikovaného výkonu a kognitivní zátěže nebo únavy, která ovlivňuje rozhodování, důležité pro výkon týmového sportu a představuje mnoho výzev pro přesné hodnocení. Při sledování týmových sportů lze nejčastěji nahlížet na fyziologické změny, hodnocení pohybových vzorců a ukazatelů dovedností. Pohybové vzorce lze hodnotit pomocí analýzy času a pohybu nebo sledování pomocí GPS. Mezi další obtíže při hodnocení výkonnosti soutěží v týmových sportech patří vliv týmové taktiky (včetně taktiky soupeře), podmínky prostředí, soudržnost týmu, domácí nebo venkovní zápas a cestování. V individuálních sportech, jako je cyklistika, plavání a triatlon, je únava často důsledkem vysoké tréninkové zátěže. Řízení těchto zatížení prostřednictvím monitorování může být obzvláště důležité. Monitorování zátěže je často založeno na objemu tréninku, délce a intenzitě spolu s ukazateli percepční únavy.

Sansone, Gasperi, Tessitore a Gomez (2021) uvádějí, že sledování tréninkové zátěže je jedním z témat sportovního výzkumu, kterému se v posledních letech věnuje zvýšená pozornost. Sledování tréninku je nezbytné pro získání kvantitativních a kvalitativních informací o cvičení prováděném sportovcem, pro pochopení jednotlivých reakcí a pro přehodnocení a úpravu tréninkových plánů založených na podložených důkazech a systematických postupech. Konečné cíle tohoto procesu jsou dvojí: zlepšení výkonu kapacity pro přípravu sportovců na soutěž a předcházení zranění a nemoci. Ve svém výzkumu identifikovaly více faktorů, které mohou ovlivnit tréninkovou zátěž v kolektivních sportech. Jako první uvádějí vlastnosti různých tréninkových režimů a obsahů (např. obecné kondiční, herní, kondiční, útočné/obránné cvičení), ty se ukázaly jako nosné specifické fyzické, fyziologické a percepční zátěže v basketbalu. Dále se zmiňují o individuálních vlastnostech hráčů, které mohou také ovlivnit tréninkovou zátěž (například zkušenosti s hraním). Navíc další jedincové charakteristiky, jako je herní pozice a hrací doba, v podstatě charakterizují požadavky sportovních her. Dalším problémem jsou kontextové faktory, které významně ovlivňují trénink a soutěž. Konkrétně je to místo hry, úroveň soupeře a fáze sezóny. Při sledování tréninkové zátěže se doporučuje kontrolovat psychofyzický stav sportovců, abychom měli informace o jejich stavu během sezóny a jejich reakcích na trénink a konkurenci. V této souvislosti je užitečné použití opatření, která si sportovci sami hlásí (např. dotazníky o únavě a zotavení) s ohledem na jejich validitu při zjišťování změn jak kondice atletů, tak tréninkové zátěže. Sansone et al. (2021) se ve své studii zaměřují na zohlednění hrací doby, fázi sezóny, individuální charakteristiky, kontextové faktory a psychofyzický stav sportovce.

Získání takových informací by trenérům nabídla širší znalosti pro plánování tréninkových plánů. Jejich studie analyzovala herní výkon v basketbalu s ohledem na individuální charakteristiky a kontextové faktory, zahrnovala hodnocení herního výkonu společně s týdenním tréninkovým zatížením a sledováním délky tréninku. Cílem této studie bylo identifikovat individuální charakteristiky a kontextové faktory ovlivňující tréninkovou zátěž, regeneraci a výkonnost basketbalistů v soutěžních fázích sezóny.

Využití vědeckých principů pro monitorování zátěže může být důležitým prostředkem ke snížení rizika nefunkčního přetěžování, onemocnění a zranění. Vzhledem k tomu, že mnoho sportovců je vystaveno vysoké tréninkové zátěži a vysokému tréninkovému a soutěžnímu stresu, je nutné řídit rizika spojená s možnými negativními výsledky a udržovat optimální fyziologické a psychické zdraví a pohodu sportovce. Pro sport a jednotlivce je nezbytný specifický typ monitorování a vhodný způsob jeho hodnocení. Pokud sportovcům a trenérům poskytneme přesnou a snadno interpretovatelnou zpětnou vazbu, může tak pomoci při navrhování tréninkových programů a vytvářet lepší komunikaci mezi podpůrným personálem, sportovci a trenéry, což v konečném důsledku přináší zvýšení výkonu sportovce (Halson, 2014).

Cvičení je stresor, který vyvolává různé psychofyziologické reakce, které zprostředkovávají buněčné adaptace v mnoha orgánových systémech. Pro maximalizaci této adaptivní reakce musí trenéři a vědci kontrolovat stres aplikovaný na sportovce na individuální úrovni. K dosažení tohoto cíle je nutná přesná kontrola a manipulace s tréninkovou zátěží. V roce 2003 byl představen teoretický rámec pro definování a konceptualizaci měřitelných konstrukcí vzdělávacího procesu. Tréninková zátěž byla popsána tak, že má 2 měřitelné složky: vnitřní a vnější zátěž (Impellizzeri, Marcora, & Coutts, 2019).

Halson (2014) uvádí, že při sledování tréninkové zátěže si lze zátěžové jednotky představit jako externí nebo interní. Vnější zatížení je tradičně základem většiny monitorovacích systémů. Vnější zatížení je definováno jako práce vykonaná sportovcem, měřená nezávisle na jeho vnitřních charakteristikách. Příkladem vnějšího zatížení při silničním cyklistice by byl průměrný výkon udržovaný po danou dobu (tj. 400 W po dobu 30 minut). Zatímco vnější zátěž je důležitá pro pochopení dokončené práce a schopností sportovce, vnitřní zátěž nebo relativní fyziologická a psychická zátěž je také rozhodující pro stanovení tréninkové zátěže a následné adaptace. Pro pochopení tréninkové zátěže sportovce je tedy důležité sledování jak vnitřní, tak vnější zátěže. Ve skutečnosti to může být vztah mezi vnějším a vnitřním zatížením, který může pomoci odhalit únavu. Například pokud je výkon udržován po stejnou dobu, tak v závislosti na únavovém stavu sportovce může být tohoto výkonu dosaženo vysokou nebo nízkou srdeční frekvencí a nebo vysokým nebo nízkým vnímáním úsilí. Právě tato divergence vnějších a vnitřních zátěží může pomoci při rozlišování mezi čerstvým a unaveným sportovcem.

Podle Willberga, Wielanda, Rettenmaiera, Behringera a Zentgrafa (2022) je vnější zatížení fyzická práce vykonávaná během tréninku nebo soutěže, zatímco vnitřní zatížení představuje individuální reakci na tuto fyzickou práci. S rozvojem technologie mikrosenzorů ve sportu se kvantifikační zatížení stalo použitelnějším, např. denní monitorování tréninků. Existuje však široká škála parametrů, ze kterých si můžete vybrat.

Tři nejběžnější způsoby měření zátěže jsou z globálních polohových systémů (GPS), hodnocení relace vnímané námahy (sRPE) a monitorů srdeční frekvence (HR). Vnější zatížení se běžně měří z jednotek GPS, které nosí sportovci. GPS velmi často obsahuje vestavěný akcelerometr. Z těchto zařízení se vypočítávají tréninkové zátěže a často se hlásí další metriky, jako jsou rychlostní zóny, zrychlení a dopady. Pro vnitřní zátěž je sRPE běžným měřítkem jednoduše hlášeným. HR data jsou také běžnou metrikou, která umožňuje analýzu reakce srdeční frekvence při tréninku.

Monitorování tréninkové zátěže bylo v posledních letech rozsáhle zkoumáno, aby pomohlo trenérům vytvářet lepší a efektivnější tréninkové programy pro sportovce. Teoreticky může nadměrná akumulace tréninkové zátěže během specifické tréninkové fáze vyvolat nefunkční překračování a maladaptaci u elitních sportovců. Na druhou stranu, dobře naplánované tréninkové programy mohou poskytnout hráčům adekvátní rovnováhu mezi stresem a regenerací, což jim umožní dosáhnout (a udržet) vyšší úroveň výkonnosti po celou sezónu (Pereira, Freitas, Zanetti, & Loturco, 2022). Je třeba rovnováhy mezi omezením tréninkové zátěže pro účely prevence zranění, ale také předepsáním dostatečné zátěže, aby se hráči přiměřeně připravili na herní požadavky. Je důležité si uvědomit, že ačkoli nadměrná tréninková zátěž může zvýšit riziko vnitřního zranění, nedostatečná zátěž může dosáhnout stejného výsledku, přičemž určitá úroveň zatížení pravděpodobně chrání před zraněním (Colby, Dawson, Heasman, Rogalski, & Gabbett, 2014). V důsledku toho výzkumní pracovníci běžně používají více metod interní a externí kvantifikace tréninkové zátěže, jakož i hodnocení stavu zotavení, s možností použití buď levných měřicích nástrojů, tj. stupnice vnímané námahy a stavu zotavení nebo high-tech zařízení, tj. zařízení globálního polohovacího systému (Pereira et al., 2022).

Podle Halsona (2014) mnoho sportovců, trenérů a podpůrného personálu zaujímá stále vědeckější přístup k navrhování a monitorování tréninkových programů. Vhodné monitorování zátěže může pomoci při určování, zda se sportovec přizpůsobuje tréninkovému programu a minimalizuje riziko vzniku nefunkčního přehánění, nemoci a nebo zranění. Abychom pochopili tréninkovou zátěž a její vliv na sportovce, je k dispozici řada potenciálních markerů. Nicméně jen velmi málo z těchto markerů má silné vědecké důkazy podporující jejich použití a v literatuře dosud neexistuje jediný definitivní marker. Halson (2014) zkoumal řadu nástrojů pro kvantifikaci

a monitorování externí zátěže, jako jsou zařízení pro měření výkonu, analýza času a pohybu, jakož i měření vnitřních jednotek zatížení, včetně vnímání úsilí, srdeční frekvence, laktátu v krvi a tréninkového impulsu. Disociace mezi vnějšími a vnitřními zatěžovacími jednotkami může odhalit stav únavy sportovce. Mezi další monitorovací nástroje používané vysoce výkonnými programy patří zotavení, srdeční frekvence, neuromuskulární funkce, biochemické (hormonální) imunologické hodnocení, dotazníky a deníky, psychomotorická rychlost a kvalita a množství spánku. Přístup ke sledování u sportovců může záviset na tom, zda se sportovec věnuje individuální nebo týmové sportovní činnosti. Důležitost individualizace monitorování zátěže však nelze dostatečně zdůraznit. Detekce smysluplných změn pomocí vědeckých a statistických přístupů může poskytnout jistotu při zavádění změn. Vhodné sledování tréninkové zátěže může poskytnout důležité informace sportovcům a trenérům. Monitorovací systémy by však měly být intuitivní, poskytovat účinnou analýzu a interpretaci údajů a umožňovat účinné podávání zpráv o jednoduché, avšak vědecky platné zpětné vazbě.

Monitorování tréninku je o sledování toho, čeho sportovci v tréninku dosahují, za účelem zlepšení interakce mezi trenérem a sportovcem. V průběhu historie existovalo několik základních schémat monitorování výcviku. V nejranějších dobách bylo monitorování tréninku o pozorování sportovce během standardních tréninků. Obtížnost standardizace podmínek však způsobila, že tento proces byl nespolehlivý. S příchodem intervalového tréninku se monitorování stalo systematictější. Měření tréninkové zátěže se zaměřovala na externí tréninkovou zátěž, na to, co sportovec skutečně umí. S příchodem zájmu vědecké komunity a vývojem konceptu metabolických prahů a možnosti měření HR, laktátu,  $VO_2$  a výkonu, byl větší zájem o vnitřní tréninkovou zátěž, což umožnilo lepší titraci tréninkové zátěže u sportovců s různými schopnostmi. Tyto metody byly velmi slibné, ale často vyžadovaly laboratorní testování pro kalibraci a měly tendenci produkovat příliš mnoho informací v příliš pomalém časovém rámci, aby byly optimálně užitečné pro trenéry. Využití technologických nástrojů pro řízení tréninkové zátěže (monitory tepové frekvence, GPS, aplikace pro chytré telefony atd.) jsou realitou současného tréninkového monitoringu. Velké množství informací se však může stát skutečným problémem pro analýzu trenérů. Navíc používání těchto zařízení zahrnuje náklady, které se značně pohybují od stovek do tisíců dolarů. Tyto hodnoty se zvyšují, když potřebujeme sledovat mnoho sportovců současně. Důležité je, aby monitorování bylo jednoduché (Foster, Rodriguez-Marroyo, & de Koning, 2017).

### 2.2.1 Vnější zatížení

Vnější zatížení jsou objektivní míry práce sportovce během tréninku nebo soutěže, které jsou stanoveny kvalitou a kvantitou cvičení (tréninkovým plánem). Mezi nejběžnější míry vnějšího zatížení patří výkon, rychlost, zrychlení, analýza času a pohybu a zpomalení. Miguel et al. (2021) uvádí 5 kategorií k popisu vnějšího zatížení: vzdálenosti (celková vzdálenost, vzdálenost podle zóny nebo prahových hodnot, poměry vzdáleností) zrychlení a zpomalení (celková vzdálenost, vzdálenost podle zón, četnost úsilí, poměry zrychlení a zpomalení, zatížení hráče, index námahy), nárazy, metabolická síla, trénink a účast v zápasech (četnost a doba trvání).

Podle Halsona (2014) došlo během uplynulého desetiletí k podstatnému rozvoji počítačem podporované sledovací technologie (např. vícekamerové poloautomatické systémy) pro zkoumání vnější zátěže hráčů (tj. vykonávané činnosti, jako je celková ujetá vzdálenost nebo počet zrychlení) během tréninku a zápasu. Tyto sofistikované systémy jsou nyní schopny poskytovat podrobnou analýzu požadavků na vnější zatížení, což umožňuje individualizované profilování výkonnosti hráčů pro přizpůsobení tréninkových programů.

Pro pochopení externí tréninkové zátěže je sportovcům a trenérům k dispozici řada technologií. Ve sportu cyklistiky umožňují přístroje pro měření výkonu nepřetržitě měření pracovní rychlosti (výkonu). V týmových sportech je analýza času a pohybu, včetně sledování globálního polohového systému a analýzy pohybových vzorců prostřednictvím digitálního, stále populárnější pro sledování sportovců, zejména během soutěže. V prostředí týmových sportů se často používají měření neuromuskulárních funkcí, jako je skokový test, výkon ve sprintu a izokinetická a isoinerciální dynamometrie (Halson, 2014).

Soutěžní zápasová hra v týmových sportech vyžaduje, aby hráči prováděli časté intenzivní zrychlování a zpomalování. Při nejvyšším standardu soutěžního zápasu došlo k evolučnímu vývoji ve vysoce intenzivním pracovním vyčerpání současného hráče kolektivních sportů. Intenzivní zrychlování a zpomalování tvoří podstatnou část vysoce intenzivní vnější pracovní zátěže, přesto kladou na hráče odlišné a nesourodé vnitřní fyziologické a mechanické požadavky. Například zrychlení má vyšší metabolické náklady, zatímco zpomalení má vyšší mechanické zatížení s vysokou silou a rychlostí zatížení, které mohou způsobit větší poškození struktur měkkých tkání, zejména pokud tyto vysoké síly nemohou být účinně zeslabeny. Frekvence zrychlení a zpomalení s vysokou intenzitou během zápasu je proto obvykle spojena se snížením kapacity neuromuskulární výkonnosti a indikátory poškození svalů po zápase. Navzdory těmto účinkům jsou elitní sportovci schopnější udržet vyšší frekvenci a velikost zrychlení a zpomalení než hráči s nižším výkonem, což může přispět ke zlepšeným výsledkům zápasové hry, které vyžadují rychlé

změny rychlosti. Ukázalo se, že během soutěžních zápasů elitních týmových sportů dochází k poklesu frekvence a vzdálenosti strávené zrychlováním a zpomalováním ve druhé polovině hry s vysokou intenzitou, což naznačuje, že tyto akce mohou být obzvláště citlivé na rozvoj únavy a riziko zranění. Shromáždování a analýza údajů ze studií uvádějících časové změny ve výskytu zrychlení a zpomalení s vyšší intenzitou během soutěžního zápasu by pomohly získat znalosti o rozsahu poklesu a potenciálním dopadu, který to může mít na výkon zápasu a riziko zranění. Proto má pečlivé sledování každé z těchto specifických akcí během tréninku a zápasu velký význam pro efektivní systémy řízení zátěže hráčů a je běžnou praxí mezi praktiky pracujícími s hráči na elitní úrovni (Harper, Carling, & Kiely, 2019).

Pillitteri et al. (2023) provedli studii, ve které zkoumaly vnější zátěžový profil při různých sportovních činnostech. Cílem této studie bylo prozkoumat rozdíly v ukazatelích vnějšího zatížení u hráčů fotbalu na různých herních pozicích v rámci různých úkolů specifických pro daný sport a oficiálních zápasů. U poloprofesionálních fotbalistů byly zjištěny různé metabolické a neuromuskulární výkony v různých herních pozicích v rámci různých úkolů a oficiálních zápasů. Trenéři by měli zvážit různé fyzické reakce související s různými fyzickými úkoly a herními pozicemi, aby navrhli nejvhodnější tréninkový program.

Oliva-Lozano, Fortes, Krustруп a Muyor (2020) ve své studii týkající se sprintových a akceleračních profilů španělských profesionálních fotbalových zápasů zjistili, že existují poziční rozdíly mezi hráčskými pozicemi v obou profilech, což by měli vzít v úvahu siloví a kondiční trenéři při navrhování efektivních cvičení založených na zápasech v tréninku. Kromě toho pouze několik studií analyzovalo vztah zrychlení a rychlosti, který je považován za důležitý při navrhování tréninkových cvičení. Často siloví a kondiční trenéři kladou důraz na tréninkové sprintové akce z nuly, přesto se většina těchto akcí v zápasových hrách provádí při rychlosti 5-6 km/h. Kromě toho byly pozorovány různé variability odezvy mezi zrychlením s vysokou a nízkou intenzitou, stejně jako mezi zpomalením s vysokou a nízkou intenzitou. To se odkazuje na rozdílné reakce hráčů na změny intenzity zrychlení a zpomalení během tréninku nebo zápasu. Tyto rozdíly mohou ovlivnit, jaké neuromuskulární zatížení hráči prožívají, a to může mít důsledky pro jejich výkonnost. Z toho důvodu je pro trenéry důležité být si těchto variabilit vědomi a přizpůsobit své tréninkové strategie tak, aby maximalizovali výkon svých hráčů. Tyto údaje by také mohly sloužit jako srovnávací zdroj pro budoucí výzkumníky nebo sportovní vědce a trenéry z profesionálních fotbalových týmů.



### 2.2.2 *PlayerLoad*<sup>TM</sup>

Podle Bredta, Chagase, Peixota, Menzela a Andradeho (2020) se jako běžná proměnná pro popis externí zátěže využívá *PlayerLoad*<sup>TM</sup> (PL), který byl navržen společností CatapultSports, specializující se na sportovní technologie. PL se vypočítá na základě zrychlení naměřených pomocí triaxiálních akcelerometrů. V literatuře sportovních věd byl PL poprvé definován jako modifikovaná vektorová velikost, vyjadřující druhou odmocninu součtu čtverců rychlostí změny zrychlení mezi každým momentem tréninku ve všech třech osách pohybu (x, y a z), a to v libovolných jednotkách. Tuto definici lze vyjádřit pomocí následující rovnice:

$$PlayerLoad^{TM} = \sqrt{\frac{(x_{i+1}-x_i)^2 + (y_{i+1}-y_i)^2 + (z_{i+1}-z_i)^2}{100}},$$

kde x, y a z označují hodnoty akcelerace v jednotlivých osách a index *i* označuje časový okamžik časové řady záznamu akcelerace. Od okamžiku, kdy byla tato rovnice poprvé představena v literatuře sportovních věd, se *PlayerLoad*<sup>TM</sup> široce využívá v různých sportovních kontextech. Nicméně některé aspekty definice PL a samotné rovnice zůstávají nejasné a nedávné studie ukázaly, že existují problémy související s jeho fyzikálními jednotkami (tj. použití libovolných jednotek), což bylo zaznamenáno i jinými výzkumníky. V důsledku toho se vyskytují potenciální obtíže při porozumění významům, které jsou spojeny s *PlayerLoad*<sup>TM</sup> jako deskriptorem vnější zátěže. Níže uvedené příklady, vybrané z různých vědeckých článků, ilustrují nesrovnalosti v interpretaci, která byla přiřazena k PL:

- Zatížení hráče bylo vypočteno jako vektorová velikost představující součet zrychlení zaznamenaných v předozadní, střední a vertikální rovině pohybu (Castillo, Weston, McLaren, Cámara, & Yanci, 2017).
- Zatížení hráčů je novým ukazatelem vnějšího zatížení získaného triaxiální akcelerometrií a dosud pouze několik studií použilo toto měřítko změn rychlosti a zatížení těla (Randers, Nielsen, Bangsbo, & Krstrup, 2014).
- *PlayerLoad*<sup>TM</sup> je modifikovaná vektorová velikost, jejímž cílem je zahrnout veškerou rychlost, zrychlení, změnu směru a kolizní požadavky, které hráči zažívají (Weaving, Whitehead, Till, & Jones, 2017).

- Přímé přidání okamžité změny rychlosti výsledného zrychlení (také známého jako trhnutí) v průběhu času představovalo akcelerační zatížení pro cvičení nebo aktivitu (Schelling & Torres, 2016).

Vzhledem k těmto rozdílným definicím je složité určit, co PL skutečně měří. Společnost CatapultSports navrhuje, že PL je modifikovaná vektorová velikost, která je vyjádřena jako druhá odmocnina součtu druhé mocniny okamžité rychlosti změny zrychlení v každé z tří os - x, y a z dělena 100 (Boyd, Ball, & Aughey, 2011). Z tohoto teoretického hlediska je doslovná definice PL založena na rychlostech změny (derivace) zrychlení, které představují trhanou fyzikální veličinu ( $\Delta$  zrychlení/ $\Delta$  čas) vyjádřenou v jednotkách  $m/s^3$  (Nicolella, Torres-Ronda, Saylor, & Schelling, 2018; Schelling & Torres, 2016). Nicméně matematická definice PL (tedy PL rovnice) nepočítá rychlosti změny zrychlení; místo toho se pouze sčítají změny zrychlení (zrychlení  $\Sigma\Delta$ ), které jsou vyjádřeny v jednotkách  $m/s^2$ .

V praktickém sportovním prostředí se PL stanovuje buď na základě matematických, nebo doslovných interpretací, přičemž se zaměřuje na velikost změn zrychlení a ne samotného zrychlení. Změny zrychlení mají zásadní význam při porozumění zátěži hráče, zejména při akcích vyžadujících změnu směru (např. skoky) nebo při náhlém zahájení či zastavení pohybu (např. kolize). Vyšší frekvence těchto akcí během hry tedy zvyšuje hodnoty PL, které jsou důležitým faktorem pro popis vnější zátěže. Nicméně PL nemá přímou souvislost s velikostí zrychlení, což omezuje jeho schopnost předepisovat a monitorovat tréninkovou zátěž. Například dva sportovci mohou mít rozdílná zrychlení (např.  $A = 2,0 m/s^2$ ;  $B = 1,0 m/s^2$ ) při přechodu hřiště během fotbalového zápasu, avšak pokud mají podobné změny zrychlení (např. konstantní změny o  $0,5 m/s^2$ ), pak jejich PL bude také podobné. Navíc, pokud se zrychlení těchto sportovců projevuje minimálními změnami v jednom směru (např. dopředu-dozadu), pak jejich příspěvek k celkové hodnotě PL v tomto směru bude malý, bez ohledu na velikost zrychlení v tomto směru. Bylo také zjištěno, že PL mírně koreluje ( $r = 0,70$ ) s celkovou ušlou vzdáleností hráčů (Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Román & Castagna, 2013) kvůli zvýšenému počtu nožních úderů na větší vzdálenost (Davies, Young, Farrow & Bahnert, 2013). To naznačuje, že PL není přímo závislý na velikosti zrychlení, ale spíše zesiluje rozdíly mezi vnější zátěží sportovců, kteří urazí větší vzdálenost, a atlety, kteří provádí pohyb s vyšší intenzitou (např. sprinty, skoky, kolize). V tomto ohledu mohou proměnné, které zahrnují velikost zrychlení, jako je počet změn nebo doba strávená v různých akceleračních zónách (tj. celkové zrychlení nebo zrychlení v jednotlivých osách), poskytovat více informací a také lépe rozlišovat mezi sportovci s různou velikostí zrychlení.

## Tabulka 1

Popisy zatížení hráčů, rovnice používané v různých studiích a jejich příslušné hodnoty pro 5minutovou basketbalovou hru na omezeném prostoru dle Bredta et al. (2020)

*Player Load descriptions and equations used in different studies and their respective values for a 5-min basketball small-sided game.*

Reference	Description of PL calculation	Equation	Player Load
Boyd et al. (2011)	It is expressed as the square root of the sum of the squared instantaneous rate of change in acceleration in each of the three vectors (X, Y and Z axis) and divided by 100 (p. 313).	$PL = \sqrt{\frac{(a_{y1}-a_{y-1})^2+(a_{x1}-a_{x-1})^2+(a_{z1}-a_{z-1})^2}{100}}$	10.76
Aguiar et al. (2013) <sup>1</sup>	Body Load is expressed, as the square root of the sum of the squared instantaneous rate of change in acceleration in each of the three vectors (x, y, and z) and divided by 100 (p. 1289).	$PL = \sqrt{\frac{(a_{y1}-a_{y-1})^2+(a_{x1}-a_{x-1})^2+(a_{z1}-a_{z-1})^2}{100}}$	1.07
asamichana et al. (2013)	No description of PL calculation.	$PL = \sqrt{(a_{y1}-a_{y-1})^2+(a_{x1}-a_{x-1})^2+(a_{z1}-a_{z-1})^2}$	107.62
Randers et al. (2014)	Accumulated player load is an estimate of physical demand combining the instantaneous rate of change in acceleration in three planes, forward/backward X, side/side Y, and up/down Z (p. 132).	$PL = \sum_{t=0}^{t=n} \sqrt{(X_{t=n}-X_{t=n-1})^2+(Y_{t=n}-Y_{t=n-1})^2+(Z_{t=n}-Z_{t=n-1})^2}$	10681.84

<sup>1</sup> Although the study conducted by Aguiar et al. (2013) used the same equation and description of PL and cited the study conducted by Boyd et al. (2011) on Catapult PL, they refer to it as "Body Load".

V literatuře se můžeme setkat se spoustou rovnic k popisu PL.

Například Randers et al. (2014) uvádějí, že kumulovaná hráčská zátěž je odhad fyzické poptávky kombinující okamžitou rychlost změny zrychlení ve třech rovinách. Kde sigma ( $\Sigma$ ), která představuje matematický součet mimo druhou odmocninu rovnice PL.

Jiné popisy však vedly k pochopení, že druhá odmocnina musí být vypočtena po výpočtu součtu všech rychlostí změny zrychlení (Weaving et al., 2017). Některé studie navíc také dělily hodnoty PL 100 s cílem zmenšit je (Montgomery et al., 2010; Schelling & Torres-Ronda, 2016). Když je toto dělení prezentováno v rovnici, jeho poloha se také mění ve vztahu k druhé odmocnině. Vzhledem k tomu, že některé studie ji prezentují uvnitř druhé odmocniny rovnice (Boyd et al., 2011; Casamichana et al., 2013; Wilk et al., 2017), jiní ji prezentovali mimo druhou

odmocninu (Aguiar et al., 2013; Schelling & Torres-Ronda, 2016). Zajímavé je, že některé studie toto dělení jednoduše nezmiňují (Casamichana et al., 2013; Randers et al., 2014).

Rozdíly v rovnicích napříč studiemi vedou k různým výsledkům. Různá měřítka, která byla vytvořena různými rovnicemi, mohou ztížit porovnání vnější zátěže sportovců v různých kontextech (např. délka nebo intenzita aktivity, typ aktivity, soutěžní úroveň sportovců). Proto tyto rozdíly není možné odlišit od rozdílů, které byly vytvořeny různými metodami výpočtu.

Nekonzistentní a možná neopatrné vykazování rovnice PL může vést k jejímu zneužití a nesprávné interpretaci. Pro reprodukovatelnost studií má zásadní důkladný popis metod a rovnic, které byly ve studii použity. PL sebou tedy nese několik omezení při popisu vnějšího zatížení.

### **2.2.3 Vnitřní zatížení**

Každé cvičení s jakoukoliv pohybovou strukturou může být prováděno s různým stupněm úsilí. Ve sportu charakterizuje stupeň úsilí důležitý aspekt, jeho intenzitu. Navenek se často projevuje jako rychlost pohybu, frekvence pohybů, výška či délka nebo se vztahuje k velikosti překonávaného odporu. Fyziologický základ intenzity primárně souvisí s energetickým zabezpečením cvičení. Na buněčné úrovni se stupeň úsilí projevuje energetickým výdejem. Čím vyšší je intenzita cvičení, tím vyšší musí být intenzita energetického výdeje. Z biochemických a fyziologických poznatků vyplývá, že zdroje energie, jejich průběžná resyntéza a způsob uvolňování se odlišují podle stupně aktuálního úsilí při cvičení. Zjednodušeně se hovoří o ATP-CP, LA a O<sub>2</sub> systému. Převážná účast některého z těchto systémů na pohybové činnosti určuje intenzitu metabolismu, která odpovídá intenzitě cvičení (Dovalil a kol., 2002).

Podle Choutky a Dovalila (1987) můžeme kvantitativně rozlišit nízkou až maximální intenzitu cvičení, což odpovídá i energetickému krytí činnosti. Maximální intenzita = anaerobní laktátové krytí (ATP-CP systém); submaximální intenzita = anaerobní laktátové krytí (LA systém); střední intenzita = aerobně-anaerobní krytí (LA-O<sub>2</sub> systém); nízká intenzita = aerobní krytí (O<sub>2</sub> systém). Toto členění se používá pro řadu sportovních odvětví, avšak nelze ho považovat za zcela univerzální.

V praxi se pro vyjádření intenzity cvičení používá často tepová frekvence, přičemž platí, že se zvyšováním intenzity zatížení stoupá i tepová frekvence a naopak, při snižování intenzity zatížení tepová frekvence klesá (Choutka & Dovalil, 1987).

Měření tréninkových zátěží sportovců zajišťuje objektivní důkazy pro řízení variace tréninku, což by mohlo umožnit větší přesnost a kontrolu periodických plánů úpravy spolu se

sníženým výskytem přetrénování. V souladu s tím se objevili různé metody sledování vnitřní a vnější tréninkové zátěže u sportovců týmových sportů. Vnitřní tréninková zátěž představuje fyziologický stres působící na sportovce v reakci na tréninkový stimul (např. percepční hodnocení intenzity, srdeční frekvence, hematologická opatření). Mezitím kvantifikace tělesného tréninkového podnětu odtrženého od vnitřní reakce sportovců ukazuje vnější tréninkovou zátěž (např. délka tréninku, ujetá vzdálenost, rychlost běhu a tělo, zrychlení). Modely interního tréninkového zatížení zahrnující percepční a fyziologické parametry byly nejpoužívanější v kolektivních sportech. Konkrétně Foster et al. (2017) vyvinul model tréninkové zátěže zahrnující percepční indikátory intenzity cvičení prostřednictvím hodnocení vnímané námahy (sRPE) a trvání cvičení. Kromě toho navrhl Banister, Carter a Zarkadas (1999) model fyziologického tréninkového zatížení založeného na klidovém, středním, a maximální HR odezvy a trvání cvičení, identifikované jako tréninkový impuls (TRIMP). Podobně Foster et al. (2017) navrhli model zóny souhrnného srdečního tepu (SHRZ), který určuje tréninkovou zátěž na základě doby trvání práce v předem určených rozsazích HR. Tyto modely byly aplikovány v terénních týmových sportech.

Scanlan, Wen, Tucker a Dalbo (2014) využili akcelerometrii k popisu vnějšího zatížení. Populární přístupy jako je pracná analýza videa a rušení signálu a nepřesnosti spojené s používáním globálního polohovacího systému (GPS) při sportu na halovém kurtu, omezují použitelnost těchto metod v basketbalu. Alternativně, akcelerometrie překonává mnohá z uvedených omezení jiných přístupů k monitorování externího zatížení a získala zvýšený zájem jako praktický přístup k měření vnější tréninkové zátěže v kolektivních sportech. Model tříosého akcelerometru byl vyvinut, aby zahrnoval výpočty velikosti vektoru okamžité rychlosti změny zrychlení ve 3 pohybových rovinách. Vzhledem k tomu, že aktivita specifická pro basketbal obvykle zahrnuje posun celého těla dopředu, zpět, bočním a vertikálním směrem, je akcelerometr ideální pro měření vnějšího zatížení v basketbale. Poskytnutí těchto údajů má důležitý praktický náhled týkající se konstruktové platnosti různých interních modelů tréninkového zatížení ve srovnání s externí tréninkovou zátěží v basketbale. Ve své studii porovnali interní (sRPEmodel, modely TRIMP a SHRZ) a externí zatížení (model akcelerometru) vyskytující se během basketbalu. Vzhledem k předchozím týmovým sportům studie ukázaly, že odpověď hráče významně koreluje s tréninkovými podněty ( $r = 0,72 - 0,84$ ). Výsledky ukázaly, že odpověď hráčů koreluje s tréninkovými podněty a že interní a externí modely tréninkové zátěže jsou úzce spojeny. To naznačuje, že oba typy modelů jsou konstruktově platné a mohou být použity pro hodnocení tréninkové zátěže v basketbalu.

## 2.3 Validita

Koncept platnosti prošel v průběhu minulého století významnými změnami, vyvinul se od přístupu, který se zaměřoval na to, co by se dalo nazvat základním konceptem platnosti testu, k současnému pohledu na konstruktivní platnost, který se dnes objevil jako ústřední nebo sjednocující myšlenka platnosti. Těžiště myšlení se přesunulo od platnosti testu k platnosti interpretací skóre testu. Zdá se však, že tento posun v myšlení oslabil koncept platnosti a důvěryhodnost nároků na platnost.

V literatuře se můžeme setkat s různým vysvětlením validity:

Validita neboli platnost je vypovídající hodnotou testu, popisuje, jakou měrou je postihována ta vlastnost či schopnost, která nás zajímá (Měkota & Kovář 1996).

Validní test je jeden z teoretických a empirických důkazů, který potvrzuje užitečnost a platnost interpretací a aplikací založených na jeho výsledcích. Týká se praktického využití všech typů měření (Barrett, Midgley, & Lovell, 2014).

Validita srovnává vztahy mezi výsledky nového měření s tzv. zlatým standardem. Zkoumá, do jaké míry výsledky nového testu souhlasí s ostatními naměřenými hodnotami a zda test měří to, co má měřit (Weaving et al., 2017).

Validita je označována jako platnost testu, která závisí na tom, jak se podaří objevit pohybový obsah, ve kterém se dominantně promítne diagnostikovaná schopnost a jiní činitelé budou minimalizovány (Měkota & Novosad, 2005).

Validita je schopnost výzkumného nástroje určovat to, co určovat má (Finch, Brooks, & Mayo, 2002).

Stejně jako reliabilita má i validita charakteristické dílčí části hodnocení.

### *Obsahová validita*

Obsahová validita posuzuje, zda test měří všechny stránky pohybu, které mohou být hodnoceny (Stokes, Gardner, & Henry, 2011). Stručně ji lze charakterizovat jako stupeň, do jakého je daný motorický test svým pohybovým obsahem věcně relevantní k danému účelu testování. Zjišťovat obsahovou validitu testu znamená hodnotit adekvátnost jeho pohybového obsahu a posuzovat vhodnost výběru položek (nebo subtestů) s ohledem na účel testování (Měkota & Blahuš, 1983). Je určena poskytnutím důkazů o tom, že měřící nástroj obsahuje příslušné části testu a ne jiné. V takovém případě by autor testu mohl zdůvodnit demonstrací, že všechny jeho položky korelují navzájem (Weaving et al., 2017). Může také být určena tak, že daný test je svým pohybovým obsahem relevantní k danému účelu (Měkota & Novosad, 2005), např. jestli je cíl měření zhodnotit funkční schopnost dolních končetin, tak počítáme se sadou

aktivit zahrnující všechny aspekty funkce končetiny tzn. nehodnotíme pouze schopnost pacienta vystoupit a sestoupit ze schodu, protože toto je jen část sady (Finch et al., 2002).

### *Kriteriální validita*

Validita s kriteriem (kriteriální) je určena výsledkem měření, který je dán shodou mezi výsledky výzkumného nástroje a výsledky jiného měření např. jestli chceme určit validitu manuálního svalového testování, musíme výsledek testování porovnat s výsledkem svalového testování pomocí dynamometru, nezahrnující emoční složku pacienta, která může zkreslit výsledky testu (Weaving et al., 2017). Kriterijní validita porovnává novou škálu se zlatým standardem. Úzce s ní souvisí souběžná a prediktivní validita. Souběžná validita srovnává, nakolik je nový test srovnatelný se zlatým standardem v časové náročnosti testování. Souběžná validita je validita nějakého motorického testu vůči kritériu, kdy výsledky obou jsou zjišťovány téměř současně (Měkota & Blahuš, 1983). Prediktivní validita se zaměřuje na vztah vyšetřování podle daného testu do budoucnosti, tedy jestli umí test předvídat teoreticky předpokládané události (Weaving et al., 2017). Validita predikční je vlastně pravděpodobnost shody mezi výsledkem testu a chováním vyšetřované osoby (tedy např. pracovní úspěšnosti vybraného kandidáta). Je určena schopností předvídat budoucí (nastávající) události, jako je například možnost pádu (Finch et al., 2002). Predikční validita je v tělovýchovné praxi nejvýznamnější druh validity testů k pozorovatelnému kritériu, nejčastěji sportovnímu výkonu. Predikční validita je nesoučasná, udávající platnost. Chronologický vztah mezi testem a kriteriem je zásadně důležitý, současná i nesoučasná validita se nesmějí zaměňovat, neboť u téhož testu bývají různé. (Měkota & Blahuš, 1983).

### *Konstruktová validita*

Dle Finch et al. (2002) je validita konstruktová určena důkladnou logickou argumentací na základě teoretického vědeckého důkazu (schopnost hodnotit abstraktní návrh nebo pojem). Podle Měkoty (2005) určuje míru vztahu mezi testem a konceptem (teoretickým konstruktem), který je obvykle modelován podle latentní proměnné. Pro některé atributy, jako je bolest nebo zdravotně související kvalita života, neexistuje zlatý standard a právě tady je konstruktová validita použitelná (Weaving et al., 2017). Podle McDowella (2006) je konstrukční validita část vědy a do značné míry umělecká forma, která se zaměřuje na hodnocení nového měřícího nástroje. Její součástí je vytvoření nové hypotézy, která je následovně posuzována s hypotézou předešlou. Je využívána především v případech nově vzniklé měřící stupnice pro zhodnocení její platnosti (Stokes et al., 2011).

### *Pojmová validita*

Validita pojmová určuje, které kvality metoda měří. Jestli jsme skutečně zjišťovali např. všeobecně výkonnost nebo jen rychlost při rutinní činnosti (Finch et al., 2002).

Bez pojmu kritérium nemá pojem validita smysl. Test vždy validujeme směrem „k něčemu“. Někdy však může být kritérium vyjádřeno tak široce a volně, že jej nelze číselně vyjádřit. V praxi se využívají dva takové druhy validity „bez kritéria“: validita obsahová a validita zjevná (tzv. určitá přesvědčivost testu, měření, diagnostiky).

Zjevná validita – přesvědčivost testu. Tento druh validity souvisí úzce s validitou obsahovou, jde však o to, jak je účel testu zřejmý testovaným osobám. Pedagogickým pracovníkům a sportovcům se test může jevit jako přesvědčivý, tj. uživatelé ani testované osoby o jeho vhodnosti nepochybují. Opírá se o diskutabilní intuitivní předpoklad, že naměřený výsledek reálně koresponduje s tím, co je ve skutečnosti zkoumáno. Některé motorické testy se mohou některým souborům testovaných osob, např. sportovcům – reprezentantům, zdát jako nepřesvědčivé, což může zhoršit jejich spolupráci a ovlivnit výkon.

Podle Foxe, Lashe a Bodnara (2020) se ve validačních studiích může vyskytnout náhodná chyba (protože není zahrnuta celá studovaná populace), výběrové zkreslení (pokud výběr souvisí jak se zařazením do studie, tak s přesností klasifikace) a chyba měření (pokud zlatý standard není skutečným zlatým standardem).

### **2.3.1 Validizace motorického testu**

Validizace motorického testu či diagnostického postupu zahrnuje proces zjišťování, zda daný test měří to, co má měřit a zda poskytuje spolehlivé a konzistentní výsledky. Jedná se o důležitou součást vývoje motorických testů za účelem hodnocení motorických schopností a pohybových projevů, a to zejména v oblastech jako jsou sportovní trénink, medicína, psychologie a vzdělávání.

Při validaci motorického testu se obvykle používají různé statistické metody, které slouží k vyhodnocení různých aspektů jeho spolehlivosti a validnosti. Mezi tyto metody patří například analýza faktorové struktury, korelace s jinými testy, určení vnitřní konzistence testu, reliabilita a stabilita testu.

Analýza faktorové struktury se zaměřuje na to, zda daný test měří jednotlivé aspekty motorických schopností, které jsou relevantní pro daný účel. Korelace s jinými testy se používají k ověření, zda daný test měří to, co má měřit v porovnání s jinými podobnými testy. Vnitřní konzistence testu se používá k ověření, zda jednotlivé položky testu měří stejný aspekt



motorických schopností. Reliabilita a stabilita testu se zaměřuje na to, zda test poskytuje konzistentní výsledky při opakovaném použití a zda je schopen zachytit změny v motorických schopnostech v průběhu času.

## 2.4 Inerciální měřící jednotky

Senzory inerciálních měřících jednotek (IMU) se hojně používají v mnoha různých pohyblivých aplikacích. V průběhu mnoha let došlo ke zdokonalení a rozšíření aplikací IMU v různých oblastech, jako je výroba, navigace a robotika.

Historie IMU začala ve 30. letech 20. století, kdy se používaly k navigaci letadel a velkých zařízení. Kvůli omezením, která se týkala především velikosti, ceny a spotřeby energie, se použití IMU v té době omezilo na hromadné aplikace, a proto se neprosadilo v zařízeních menších rozměrů a ve spotřebitelských aplikacích.

IMU se používá především v zařízeních pro měření rychlosti, orientace a gravitační síly. Lze ji rozdělit na dvě části, dřívější technologie se skládala ze dvou typů snímačů akcelerometrů a gyroskopů. Akcelerometr se používá k měření setrvačného zrychlení, zatímco na druhé straně gyroskop měří úhlovou rotaci. Oba snímače mají obvykle tři stupně volnosti pro měření ze tří os. Později se technologie IMU zdokonalila o další typ senzoru, magnetometr. Magnetometr měří magnetický směr ložiska, čímž může zlepšit údaje gyroskopu. IMU se třemi typy senzorů se skládá z akcelerometru, gyroskopu a magnetometru – běžné jsou všechny tříosé, aby bylo možno získat měření ve třech různých osách (Faisal, Purboyo & Ansori, 2019).

MacDonald, Bahr, Baltich, Whittaker a Meeuwisse (2017) uvádějí, že existuje rostoucí množství literatury o použití mikrotechnologie pro detekci sportovních specifických pohybů.

IMU jsou přístroje používané ke kvantifikaci vnějšího zatížení sportovců, stále častěji se používají při hodnocení týmových a individuálních sportů. Tento typ přístrojů má několik snímačů, které umožňují přístup k velkému množství informací a možností analýzy. Velké množství informací shromážděných digitálně a uložených ve velkém množství bylo označeno jako „big data“. Ve sportu poskytují big data příležitost k dalšímu pochopení technického, taktického a fyziologického chování sportovců. Kvantifikace sportovních pohybů umožňuje sportovním pracovníkům zlepšit prevenci zranění, fyzickou přípravu a technickou a taktickou analýzu v rámci sportu. Technologický pokrok a pokrok v oblasti zpracování dat navíc vedou k nutnosti nových pracovních pozic pro správu a monitorování základních dat týmu. Například datový analytik má na starosti poskytování informací a zpráv na konci každého tréninkového nebo herního dne týkajících se výkonnosti sportovců a na druhé straně vědec spolupracuje s lékařským orgánem při regulaci zátěže s využitím výsledků těchto informačních analýz. Tito

noví pracovníci musí mít schopnost analyzovat informace, provádět akademický výzkum, vypracovávat zprávy a poskytovat včasnou zpětnou vazbu technickému personálu, aby spolupracovali na dosažení optimálního výkonu sportovce (Rojas-Valverde, Gómez-Carmona, Gutiérrez-Vargas, & Pino-Ortega, 2019).

### **2.4.1 Senzory pohybu**

Přístroje, které obsahují senzor poskytující data o intenzitě pohybu, změně polohy, poloze, nebo překonané vzdálenosti, jsou stále populárnější. Tyto přístroje umožňují mnohem přesnější hodnocení fyziologických a mechanických parametrů PA ve srovnání se sebehodnotícími technikami, ačkoliv zde najdeme i určité výhrady. Měření a hodnocení PA pomocí těchto přístrojů je sice přesnější, ale pouze v některých aspektech, a ne vždy u všech osob, např. některé techniky jsou zcela nepoužitelné u osob se zdravotním hendikepem (Cuberek, 2019).

Snímače pohybu zahrnují krokoměry, akcelerometry/gyroskopy a zařízení Global Positioning System senzory (Li et al, 2016). Podle Cuberka (2019) existují u každého z těchto zařízení výhody i nevýhody. Při výběru vhodného zařízení by výzkumník vždy měl zohlednit následující faktory: cenová dostupnost; specifické aspekty měření, které mají být výzkumem zahrnuty; cílová populace; požadovaná minimální přesnost. Dosud neexistuje jednoznačná dohoda a konsensus ohledně standardizované metodiky pro zpracování surových dat z těchto zařízení, což by mělo být také zohledněno při návrhu studie. Kritériem pro rozhodnutí by měl být primární účel studie, ale také možnost budoucího využití dat, ať už v podobě opakování studie, propojení datových souborů nebo porovnání s jinými výzkumy. V současné době je nejproblematictější rozhodnutí ohledně použití metodiky akcelerometrů.

Podle Li et al. (2016) jsou nositelná výkonná zařízení a senzory stále dostupnější pro běžnou populaci a atletické týmy. Pokroky v technologii umožnily jednotlivým vytrvalostním sportovcům, sportovním týmům a lékařům sledovat funkční pohyby, pracovní zátěž a biometrické markery pro maximalizaci výkonu a minimalizaci zranění.

Breasail et al. (2021) uvádějí, že nositelné akcelerometry nebo inerciální měřicí jednotky (IMU) byly široce používány i v lékařském výzkumu. Základní akcelerometry měří zrychlení vůči referenčnímu režimu a mohou poskytnout jednoduché poměry času stráveného v aktivním nebo sedavém režimu. Při vhodném zpracování však lze data klasifikovat podle intenzity nebo odhadnout překonanou vzdálenost (tj. kroky).

Pomocí těchto senzorů je umožněn přístup k velkému množství informací a možností analýzy. Vzhledem ke složitosti syntézy těchto dat je nezbytné vytvořit tok pro sběr, analýzu a

prezentaci shromážděných dat jednoduchým způsobem a co nejrychleji je prezentovat technickým pracovníkům (MacDonald et al., 2017).

Ačkoli došlo k nárůstu používání a dostupnosti IMU, neexistuje dostatek výzkumů týkajících se jejich platnosti a spolehlivosti v kontextu specifickém pro sport (Rojas-Valverde et al., 2019).

#### **2.4.2 Akcelerometrie**

Na úroveň PA je usuzováno z pohybu tělesa (těla jedince) v prostoru, změn poloh těla v prostoru nebo pohybů segmentů těla v jednotlivých kloubních spojeních. Na jedince se v tomto případě nahlíží jako na fyzikální objekt, který se skládá z konečného počtu pevných částí spojených pomocí kloubů. PA je popsána pomocí běžných fyzikálních veličin, jako je čas, vzdálenost, síla, práce, rychlost, zrychlení a další. Hodnocení PA prostřednictvím těchto veličin vychází z předpokladu, že PA představuje aktivitu jedince spočívající v dosažení určité úrovně dané veličiny prostřednictvím pohybů kosterního svalstva jedince, kterým je přidružena příslušná energetická spotřeba. Mezi takové "fyzikální koncepty" patří například měření zrychlení, změny polohy jedince ve vztahu k Zemi a trvání pohybu. V rámci tohoto konceptu lze také zahrnout určité typy PA, které jsou definovány na základě fyzických charakteristik.

Jedním z fyzikálních konceptů pro parametrizaci PA je koncept, který se zaměřuje na popis změn akcelerace jedince během PA. Tímto způsobem je PA vnímána jako soubor různých pohybů jedince v prostoru, které lze charakterizovat pomocí různých stupňů akcelerace v průběhu těchto pohybů. Tento parametr primárně nerozlišuje mezi jednotlivci z hlediska pohlaví, věku, tělesného složení, úrovně kondice, zdravotního stavu a dalších charakteristik, které současně ovlivňují jejich celkový pohybový projev a jeho vztah k jiným odlišným jevům.

Akcelerometrie je technika měření, která se zaměřuje na zaznamenávání akcelerace jedince. Tato technika využívá zařízení, která jsou vybavena senzorem akcelerace a nazývají se akcelerometry nebo monitory akcelerace. Jejím hlavním výstupem je míra zrychlení (buď okamžitá nebo průměrná) pohybu tělesa v prostoru, a jednotkou je metr za sekundu na druhou. Na základě záznamu akcelerace lze v praxi vyhodnotit intenzitu, množství, frekvenci a omezeně i určité typy pohybové aktivity (Cuberek, 2019).

Sievänen a Kujala (2017) uvádějí, že je moderní akcelerometrie založena na kontinuálním měření pohybem indukovaného hrubého akceleračního signálu ve třech ortogonálních směrech. Současné akcelerometry jsou lehké, malé, voděodolné a neinvazivní elektronická zařízení, která lze připevnit k tělu pomocí elastického pásu, řemínku, spony nebo případně lepicí podložky. Vzhledem k tomu, že komerční komponenty senzorů používané v akcelerometrech jsou obvykle

přesné, úkol se zdá být jednoduchý, stačí použít dobře kalibrovaný tříosý akcelerometr a začít měřit zrychlení těla a interpretovat naměřená data. Skutečný úkol je však mnohem komplikovanější kvůli několika inherentním problémům a obavám v akcelerometrii. Patří mezi ně (mimo jiné) technické specifikace akcelerometru, místo připevnění těla, doba opotřebení akcelerometru, metriky odvozené z údajů o zrychlení, délka epochy použité při analýze dat a hodnoty používané pro klasifikaci pohybové aktivity a sedavého chování.

Triaxiální akcelerometrie je dobře uznávanou formou nositelné technologie mikrosenzorů, která ve spojení s gyroskopy pro měření úhlových rychlostí a magnetometry pro posouzení orientace demonstruje schopnost objektivně kvantifikovat přerušovanou a vícesměrnou fyzickou aktivitu související se sportem v mediolaterálních, vertikálních a anteroposteriorních rovinách pohybu (Van Iterson et al, 2017).

Integrace tříosých akcelerometrů do zařízení GPS umožnila zaznamenat větší rozsah informací o rychlosti sportovce a fyzické zátěži. Triaxiální akcelerometr sčítá zrychlení ve 3 osách pohybu (roviny x, y a z) pro měření složeného vektoru velikosti (vyjádřeného jako síla G). Tento doplněk k GPS zařízení umožňuje kvantifikovat celkový počet a intenzitu kolizí sportovce a kontakty během týmového sportovního utkání pomocí nárazových opatření nebo tělesné zátěže. Tělesná zátěž je souhrn všech sil (zrychlení/zpomalení, změna směru, kontakt hráče s hráčem a kontakt se zemí) působících na sportovce v daném okamžiku. To může být důležitým faktorem (zejména ve sportech zahrnujících kontakt mezi hráči) při vytváření úplnějšího obrazu fyzické náročnosti týmového sportu, utkání nebo tréninku. Integrované akcelerometry navíc pracují nezávisle na satelitním systému, který řídí záznam údajů o poloze v systému GPS. To umožňuje zaznamenávat měření nárazu a tělesné zátěže jak uvnitř, tak venku, což vytváří značnou hodnotu pro týmové sporty, které využívají vnitřní a venkovní tréninková místa.

### **2.4.3 Akcelerometr**

Akcelerometr je přístroj, který postihuje široké spektrum aspektů pohybového chování jedince, je velmi často používaný ve výzkumech týkajících se pohybové aktivity.

V roce 1961 byl zkonstruován jeden z prvních akcelerometrů pro studium lidského pohybu, který se skládal z tenzometrů, které snímaly zrychlení v dopředném, bočním a vertikálním směru. O několik let později nahradily tenzometry piezoelektrické keramické snímače a současná generace akcelerometrů pro fyzickou aktivitu tuto technologii využívá (John, Tyo, & Bassett, 2010).

Hollville, Couturier, Guilhem a Rabita (2021) uvádějí, že mezi nositelnými mikrosenzory vyvinutými v posledních několika letech představují triaxiální akcelerometry (snímače pohybu,

kteře se používají k detekci pohybu ve třech rovinách pohybu: mediálně-laterální, předozadní a vertikální) jeden z nejvýznamnějších pokroků souvisejících s kvantifikací fyzické poptávky. Ve srovnání s technologií GPS nabízejí tyto vysoce citlivé inerciální mikrosenzory podstatnou výhodu v tom, že umožňují kvantifikaci fyzické poptávky vyvolané různými kombinacemi velmi rychlých pohybů ve vnitřních a venkovních podmínkách.

Výstupem akcelerometru je analogový signál/y postihující akceleraci v jedné, dvou nebo tří ortogonálních osách (v závislosti na modelu či nastavení). Z tohoto signálu/ů je buďto odvozen (transformován) ukazatel akcelerace jedince count, indexy vypočtené přímo ze surových dat (např. MAD, ENMO nebo AI) nebo je pomocí algoritmů vyhodnocován za účelem odhadu typu PA. Tato data umožňují posoudit trvání, frekvenci a intenzitu PA, identifikovat určité typy PA (pohybů), polohy a přechody mezi polohami, charakter sedavého chování a spánku (Cuberek, 2019).

Pro měření akcelerace v rámci výzkumu pohybové aktivity (PA) se často používají senzory, které jsou poměrně malé a mohou být integrovány do různých zařízení, jako jsou chytré hodinky, mobilní telefony nebo kombinované multisenzorické přístroje známé jako chytré náramky. Tyto senzory slouží k detekci akcelerace a umístění přístrojů se obvykle volí v oblasti pasu, například na boku nebo v oblasti bederní páteře, blízko těžiště těla. Tím se akcelerace považuje za celkovou akceleraci jedince bez ohledu na pohybové stupně volnosti, které umožňují kloubní spojení jednotlivých částí těla. V mnoha studiích je takovýto popis pohybu dostačující v závislosti na cílech výzkumu. Nicméně existují i jiné možnosti umístění senzorů na těle, například na zápěstí, stehnu nebo kotníku, a to buď samostatně nebo v kombinaci více senzorů současně. V takových případech se autoři snaží řešit skutečnost, že intenzita pohybové aktivity není dána pouze celkovým pohybem těla, ale také pohybem jednotlivých částí vůči sobě, tedy uzavřeného kinematického řetězce (Cuberek, 2019).

Technologie a aplikace současných zařízení založených na akcelerometru ve výzkumu fyzické aktivity (PA) umožňují zachytit a uložit nebo přenášet velké objemy surových dat signálu zrychlení. Tato bohatá data poskytují nejen příležitosti ke zlepšení charakterizace PA, ale také přinášejí logistické a analytické výzvy (Troiano, McClain, Brychta, & Chen, 2014).

Akcelerometry pro měření fyzické aktivity jsou komerčně dostupné, setkáváme se s jejich vysokým používáním. K tomuto nárůstu používání přispívá rozšíření různých typů akcelerometrů a větší rozmanitost aplikací pro jejich použití. S příchodem akcelerometrů přizpůsobených pro použití při měření pohybu byl ke zdrojům dostupným výzkumníkům, kteří se zajímají o hodnocení chování fyzické aktivity, přidán nástroj pro objektivní monitorování. Novější a sofistikovanější monitory jsou stále vyvíjeny a aplikace pro jejich použití realizovány.

Obecně platí, že žádný monitor není nadřazen druhému a výběr závisí především na výzkumném zájmu. Otázky týkající se spolehlivosti produktu, dostupnosti technické podpory, praktičnosti a nákladů musí být zodpovězeny při výběru monitorů. Je důležité, aby měl monitor dostatečnou kapacitu pro zpracování a ukládání dat pro měření pohybu v čase, byl přenosný a kompaktní pro použití v aplikacích s volným životem (oproti laboratorním) a byl přijatelný pro nošení účastníkem.

Většina akcelerometrů, které se dnes používají, jsou velmi spolehlivé, přičemž studie uvádějí u většiny modelů měření koeficientu variability (CV) přibližně 3 %. V oblasti výběru monitorů, kvality a spolehlivosti je zapotřebí další práce k pochopení charakteristik akcelerometrů, jako je jejich fungování v různých místech těla a mechanické vlastnosti různých monitorů. Tyto faktory ovlivňují výstup akcelerometru, a tím i platnost a spolehlivost získaných údajů. Například akcelerometry připevněné na bok nemohou zachytit určité vysoce statické kategorie aktivit nebo složité pohybové vzorce, které kombinují dynamické a statické pohyby. Kromě toho jsou zapotřebí studie pro porovnání platnosti a spolehlivosti mezi přístroji různých značek a modelů akcelerometrů. Zejména je třeba pečlivě prověřit spolehlivost a platnost nově zavedených monitorů, zejména těch, které se snaží kombinovat různá zařízení pro sběr údajů. S rozšířením používání akcelerometru k měření fyzické aktivity byla použita řada různých postupů. Neexistují standardizované protokoly pro stanovení počtu monitorů, které by účastníci měli nosit, optimálního umístění na těle, optimálního počtu dnů nošení nebo postupů, které zajistí dodržování předpisů účastníkem.

U dětí i dospělých bude počet monitorovacích dnů záviset na prostředí (např. pracovní nebo volný čas), studované populaci (např. malé děti, dospívající, dospělí muži), zdrojích studie (např. nízký rozpočet vs. dobře financované) a výzkumných otázkách (např. potřeba odhadů chování fyzické aktivity na úrovni populace vs. na individuální úrovni). Jednou z výhod současné technologie akcelerometru je jeho malá, kompaktní velikost, díky které je nositelný na mnoha místech těla (kotník, zápěstí, trup).

V oblasti používání monitorů musíme určit řadu metod, které jsou přijatelné pro konkrétní účely a které se liší z hlediska nákladů a zátěže pro účastníky a výzkumné pracovníky. V současné době neexistuje žádná norma, která by určovala, který monitorovací postup, včetně volby přístroje, protokolu a přístupu, který je za daných podmínek vhodný. Například víme, že fyzická aktivita dětí, zejména mladších dětí, se vyskytuje v relativně krátkých intervalech (každých několik sekund), spíše než v dlouhých (několik minut). Tento typ fyzické aktivity může vyžadovat kratší monitorovací období nebo epochy, aby bylo možné zaznamenat její přerušované chování. Děti se také zabývají různými pohybovými formami, nejen těmi, které závisí na lokomoci. To představuje výzvu pro měření pro běžnější jednodušší akcelerometr. Je také zapotřebí

dalšího výzkumu, aby se zjistilo, zda je k měření rozsahu fyzické aktivity dětí, zejména dětí předškolního věku, zapotřebí více než jeden akcelerometr.

Ačkoli některé výzkumné otázky mohou být zodpovězeny pomocí hrubých výpočtů akcelerometrů, většina studií vyžaduje, aby informace akcelerometru byly převedeny na smysluplnější a interpretovatelnější jednotky. Tento proces, nazývaný kalibrace, je dosažen porovnáním počtů s nějakým známým standardem (typicky nepřímou kalorimetrií), který byl získán ze specifických rovnic navržených pro tento účel. Použití kalibračních rovnic může zlepšit naše chápání dat získaných z akcelerometrie, protože umožňuje vyšetřovatelům určit úroveň námahy představovanou počty akcelerometrů.

Kromě kalibrace monitoru je nezbytné provést redukci a analýzu dat při použití akcelerometrů k měření fyzické aktivity. Jednou z nejvýznamnějších výzev spojených s využíváním akcelerometrů je zvládnutí a pochopení obrovského množství shromážděných dat. S dlouhodobým monitorováním a častým vzorkováním může být objem dat generovaných akcelerometry obrovský. Proto je klíčové před zahájením sběru dat stanovit a jasně formulovat pravidla pro čištění, komprimaci a analýzu dat. Tím se usnadní proces analýzy a umožní srovnání mezi studii, až budou jejich výsledky publikovány (Ward, Evenson, Vaughn, Rodgers & Troiano, 2005).

Použití akcelerometrů při měření fyzické aktivity má své výhody i nevýhody, stejně jako jakákoliv jiná metoda. Mezi nevýhody patří skutečnost, že akcelerometry nedokáží poskytnout kontext a účel konkrétních fyzických aktivit. Nejsou vhodné pro měření specifických aktivit, jako jsou izometrické cvičení, cvičení s odporovými silami (např. silový trénink) nebo jízda na kole. Nicméně, hlavní zdroj celkového energetického výdeje při fyzické aktivitě spočívá v dynamických aktivitách (např. chůze, běh), které akcelerometry přesně měří. Data jsou shromažďována v reálném čase, což poskytuje spolehlivé měření fyzické aktivity v běžných životních situacích.

Důležitá výzva týkající se používání akcelerometrů k měření fyzické aktivity spočívá v interpretaci signálů poskytovaných zařízeními, které je třeba převést na měření s biologickým a nebo behaviorálním významem. V této souvislosti bylo provedeno několik kalibračních studií. Existují významné metodické rozdíly v kalibračních studiích (např. velikosti a vlastnosti vzorků, protokoly fyzické aktivity a statistické přístupy), které mohou ovlivnit výsledky těchto studií. Signál akcelerometru, který je jednou z hlavních proměnných analyzovaných v těchto studiích, tedy není ve všech studiích stejný. Některé studie, notoricky známé, analyzovaly signál jako gravitační ekvivalent (g, kde  $1 g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ), zatímco jiné ho analyzovali jako počty. Přímé srovnání hodnot počtu od různých značek akcelerometrů je omezené, zejména proto, že výrobci používají různé nezveřejněné algoritmy pro definování výstupů zrychlení.

V poslední době lze data z akcelerometrů analyzovat pomocí různých signálů zrychlení, a proto byl proveden velký počet kalibračních studií založených na surových datech. V této souvislosti je zásadní pochopit, jak byl surový signál z akcelerometrů převeden do měření fyzické aktivity (Migueles et al., 2017).

V oblasti výzkumu fyzické aktivity zaznamenaly technologie a aplikace založené na akcelerometrech významný pokrok a růst. Díky současnému vývoji hardwarové technologie je možné zachytit a uložit nebo přenášet obrovská množství surových dat o zrychlení. Tyto informace poskytují nové možnosti pro detailnější charakterizaci fyzické aktivity, avšak s sebou nesou také logistické a analytické výzvy. Výzkumníci a vývojáři z různých oborů aktivně reagují na tyto výzvy a pokroky v ukládání, přenosu a zpracování velkých dat minimalizují logistické problémy spojené s jejich využitím. Byla vyvinuta široká škála monitorů aktivity založených na akcelerometru, které usnadňují objektivní sledování chování fyzické aktivity, ale ukázalo se, že je obtížné srovnávat výstupy z různých monitorů. Komerčně dostupné monitory provádějí stejný základní úkol, a to sledování celkového zrychlení těla. Rozdíly ve vlastnostech senzorů a interním zpracování dat však ztěžují porovnání výstupů z různých monitorů. Na trhu je mnoho konkurenčních technologií, což ještě zhoršuje výzvu hodnocení rovnocennosti monitorů a relativních silných a omezených stránek různých monitorů. Abychom pokročili v hodnocení fyzické aktivity a zlepšili schopnost porovnávat výsledky napříč studii pomocí různých monitorů, je důležité provádět studie funkční ekvivalence standardizovaným a systematickým způsobem. Výzkumníci běžně používají termín akcelerometry k obecnému odkazu na monitory aktivity založené na akcelerometrii. Existuje široká škála komerčně dostupných monitorů vyráběných různými výrobci. Kromě toho vývoj technologií a schopnost výrobců reagovat na zájem o specifické měřicí funkce vedly k dostupnosti více modelů monitorů od stejné společnosti. Je zřejmé, že různé komerčně dostupné monitory jsou ze své podstaty odlišné. Pokud by všechny monitory byly skutečně akcelerometry, mohly by být použity relativně zaměnitelně k poskytování údajů o zrychlení těla. Přestože většina monitorů aktivity je založena na údajích o zrychlení z interních akcelerometrů, interní zpracování vede k různým výstupům, které nelze přímo porovnávat. Vědci předpokládali, že výsledky budou ekvivalentní mezi více jednotkami daného monitoru aktivity, ale to není vždy pravda. Vzhledem k tomu, že spolehlivost je předpokladem platnosti, je důležité hodnotit monitory na základě spolehlivosti i platnosti (Welk, McClain, & Ainsworth, 2012).



## 3 CÍLE

### 3.1 Hlavní cíl

Cílem práce je posoudit souběžnou a zjevnou validitu vybraných parametrů dynamického zatížení stanovených na základě akcelerace jedince u dětí mladšího školního věku.

### 3.2 Výzkumné hypotézy a výzkumná otázka

- Hypotéza 1. Objemem dynamického zatížení v průběhu pohybové činnosti provedené maximálním úsilím je asociován s dobou trvání této činnosti u dětí mladšího školního věku.
- Hypotéza 2. Intenzita akcelerační zátěže v průběhu pohybové činnosti provedené maximálním úsilím je asociována s dobou trvání této činnosti u dětí mladšího školního věku.
- Hypotéza 3. *Stupeň dynamiky pohybu* vyjadřující průběh akceleračních změn v průběhu pohybové činnosti není asociován s dobou trvání této činnosti u dětí mladšího školního věku.

Výzkumná otázka: Jaké jsou rozdíly v dynamickém zatížení v závislosti na charakteru pohybového zadání u dětí mladšího školního věku?

## 4 METODIKA

### 4.1 Design práce

Diplomová práce je zaměřena na posouzení validity tří navržených parametrů pro posuzování dynamického zatížení u dětí mladšího školního věku. Dynamickým zatížením se v práci rozumí množství a intenzita akcelerace v průběhu konkrétního pohybového cvičení, a dále povaha změn akcelerace v průběhu uvažovaného cvičení. V této souvislosti bylo dynamické zatížení ve shodě s definovanými hypotézami vyjádřeno prostřednictvím pěti parametrů – *Integrální součet akcelerace* v průběhu pohybového cvičení a parametru *PlayerLoad™* (výpočet viz kapitola 2.2.2) jako parametry úhrnného množství akcelerace za dobu cvičení; dále tytéž parametry relativizované vůči času, tj. přepočtené na jednu minutu, jako parametry intenzity akcelerace v průběhu cvičení; a jako poslední parametr navrženého indexu nazvaném *Stupeň dynamiky pohybu*. Ten byl vypočten jako Eukleidovská norma vektoru tvořeným desíti popisnými statistikami (průměr, rozptyl, medián, směrodatná odchylka, percentily P[90], P[95] a P[98], autokorelace s posunem osmi kroků, šikmost a špičatost), tj. jako odmocnina ze součtu druhých mocnin těchto parametrů, časové řady záznamu akcelerace v průběhu pohybového cvičení. Tento parametr má postihnout povahu změn akcelerace v průběhu určitého cvičení.

Na zjevnou validitu bylo usuzováno z pohledu odlišností v míře dynamického zatížení mezi odlišnými pohybovými úkoly, které byly konstruovány tak, aby jejich dynamická povaha byla ze své podstaty odlišná.

Z hlediska validity posuzujeme, zda zjevná vysoká míra dynamiky pohybu skutečně koresponduje s vysokou úrovní sledovaných parametrů.

Souběžná validita byla založena komparací dvou metod hodnocení vnějšího zatížení (korelace mezi odpovídajícími výsledky), kde jedním parametrem vnějšího zatížení byl čas překonání pohybového úkolu a druhým parametrem byly námi sledované parametry dynamické zátěže u odpovídajícího pohybového úkolu.

Výzkum probíhal prostřednictvím měření akcelerace pohybu pomocí tříosého akcelerometru Axivity AX6 jako formy vnější zátěže u dětí, které překonávaly protokolem definovanou překážkovou dráhu. Dráha se skládala z osmi úseků, přičemž úseky byly navrženy tak, aby se v každém úseku střídaly úseky s předpokládanou větší a menší dynamickou zátěží. Při konstrukci dráhy se předpokládalo, že dynamická zátěž bude při jejich překonání odlišná z hlediska pohybového projevu, tak jak je pohybový projev nadefinován. Zařazeny byly pohybové úkoly lokomoční i nelokomoční povahy. Celková doba trvání proběhnutí překážkové

dráhy byla odlišná, vzhledem k individuálnímu výkonu jedince. Úkolem jedince bylo překonat překážkovou dráhu v co nejkratším čase.

## 4.2 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor se skládal z 42 žáků mladšího školního věku. Jednalo se o skupiny chlapců ( $n=23$ ) a dívek ( $n=19$ ) ve věku od 9 do 11 let.

Jedna skupina žáků byla oslovena prostřednictvím vedoucích sportovního kroužku při základní škole (Liberecký kraj), který navštěvují. Druhá skupina byla oslovena vyučujícím tělesné výchovy na odlišné základní škole (Zlínský kraj).

Měření předcházelo získání podepsaného informovaného souhlasu rodičů nebo zákonného zástupce (Příloha 4). Součástí informovaného souhlasu byly informace pro rodiče (Příloha 5). Měření probíhalo ve dvou po sobě jdoucích dnech. Některé děti byly měřeny opakovaně kvůli nefunkčnosti akcelerometru.

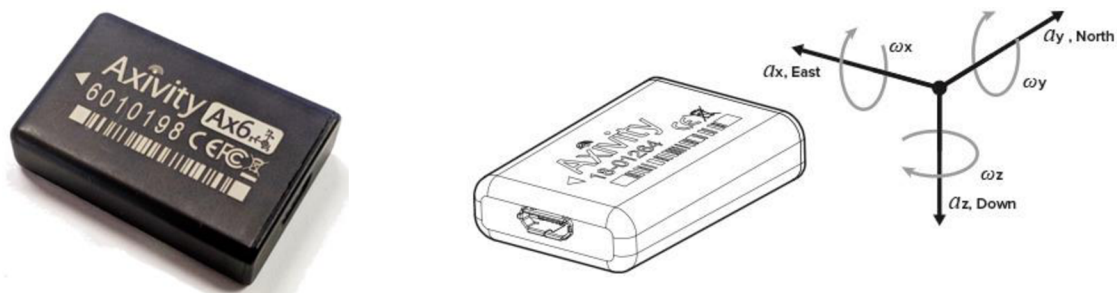
Práce byla realizována po předchozím schválení projektu Etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci (č. 84/2022) (Přílohy 1 a 2).

## 4.3 Metody sběru dat

Pro měření dynamické zátěže byly použity 6osé logovací inerciální měřicí jednotky Axivity AX6 (Axivity Ltd, United Kingdom) obsahující akcelerometr a gyroskop (Obrázek 1). Jde o typ nositelného přístroje obsahující senzory pohybu, který bývá často užíván právě k hodnocení konkrétního lidského pohybu či pohybové aktivity jako celku.

### Obrázek 1

Akcelerometr Axivity AX6



Běžně se používá ve výzkumných a klinických studiích ke shromažďování údajů o úrovních pohybové aktivity, spánkových vzorcích a dalších parametrech souvisejících se zdravím. Axivity AX6 je datový záznamník schopný zaznamenávat surová data ze sady integrovaných senzorů akcelerometru a gyroskopu. Je tak vybaven 6osým snímačem pohybu, který měří lineární zrychlení a úhlovou rychlost s vysokou přesností. Jednotlivé senzory lze vzorkovat s konfigurovatelnou rychlostí a přesností.

V této práci byly akcelerometry nastaveny na vzorkovací frekvenci 100 Hz a rozsah měření byl stanoven  $\pm 16$  g. K nastavení přístroje, importu dat z přístroje a následného exportu surových dat do formátu CSV byl použit software OpenMovement GUI verze 1.0.0.43 (OmGui, Newcastle University, UK). Surová data ze tří os akcelerometru byla pro následné zpracování přepočtena na velikost výsledného vektoru jako Eukleidovská norma:

$$|E_t| = \sqrt{(x_t^2 + y_t^2 + z_t^2)},$$

kde  $E_t$  je velikost vektoru akcelerace v časovém okamžiku  $t$ ;  $x$ ,  $y$  a  $z$  jsou hodnoty akcelerace v příslušném časovém okamžiku na jednotlivých osách.

Doba trvání překonání jednotlivých úseků trati byla zjišťována z vnitřního času akcelerometru.

Akcelerometr byl umístěn jedinci vodorovně mezi horními úhly lopatek pomocí lepicí pásky Omnifix těsně vedle páteře. Páska je používána v medicíně a je zdravotně nezávadná.

Po nasazení přístroje se jedinec přesunul na start dráhy. Start dráhy i každého úseku trati zvlášť byl proveden pomocí třech plácnutí do zad v oblasti umístění akcelerometrů za účelem identifikace začátku měření jednotlivých úseků trati v surových datech akcelerometru. Ihned po třetím plácnutí vybíhal jedinec na trať. Mezi každým úsekem a na konci trati se musel jedinec postavit do vzpřímeného stoje na stanovišti, kde proběhly tři plácnutí a následně pokračoval dál v překonávání dalšího úseku. Po překonání posledního úseku byly provedeny poslední tři plácnutí. Každý úsek trati tak byl v datech vymezen třetím (start úseku) a prvním (konec úseku) plácnutím, přičemž hodnoty akcelerace během plácnutí byly z dat odstraněny.

#### 4.4 Organizace sběru dat

Sběr dat probíhal se souhlasem ředitelů škol. Před samotným výzkumem byly děti i jejich zákonní zástupci seznámeni s cílem, obsahem, účelem a průběhem tohoto výzkumu. Následně byly dětem předány informované souhlasy pro rodiče a zákonné zástupce. Po odsouhlasení následovalo samotné měření. Měření předcházela příprava trati a seznámení dětí s průběhem měření. Důležité bylo dětem nejdříve celou trať popsat, poté projít s ukázkou všech cviků (upozornit na detaily) za účelem familiarizace. Dále určit předběžné pořadí žáků a umístit

pomocníky na trase (počítají opakování, ukazují směr). Bezprostředně před vlastním měřením předcházelo rozcvičení a 2-3 minuty kontinuálního běhu nízké intenzity. Následně byl jedinci nasazen přístroj a jedinec se přesunul na start. Start byl zahájen třetím plácnutím na záda v oblasti umístěného akcelerometru. Na každém stanovišti proběhly tři plácnutí (kvůli odlišení jednotlivých úseků). Dráha byla ukončena třemi plácnutími v cíli. Po uběhnutí dráhy byl jedinci sundán přístroj.

#### 4.4.1 Protokol měření

##### **Příprava na měření:**

- Nastavit přístroj
- Postavit trať
- Vypracovat seznam žáků
- Pomůcky: transparentní lepicí páska; páska na akcelerometry; záznamové pomůcky; Axivity AX6; pásmový metr minimálně 10 m
- Nářadí: 9x kužel (30 cm); obruč; žíněnka; lavičky; švédská bedna; malé kroužky na sbírání

##### **Přístroj:**

##### **Axivity AX6**

- Umístění po stranách páteře mezi horními úhly lopatek
- Orientace přístroje: přístroj vodorovně & text vně & šipka vlevo
- Uchycení páskou Omnifix

##### **Příprava trati a průběh měření:**

- Celou trať nejprve popsat, poté projít s ukázkou všech cviků (upozornit na detaily)
- Určit předběžné pořadí žáků
- Umístit případné pomocníky na trase (radí, počítají, ukazují směr)
- Bezprostředně před vlastním měřením předchází rozcvičení a 2-3 minuty kontinuálního běhu střední intenzity

##### **Průběh měření**

- Pokyn pro žáky je proběhnout trať i dílčí úseky v co nejkratším čase.
- Žák vybíhá na trať i z každého dalšího stanoviště až po třetím plácnutí na záda.

- Na každém startovacím stanovišti se musí žák postavit do pozoru, vzpřímený stoj ve směru dalšího úseku.
- Měření posledního úseku je ukončeno opětovným poplácáním na záda, kdy bude vyhodnocen první z úderů.

### **Charakteristika překážkové dráhy**

Překážková dráha byla umístěna v tělocvičně o rozměrech 18x9 metrů. Úseky překážkové dráhy byly definovány tak, aby se na každém úseku zjevně střídala velikost dynamické zátěže.

*Název, popis úseků a pravidla pro jejich provedení:*

Nákres překážkové dráhy uveden v Příloze 3

#### 1. úsek – Běh 4x10 m:

Testovaná osoba vybíhá na třetí plácnutí z vysokého startu od jednoho kužele, druhý kužel obíhá a vrací se křížmo k prvnímu (aby dráha tvořila osmičku), po jeho oběhnutí pokračuje znovu k druhému kuželu, toho se jen dotkne a vrací se na start, kde obíhá kužel a dobíhá k druhému úseku.

#### 2. úsek – Plazení:

Testovaná osoba přibíhá na start druhého úseku, postaví se do vzpřímeného stoje, následují tři plácnutí, žák se pokládá na zem bezprostředně po třetím plácnutí. Pravidlo je, že se trup musí po celou dobu dotýkat země, probíhá plazení, žák se zvedá po doteku rukou cílové značky.

#### 3. úsek – Agility běh:

Ihned po dokončení úseku plazení se žák zvedá do vzpřímeného stoje, následují tři plácnutí a postupné člunkové výběhy k jednotlivým kuželům s návratem k prvnímu (vybíhá ke třetímu kuželu, kterého se dotkne, vrací se k prvnímu, kterého se dotkne, následuje běh ke čtvrtému kuželu, dotek kužele, návrat k prvnímu kuželu a dotek, běh k pátému kuželu a dotek, návrat k prvnímu kuželu a dotek, běh k šestému kuželu a dotek, návrat k prvnímu kuželu a dotek, oběhnutí všech kuželů a doběhnutí na start čtvrtého úseku.

#### 4. úsek – Sbíráání kroužků:

Vzpřímení stoj, tři plácnutí a probíhání položenými díly švédské bedny se sbíráním kroužků, v úseku je celkem 6 dílů švédské bedny a v každém dílu jeden kroužek, úkolem je kroužky posbírat, oběhnout kužel za díly švédské bedny a vrátit se stejnou trasou a vrátit zpět každý kroužek do jednoho dílu bedny, důležité je, aby děti kroužky neházely, ale pokládaly. Po položení všech kroužků přebíhá žák na start dalšího úseku.

#### 5. úsek – Jacík:

Vzpřímení stoj, tři plácnutí a provedení upraveného Jacíkova testu: cyklus: stoj – leh na břiše – přetočení na záda – stoj. Žák provádí 10 cyklů, poté přebíhá na start dalšího úseku.

#### 6. úsek – Prolézání obručí: Prolézání obručí ve stoji ve směru od hlavy k nohám (10 cyklů)

Vzpřímení stoj, tři plácnutí a zahájení prolézání obruče. Obruč je položena na zemi, žák obruč zvedá, dává si ji přes hlavu směrem k nohám. Po dotknutí se obruče podlahy žák z obruče „vystoupí“ a následují další cykly, celkem 10 cyklů. Po dokončení 10 cyklů následuje vzpřímený stoj a začátek dalšího úseku.

#### 7. úsek – Přeskakování lavičky:

Vzpřímený stoj, tři plácnutí a přeskakování laviček s odrazem jedno nož, celkem 10x přeskoků. Lavičku žák přeskakuje s postupem vpřed a střídá přitom strany přeskakování přes lavičku. Po překonání deseti přeskoků dobíhá na start posledního úseku.

#### 8. úsek – Plazení (viz úsek č. 2):

Vzpřímený stoj, tři plácnutí, žák se pokládá na zem bezprostředně po plácnutí. Pravidlo je, že se trup musí po celou dobu dotýkat země, probíhá plazení a zvedá se po doteku rukou cílové značky. Ihned následují tři plácnutí a ukončení testu.

## 4.5 Statistické vyhodnocení dat

V práci byly použity popisné statistiky aritmetický průměr, medián a směrodatná odchylka k charakteristice doby trvání úseků překážkové dráhy a dosažených hodnot u pozorovaných parametrů. K ověření vztahu sledovaných parametrů *Integrální součet akceleraace, PlayerLoad<sup>TM</sup>*, *Integrální součet akceleraace/min, PlayerLoad<sup>TM</sup>/min* a *Stupeň dynamiky pohybu* vůči době trvání dílčích pohybových úkolů byl použit Pearsonův korelační koeficient. K posouzení rozdílů dynamické zátěže mezi jednotlivými úseky byla použita ANOVA pro opakovaná měření. Pro posouzení statistické významnosti byla zvolena  $p = 0,05$ .

K statistickým analýzám byly použity programy IBM SPSS verze 25 a R verze 2022.07.1.

## 5 VÝSLEDKY

V Tabulce 2 je uvedena celková charakteristika dílčích úseků z hlediska dosažených hodnot u sledovaných parametrů, a to včetně výsledků ANOVA, prostřednictvím které byly posuzována shoda mezi sedmi dílčími úseky trati. Bylo zjištěno, že v případě všech parametrů je výsledek statisticky významný na 0,05, a tedy že mezi jednotlivými úseky existují v uvedených parametrech rozdíly, resp. vždy existuje alespoň jeden úsek, který se v daném parametru od ostatních liší.

Tabulka 2 rovněž zahrnuje charakteristiku celé trati i dílčích úseků trati z pohledu doby jejího trvání. Překonání celé dráhy trvalo v průměru 200,9 s, přičemž dva nejdéle trvající úseky jsou úsek Plazení s průměrným časem  $46,2 \pm 21,23$  s a úsek Jacík s průměrným časem  $46,2 \pm 11,56$  s, nejkratší průměrný dosažený čas byl u Přeskakování lavičky  $15,1 \pm 3,76$  s. Průměrný časový rozdíl mezi nejkratším a nejdelším úsekem byl  $31,1 \pm 17,47$  s.

*Integrální součet akcelerace* uvedený v Tabulce 2 vyjadřuje průměrnou hodnotu součtu akcelerace za jednotlivé úseky včetně směrodatné odchylky. Z tabulky je patrné, že nejvyšší hodnoty z časové řady akcelerace dosahuje úsek Jacík s průměrnou hodnotou  $52,4 \pm 11,64$  g. A naopak nejnižší průměrné hodnoty *Integrálního součtu akcelerace* bylo dosaženo na úseku Přeskakování lavičky  $18,5 \pm 4,21$  g.

*PlayerLoad<sup>TM</sup>* uvedený v Tabulce 2 vyjadřuje průměrnou hodnotu fyzické zátěže dítěte na jednotlivých úsecích. Nejvyšší průměrná hodnota byla dosažena na úsecích Jacík  $11,8 \pm 2,49$  a Plazení  $11,7 \pm 3,44$ . Nejnižší průměrná hodnota *PlayerLoad<sup>TM</sup>* byla na úseku Prolézání obručí  $3,9 \pm 1,00$ .

Je nutné vzít v úvahu fakt, že hodnoty parametrů *Integrálního součtu akcelerace* i *PlayerLoad<sup>TM</sup>* jsou jednak projevem míry akcelerace tak i doby trvání jednotlivého úseku. Vzájemné porovnání úseků mezi sebou tak musí být s ohledem na tuto skutečnost.

*Stupeň dynamiky pohybu*, který popisuje dynamický projev pohybu v Tabulce 2 dosahoval nejvyšších průměrných hodnot u úseku Jacík  $36,4 \pm 21,20$ . Nejnižší hodnoty byly dosaženy na úseku Běh 4x10 m  $12,2 \pm 4,29$ . Na rozdíl od předešlých dvou parametrů tento není závislý na době trvání úseku.



**Tabulka 2***Rozdíly sledovaných parametrů akcelerace mezi dílčími úseky trati (n = 42)*

Úseky trasy	Průměr ± SD	Medián	F	p-hodnota
<i>Trvání úseků (s)</i>				
Celá trasa	200,9 ± 44,29			
Běh 4x10 m	17,7 ± 4,98	16,8	-	-
Plazení	46,2 ± 21,23	40,3		
Agility běh	20,0 ± 4,75	20,0		
Sbírání kroužků	25,1 ± 4,13	24,3		
Jacík	46,2 ± 11,56	45,6		
Prolézání obručí	30,6 ± 6,97	31,0		
Přeskakování lavičky	15,1 ± 3,76	14,4		
<i>Integrální součet akcelerace (g)</i>				
Běh 4x10 m	22,7 ± 3,96	21,6	75,248	<0,001
Plazení	50,9 ± 21,83	44,6		
Agility běh	23,3 ± 5,26	23,1		
Sbírání kroužků	28,1 ± 4,36	27,5		
Jacík	52,4 ± 11,64	51,6		
Prolézání obručí	31,6 ± 6,73	32,0		
Přeskakování lavičky	18,5 ± 4,21	17,5		
<i>PlayerLoad</i>				
Běh 4x10 m	9,1 ± 1,75	9,3	92,779	<0,001
Plazení	11,7 ± 3,44	11,2		
Agility běh	6,3 ± 2,07	6,1		
Sbírání kroužků	5,9 ± 1,29	5,6		
Jacík	11,8 ± 2,49	11,5		
Prolézání obručí	3,9 ± 1,00	3,6		
Přeskakování lavičky	5,9 ± 1,56	5,6		
<i>Stupeň dynamiky pohybu</i>				
Běh 4x10 m	12,2 ± 4,29	11,3	7,489	<0,001
Plazení	26,3 ± 32,59	18,3		
Agility běh	15,9 ± 16,99	10,8		
Sbírání kroužků	16,4 ± 17,27	9,8		
Jacík	36,4 ± 21,20	32,1		
Prolézání obručí	14,7 ± 23,65	6,4		
Přeskakování lavičky	17,3 ± 12,94	12,0		

Tabulka 3 obsahuje hodnoty dvou parametrů, a to *Integrálního součtu akcelerace za minutu* a *PlayerLoad<sup>TM</sup>\*min<sup>-1</sup>* na jednotlivých úsecích dráhy. V tabulce jsou uvedeny hodnoty jednotlivých úseků dráhy, včetně výsledků ANOVA. Tyto parametry jsou relativizované vůči času, tudíž na ně nahlížíme jako parametry intenzity cvičení.

U obou parametrů bylo zjištěno, že je výsledek statisticky významný, tudíž existuje úsek, který se v daném parametru liší od ostatních, jak je dobře patrné z Obrázku 2 a 3.

Z Tabulky 3 lze pozorovat, že se hodnoty *Integrálního součtu akcelerace za minutu* pohybují od  $78,2 \pm 6,00 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$  na úseku Běh 4x10 m do  $62,1 \pm 1,90 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$  na úseku Prolézání obručí, rozdíl mezi těmito hodnotami je  $16,1 \pm 4,10 \text{ g}\cdot\text{min}^{-1}$ . Přepočtené hodnoty na jednotlivých úsecích jsou si podobné, což lze vidět na Obrázku 2. Z grafu na Obrázku 2 lze pozorovat širší podobnost u úseků Agility běh, Sbíráání kroužků a Jacík. Nejodlišnější hodnota byla vypočtena u Běhu 4x10 m.

### Tabulka 3

*Rozdíly sledovaných relativních hodnot parametrů akcelerace (za minutu) mezi dílčími úseky trati (n = 42)*

Úsek trasy	Průměr ± SD	Medián	F	p-hodnota
<i>Integrální součet akcelerace za minutu (g.min-1)</i>				
Běh 4x10 m	78,2 ± 6,00	78,8	83,281	<0,001
Plazení	66,7 ± 3,37	66,5		
Agility běh	70,1 ± 3,77	70,4		
Sbíráání kroužků	67,3 ± 2,02	67,6		
Jacík	68,7 ± 4,21	68,0		
Prolézání obručí	62,1 ± 1,90	62,0		
Přeskakování lavičky	73,9 ± 3,11	74,0		
<i>PlayerLoad<sup>TM</sup>*min-1</i>				
Běh 4x10 m	32,3 ± 7,30	33,5	122,220	<0,001
Plazení	16,5 ± 4,95	16,3		
Agility běh	18,9 ± 4,95	18,9		
Sbíráání kroužků	14,3 ± 2,55	14,2		
Jacík	16,0 ± 4,14	15,6		
Prolézání obručí	7,8 ± 1,86	8,0		
Přeskakování lavičky	23,9 ± 3,95	23,6		

Průměrné hodnoty  $PlayerLoad^{TM*min^{-1}}$  uvedené v Tabulce 3 dosahují hodnot v rozmezí od  $32,3 \pm 7,30 \text{ min}^{-1}$  u úseku Běh 4x10 m do  $7,8 \pm 1,86 \text{ min}^{-1}$  u úseku Prolézání obručí. Rozdíly mezi těmito hodnotami jsou  $24,5 \pm 5,44 \text{ min}^{-1}$ . Hodnoty dokresluje Obrázek 3. Z grafu na tomto obrázku jsou podobné hodnoty na úsecích Plazení, Agility běh, Sbíráání kroužků a Jacík.

Parametr *Integrální součet akcelerace za minutu* méně diferencuje mezi jednotlivými úseky než parametr  $PlayerLoad^{TM*min^{-1}}$ .

Tabulka 4 obsahuje výsledky vztahující se k asociaci mezi dvěma parametry vnějšího zatížení, tj. vždy dvojice čas trvání úseku trati na jedné straně a posuzovanými parametry dynamického zatížení na straně druhé. Výsledky tedy poukazují na to, do jaké míry jsou sledované parametry dynamického zatížení asociovány s časem, za který žáci zvládli překonat příslušný úsek.

Korelace mezi dobou trvání celé trasy a *Integrálním součtem akcelerace* byla 0,992. Výsledky ukazují, že je zde velmi silná závislost mezi těmito proměnnými. To znamená, že čím delší byla doba trvání dráhy, tím vyšších hodnot *Integrálního součtu akcelerace* jedinci dosahovali. U integrálu z časové řady akcelerace byl zjištěn nejvyšší korelační koeficient 0,995 u Plazení a nejnižší korelační koeficient 0,960 u Běhu 4x10 m.

Korelace mezi celkovou dobou trvání celé trasy a  $PlayerLoad^{TM}$  byla 0,602, existuje zde středně silná pozitivní souvislost mezi těmito dvěma veličinami. U korelace mezi dobou trvání jednotlivých úseků a  $PlayerLoad^{TM}$  jsou výsledky poměrně překvapivé, a to s ohledem na skutečnost, že  $PlayerLoad^{TM}$  někdy není asociován s časem a někdy s časem koresponduje. Např. Běh 4x10 m nekoresponduje s časem, vypočtená hodnota -0,246 to dokazuje. Kdežto nejvyšší hodnota korelace 0,721 byla vypočtena u Přeskakování lavičky.

Korelace mezi dobou trvání a *Integrálním součtem akcelerace za minutu* byla -0,502, což znamená, že existuje střední negativní vztah mezi těmito proměnnými. Nejvyšší přepočtená hodnota byla -0,276 u Agility běhu a nejnižší hodnota byla -0,731 u Běhu 4x10 m.

Celková korelace mezi dobou trvání celé trasy a  $PlayerLoad^{TM*min^{-1}}$  byla -0,480. Jedná se tedy o střední negativní závislost mezi těmito parametry. V Tabulce 3 můžeme vidět, že u korelace mezi dobou trvání jednotlivých úseků a  $PlayerLoad^{TM*min^{-1}}$  byla nejvyšší hodnota u Agility běhu -0,149 a nejnižší hodnota -0,655 u Běhu 4x10 m. Asociace závisela na druhu prováděné činnosti.

Na *Integrální součet akcelerace za minutu* a  $PlayerLoad^{TM*min^{-1}}$  nahlížeme jako na parametry intenzity pohybu. Z výsledků korelace vyplývá, že čím byla delší doba trvání překonání dráhy, tím nižší intenzitou ji jedinci prováděli.

Korelace mezi *Stupněm dynamiky pohybu* a dobou celé trasy byla 0,459. Existuje tedy středně silná pozitivní korelace mezi *Stupněm dynamiky pohybu* a dobou trvání celé trasy. U

stupně dynamiky pohybu byla nejvyšší hodnota pozitivní korelace 0,590 u Agility běhu a nejnižší hodnota pozitivní korelace 0,268 u Prolézání obručí a hodnota negativní závislosti -0,049 u Běhu 4x10 m. Asociace tedy závisí na typu prováděné činnosti.

#### Tabulka 4

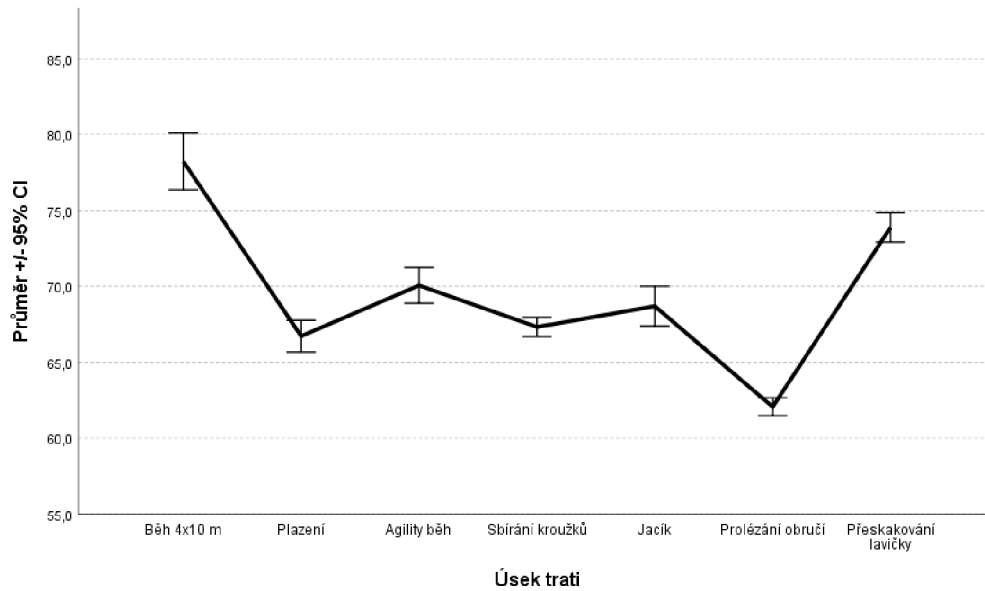
*Korelace mezi dobou trvání dílčích úseků a sledovanými parametry akcelerace v daných úsecích*

Úsek	Doba trvání úseku versus:				
	INT	PL	SDP	INT/min	PL/min
Celá trasa	0,992	0,602	0,459	-0,502	-0,480
Běh 4x10 m	0,960	-0,246	-0,049	-0,731	-0,655
Plazení	0,995	0,646	0,339	-0,473	-0,614
Agility běh	0,970	0,552	0,590	-0,276	-0,149
Sbírání kroužků	0,983	0,515	0,540	-0,413	-0,297
Jacík	0,985	0,431	0,585	-0,599	-0,609
Prolézání obručí	0,991	0,393	0,268	-0,487	-0,490
Přeskakování lavičky	0,982	0,721	0,437	-0,506	-0,295

*Poznámka.* INT = Integrální součet akcelerace; PL = PlayerLoad™; SDP = Stupeň dynamiky pohybu; INT/min = Integrální součet akcelerace za minutu; PL/min = PlayerLoad™ za minutu.

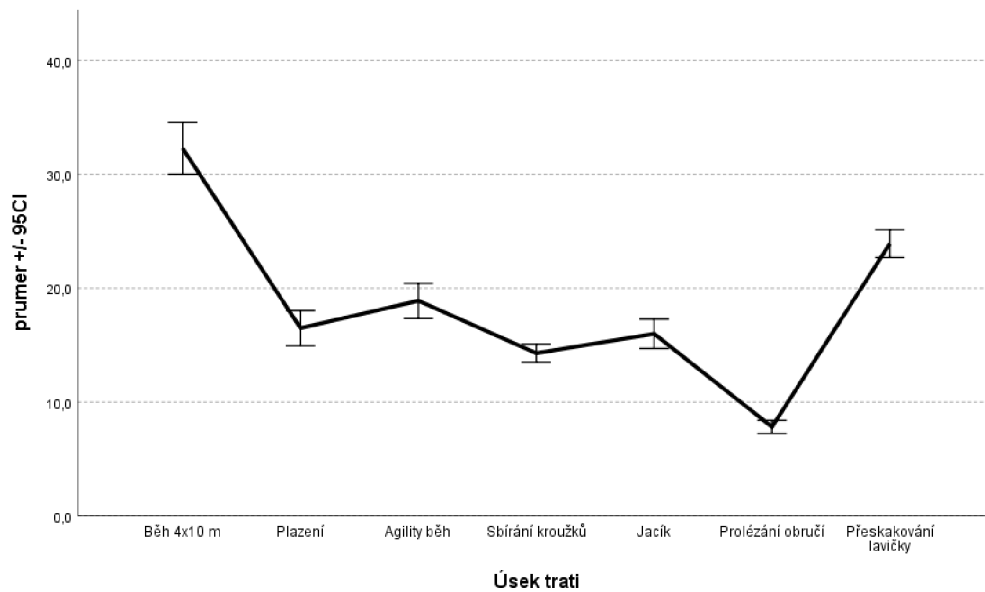
**Obrázek 2**

*Integrální součet akcelerace v dílčích úsecích/minutu*



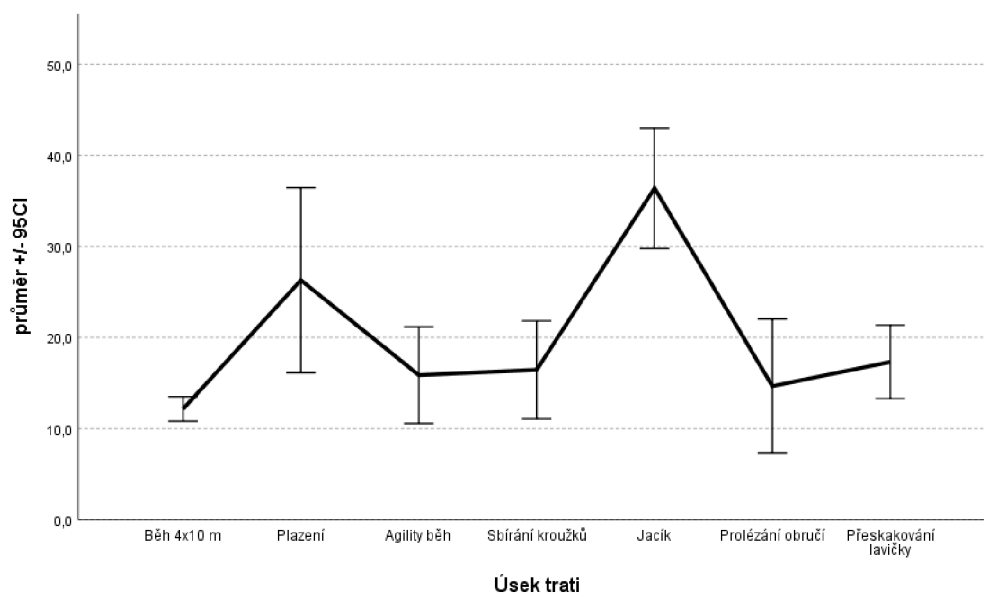
**Obrázek 3**

*PlayerLoad™/minutu*



## Obrázek 4

*Stupeň dynamiky pohybu*



## 6 DISKUSE

Výsledky odráží výkony dětí při překonávání překážkové dráhy, která se skládala ze sedmi činností, kterými byli Běh 4x10m, Plazení, Agility běh, Sbírání kroužků, Jacík, Prolézání obručí, Přeskakování lavičky.

Záměrem práce bylo srovnávání vnějšího zatížení s jinými, relativně novými parametry, u kterých vlastnosti týkající se validity nejsou známy.

Z výsledků lze pozorovat, že existují rozdíly v dynamickém zatížení v závislosti na charakteru pohybového zadání, které účastníci prováděli na čas a které bylo součástí dílčích úseků překážkové dráhy. Je patrné, že z hlediska dynamického zatížení existuje u každého z posuzovaných parametrů alespoň jeden úsek, který se odlišuje od ostatních, jsou zde statisticky významné rozdíly. Z pohledu třech parametrů: *Integrálního součtu akcelerace za minutu*, *PlayerLoad™ za minutu* a *Stupně dynamiku pohybu* nejsou odlišnosti obdobné. Jednoznačně tak lze říct, že dynamické zatížení tyto parametry nehodnotí stejným způsobem a nejsou navzájem zastupitelné. Z hlediska validity lze proto očekávat jejich odlišnou úroveň.

Nicolella et al. (2018) prezentovali výsledky svého výzkumu, který byl zaměřen na validitu a reliabilitu akcelerometru, který je součástí zařízení Catapult. Zjistili, že tento nástroj vykazuje vynikající reliabilitu. Koeficienty variability (CV) vztahující se k samotnému zařízení byly nižší než 2,0 %. Nicméně mezi zařízeními byly pozorovány rozdíly, a to zejména ve variabilitě naměřené ve směrech x a y ve srovnání se směrem z, což naznačuje možnou nedostatečnou kalibraci zařízení. Výsledky naznačují, že menší spolehlivost zařízení byla pozorována při pohybu ve směru z (kranio-sakrální směr) ve srovnání se směry x (anterio-posteriální směr) a y (mediolaterální směr). Barrett et al. (2014) zkoumali spolehlivost PlayerLoad™ při běhu na běžeckém pásu a zjistili, že variabilita mezi zařízeními v PlayerLoad™ závisela na rovině pohybu (9,1 % ve směrech x, 12,0 % ve směru y a 6,3 % ve směru z). Na základě těchto výsledků je důležité být opatrný při porovnávání PlayerLoad™, zejména při rozdělování výsledků podle roviny pohybu. Je třeba brát v úvahu tyto skutečnosti při hodnocení parametru *PlayerLoad™*.

Objem dynamického zatížení během pohybového úkolu, který je vykonáván s maximálním úsilím, je asociován s dobou trvání tohoto úkolu u dětí mladšího školního věku. To znamená, že čím déle splnění pohybového úkolu trvalo, tím více objemu zátěže jedinec získal. Z výsledků vyplývá, že na nejdéle trvajících úsecích a to Plazení ( $46,2 \pm 21,23$  s) a Jacík ( $46,2 \pm 11,56$  s) jedinci dosahovali největších hodnot objemu dynamického zatížení: Plazení ( $50,9 \pm 21,83$  g *Integrální součet akcelerace*;  $11,7 \pm 3,44$  *PlayerLoad™*) a Jacík ( $52,4 \pm 11,64$  g *Integrální součet akcelerace*;  $11,8 \pm 2,49$  *PlayerLoad™*). Během překonání trasy získali jedinci celkovou hodnotu *PlayerLoad™* v průměru  $54,71 \pm 10,02$ .

Heisman et al. (2018) ve své studii uvádí průměrnou hodnotu  $PlayerLoad^{TM}$   $38 \pm 09,103$  zaznamenanou během tréninků basketbalu s průměrnou dobou trvání 70,32 minut. V této studii však narazili na určitá omezení, která ovlivnila interpretaci. Výrazný nárůst  $PlayerLoad^{TM}$  byl zaznamenan během předsezónního tréninkového období. Zvýšení tréninkové zátěže bylo spojeno s poklesem výkonnosti, což by mohlo mít za následek podávání nízkých výkonů v soutěži, pokud by ke konci tréninkového období bylo vysoké skóre  $PlayerLoad^{TM}$ . Předpokládá se, že postupné zintenzivnění objemu a intenzity tréninku, stejně jako snížení výkonu, osvětluje žádoucí funkční přesah, aby připravilo sportovce na požadavky soutěžní sezóny a je nezbytné pro stimulaci superkompensace ke špičkovému výkonu.

Celkovou průměrnou hodnotu  $PlayerLoad^{TM}$ , kterou jedinci získali při překonání překážkové dráhy můžeme srovnat s celkovou průměrnou hodnotou  $PlayerLoad^{TM}$  získanou během tréninků basketbalu. Z těchto výsledků je možno říct, že žáci vyvinuli v průběhu překonané trati vyšší dynamické zatížení oproti dynamickému zatížení v trénincích basketbalu.

V porovnání těchto dvou činností by se dalo diskutovat o tom, zda je možné, že delší trvání úkolu vede k únavě a snížené efektivitě pohybu, což by mohlo ovlivnit objem zátěže (trénink basketbalu trval delší dobu než překonání překážkové dráhy). Také je třeba zvážit, jaký vliv může mít vyšší objem zátěže na zdraví a výkon dětí mladšího školního věku nebo zda existuje riziko přetížení nebo zranění při vyšším objemu zátěže. Tento výzkum byl prováděn u konkrétních pohybových úkolů, lze tedy spekulovat o tom, zda má tento výsledek vztah jen k určitému typu úkolů, nebo je obecnější pro různé pohybové aktivity.

Je třeba provést další výzkum, aby se potvrdily a rozšířily tyto závěry. Další výzkumy v těchto směrech mohou přispět k lepšímu porozumění vztahu mezi objemem zátěže a dobou trvání úkolu u dětí mladšího školního věku a jeho širším kontextu. Celkově lze říci, že delší trvání pohybového úkolu s maximálním úsilím je spojeno s větším objemem dynamického zatížení, což může indikovat vyšší námahu nebo větší pracovní úsilí.

U parametrů *Integrální součet akcelerace za minutu* a  $PlayerLoad^{TM*min^{-1}}$  byly nejvyšší hodnoty u Běhu 4x10 m, u *Stupně dynamiky pohybu* naopak byly hodnoty Běhu 4x10 m nejnižší. Nejnižší hodnoty *Integrálního součtu akcelerace* a  $PlayerLoad^{TM*min^{-1}}$  byly u Prolézání obručí. Prolézání obručí je podle hodnot *Stupně dynamiky pohybu* obdobné jako Běh 4x10 m, Agility běh, Sběrání kroužků a Přeskakování lavičky.

Parametry vztažené na minutu se týkají toho, s jakou intenzitou žák trať provádí, je to intenzita parametrů v čase. U *Integrálního součtu akcelerace za minutu* a  $PlayerLoad^{TM*min^{-1}}$ , můžeme sledovat, jak se vzájemně mezi sebou liší hodnoty u jednotlivých úseků a co je podstatou jednotlivých pohybových činností. V tomto ohledu byla nejvyšší intenzita akcelerace pozorována u úseku Běh na 4x10 m a přeskakování lavičky, naopak nejnižší intenzita byla u



Prolézání obručí a Plazení (u *Integrálního součtu akcelerace za minutu*) a Sbíráání kroužků (u *PlayerLoad<sup>TM</sup>\*min<sup>-1</sup>*). Když porovnáme úsek Běhu 4x10 m a Plazení, tak lze konstatovat, že Běh 4x10 m zahrnuje vyšší množství akcelerací než Plazení, i když u plazení jsou změny směru mnohem častější. Běh 4x10 m se skládá ze čtyř desetimetrových úseků, u kterých se akcelerace mění během běhu v závislosti na fázi běhu. Při startu dochází k vysokému zrychlení těla v krátkém časovém úseku, poté jedinec na konci úseku zpomaluje, otáčí se a opět přechází do nejvyšší rychlosti. Tyto úseky se opakují. Jde o čtyři výrazné akcelerace při změně směru běhu a mezitím poměrně plynulý běh. U Plazení jedinec sice dosahoval častějších změn rychlosti než u Běhu 4x10 m, ale tyto změny nebyly tak vysoké. Pohyb plazení se z hlediska množství akcelerací vyznačuje relativně nízkými hodnotami zrychlení. V průběhu pohybu plazení se tělo pohybuje vpřed s pomocí protilehlých pohybů končetin a břišních svalů. Během této činnosti je zrychlení těla relativně nízké a mění se v závislosti na síle a rytmu kontrakcí svalů. U Přeskakování lavičky docházelo také k vysokým změnám směru, takže byly vyšší než v ostatních úsecích. Z hlediska množství akcelerací se při přeskakování lavičky vyskytovali rychlé zrychlení a zpomalení, zejména při přechodu z jedné strany lavičky na druhou. Při přeskakování lavičky je důležité, aby byl jedinec schopný efektivně zrychlit a zpomalit, aby mohl přeskočit lavičku s co nejvyšší rychlostí a koordinací. Nejnižší hodnoty byly u Prolézání obručí, z hlediska akcelerace se při této aktivitě vyskytují zrychlení a zpomalení, které umožňují jedinci provléknout obruč. Při provlékání obruče přes tělo na místě jsou často používány různé techniky, které se liší v závislosti na úrovni zkušeností a zdatnosti osoby. Obecně platí, že efektivní provádění této aktivity vyžaduje rychlou akceleraci, aby bylo možné obruč co nejrychleji a plynule provléknout kolem těla. Rychlá akcelerace je zde klíčová pro dosažení co největší rychlosti a plynulosti pohybu obruče kolem těla. U provlékání obručí jde sice o časté změny poloh a nárůstu akcelerace, ale tyto změny jsou ve srovnání s ostatními úseky dráhy nejnižší.

Pomocí zjištěných výsledků by se daly rozdělit pohybové úkoly na jednotlivých úsecích překážkové dráhy do klastrů podle intenzity zatížení. Do pohybových úkolů s nejvyšší intenzitou lze řadit Běh 4x10 m a Přeskakování lavičky. Naopak nejnižší intenzita zatížení je u úseku Prolézání obručí. Úkoly s podobnou (střední) intenzitou zatížení jsou na úsecích Plazení, Agility běh, Sbíráání kroužků a Jacík.

Z výsledků je možné usuzovat na to, jak prokládat jednotlivé úseky, aby došlo k požadovanému zatížení. Při plánování tréninkového procesu je důležité ujasnit si jakou funkci má tréninkové zatížení plnit. Podle Lehnerta et al. (2014) patří rozvoj, stabilizace, renovace a regenerace mezi základní funkce zatížení. Dávkování zatížení pak představuje způsob a míru zatěžování ve smyslu jeho kvantitativních a kvalitativních změn. Na pohybové úkoly na jednotlivých úsecích můžeme nahlížet z aspektu tradičních zásad sportovního tréninku. Z

pohledu zásady jednoty všestranné a specializované přípravy bychom u všestranné přípravy volili úkoly s různou intenzitou zatížení, u specializované přípravy bychom přihlíželi na specifické požadavky dané disciplíny a podle ní volili pohybové úkoly s danou intenzitou zatížení. Zásada nepřetržitosti tréninkového procesu (kontinuity zatížení a zotavení) zohledňuje velikost zatížení a následného zotavení, je zde třeba brát v úvahu velikost zatížení a druh tréninku, respektive jakých specifík chci tréninkem dosáhnout. Nízké zatížení je uplatňováno u tréninku koordinace a techniky, střední zatížení u tréninku síly a rychlostní vytrvalosti a vysoké zatížení u náročného tréninku rychlosti, vytrvalosti a síly. U zásady postupného zvyšování zatížení do maxima se organismus sportovce postupně adaptuje prostřednictvím pozvolného nárůstu tréninkového zatížení. Jednotlivé úkoly bychom poté volili od nejméně intenzivních po nejintenzivnější. Principem zásady vlnovitého průběhu zatížení je střídání období s vysokým a nízkým zatížením, zde by se opět daly vybrat jednotlivé úkoly, aby docházelo k pozitivní reakci organismu na zatížení a předcházelo se kulminaci únavy. Důležitou roli při velikosti zatížení hraje zásada individualizace. Je nezbytné respektovat individualitu sportovce, každý sportovec reaguje na stejné zatížení různým způsobem, tudíž je třeba pohybové úkoly volit individuálně.

Heishman, Daub, Miller, Freitas a Bembem (2020) ve svém výzkumu uvádí intenzitu zatížení prostřednictvím parametru  $PlayerLoad^{TM*}min^{-1}$  u basketbalu průměrně  $5,0 \pm 1,10$  za týden tréninku. Naměřené hodnoty  $PlayerLoad^{TM*}min^{-1}$  u překážkové dráhy byly nejnižší u Prolézání obručí a to  $7,8 \pm 1,86$ . Z výsledků lze pozorovat, jak vysoké intenzity zatížení jedinci dosahují během týdenního tréninku basketbalu v porovnání s nejnižšími hodnotami u překonání překážkové dráhy. Naměřené hodnoty  $PlayerLoad^{TM*}min^{-1}$  mohou poskytnout trenérům důležité informace pro plánování tréninkových programů a optimalizaci zátěže. Například, pokud jsou naměřené hodnoty příliš vysoké nebo příliš nízké, mohou trenéři upravit intenzitu nebo objem tréninku, aby dosáhli optimálního tréninkového efektu. Srovnávání naměřených hodnot  $PlayerLoad^{TM*}min^{-1}$  mezi jednotlivými hráči umožňuje trenérům posoudit fyzickou zátěž a výkonnost hráčů. Tímto způsobem mohou identifikovat hráče, kteří se dobře vyrovnávají s vysokou zátěží a dosahují lepších výkonů, a naopak identifikovat hráče, kteří vyžadují individuální péči nebo úpravu tréninkového plánu.

#### Stupeň dynamiky pohybu

Parametr *Stupeň dynamiky pohybu* je nezávislý na čase a vyjadřuje povahu toho, jakou povahu má průběh akcelerace (časová řada pozorovaných hodnot), nejedná se tedy o sumační, ale spíše o určitý kvalitativní údaj. Je stanoven jako velikost vektoru setem desíti popisných statistik časové řady záznamu akcelerace v délce trvání příslušného cvičení a popisuje tak vlastní průběh časové řady daného cvičení. Výsledky ukázaly, že z hlediska *Stupně dynamiky pohybu*

jsou si velice podobné úseky Běh 4x10 m, Agility běh, Sbíráání kroužků, Prolézání obručí a Přeskakování lavičky. Znamená to, že existuje jistá podobnost charakteru záznamu akcelerace uvedených cviků. Odchytky byly naopak zjištěny u dvou úseků, což je Plazení a Jacík, a mezi záznamy akcelerace těchto úseků byla taktěž zjištěna vzájemně určitá podobnost.

Zajímavá jsou nová a dosud nepublikovaná předběžná zjištění autorů Roman Cuberek (Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci), Tomáš Martinovič a Andrii Patrikei (IT4INNOVATIONS, Národní superpočítačové centrum, Technická univerzita Ostrava), kteří na rozšířeném datovém setu 6-osých surových dat (z akcelerometru a gyroskopu) pomocí pokročilých metod matematického modelování identifikovali čtyři klastry činností, přičemž Plazení je prvním samostatným klastrem Prolézání obručí a Jacík druhým klastrem, Běh 4x10 m, Agility běh a Přeskakování lavičky třetím klastrem, Sbíráání kroužků je zahrnuto do čtvrté skupiny klastrů. Zjištění této práce je tak do značné míry ve shodě s tímto zjištěním.

Je tedy zřejmé, že dynamický projev pohybu může být měřen různými způsoby. Například pomocí akcelerometrů nebo senzorů zaznamenávajících sílu nárazu nebo vibrací. Tyto informace mohou být užitečné pro trenéry a sportovce při hodnocení zátěže a plánování tréninkového procesu. Veugellers, Young, Fahrner a Harvey (2016) ve svém výzkumu uvádějí, že u většiny použitých metod měření dynamického zatížení existoval trend, který naznačoval nižší pravděpodobnost zranění a onemocnění ve skupinách s vysokou tréninkovou zátěží. Z jejich studie vyplývá, že vyšší tréninková zátěž poskytuje ochranu před zraněním a nemocemi. Tuto teorii potvrzují ve své studii i Malone, Roe, Doran, Gabbett a Collins (2017), kteří zkoumali vysokou tréninkovou zátěž a vliv na zranění hráče. Z výsledků jejich práce vyplývá, že nedostatečné tréninkové zatížení zvyšovalo riziko zranění. Gabbett (2016) uvádí, že je pozorován ochranný účinek správného řízení zátěže, stejně jako nepříznivý účinek nadměrně snížené tréninkové zátěže. Adekvátní úroveň tréninku může mít ochranný účinek na sportovce a také snížit riziko zranění. Zvýšení externí pracovní zátěže může pravděpodobně snížit riziko zranění v profesionálním basketbalu (Caparrós, Casals, Solana, & Peña, 2018).

Nižší dynamická zátěž je tedy spojena s větším rizikem zranění, a proto je důležité jí pečlivě monitorovat a přizpůsobovat tréninkový proces podle aktuálního stavu hráče nebo sportovce. Dynamická zátěž závisí na mnoha faktorech, jako jsou typ pohybu, úroveň fyzické kondice jedince a účel tréninku. Vyšší dynamická zátěž může vést ke kratší době trvání jednotlivých úseků, protože vyšší intenzita pohybu vyžaduje větší úsilí a rychlejší práci svalů. Nicméně, pokud jsou úseky příliš krátké, mohou být méně účinné pro trénink určitého svalového vzoru nebo pro dosažení specifických tréninkových cílů. Je tedy důležité najít správnou rovnováhu mezi dynamickým zatížením a dobou trvání jednotlivých úseků, aby byl trénink efektivní a účinný. To

se často řeší při plánování tréninkových programů nebo v průběhu tréninkových aktivit s kvalifikovaným trenérem.

Výsledky výzkumu ukazují, že charakter pohybového zadání může mít významný vliv na dynamické zatížení u dětí. Některé typy pohybových úkolů jsou náročnější než jiné. Je důležité si uvědomit, že velikost dynamického zatížení může mít dopad na zdraví dětí. Proto je důležité brát v úvahu charakter pohybového zadání a zajistit, aby děti prováděly pohybové aktivity, které jsou pro ně vhodné a bezpečné. Na základě výsledků lze doporučit, aby se v rámci školních tělesných výchov a dalších pohybových aktivit věnovala pozornost nejenom kvantitativnímu, ale také kvalitativnímu aspektu pohybu. Je důležité, aby se náročné aktivity střídaly s méně náročnými, aby se děti naučily správné techniky a postupy a aby se minimalizovalo riziko úrazů a zdravotních problémů.

Korelace času a *Integrálního součtu akcelerace* celé trasy byla 0,992, což znamená, že je silná závislost mezi těmito proměnnými. Pokud jedinec dosahuje vysokých hodnot v čase, tak bude dosahovat i vysokých hodnot v *Integrálním součtu akcelerace* a naopak. Na základě informace, že se objem dynamického zatížení zvyšuje s časem trvání, musíme zvážit doporučení pro pohybovou aktivitu. Objem dynamického zatížení se zvyšuje s časem, proto je důležité postupně zvyšovat zátěž a nezatěžovat tělo příliš rychle. Začít pohyb s mírnějšími zátěží a postupně zátěž zvyšovat, abychom umožnili tělu přizpůsobit se vyššímu zatížení. Gabett (2016) uvádí, že nadměrné a rychlé zvýšení tréninkové zátěže je pravděpodobně zodpovědné za velkou část bezkontaktních poranění měkkých tkání. Dále je důležité klást důraz na správnou techniku provedení pohybu, která je klíčová pro minimalizaci rizika poranění a optimalizaci výkonu. Dalším důležitým aspektem je vyvážení intenzity zatížení a odpočinku, při zvyšování objemu dynamického zatížení je důležité vyvážit intenzitu aktivity s dostatečným odpočinkem. Intenzivní aktivity mohou být pro tělo náročné, a proto je důležité poskytnout tělu čas na regeneraci. Do tréninkového plánu zařadit odpočinek nebo sníženou intenzitu, abychom umožnili tělu se zotavit.

U korelace času a *PlayerLoad™* u celé trasy vyšly střední hodnoty korelační závislosti. Střední hodnoty korelační závislosti naznačují, že existuje průměrný lineární vztah mezi časem a *PlayerLoad™*. To znamená, že existuje určitá tendence, že se čas a *PlayerLoad™* pohybují společně, ačkoli tento vztah nemusí být silný. Důležité je si uvědomit, že střední hodnota korelace neodhaluje příčinný vztah mezi časem a *PlayerLoad™*. Pouze naznačuje existenci vztahu, ale nedává informace o tom, zda čas ovlivňuje *PlayerLoad™* nebo naopak. Celkově lze tedy říci, že tvrzení naznačuje průměrnou korelační závislost mezi časem a *PlayerLoad™* u celé trasy. Je důležité provést další výzkum a analýzu, aby se získalo podrobnější a konkrétnější pochopení tohoto vztahu a jeho vlivu na pohybovou aktivitu hráče.

U úseku Jacík a Prolézání obručí jde o mírnou korelační závislost. U Běhu na 4x10 m vychází hodnota -0,246, kterou můžeme považovat za mírnou, ale opačnou, tzn. že čím bude vyšší čas, tím nižší bude hodnota *PlayerLoad<sup>TM</sup>*. Tato hodnota je velmi odlišná od ostatních, což z povahy dat neumíme objasnit.

Heishman et al. (2018) podotýkají, že použití technologie triaxiálního akcelerometru v kombinaci s analýzou časového pohybu může být užitečné při posuzování zatížení hráčů při fotbalovém zápase. Analýza času a pohybu je užitečným nástrojem pro sledování fyziologických požadavků z vysokorychlostních aktivit, ale akcelerometry mohou poskytovat informace o zatížení hráče z mnoha diskrétních akcí fotbalového zápasu, které mohou být klasifikovány jako aktivita s nízkou rychlostí. Dalen, Ingebrigtsen, Ettema a Wisløff (2016) ve své studii uvádějí, že mnoho akcí s vysokou intenzitou, které se odehrávají bez změny umístění na hřišti, významně přispívá k celkové zátěži hráčů během zápasů a tréninku. Tento poznatek poukazuje na to, že je nezbytné správně vyhodnotit zátěž hráčů na základě jejich specifických pozic a rolí ve hře. Trenéři potřebují jasný přehled o tom, jakým způsobem různí hráči a pozice dosahují zátěže, aby mohli navrhnout specifický fotbalový trénink, který odpovídá fyzickým nárokům každé pozice. Princip specifičnosti naznačuje, že různé pozice vyžadují odlišné důrazy na specifické fyzické komponenty, aby se dosáhlo stimulující zátěže, která je přizpůsobena požadavkům dané pozice ve fotbalovém zápase. To znamená, že trénink jednotlivých hráčů by měl být zaměřen na jejich specifické potřeby, aby se dosáhlo optimálních výsledků a minimalizovalo riziko zranění.

Souvislost mezi dobou trvání a intenzitou dynamického zatížení za minutu (*Integrálním součtem akcelerace za minutu a  $PlayerLoad^{TM*} \cdot min^{-1}$* ) je nízká. Hodnoty se pohybují od vysoké negativní korelace po mírnou negativní korelační závislost, tzn. že s rostoucím časem klesají hodnoty intenzity. Z logického hlediska vyplývá, že čím vyšší bude intenzita pohybu, tím kratší bude čas jeho provedení. Předpokládá se, že s rostoucí intenzitou pohybu se zvyšuje úroveň úsilí a tím i rychlost provedení. Ve sportu se často setkáváme se vztahem mezi dobou trvání a intenzitou dynamického zatížení za minutu, tento vztah je známý jako tzv. intenzita práce, která je měřena jako energetická spotřeba organismu během fyzické aktivity. Při vyšší intenzitě práce, tedy při vyšší intenzitě dynamického zatížení za minutu, je obvykle doba trvání dané aktivity kratší. Například při sprintu, kde je intenzita velmi vysoká, není běžné udržet maximální výkon po delší dobu. Naopak při nižší intenzitě, jako například při dlouhodobém běhu nebo plavání, je doba trvání delší, protože organismus dokáže udržet nižší intenzitu po delší dobu.

Existuje tzv. anaerobní práh, který určuje hranici, při které tělo přechází z aerobního metabolismu na anaerobní metabolismus. Při vyšší intenzitě zatížení dochází k vyšší anaerobní aktivitě a tělo se spoléhá na rychlou energetickou produkci zásob kreatinfosfátu a glykogenu. To může být udržováno jen po omezenou dobu, protože zásoby energie jsou omezené. Naopak při

nižší intenzitě zatížení dochází k aerobnímu metabolismu, kdy tělo dokáže dodávat energii z dlouhodobějších zdrojů, jako jsou tuky.

Je třeba si uvědomit, že konkrétní vztah mezi dobou trvání a intenzitou závisí na mnoha faktorech, včetně individuální úrovně fyzické kondice, tréninkového stavu, typu sportu a tak dále. Každý sport má specifické požadavky na kombinaci intenzity a doby trvání, které jsou optimální pro danou disciplínu.

## 6.1 Limity práce

### Umístění akcelerometrů

U měření dynamického zatížení se můžeme setkat s nesrovnalostmi. Jako limity práce v provedeném výzkumu lze uvést umístění akcelerometrů. Relativní poloha akcelerometru na těle je důležitým faktorem pro vyšetřovatele (Trost, McIver, & Pate, 2005). Ve výzkumu bylo umístění akcelerometrů v oblasti bederní páteře. Cuberek (2019) uvádí, že je časté umísťování přístrojů v oblasti pasu (bok, oblast bederní páteře) z hlediska blízkosti k těžišti těla. V této souvislosti se nahlíží na akceleraci celého jedince. Setkat se lze i s jinou lokací přístrojů např. kotník, stehno, zápěstí, a to samostatně nebo v kombinaci více akcelerometrů najednou. V těchto případech se nahlíží na pohyb jednotlivých částí těla vůči sobě.

### Počet akcelerometrů

Na počet mikrosenzorů upozorňují ve své studii Trost et al. (2015), kteří zmiňují, že je zapotřebí dalšího výzkumu, aby se zjistilo, zda mohou být pohybové vzorce přesně detekovány během soutěžních her pomocí jediného senzoru nebo zda by bylo zapotřebí více senzorů. Dále uvádějí, že více senzorů poskytuje jedinečný přístup k analýze biomechanického výkonu pohybů. Použití více monitorů v populačních skupinách s jedinečnými pohybovými vzorci (např. předškolní děti), si zaslouží další studium.

### Vzorkovací frekvence

Dynamické zatížení během překonání překážkové dráhy bylo měřeno pomocí akcelerometru Axivity AX 6 (Axivity Ltd, United Kingdom) na frekvenci 100 Hz. Chambers, Gabbett, Cole a Beard (2015) upozorňují na studie, které neuvádějí důležité informace k získaným datům. Je třeba u použitých mikrosenzorů definovat výrobce, použité senzory (např. akcelerometr, gyroskop a magnetometr) a vzorkovací frekvenci, protože velká část výzkumu používá k popisu mikrotechnologie různé terminologie a nemusí odhalit typ nebo vzorkovací

frekvenci použitého mikrosenzoru. Problematikou vzorkovací frekvence se zabývá mnoho studií. Studie zmiňují, že volba vzorkovací frekvence může ovlivnit jak samotné výsledky měření, tak jejich závěrečnou interpretaci.

#### Vnitřní a vnější zátěž

Heishman et al. (2018) ve své práci diskutují o vnější a vnitřní zátěži, která poskytuje nezávislý pohled na výkon sportovce. Hodnocení vnitřního zatížení je důležité pro zkoumání fyziologické reakce na uloženou zátěž, zatímco monitorování vnější zátěže je důležité pro předepisování a periodizaci tréninku. Tréninková zátěž je modifikovatelný rizikový faktor, je prospektivně spojena s rizikem zranění u sportovců, což je potenciálně užitečné pro předvídání a prevenci zranění. Může být měřena v několika dimenzích, včetně vnějších a vnitřních. Externí tréninková zátěž je definována jako jakýkoli vnější podnět aplikovaný na sportovce nezávisle na jeho vnitřních charakteristikách. Vnitřní tréninková zátěž zahrnuje kvantifikaci reakce sportovce na vnější zátěž. Měření vnitřní zátěže může být subjektivní nebo objektivní. Mezi subjektivní měřítka patří hodnocení vnímané námahy nebo dotazníky, zatímco objektivní měřítka vnitřní zátěže jsou například srdeční frekvence a laktát v krvi (Eckard, Padua, Hearn, Pexa, & Frank, 2018).

Z hlediska subjektivního hodnocení náročnosti překážkové dráhy, uváděli jedinci po jejím překonání, že byla dráha náročná a jsou značně unavení. Zde by mohlo být uvažováno o vlivu výkonnosti jedinců a vlivu únavy na dynamické zatížení během překonávání překážkové dráhy. Snižující se dynamika provedení pohybu může souviset s celkovou únavou. Z toho pohledu by bylo prospěšné zkoumat jak vnější, tak vnitřní zatížení jedince.

V souvislosti s únavou lze přemýšlet o uspořádání jednotlivých úseků překážkové dráhy. Dráha se skládala z úseků, u kterých bylo zamýšleno, aby docházelo ke střídání většího a menšího zatížení. Otázkou je, zda by při jiném pořadí úseků mohlo způsobit vyšší dynamickou zátěž u jedinců či nikoli.

#### Výpočtový vzorec a interpretace dat

Bredt et al. (2020) poukazují na mnoho nesrovnalostí v metodách výpočtu *PlayerLoad™* a ve významech, které jsou k nim připojeny. Společnost CatapultSports navrhla termín *PlayerLoad™* jako běžně používanou proměnnou k popisu vnějšího zatížení. Pro výpočet *PlayerLoad™* v práci byla použita rovnice této společnosti, která uvádí, že *PlayerLoad™* je modifikovaná vektorová velikost, vyjádřená jako druhá odmocnina součtu druhé mocniny okamžité rychlosti změny zrychlení v každém ze tří vektorů - osy x, y a z dělená 100. V různých studiích se setkáváme s nesprávnou interpretací rovnice *PlayerLoad™* navrženou společností

CatapultSports nebo s různými jinými navrženými rovnicemi. Rozdíly v rovnicích napříč studiemi vedou k různým výsledkům, tudíž je ztíženo porovnání vnější zátěže sportovců v různých kontextech.



## 7 ZÁVĚRY

Diplomová práce posuzovala souběžnou a zjevnou validitu pěti vybraných parametrů dynamického zatížení stanovených na základě akcelerace jedince v průběhu sedmi pohybových činností u dětí mladšího školního věku.

Výsledky práce ukázaly, že objem dynamického zatížení během pohybové činnosti vykonávané maximálním úsilím je asociován s dobou trvání činnosti u dětí mladšího školního věku. Z hlediska hodnocení souběžné validity dvou sledovaných parametrů dynamického zatížení tyto výsledky dokumentují vysokou validitu u parametru *Integrální součet akcelerace* a mírnou až uspokojivou validitu u parametru *PlayerLoad<sup>TM</sup>*, a to v závislosti na prováděné pohybové činnosti.

Dále bylo zjištěno, že intenzita akcelerační zátěže v průběhu pohybové činnosti provedené maximálním úsilím, která byla v práci vyjádřena dvěma parametry, je různou měrou asociována s dobou trvání činnosti u dětí mladšího školního věku, a to v závislosti na charakteru činnosti. Z hlediska hodnocení souběžné validity byla takto zjištěna středně vysoká úroveň validity pouze v případě jedné pohybové činnosti u parametru *Integrální součet akcelerace za minutu* a u tří činností u parametru *PlayerLoad<sup>TM</sup>\*min<sup>-1</sup>*. V ostatních případech byla pozorována buďto nedostatečná či mírná úroveň souběžné validity.

Na základě výsledků práce lze konstatovat, že *Stupeň dynamiky pohybu* vyjadřující průběh akceleračních změn v průběhu pohybové činnosti je různou měrou asociován s dobou trvání této činnosti v závislosti na typu pohybové činnosti. V této souvislosti lze jeho souběžnou validitu ve vztahu k době trvání pohybové činnosti hodnotit od nedostatečné až po středně vysokou.

Výsledky dále poukazují na existenci rozdílů ve stupni dynamického zatížení u dětí mladšího školního věku v závislosti na charakteru pohybového zadání. Během pozorování sedmi různých pohybových činností jsme vždy identifikovali minimálně jednu aktivitu, která se významně lišila ve stupni dynamického zatížení oproti ostatním. Tyto výsledky tak odkazují na uspokojivou míru zjevné validity sledovaných parametrů dynamického zatížení.

## 8 SOUHRN

Sledování zátěže sportovců při tréninku i soutěži je velmi aktuální téma ve sportovní vědě. Vědci i trenéři běžně monitorují vnitřní i vnější pohybovou zátěž, aby zjistili, zda se sportovci přizpůsobují svému tréninkovému plánu, pro pochopení individuálních reakcí na trénink, pro posouzení únavy a s ní spojené potřeby regenerace a pro minimalizaci rizika nefunkčního přetěžování, zranění a onemocnění.

Diplomová práce byla zaměřena na posouzení validity tří navržených parametrů pro posuzování dynamického zatížení: *Integrální součet akceleraace*, *PlayerLoad<sup>TM</sup>* a *Stupeň dynamiky pohybu*. V práci byla vnější (dynamická) zátěž sledována pomocí akcelerometru Axivity AX6. Dynamickým zatížením v práci je myšleno množství a intenzita akceleraace v průběhu konkrétního pohybového cvičení, a také povaha změn akceleraace. V této souvislosti bylo dynamické zatížení ve shodě s definovanými hypotézami vyjádřeno prostřednictvím pěti parametrů – *Integrální součet akceleraace* v průběhu pohybového cvičení a parametru *PlayerLoad<sup>TM</sup>* jako parametry úhrnného množství za dobu cvičení; dále tytéž parametry relativizované vůči času, tj. přepočtené na jednu minutu, jako parametry intenzity cvičení; a jako poslední parametr navrženého indexu nazvaném *Stupeň dynamiky pohybu*.

Zátěž byla sledována u dětí mladšího školního věku v průběhu překonávání překážkové dráhy. Úkolem bylo překonat dráhu v co nejkratším čase. Tato dráha obsahovala 8 úseků, u kterých docházelo k odlišným pohybovým úkolům s předpokládanou větší a menší dynamickou zátěží.

Na zjevnou validitu bylo usuzováno z pohledu odlišností v míře dynamického zatížení mezi odlišnými pohybovými úkoly, které byly konstruovány tak, aby jejich dynamická povaha byla ze své podstaty odlišná. Z hlediska souběžné validity tedy bylo posuzováno, zda zjevná vysoká míra dynamiky pohybu skutečně koresponduje s vysokou úrovní sledovaných parametrů. Takto byla pozorovaná uspokojivá míra zjevné validity.

Souběžná validita byla založena komparací dvou metod hodnocení vnějšího zatížení (korelace mezi odpovídajícími výsledky), kde jedním parametrem vnějšího zatížení byl čas překonání pohybové činnosti a druhým parametrem byly námi sledované parametry dynamické zátěže u odpovídajícího pohybového úkolu. Výsledky ukazují na variabilní úroveň souběžné validity, a to v závislosti druhu parametru i pohybovém obsahu příslušné pohybové činnosti.

Sledované parametry dynamického zatížení je v budoucnu žádoucí porovnat s dalšími kritérii jak vnějšího, tak i vnitřního zatížení za účelem komplexní validizace těchto parametrů.

## 9 SUMMARY

Monitoring the load on athletes during training and competition is a highly relevant topic in sports science. Scientists and coaches commonly monitor both internal and external movement loads to determine whether athletes are adapting to their training plans, understand individual responses to training, assess fatigue and recovery needs, and minimize the risk of dysfunctional overloading, injuries, and illnesses.

The focus of this thesis was to assess the validity of three proposed parameters for evaluating dynamic load: *Integrated Sum of Acceleration*, *PlayerLoad<sup>TM</sup>*, and *Degree of Movement Dynamics*. The external (dynamic) load was tracked using the Axivity AX6 accelerometer. Dynamic load in this context refers to the quantity and intensity of acceleration during specific movement exercises, as well as the nature of acceleration changes. In line with the defined hypotheses, dynamic load in this study was expressed through five parameters: *Integrated Sum of Acceleration* during the movement exercise and the *PlayerLoad<sup>TM</sup>* parameter as measures of the cumulative load over the exercise duration; these same parameters were also normalized to time, specifically recalculated per minute, to represent exercise intensity; and the final parameter was the proposed index called the *Degree of Movement Dynamics*.

The load was monitored in younger school-age children during an obstacle course. The task was to complete the course in the shortest possible time. The course consisted of eight sections, each involving different movement tasks with expected variations in dynamic load.

Face validity was assessed based on differences in the degree of dynamic load between different movement tasks, which were designed to have inherently distinct dynamic characteristics. Concurrent validity was evaluated by comparing two methods of assessing external load (correlation between corresponding results): one based on the time to complete the movement activity and the other based on the monitored parameters of dynamic load during the corresponding movement task. The results showed a variable level of concurrent validity depending on the type of parameter and the movement content of the respective activity.

In the future, it is desirable to compare the monitored parameters of dynamic load with other criteria of both external and internal load to achieve a comprehensive validation of these parameters.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Aguiar, M. V., Botelho, G. M., Gonçalves, B. S., & Sampaio, J. E. (2013). Physiological responses and activity profiles of football small-sided games. *Journal of strength and conditioning research*, 27(5), 1287–1294. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318267a35c>
- Banister, E., Carter, J. & Zarkadas, P. (1999). Training theory and taper: validation in triathlon athletes. *Eur J Appl Physiol* 79, 182–191. <https://doi.org/10.1007/s004210050493>
- Barrett, S., Midgley, A., & Lovell, R. (2014). PlayerLoad™: reliability, convergent validity, and influence of unit position during treadmill running. *International journal of sports physiology and performance*, 9(6), 945–952. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0418>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12(2), S2161–S2170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>
- Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). The reliability of MinimaxX accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *International journal of sports physiology and performance*, 6(3), 311–321. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.3.311>
- Breasail, M. Ó., Biswas, B., Smith, M. D., Mazhar, M. K. A., Tenison, E., Cullen, A., Lithander, F. E., Roudaut, A., & Henderson, E. J. (2021). Wearable GPS and Accelerometer Technologies for Monitoring Mobility and Physical Activity in Neurodegenerative Disorders: A Systematic Review. *Sensors*, 21(24), 8261. <https://doi.org/10.3390/s21248261>
- Bredt, S., Chagas, M., Peixoto, G., Menzel, H. & Andrade, A. (2020). Understanding Player Load: Meanings and Limitations. *Journal of Human Kinetics*, 71(1) 5-9. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0072>
- Caparrós, T., Casals, M., Solana, Á., & Peña, J. (2018). Low External Workloads Are Related to Higher Injury Risk in Professional Male Basketball Games. *Journal of sports science & medicine*, 17(2), 289–297.
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 27(2), 369–374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182548af1>
- Castillo, D., Weston, M., McLaren, S. J., Cámara, J., & Yanci, J. (2017). Relationships Between Internal and External Match-Load Indicators in Soccer Match Officials. *International journal of sports physiology and performance*, 12(7), 922–927. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0392>

- Colby, M. J., Dawson, B., Heasman, J., Rogalski, B., & Gabbett, T. J. (2014). Accelerometer and GPS-derived running loads and injury risk in elite Australian footballers. *Journal of strength and conditioning research*, 28(8), 2244–2252. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000362>
- Cuberek, R. (2019). *Výzkum orientovaný na pohybovou aktivitu: metodologické ukotvení*. Olomouc, Česká republika: Univerzita Palackého.
- Dalen, T., Ingebrigtsen, J., Ettema, G., Hjelde, G. H., & Wisløff, U. (2016). Player Load, Acceleration, and Deceleration During Forty-Five Competitive Matches of Elite Soccer. *Journal of strength and conditioning research*, 30(2), 351–359. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001063>
- Davies, M. J., Young, W., Farrow, D., & Bahnert, A. (2013). Comparison of agility demands of small-sided games in elite Australian football. *International journal of sports physiology and performance*, 8(2), 139–147. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.2.139>
- Dovalil, J. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha, Česká republika: Olympia.
- Eckard, T. G., Padua, D. A., Hearn, D. W., Pexa, B. S., & Frank, B. S. (2018). The Relationship Between Training Load and Injury in Athletes: A Systematic Review. *Sports medicine*, 48(8), 1929–1961. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0951-z>
- Faisal, I. A., Purboyo, T. W., & Ansori, A. S. R. (2019). A Review of Accelerometer Sensor and Gyroscope Sensor in IMU Sensors on Motion Capture. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15(3), 826–829. <https://doi.org/10.36478/JEASCI.2020.826.829>
- Finch, E., Brooks, D. & Mayo, N. (2002). *Physical rehabilitation outcome measures*. Canadian physiotherapy Association.
- Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & de Koning, J. J. (2017). Monitoring Training Loads: ThPast, the Present, and the Future. *International journal of sports physiology and performance*, 12(2), 22–28. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0388>
- Fox, M. P., Lash, T. L., & Bodnar, L. M. (2020). Common misconceptions about validation studies. *International journal of epidemiology*, 49(4), 1392–1396. <https://doi.org/10.1093/ije/dyaa090>
- Gabbett T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?. *British journal of sports medicine*, 50(5), 273–280. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>
- Halson S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports medicine* 44 (2), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Harper, D. J., Carling, C., & Kiely, J. (2019). High-Intensity Acceleration and Deceleration Demands in Elite Team Sports Competitive Match Play: A Systematic Review and Meta-

- Analysis of Observational Studies. *Sports medicine*, 49(12), 1923–1947.  
<https://doi.org/10.1007/s40279-019-01170-1>
- Heishman, A. D., Curtis, M. A., Saliba, E., Hornett, R. J., Malin, S. K., & Weltman, A. L. (2018). Noninvasive assessment of internal and external player load: implications for optimizing athletic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(5), 1280–1287.
- Heishman, A. D., Daub, B. D., Miller, R. M., Freitas, E. D. S., & Bembem, M. G. (2020). Monitoring External Training Loads and Neuromuscular Performance for Division I Basketball Players over the Preseason. *Journal of sports science & medicine*, 19(1), 204–212.
- Heller, J. (2018). *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu: východiska, aplikace a interpretace*. Praha, Česká republika: Univerzita Karlova.
- Hollville, E., Couturier, A., Guilhem, G., & Rabita, G. (2021). A Novel Accelerometry-Based Metric to Improve Estimation of Whole-Body Mechanical Load. *Sensors*, 21(10), 3398.  
<https://doi.org/10.3390/s21103398>
- Chambers, R., Gabbett, T. J., Cole, M. H., & Beard, A. (2015). The Use of Wearable Microsensors to Quantify Sport-Specific Movements. *Sports medicine*, 45(7), 1065–1081.  
<https://doi.org/10.1007/s40279-015-0332-9>
- Choutka, M. & Dovalil, J. (1987). *Sportovní trénink*. Praha: Olympia.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International journal of sports physiology and performance*, 14(2), 270–273.  
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- John, D., Tyo, B., & Bassett, D. R. (2010). Comparison of four ActiGraph accelerometers during walking and running. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(2), 368–374.  
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b3af49>
- LaPorte, R. E., Montoye, H. J., & Caspersen, C. J. (1985). Assessment of physical activity in epidemiologic research: problems and prospects. *Public health reports* 100(2), 131–146.
- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund, M., Smékal, D., Šťastný, P., Malý, P., Háp, P., Bělka, J., & Neuls, F. (2014). *Kondiční trénink*. Olomouc, Česká republika: Univerzita Palackého.
- Li, R. T., Kling, S. R., Salata, M. J., Cupp, S. A., Sheehan, J., & Voos, J. E. (2016). Wearable Performance Devices in Sports Medicine. *Sports health*, 8(1), 74–78.  
<https://doi.org/10.1177/1941738115616917>
- MacDonald, K., Bahr, R., Baltich, J., Whittaker, J. L., & Meeuwisse, W. H. (2017). Validation of an inertial measurement unit for the measurement of jump count and height. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 25, 15–19. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.12.001>

- Malone, S., Roe, M., Doran, D. A., Gabbett, T. J., & Collins, K. (2017). High chronic training loads and exposure to bouts of maximal velocity running reduce injury risk in elite Gaelic football. *Journal of science and medicine in sport, 20*(3), 250–254. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.005>
- McDowell, I. (2006). *Measuring Health: A Guide to Rating Scales and Questionnaires*. New York: Oxford University Press.
- Měkota, K., & Blahuš, P. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově*. Praha: SPN.
- Měkota, K., & Kovář, R. (1996). *UNIFITtest (6-60): manuál pro hodnocení základní motorické výkonnosti a vybraných charakteristik tělesné stavby mládeže a dospělých v České republice*. Ostrava, Česká republika: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity.
- Měkota, K., & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc, Česká republika: Univerzita Palackého.
- Miguel, M., Oliveira, R., Loureiro, N., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2021). Load Measures in Training/Match Monitoring in Soccer: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health, 18*(5), 2721. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052721>
- Migueles, J. H., Cadenas-Sanchez, C., Ekelund, U., Delisle Nyström, C., Mora-Gonzalez, J., Löf, M., Labayen, I., Ruiz, J. R., & Ortega, F. B. (2017). Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports medicine, 47*(9), 1821–1845. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0716-0>
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., & Minahan, C. L. (2010). The physical and physiological demands of basketball training and competition. *International journal of sports physiology and performance, 5*(1), 75–86. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.1.75>
- Nicolella, D. P., Torres-Ronda, L., Saylor, K. J., & Schelling, X. (2018). Validity and reliability of an accelerometer-based player tracking device. *PloS one, 13*(2), e0191823. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191823>
- Oliva-Lozano, J. M., Fortes, V., Krstrup, P., & Muyor, J. M. (2020). Acceleration and sprint profiles of professional male football players in relation to playing position. *PloS one, 15*(8), e0236959. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236959>
- Pereira, L. A., Freitas, T. T., Zanetti, V., & Loturco, I. (2022). Variations in Internal and External Training Load Measures and Neuromuscular Performance of Professional Soccer Players During a Preseason Training Period. *Journal of human kinetics, 81*, 149–162. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0012>
- Perič, T. a Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada Publishing.

- Pillitteri, G., Giustino, V., Petrucci, M., Rossi, A., Bellafiore, M., Thomas, E., Iovane, A., Bianco, A., Palma, A., & Battaglia, G. (2023). External load profile during different sport-specific activities in semi-professional soccer players. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 15(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00633-3>
- Psotta, R. (2003). *Analýza intermitentní pohybové aktivity*. Olomouc, Česká republika: Univerzita Palackého.
- Randers, M. B., Nielsen, J. J., Bangsbo, J., & Krstrup, P. (2014). Physiological response and activity profile in recreational small-sided football: no effect of the number of players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), 130–137. <https://doi.org/10.1111/sms.12232>
- Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Gutiérrez-Vargas, R., & Pino-Ortega, J. (2019). From big data mining to technical sport reports: the case of inertial measurement units. *BMJ open sport & exercise medicine*, 5(1), e000565. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000565>
- Sansone, P., Gasperi, L., Tessitore, A., & Gomez, M. A. (2021). Training load, recovery and game performance in semiprofessional male basketball: influence of individual characteristics and contextual factors. *Biology of sport*, 38(2), 207–217. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2020.98451>
- Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S., & Dalbo, V. J. (2014). The relationships between internal and external training load models during basketball training. *Journal of strength and conditioning research*, 28(9), 2397–2405. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000458>
- Schelling, X., & Torres, L. (2016). Accelerometer Load Profiles for Basketball-Specific Drills in Elite Players. *Journal of sports science & medicine*, 15(4), 585–591.
- Sievänen, H. & Kujala, U.M. (2017), Accelerometry—Simple, but challenging. *Scand J Med Sci Sports*, 27, 574-578. <https://doi.org/10.1111/sms.12887>
- Sobolewski E. J. (2020). The Relationships between Internal and External Load Measures for Division I College Football Practice. *Sports* 8(12), 165. <https://doi.org/10.3390/sports8120165>
- Stokes, I. A., Gardner-Morse, M. G., & Henry, S. M. (2011). Abdominal muscle activation increases lumbar spinal stability: analysis of contributions of different muscle groups. *Clinical biomechanics*, 26(8), 797–803. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.04.006>



- Troiano, R. P., McClain, J. J., Brychta, R. J., & Chen, K. Y. (2014). Evolution of accelerometer methods for physical activity research. *British journal of sports medicine, 48*(13), 1019–1023. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093546>
- Trost, S. G., McIver, K. L., & Pate, R. R. (2005). Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Medicine and science in sports and exercise, 37*(11), 531–543. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000185657.86065.98>
- Van Iterson, E. H., Fitzgerald, J. S., Dietz, C. C., Snyder, E. M., & Peterson, B. J. (2017). Reliability of Triaxial Accelerometry for Measuring Load in Men's Collegiate Ice Hockey. *Journal of strength and conditioning research, 31*(5), 1305–1312. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001611>
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B. (2017). Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. *Sports medicine 47*(11), 2135–2142. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0714-2>
- Veugelers, K. R., Young, W. B., Fahrner, B., & Harvey, J. T. (2016). Different methods of training load quantification and their relationship to injury and illness in elite Australian football. *Journal of science and medicine in sport, 19*(1), 24–28. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.01.001>
- Ward, D. S., Evenson, K. R., Vaughn, A., Rodgers, A. B., & Troiano, R. P. (2005). Accelerometer use in physical activity: best practices and research recommendations. *Medicine and science in sports and exercise, 37*(11), 582–588. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000185292.71933.91>
- Weaving, D., Whitehead, S., Till, K., & Jones, B. (2017). Validity of Real-Time Data Generated by a Wearable Microtechnology Device. *Journal of strength and conditioning research, 31*(10), 2876–2879. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002127>
- Welk, G. J., McClain, J., & Ainsworth, B. E. (2012). Protocols for evaluating equivalency of accelerometry-based activity monitors. *Medicine and science in sports and exercise, 44*(11), 39–49. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182399d8f>
- Willberg, C., Wieland, B., Rettenmaier, L., Behringer, M., & Zentgraf, K. (2022). The relationship between external and internal load parameters in 3 × 3 basketball tournaments. *BMC sports science, medicine & rehabilitation, 14*(1), 152. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00530-1>
- Wik, E. H., Luteberget, L. S., & Spencer, M. (2017). Activity Profiles in International Women's Team Handball Using PlayerLoad. *International journal of sports physiology and performance, 12*(7), 934–942. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0732>

# 11 PŘÍLOHY

## 11.1 Příloha 1

### Žádost o vyjádření etické komise FTK UP



UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY

třída Míru 117, 771 11 Olomouc

#### Žádost o vyjádření Etické komise FTK UP

K projektu diplomové práce zahrnující lidské účastníky

**Název:** Validizace metody hodnocení dynamického zatížení u dětí mladšího školního věku

**Forma projektu:** diplomová práce (základní výzkum)

**Autor /hlavní řešitel/** Bc. Pavla ŠIBLOVÁ  
**Školitel** doc. Mgr. Roman Čuberek, Ph.D.

**Vyjádření školitele, vedoucího práce:** Cíl práce je v souladu s dlouhodobým výzkumným zaměřením školitele a napomáhá řešit komplexnější problematiku. Paralelně s touto prací je realizována druhá diplomová práce. Za účelem měření menšího vzorku dětí (menší zátěže dětí výzkumem) dojde k sdílenému sběru dat (každá ze studentek naměří polovinu dětí, ale s odlišným cílem práce použije všechna data).

#### **Popis projektu** (max. 10 řádků):

Cílem práce je posoudit souběžnou validitu metody vyjádření externí dynamické zátěže pomocí akcelerometru a gyroskopu. Dynamickou zátěží se v práci rozumí vícedimenzionální charakteristika založená na akceleraci pohybu jedince v prostoru a jeho úhlových změn v průběhu vykonávané pohybové činnosti. Souběžná validita se bude opírat o srovnání s úrovní vnitřního zatížení (vycházející srdeční frekvenci) i externí zátěží (rychlost provádění pohybového úkolu), kterou představuje překonání překážkové dráhy v co nejkratším čase (definována protokolem; na čas jsou měřeny dílčí části překážkové dráhy i celkový čas). Do ní budou zařazeny tyto pohybové úkoly: rychlostní člunkový běh, test agility, plazení, přeskočky přes nízké překážky, přechody mezi polohami stoj-leh-stoj, prolézání obručí. Pro sběr dat budou použity přístroje Polar V800 k měření srdeční frekvence a přístroj Axivity AX6 (obsahuje akcelerometr a gyroskop) k měření akcelerace a změn úhlových rychlostí pohybu jedince. Srdeční frekvence bude monitorována vzdáleně pouze pomocí hrudního pásu. Dva přístroje Axivity (dva z důvodu paralelního sběru dat – viz vyjádření školitele; každý nastaven s odlišnou vzorkovací frekvencí) budou paralelně umístěny na zádech mezi horními úhly lopatek (po stranách páteře) pomocí zdravotně nezávadné pásky. Pohybové úkoly jsou přitom definovány tak, aby nedošlo k lehu na záda a položení se na přístroje. V souladu s nároky na statistické zpracování dat bude do studie zařazeno 20 dětí ve věku odpovídajícímu 3.-5. třídě základní školy.

#### **Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:**

Před realizací běhu přes překážkovou dráhu proběhne rozevřítí a rozevřítka k prevenci úrazů. Do výzkumného souboru nebude zařazeno dítě, pokud by pro něj měření představovalo jakékoliv potenciální zvýšené zdravotní riziko (dítě je například po nemoci, má kožní onemocnění, působí unaveně apod.).

#### **Etické aspekty výzkumu**

Pořízení videozáznamu (celá tělocvična) za účelem zpřesnění synchronizace dat z akcelerometru a snímače srdeční frekvence bude provedeno pouze v případě souhlasu rodičů.  
Budou dodržovány hygienické zásady související s obměnou přístrojů mezi dětmi.

#### **Informovaný souhlas účastníků** (příložen)

V Olomouci dne 21. 11. 2022

Podpis autora

## 11.2 Příloha 2

### Vyjádření etické komise



Fakulta  
tělesné kultury

#### Vyjádření Etické komise FTK UP

**Složení komise:** doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně  
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.  
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.  
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.  
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.  
Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 22.11.2022 byl projekt diplomové práce

Autor /hlavní řešitel/: **Bc. Pavla ŠIBLOVÁ**

s názvem **Validizace metody hodnocení dynamického zatížení u dětí mladšího školního věku**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **84/2022**

dne: **2. 12. 2022**

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

**Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

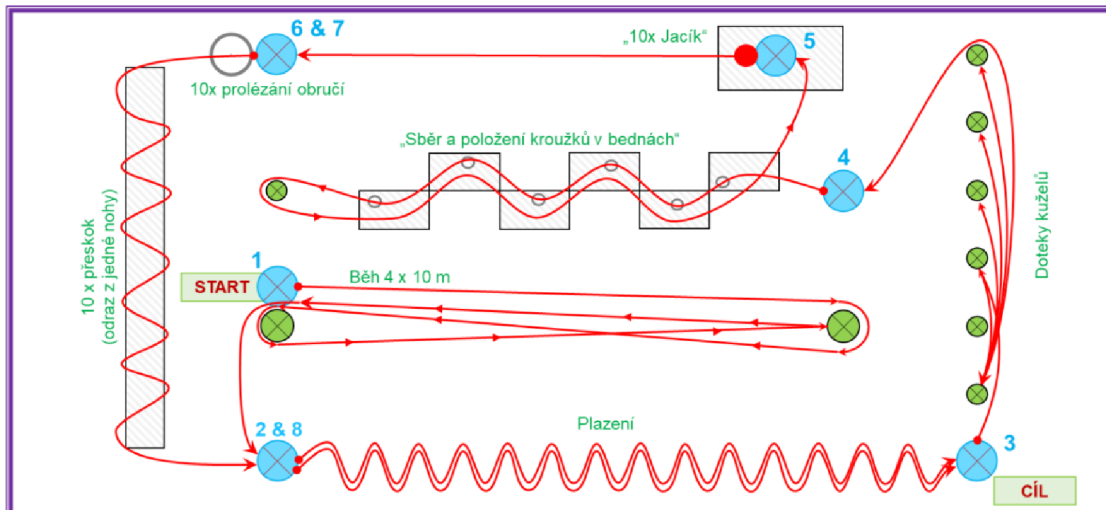
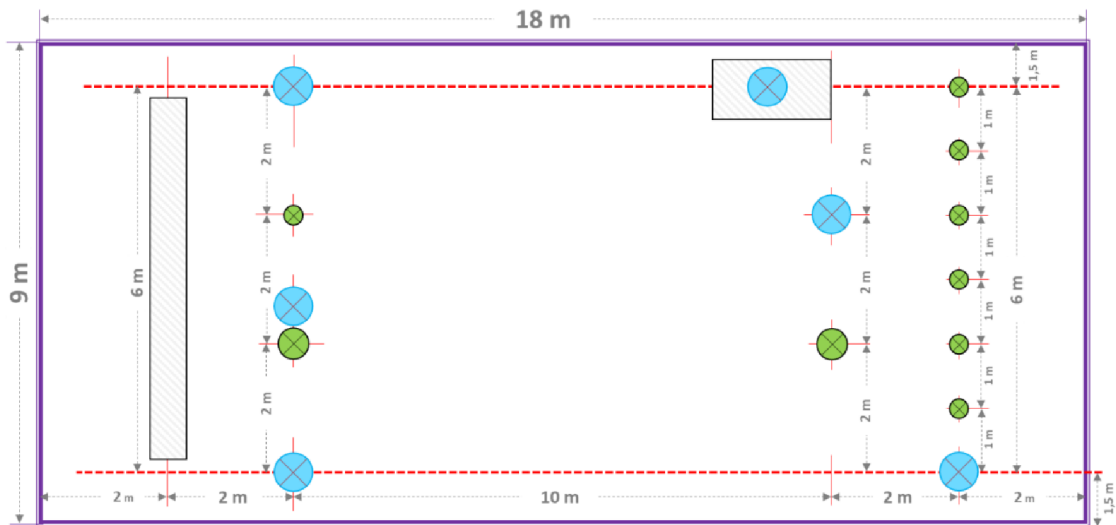
za EK FTK UP  
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.  
předsedkyně

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury  
Komise etická  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci  
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009  
www.ftk.upol.cz

### 11.3 Příloha 3

#### Překážková dráha – rozměry a schéma překonávání úseků



## 11.4 Příloha 4

### Informovaný souhlas



Fakulta  
tělesné kultury

## INFORMOVANÝ SOUHLAS RODIČŮ NEBO ZÁKONNÉHO ZÁSTUPCE

Název diplomové práce 1: **Vliv vzorkovací frekvence přístroje Axivity AX6 na hodnocení dynamické zátěže**

Název diplomové práce 2: **Validace metody hodnocení dynamického zatížení u dětí mladšího školního věku**

Jméno odpovědného koordinátora projektu: **doc. Mgr. Roman Cuberek, Ph.D.**

Jméno dítěte: \_\_\_\_\_

*křížkem  
vyjádřete  
souhlas*

1. Potvrzuji, že jsem si pro výše uvedenou studii přečetl *Informaci pro rodiče*. Měl jsem příležitost tyto informace prozkoumat, položit otázky a nechat je uspokojivě odpovědět.
2. Chápu, že účast mého dítěte je dobrovolná a že může v průběhu kdykoli odstoupit bez udání důvodu, aniž by z toho vyplýval jakýkoliv postih.
3. Chápu, že na relevantní část údajů shromážděných během studie se mohou dívat jednotlivci z pracoviště vykonávající tuto studii, pokud je to pro účast našeho dítěte v tomto výzkumu relevantní. Povoluji těmto jednotlivcům přístup k jeho záznamům. Beru zároveň na vědomí, že data budou dostupná pouze po bezprostřední dobu sběru dat, ihned poté budou anonymizována.
4. Souhlasím s pořízením videozáznamu průběhu měření pro účely vyhodnocení dat, které bude po zpracování dat smazáno (detailněji viz *Informace pro rodiče*)
5. Souhlasím s účastí našeho dítěte ve výše uvedené studii.

\_\_\_\_\_  
Jméno rodiče/zákonného zástupce

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Podpis

\_\_\_\_\_  
Jméno osoby zajišťující souhlas

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Podpis

## INFORMACE PRO RODIČE



Fakulta  
tělesné kultury

Název projektu:

### **OVĚŘENÍ METODY HODNOCENÍ DYNAMICKÉHO ZATÍŽENÍ U DĚTÍ MLADŠÍHO ŠKOLNÍHO VĚKU**

Než se rozhodnete, zda se Vaše dítě bude moci projektu zúčastnit, je důležité, abyste pochopili, proč je výzkum prováděn, jaký je jeho význam a co bude zahrnovat. Pokud pro Vás budou informace neúplné, zeptejte se přímo nás. Účast Vašeho dítěte v projektu je pro nás důležitá, nicméně využijte svého práva o jeho účasti rozhodnout.

#### **Je projekt garantován nějakým odborným pracovištěm? Kdo je za projekt zodpovědný?**

Měření, kterého se má Vaše dítě zúčastnit, je podkladem pro řešení dvou diplomových prací studentů z Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Vedoucím prací je doc. Mgr. Roman Cuberek, Ph.D. Tento projekt byl schválen etickou komisí fakulty.

#### **Proč bylo moje do projektu dítě vybráno?**

Vaše dítě z hlediska věku odpovídá záměru projektu a zároveň navštěvuje školu či sportovní kroužek, na kterém participuje studentka, která potřebuje data pro svou diplomovou práci. Je proto výhodou, že Vaše dítě zná osobu, která jej bude měřit, což je obecně pro spolupráci s dětmi velice důležité a přínosné.

#### **Jaký je záměr projektu?**

Projekt se zaměřuje na zkvalitnění metod hodnocení pohybového projevu člověka za využití nových technologií. Konkrétně v tomto projektu se jedná o využívání akcelerometru a senzoru srdeční frekvence. Tyto senzory jsou již dnes frekventovaně součástí řady chytrých hodinek. Metody, na které se projekt zaměřuje mohou být následně využity v profesionálním či rekreačním sportu, tělesné výchově i v každodenních aktivitách.

#### **Co pro mé dítě znamená zapojení do projektu?**

Vaše dítě bude mít za úkol na čas vykonat několik jednoduchých pohybových aktivit, na které je zvyklé z hodin tělesné výchovy. Během těchto aktivit bude mít na těle dva přístroje – snímač srdeční frekvence (úzký pružný pás upnutý okolo hrudi) a akcelerometr (velikost cca 3,5 x 2 cm) umístěný na zádech mezi lopatkami. Samotnému měření bude předcházet rozvíření pro prevenci úrazu.

#### **Má participace v projektu pro mé dítě nějaký přínos?**

Vaše dítě se dozví zajímavé informace ohledně srdeční frekvence, a to ve vztahu k pohybu. Ze zkušenosti také víme, že děti takového měření baví, neboť se setkají s něčím novým. Zároveň toto měření vnímají jako zajímavou soutěž mezi sebou.

#### **Co se stane, pokud se rozhodnu, že dítě do projektu nebude zapojeno?**

Účast je zcela dobrovolná. Zaručujeme také, že dítě může v průběhu měření kdykoliv odstoupit, jakkoliv je to pro nás nepříjemné. Ani v tomto případě z toho pro Vaše dítě nevplývají žádné důsledky.

#### **Jak bude nakládáno s daty mého dítěte?**

Data jsou určena primárně pro tento projekt, popř. pro studie s ním bezprostředně související. Jediný osobní identifikační údaj (jméno) bude po prvním vytřídění dat odstraněn a s naměřenými údaji se již bude nakládat anonymně. Žádné získané údaje nebudou poskytnuty třetí straně. S daty se bude nakládat s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR.

#### **Budou v průběhu měření vytvořeny fotografie nebo videozáznamy?**

Pokud získáme Váš souhlas, bude měření nahráváno na video (záběr na celou tělocvičnu). Videozáznam je určen ke zpřesnění při zpracování dat. Není však součástí vyhodnocovaných dat. Po úpravě dat proto již bude záznam bezcenný a bude proto odstraněn.