

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

24hodinový pohybový profil a jeho vztah k adipozitě dětí a adolescentů
DIPLOMOVÁ PRÁCE
(magisterská)

Autor: David Janda, Rekreeologie
Vedoucí práce: doc. Mgr. Aleš Gába, Ph.D.
Olomouc 2021

Bibliografické informace

Jméno a příjmení autora: David Janda

Název diplomové práce: 24hodinový pohybový profil a jeho vztah k adipozitě dětí a adolescentů

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Vedoucí diplomové práce: doc. Mgr. Aleš Gába, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2021

Abstrakt: Předkládaná diplomová práce se zabývá vztahem mezi 24hodinovým pohybovým profilem, realizovaným ve školní a víkendové dny a adipozitou dětí a adolescentů. Výzkumný soubor se skládal z 382 dětí a 338 adolescentů. Pohybový profil byl odvozen ze surových dat z akcelerometrů a adipozita byla změřena pomocí bioelektrické impedanční analýzy. Na základě vícenásobné regresní analýzy byl prokázán pozitivní vztah mezi objemem a distribucí intenzity pohybového profilu ve školní dny a adipozitou dětí. Dále byl ve školní dny prokázán pozitivní vztah mezi minimální hodnotou akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne a adipozitou dětí. U adolescentů byl prokázán vztah podobný, ale pouze ve víkendové dny. V návaznosti na předkládané výsledky je vhodné klást důraz na tvorbu intervencí ve školní dny u dětí a ve víkendové dny u adolescentů.

Klíčová slova: pohybový profil, adipozita, děti, akcelerometr, surová data, pohybová aktivita

Diplomová práce byla zpracována v rámci řešeného výzkumného projektu GAČR s registračním číslem 18-09188S „Využití analýzy kompozičních dat pro hodnocení kombinovaného efektu pohybové aktivity, sedavého chování a spánku na dětskou obezitu“.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovnických služeb.

Bibliographical identification

Author's first name and surname: David Janda

Title of thesis: 24-hour activity profile and its association with childhood adiposity

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology

Supervisor: doc. Mgr. Aleš Gába, Ph.D.

The year of presentation: 2021

Abstract: The presented master's thesis deals with the relationship between 24-hour activity profile, on school and weekend days and adiposity of children and adolescents. The research sample consisted of 382 children and 338 adolescents. Movement pattern was characterized by raw data from accelerometers. Adiposity was measured by bioelectric impedance analysis. Multiple linear regression has proven a protective effect of volume and intensity of activity profile in school days to lower adiposity in children. Furthermore, acceleration above which the most active 60 minutes per day are accumulated, has shown protective effect on adiposity of children. Similar relationship was observed in sample of adolescents but only on weekends compared to children. Following the presented results, we emphasize to create interventions on weekdays for children and on weekends for adolescents.

Keywords: activity profile, physical activity, children, adiposity, accelerometer, raw data

This master thesis has been written within solution of research project of GAČR with registration number 18-09188S "Use of compositional data analysis for evaluation of combined effect of physical activity, sedentary behaviour and sleep on childhood obesity".

I agree the thesis to be land within library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením doc. Mgr. Aleše Gáby, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržel zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 23. 4. 2021

.....

David Janda

Touto cestou bych rád poděkoval především doc. Mgr. Aleši Gabovi, Ph. D. za cenné rady, připomínky, odborné vedení ale také čas a trpělivost, které mi poskytl při zpracování diplomové práce. Dále děkuji všem, kteří se podíleli na realizaci výzkumného šetření.

Obsah

Úvod	8
1 Přehled poznatků	9
1.1 Objektivní monitoring pohybové aktivity	13
1.1.1 Referenční metody	13
1.1.2 Přístrojový monitoring pohybové aktivity	15
1.2 Význam pohybové aktivity v prevenci dětské obezity	22
1.2.1 Měření tělesné adipozity	23
1.2.2 Faktory ovlivňující adipozitu.....	26
2 Cíle a hypotézy	34
2.1 Hlavní cíl.....	34
2.2 Dílčí cíle	34
2.3 Hypotézy	34
3 Metodika	39
3.1 Výzkumný soubor.....	39
3.2 Průběh měření.....	39
3.3 Měření 24hodinového pohybového profilu.....	40
3.4 Měření adipozity.....	40
3.5 Potencionální zavádějící faktory	41
3.6 Statistická analýza	41
4 Výsledky	43
4.1 Charakteristika výzkumného souboru	43
4.2 Analýza rozdílů mezi kvartily 24hodinového pohybového profilu a adipozitou ..	48
4.3 Analýza asociací mezi ukazateli 24hodinového pohybového profilu a adipozitou.....	54
5 Diskuse	57
6 Závěry	61
7 Souhrn	63
8 Summary	65
9 Referenční seznam	66

Seznam zkratek

- AvAcc** – Průměrné zrychlení (z angl. average acceleration)
- BIA** – Bioelektrická impedanční analýza
- BMI** – Index tělesné hmotnosti (z angl. body mass index)
- CVD** – Kardiovaskulární onemocnění (z angl. cardiovascular disease)
- CoP** – Hraniční hodnoty (z angl. cut of points)
- DLW** – Metoda dvojité značené vody (z angl. doubly labeled water)
- DMT2** – Diabetes mellitus 2. typu
- DSM-BIA** – Přímá segmentální multifrekvenční bioelektrická impedanční analýza
- ENMO** – Euklidovská norma bez jedné (z angl. Euclidean norm minus one)
- FFM** – Tukuprostá hmota (z angl. free fat mass)
- FM** – tuková hmota (z angl. fat mass)
- IG** – Gradient intenzity
- LPA** – Pohybová aktivita nízké intenzity (z angl. Light PA)
- M60_{ACC}** – Minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne
- MAD** – Střední odchylka amplitudy (z angl. mean amplitude deviation)
- MET** – Metabolický ekvivalent zátěže (z angl. metabolic equivalent of task)
- MVPA** – Pohybová aktivita střední až vysoké intenzity (z angl. moderate to vigorous PA)
- PA** – Pohybová aktivita
- RCT** – Randomizovaný kontrolovaný experiment (z angl. randomized controlled trial)
- SB** – Sedavé chování (z angl. sedentary behavior)
- SD** – Směrodatná odchylka
- VFA** – Oblast viscerálního tuku (z angl. visceral fat area)
- VPA** – Pohybová aktivita vysoké intenzity
- WHtR** – Poměr obvodu pasu a boků (z angl. waist to hip ratio)
- WHO** – Světová zdravotnická organizace
- %FM** – Procento tělesného tuku (z angl. % fat mass)

Úvod

Vzhledem ke skutečnosti, že pohybová inaktivita je WHO vedena na předních příčkách rizikových faktorů a obezita bývá označována za pandemii, je potřeba výzkumu v těchto oblastech jednoznačná. Protektivní vliv PA na nadváhu a obezitu dětí a adolescentů byl již mnohokrát prokázán, avšak studie zkoumající tento efekt měly své limity. K monitoringu PA nevyužívaly objektivní metody nebo charakterizovaly pohybový režim na základě kategorií, zda jedinec plní pohybová doporučení a podobně. Avšak s narůstající evidencí dochází vědecká komunita ke konsenzu, že vliv na adipozitu nemá pouze PA, ale také SB či spánek. Pomocí těchto tří složek lze charakterizovat pohybové chování v komplexním 24hodinovém profilu. Možnost monitoringu komplexního spektra aktivit je v dnešní době snazší než kdy dříve pomocí akcelerometrů a analýzy surových dat jimi naměřených. Avšak studií využívající tento přístup je ve světě malé množství. Z toho studie zabývající se vztahem mezi 24hodinovým pohybovým profilem a nadváhou a obezitou využívají pro charakteristiku nadváhy a obezity BMI z-skóre u kterého byla prokázána nízká senzitivita.

Z výše zmíněných důvodů je zapotřebí tvorba studií využívajících nové ukazatele charakterizující 24hodinový pohybový profil a sledující vztah mezi komplexním pohybovým režimem a adipozitou. Až poté je možná tvorba behaviorálních intervencí, tak aby došlo ke zlepšení zdraví v populaci. Na základě výše uvedených argumentů, ale také těch prezentovaných v přehledu poznatků si předkládaná práce klade za hlavní cíl analýzu 24hodinového pohybového profilu ve vztahu k adipozitě dětí a adolescentů, a to s ohledem na školní a víkendové dny.

1 Přehled poznatků

V kontextu lidské existence byla PA nedílnou součástí přežití a vývoje druhu. Je definována jako pohyb lidského těla způsobený kosterním svalstvem, který má za následek výdej energie (Caspersen et al., 1985). S příchodem průmyslové revoluce a nárůstem nových technologií dochází k poklesu objemu PA, kterou jedinec vykoná. Avšak lidské tělo, které se vyvinulo ve fyzicky náročném prostředí, je pro velký objem PA uzpůsobeno a v případě jeho nedostatku dochází k degeneraci. V dnešním světě má pohybová inaktivita ročně za následek jedno z deseti úmrtí (Carlson et al., 2018). Na toto téma upozorňuje profesor Blaire (2009) z University of South Carolina, který publikoval článek pojmenovaný „Pohybová inaktivita: největší problém veřejného zdraví 21. století“. Tento fakt potvrzuje mnoho epidemiologických studií zabývajících se negativním vlivem nedostatku PA na zdraví jedince.

Vědecká komunita se otázkou věnující se pozitivnímu vlivu PA na zdravý jedince nezabývala vždy. Dokonce v polovině 20. století bylo na Cambridge Univerzity zkoumáno, zda nemá cvičení negativní dopady na lidské zdraví. Tato hypotéza nebyla nikdy prokázána (Rook, 1954). Efekt je jednoznačně opačný. O epidemiologický výzkum v oblasti PA se zasadil Jerry Morris, který pozoroval vliv PA na kardiovaskulární zdraví u 3 800 mužů ve středních letech, kteří zemřeli na jinou příčinu než na ischemickou chorobu srdeční. Úroveň PA byla stanovena na základě pohybové náročnosti zaměstnání, které jedinec vykonával a koronární onemocnění na základě pitvy. Výsledky této studie naznačili, že jedinci, kteří vykonávali zaměstnání s větší fyzickou zátěží měli nižší riziko koronárních srdečních onemocnění a nemoc měla menší dopad na jejich zdraví (Morris & Crawford, 1958).

V návaznosti na výše zmiňovanou studii se začaly publikovat další na podobné téma. Jako je longitudinální studie autorů Paffenbarger a Hale (1975), která potvrzuje protektivní vztah mezi vyšší úrovní PA a nižším rizikem CVD. Tato tvrzení dokládají také výsledky studií analyzovaných v systematickém přehledu publikovaném v 80. letech minulého století (Powell et al., 1987). Nicméně autoři se shodují, že v té době ještě nebylo dostatek standardizovaných a objektivních metod pro určení množství a intenzity PA a bylo tedy obtížné identifikovat přesný vliv PA na zdraví jedince.

Přesto byla v následujícím desetiletí doporučena PA jako důležitá součást životního stylu a měla by se provádět pravidelně nejlépe každý den (Fletcher et al., 1996). Ve stejném desetiletí je též publikováno doporučení pro dospělé populaci, aby lide strávili alespoň 30 minut MVPA každý den (Pate et al., 1995).

Postupem let dochází odborná komunita ke konsenzu, že PA je důležitou součástí zdravého životního stylu a působí preventivně vůči mnoha neinfekčním civilizačním nemocem. V roce 2012 začíná prestižní vědecký časopis Lancet vydávat sérii článků s tematikou týkající se PA. Součástí je publikace zkoumající vliv pohybové inaktivity na rozvoj neinfekčních civilizačních onemocnění, autoři Lee et al. (2012) využívali dat WHO (World Health Organization [WHO], 2011) a jejich doporučení pro PA (WHO, 2010). Prezentované výsledky odhadují přičinění pohybové inaktivity na 6–10 % srdečních koronárních onemocněních, DMT2 a rakoviny prsu a střev. Navíc bylo zjištěno, že v roce 2008 mohla pohybová inaktivita až za 9 % předčasných úmrtí. Pokud by pohybově inaktivní jedinci začali plnit doporučení pro PA tak by se průměrná délka života v populaci zvýšila o 0,68 roku. Jedná se téměř o stejný vliv jako v případě obezity, při jejíž redukci by došlo k prodloužení života v populaci o 0,9 roku (Olshansky et al., 2005). Odhadované prodloužení života ve zmiňovaných přídech je zapotřebí vnímat s ohledem na metodologii výzkumu. Výsledky jsou prezentované z celkového vzorku populace, včetně aktivních, respektive jedinců s obezitou. Pokud by se počítal efekt pouze na neaktivní či obézní jedince, tak se dá očekávat znatelnější předpoklad prodloužení života. Dále je potřeba brát ohled na podstatu epidemiologických dat, která byla ve většině případů zakládána na dotazníkových šetření (Lee & Paffenbarger Jr, 2009).

Od roku 2010 činila doporučení WHO pro PA u dětské populace ve věku 5–17 let alespoň 60 minut MVPA denně, včetně zařazení silových cvičení alespoň 3krát týdně (WHO, 2010). Avšak od počátku 21. století se evidence prokazující pozitivní vliv PA na zdraví posunula vpřed. Začali se využívat technologie pro monitoring PA a další, čemuž se budeme věnovat později. Díky tomu jsou v roce 2020 vydána nová doporučení, která slouží též jako podpora *Globálního akčního plánu pro pohybovou aktivitu 2018–2030: více aktivních lidí pro zdravější svět* (WHO, 2019). Tato doporučení se z velké části nemění, avšak s přibývajícím evidencí je kladen důraz na eliminaci SB a jeho nahrazení PA jakékoliv intenzity. U dětské populace je doporučení změněno na v *průměru* 60 minut MVPA denně a minimální délka PA není určena. Tyto změny jsou vytvořeny na základě nových důkazů o rizikovosti SB a čím dál silnější evidenci, že jakákoliv PA, bez ohledu na její intenzitu, je přínosná pro zdraví (Bull et al., 2020).

SB je charakterizováno jako stav bdělosti s energetickým výdejem nižším než 1,5 MET, zahrnující sezení, leh a podobné polohy (Tremblay et al., 2017). Tímto typem chování se podrobněji začala vědecká komunita zabývat až okolo roku 2010 s výsledkem, že SB je rizikovým faktorem nezávisle na PA (Owen et al., 2020; Salmon et al., 2011). Díky tomu začaly vznikat studie zaměřující se na množství PA nutné k redukci rizik způsobených SB. V roce 2016 byl v časopise Lancet publikován systematický přehled s meta-analýzou zahrnující více

jak milion mužů a žen. Závěrem bylo, že pro redukci zdravotních rizik způsobených 8 hodinami sezením je zapotřebí vykonat alespoň 60–75 minut MVPA (Ekelund et al., 2016). Tato doporučení byla vytvořena na základě meta-analýzy 13 studií, z nichž většina participantů byla starší 45 let a hodnocení PA a SB bylo určeno prostřednictvím dotazníku. O pár let později je publikována studie s podobným designem, avšak na základě objektivních dat z akcelerometrů (Ekelund et al., 2020). Závěrem je doporučení vykonávat alespoň 30–40 minut MVPA denně pro eliminaci zdravotních rizik způsobených nadměrným SB. Těchto výsledků je dosaženo na základě meta-analýzy studií zahrnujících jedince starší 40 let a není tedy jisté, zda je možné závěry generalizovat na celou populaci. Vzhledem k aktuálnosti výzkumu je stále zapotřebí nových studií, které se budou tímto tématem zabývat. Tak aby bylo objasněno, zda se tento fenomén vyskytuje napříč pohlavím, etnickými skupinami nebo s ohledem na socioekonomický status. Mimo to není prozkoumáno jaké množství SB začíná být rizikové (Saunders et al., 2020).

Důkazem podporující pozitivní efekt PA na zdraví jedince jednoznačně dokládají RCT a jejich následná meta-analýza. Příkladem může být studie autorů Brown et al. (2019) publikovaná v Cochrane Database of Systematic Reviews, která analyzuje a syntetizuje poznatky ze 153 RCT zaměřujících se na prevenci dětské obezity. Ve většině případů se jednalo o populaci z USA nebo Evropy. Většina zahrnutých studií byla založena na experimentech ve školách. Z jejich výsledků je patrné, že intervenční programy zahrnující PA, dietní opatření nebo jejich kombinaci mají pozitivní vliv a vedou k redukci BMI a BMI *z-skóre* u dětí. Pohybové a dietní intervence vykazovaly v různých věkových kategoriích odlišné výsledky, nicméně vždy se jednalo o pozitivní efekt.

Pozitivní účinek PA byl prokázán též u duševního zdraví. Příkladem může být studie autorů Bailey et al. (2018), kteří syntetizovali poznatky z 16 intervenčních studií zkoumajících vliv PA na léčbu deprese u dětí a mladých dospělých ve věku 15–25 let. Výsledky jednoznačně prokazují pozitivní efekt PA na redukci symptomů spojených s depresí. Efekt PA byl ve většině případů hodnocen prostřednictvím dotazníku. Pozitivním výsledkem je také nízký 11% drop-out z výzkumu. PA tedy činí vhodný nástroj k léčbě deprese a podobných onemocnění.

Podobné závěry nalezneme i v systematických přehledech průřezových a jiných studií. Studie autorů Wu et al. (2017) zkoumající vliv PA a SB na kvalitu života dětí a adolescentů zahrnovala 6 studií longitudinálního charakteru, 3 intervenční studie a 21 průřezových studií. Syntézou dat bylo prokázáno, že zvýšené množství PA má za následek lepší kvalitu života. Některé studie prezentovaly lineární vztah mezi PA a hodnocením kvality života. Například zahrnutá studie Finne et al. (2013) dokládá lineární trend mezi množstvím PA a hodnocením

v PedSQL (Paediatric Quality of Life Inventory) dotazníku u obou pohlaví. Tedy čím více PA tím lépe hodnocena kvalita života. Autoři výzkumu též provedli meta-analýzu na 5 observačních studiích, které používaly dotazník PedSQL, jejíž výsledky vykazují lepší skóre v dotazníku u pohybově aktivních dětí.

Pozitivní vliv PA byl prokázán také ve vlivu na kognitivní funkce a školní úspěchy dětí. Bylo syntetizováno 137 studií (Donnelly et al., 2016) s průřezovým, prospektivním nebo experimentálním designem se zaměřením na vztah mezi PA a kognitivními funkcemi, učením, koncentrací nebo úspěchy ve škole. Výsledná syntéza prokázala vliv tělesné zdatnosti, jednorázové PA a pohybových intervencí na mentální zdraví dětí. Pozitivní vliv PA na výkon ve škole byl potvrzen řadou longitudinálních a průřezových studií, avšak RCT prezentují rozporuplné výsledky. Většina studií se však shoduje na pozitivním efektu jakékoliv PA na mentální výkon. Tudíž je vhodné podporovat PA a školní tělesnou výchovu i během pohybově restriktivních období, jako je pandemie COVID-19 (Moore et al., 2020). Situace v roce 2020 vedla k významnému poklesu PA a nárůstu SB u dětské populace. To bylo způsobeno distanční výukou a uzavřením sociálního života v mnoha zemích (Dunton et al., 2020; Moore et al., 2020; Xiang et al., 2020). Ovšem ani před pandemií COVID-19 nebylo množství dětí, které splňovaly doporučení pro PA velké. V České republice se v roce 2016 jednalo pouze o 18 % dívek 27 % chlapců, kteří plní WHO doporučení pro PA. Celosvětově se jednalo o 19 % dětí ve věku 11–17 let plnící doporučení (Guthold et al., 2020). Mimo to je zapotřebí brát v potaz úbytek dětí, které plní doporučení pro PA s rostoucím věkem. Především s nástupem školního věku dochází k dramatickému poklesu MVPA u dětí a upadající trend je pozorován až do nástupu dospělosti (Farooq et al., 2020; Reilly, 2016).

Mimo zdravotní benefity PA byl též dokázán pozitivní ekonomický efekt v případě, že lidé vykonávají více PA. Za podmínky, že by většina dospělé populace začala plnit pohybová doporučení z roku 2020 by byl předpokládán kumulativní nárůst globální ekonomiky do roku 2050 o 8,6 bilionu USD. To je zapříčiněné pozitivním efektem PA na zdraví, lidé jsou méně nemocní a mohou více času trávit v práci (Hafner et al., 2020).

Avšak evidence na základě RCT nebo se subjektivním hodnocením PA nemusí být dostačující, může být zkreslena či nemusí postihovat úplnou podstatu PA, která je komplexním faktorem v lidském životě a nemohou jí nahradit pouhé intervence. Například LPA, která je charakterizována zátěží o intenzitě 1,5–2,9 MET, provádíme pravidelně během dne bez velké námahy a většina intervencí se na nízkou intenzitu nezaměřuje. Přesto je dokázán její pozitivní vztah na zdraví člověka (Chastin et al., 2019; Füzéki et al., 2017). Tento fakt je v nejnovějších WHO doporučeních z části reflektován kladením důrazu na důležitost nahrazení SB jakýmkoliv

druhem PA. Stále je však primární doporučení vztaženo k MVPA, která je ekvivalentem 3 až 6 MET (Bull et al., 2020). Hodnocení PA na základě dotazníků či diářů podléhá subjektivnímu zkreslení. Například mezinárodní dotazník pohybové aktivity (IPAQ), který má zajistit standardizovanou metodu hodnocení PA má kriteriální validitu přibližně 30 % a reliabilitu 80 % (Craig et al., 2003). Nízká přesnost dotazníku je determinována již na základě jeho podstaty, kterou je subjektivní vyplňování účastníkem výzkumu. Na druhou stranu silnou stránkou je validace testu, která proběhla ve vyspělých i rozvojových zemích. V roce 2009 byl pod záštitou WHO publikován další standardizovaný dotazník GPAQ (Global Physical Activity Questionnaire) s cílem vytvořit komplexnější nástroj pro hodnocení PA v různém prostředí a napříč populací. Tento dotazník má podobnou validitu a reliabilitu jako IPAQ (Bull et al., 2009). Z důvodu nízké validity dotazníků je zapotřebí i jiných nástrojů, které objektivněji změří PA jedince. Takového přístupu lze dosáhnout prostřednictvím nových technologií, jež měří PA nezávisle na participantovi, popřípadě jinými metodami, které nepodléhají subjektivnímu zkreslení.

1.1 Objektivní monitoring pohybové aktivity

Za objektivní monitoring PA považujeme takové metody, které jsou založené na přístrojovém měření, přímém pozorování nebo nepřímé kalorimetrii. Přesto, že vědecká komunita nedošla ke konsenzu, která metoda pro měření PA je nejvalidnější, tak za nejpřesnější jsou považovány referenční metody (Kelly et al., 2016). Avšak i tento přístup má své nedostatky, jak uvádíme níže.

1.1.1 Referenční metody

Monitoring na základě kritérií zahrnuje postupy disponující vysokou validitou a reliabilitou. Tyto metody poskytují přesný výsledek měření pohybu nebo energetického výdeje. Jsou hojně využívány v případech, kdy je přesnost velmi důležitá, například pro účely validačních studií. Ve většině případů je metoda aplikována v laboratorních podmínkách na malém množství participantů. Jedná se o velmi náročné postupy ve všech ohledech.

Přímé pozorování

Některé zdroje považují přímé pozorování za zlatý standard monitoringu PA. Jedná se o jedinečnou možnost vidět participanta na vlastní oči a posoudit jeho pohybové vzorce (Welk et al., 2017). Na druhou stranu vstupuje do výsledku subjektivní vliv pozorovatele, který může vést ke zkreslení (Corder et al., 2008). Výhodou toho přístupu je jednoznačné posouzení pohybu u jednoho či více jedinců. Ve většině případů se jedná o rozpoznání různých vzorců chování jako je chůze, postoj a další denní činnosti (Welk et al., 2017). Mimo to je možné PA zavést do kontextu prostředí, které je její důležitou determinantou (Sallis et al., 2008).

Pro zvýšení objektivity pozorování se využívají standardizované metody jako je *System for Observing Play and Leisure in Youth* (SOPLAY) (McKenzie, 2002) nebo *System for Observing Fitness Instruction* (SOFIT) (McKenzie et al., 2016). Využitím těchto a dalších metod se zajistí dostatečné standardizování pozorování. Výhodu tohoto přístupu najdeme v přímém hodnocení pohybového chování a možného kontextu (McKenzie, 2010). Avšak s vyspělostí umělé inteligence a strojového učení je možné spojit výhody přímého pozorování s akcelerometry, které dokážou zaznamenávat PA nezávisle na pozorovateli (Farrahi et al., 2019). Nevýhodou přímého pozorování je vysoká časová a finanční náročnost při pozorování více participantů. Mimo to může dojít ke zkreslení pozorovatelem a není možné zaznamenat energetický výdej při aktivitě (Welk et al., 2017).

Metoda dvojitě značené vody

V kontextu monitoringu PA je za nejpřesnější metodu měření energetického výdeje považována metoda DLW. V případě, že je odhadnut termický efekt jídla a klidový výdej energie, tak je prostřednictvím DLW možné určit energetickou náročnost PA. Celkový energetický výdej je determinovaný prostřednictvím metabolického rozpadu dvou stabilních izotopů – vodíku (deuteria, ^2H) a kyslíku (^{18}O) – za určitý čas. Voda označená těmito izotopy se podává orálně ve standardizovaných dávkách s ohledem na celkovou tělesnou vodu jedince. Hodnocení rozpadu izotopů je možné provést po 7 až 21 dnech ze vzorků moči nebo slin. Výsledkem je určení spotřeby zmiňovaných izotopů, díky čemuž je možné odhadnout vyprodukovaný oxid uhličitý a vypočítat celkovou energetickou spotřebu (Welk et al., 2017).

Tato metoda je považována za velmi náročnou jak finančně, tak personálně kdy je potřeba vysoká erudice personálu, stejně tak jsou kladeny vysoké nároky na dodržení protokolu měření i následné zpracování dat. Mimo to je měření limitováno na pouhý energetický výdej za určitou

periodu času a neposkytuje další kontext PA jako je intenzita, délka trvání, typ či prostředí, ve kterém je realizována. Na druhou stranu se jedná o nejpřesnější metodu měření energetického výdeje (Welk et al., 2017).

Kalorimetrie

Kalorimetrie je metoda založená na měření vyprodukovaného tepla, jehož vznik je zapříčiněn metabolismem různých látek v těle. Jedná se například o základní energetické substráty jako jsou sacharidy, tuky a v omezené míře proteiny. Energetický výdej přidružený s těmito chemickými procesy může být tedy determinován množstvím tepla, které tělo v klidu či při aktivitě vyprodukuje. Měření takto vydané energie je měřeno prostřednictvím přímé či nepřímé kalorimetrie (Welk et al., 2017).

Přímá kalorimetrie zahrnuje přímé měření sálajícího tepla z lidského těla. Toho je dosaženo prostřednictvím kalorimetrické komory. Tato metoda je velmi náročná z prostorového a časového hlediska, proto nebývá moc využívána (Welk et al., 2017).

Na druhou stranu metoda nepřímé kalorimetrie bývá v praxi hojně zastoupena. Principem spočívá na odhadu vyprodukovaného tepla na základě vztahu mezi spotřebovaným kyslíkem a vydýchaným oxidem uhličitým, obvykle nazýváno jako respirační kvocient ($RQ = VCO_2 / VO_2$). Tato metoda je založena na předpokladu, že 1 litr spotřebovaného kyslíku se rovná určitému množství kalorií, s ohledem na to, jaký energetický substrát je metabolizován. Pro změření respiračního kvocientu je využíván laboratorní či přenosný analyzátor vydechovaných plynů (Bassett et al., 2001). Těto metody je využíváno pro stanovení vztahu mezi energetickým výdejem a naměřeným pohybem z monitorujících zařízení (Bassett et al., 2012).

1.1.2 Přístrojový monitoring pohybové aktivity

Monitoring PA prostřednictvím přístrojů poskytuje možnost objektivně změřit množství i intenzitu pohybu, které jedinec vykonává, a to bez nutnosti stálého dohledu. Tyto přístroje disponují relativně vysokou validitou a dostupností, proto jsou hojně využívány.

Monitory srdeční frekvence

Monitory srdeční frekvence jsou zásadním prostředkem pro měření intenzity pohybu. Měří fyziologickou odezvu organismu na zátěž. Ve většině případů se využívají ve sportovních odvětvích jako prostředek k objektivnímu určení zatížení. Výsledkem měření je počet tepů za minutu, který lineárně koreluje se spotřebou kyslíku. Toho může být využito pro odhad spotřeby energie při zátěži a také jako diferenciaci její intenzity (Welk et al., 2017).

Monitory využívají optického senzoru, který reflektuje srdeční frekvenci a umísťuje se na hrudník nebo zápěstí. Přístroje umístěné na hrudník disponují větší validitou měření, nicméně přístroje na zápěstí poskytují větší komfort, který má vliv na komplianci (Gillinov et al., 2017). Nevýhodou těchto přístrojů je nízká přesnost měření při nízké či vysoké intenzitě zátěže. Z tohoto důvodu jsou využívány spíše v terénních podmínkách u sportovních trenérů, kde není takový nárok na přesnost. Popřípadě jsou využívány ve spojení s jiným monitorem PA, například akcelerometrem. Unikátní výhodou monitorů srdeční frekvence je možnost objektivního monitoringu relativní hladiny stresu, díky měření fyziologické odezvy organismu. V případě, že je brána v potaz maximální a klidová frekvence je relativně snadné individualizovat míru zatížení (Welk et al., 2017).

Globální polohový systém

Ač GPS není schopno poskytnout přesné informace o množství a intenzitě PA, je schopno určit prostředí (tj. kontext), ve kterém se PA odehrává. Tento systém pracuje na principu měření vzdálenosti mezi GPS přijímačem a třemi nebo více GPS satelity. Díky tomu je možné s relativní přesností určit polohu a rychlost jedince, který má přijímač u sebe. Této metody lze využívat například pro měření aktivního transportu během dne a podobně. Naměřená data mohou následně sloužit jako prostředek komunální politiky pro rozvoj prostředí podporující PA (Katapally et al., 2020; Maddison & Ni Mhurchu, 2009). Prostředí, které významně determinujeme to jak se hýbeme a může tedy přispět k ovlivnění zdraví populace (Ding et al., 2011). Problém při využití GPS může nastat v případě velmi zalesněného či zastavěného prostředí, kde může dojít k oslabení signálu. Ovšem za podmínek, že je GPS využito s dalším monitorem PA se jedná o přesnou metodu doplňující informace o prostředí kde se PA odehrává (Katapally et al., 2020).

Krokoměry

Krokoměr, též zvaný pedometr, je přístroj navržený k objektivnímu měření počtu kroků jako ukazatelů objemu a intenzity PA. Dříve se jednalo o mechanické zařízení, které počítalo kroky na základě změny polohy boků, kde bývá přístroj usazen. Nyní se ve většině případů využívá vnitřního akcelerometru. Pedometry jsou schopny změřit kadenci pohybu a odhadnout vzdálenost. V určitých případech byly vyvinuty algoritmy pro odhad výdeje energie, nicméně jejich validita je diskutabilní (Welk et al., 2017).

Krokoměry začaly být hojně využívány okolo roku 1997 a od té doby je pro měření PA využívána řada vědeckých studií (McNamara et al., 2010; Miguel-Berges et al., 2018; Ann V. Rowlands et al., 1997). Pro využití v epidemiologických studiích byla jejich validita prokázána jako dostačující (Miguel-Berges et al., 2018). V této souvislosti bylo možné posuzovat vztah mezi počtem kroků vykonaných za den a zdravím jedince, díky tomu bylo možné vytvořit obecná doporučení k PA a definovat minimální množství kroků za den pro podporu zdraví jedince. U dětské populace se jedná o 12 000 až 16 000 kroků/den u chlapců a 10 000 až 14 000 kroků/den u dívek. Toto množství by mělo odpovídat alespoň 60 minutám MVPA. Ovšem i sami autoři doporučení se shodují na tom, že je náročné určit optimální hranici pro všechna pohlavní a věkové kategorie (Tudor-Locke et al., 2011). Mimo monitoring PA mohou krokoměry sloužit jako dostupný motivační prostředek k podpoře pohybu a zdraví jedince (Lubans et al., 2009). Velkou výhodou krokoměrů je jejich relativně vysoká validita a reliabilita v měření kroků za den, které mohou reflektovat míru PA u dětí, jejichž pohyb většinou zahrnuje lokomoci. Nicméně nevýhodou je neschopnost reflektovat přesnou intenzitu pohybu. Mimo to nejsou pedometry schopné zaznamenat pohyb při jízdě na kole a podobně (Lubans et al., 2009; McNamara et al., 2010; Miguel-Berges et al., 2018).

Akcelerometry

Akcelerometry disponují možností změřit objem, intenzitu i strukturu pohybu během dne, a tedy činí ideální nástroj pro oblast výzkumu PA. V určité míře se jedná o nástroj, který spojuje výhody krokoměrů a monitorů srdeční frekvence. Mimo to je součástí některých akcelerometrů inklinometr, který umožňuje zaznamenat změny polohy jako je sed, stoj a podobně. Avšak difference charakteristických změn pohybu lze dosáhnout také prostřednictvím strojového učení. Dále je možné z přístroje zpětně rozpoznat spektrum PA během dne, a tedy i to, zda byl nošen nebo ne. Navzdory výhodám najdeme i stinné stránky. Těmi jsou vyšší pořizovací

náklady, náročnost na zpracování dat a také neschopnost přístroje zachytit pohyb jako je jízda na kole, a to v případě, že není umístěn na stehno (Welk et al., 2017).

Akcelerometry jsou jedním z nejlépe využívaných přístrojů určených k monitoringu PA. Spojují vysokou úroveň přesnosti měření a dostupnosti. K jejich prvnímu využití došlo téměř před 40 lety, kdy se jednalo o relativně velké zařízení vážící přibližně 400 g. Sloužilo pro měření tělesného zrychlení a odhadu energetického výdeje. Měření zrychlení probíhalo pouze v jedné rovině (Montoye et al., 1983; Wong et al., 1981). Od té doby prošly akcelerometry výraznou změnou. Jejich velikost se pohybuje okolo několika centimetrů a jejich váha je rovněž minimální. Uvnitř zařízení se nachází mikroskopický senzor, nazývaný jako mikro elektromechanický systém. Tyto senzory jsou mnohem senzitivnější a efektivnější v porovnání s makroskopickými předchůdci. Mimo to je přístroj díky menším rozměrům praktičtější na nošení a uživateli nepřekáží. Díky mikroskopické technologii je možné aplikovat do zařízení senzory pro analýzu zrychlení na více osách a tím měřit komplexnější pohyby v různých směrech. Nyní jsou standardem akcelerometry zaznamenávající pohyb alespoň na třech osách. Zrychlení je zaznamenáno prostřednictvím piezoelektrických nebo piezorezistentních čipů. Senzory jsou většinou konstruovány pláty připevněnými k pohybující se seismické hmotě. Výsledné zrychlení je měřeno rozdílem vzdálenosti mezi fixními pláty a seismickou hmotou (Chen et al., 2012).

V minulosti byl akcelerometr ve většině studií umístěn nad kyčel. Nicméně postupem času se začalo aplikovat umístění na zápěstí, a to i z důvodu rostoucí evidence, že účastníci výzkumu více dodržují nošení. V určitých případech se využívá i umístění na stehno, kdy je zapotřebí změřit například PA, která zahrnuje pohyb nohou nikoliv rukou např. cyklistika (Stevens et al., 2020). V zájmu zvýšení přesnosti měření je možné použít více akcelerometrů zároveň, umístěných například na stehno a bederní část zad (Stewart et al., 2018).

Za výstup měření se do nedávna považovali jednotky „counts“, číslo bez konkrétního významu, které koreluje s intenzitou PA. Pro jejich zpracování bylo zapotřebí algoritmu, který zohledňoval nastavení akcelerometru i jeho výrobce. Z tohoto důvodu bylo zpracováno mnoho studií, které prováděli kalibraci zařízení s ohledem na energetický výdej tak, aby bylo možné kategorizovat intenzitu PA. Avšak to vedlo k rozporu ve vědecké komunitě o to, který přístup používat. Díky tomu bylo velmi problematické porovnávat data mezi studii a obecně je interpretovat (Gába et al., 2016; Ann V. Rowlands & Eston, 2007). Z tohoto důvodu se postupně od těchto jednotek ustupuje a přechází se k interpretaci ze surových dat, tj. z čistého zrychlení. To umožňuje porovnávat data mezi studii a popřípadě je i zpětně analyzovat v případě, že bude vyvinuta nová metodika jejich zpracování (Burchartz et al., 2020). Surový

signál je reprezentován jednotkami gravitačního zrychlení g ($1 g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) a jeho vzorkovací frekvence musí být alespoň dvakrát větší než nejvyšší frekvence pohybu, tak aby nedošlo ke zkreslení při digitalizaci signálu. Tento jev se nazývá Nyquistův-Shannonův vzorkovací teorém (Shannon, 1949). To v praxi znamená, že pro záznam vysokofrekvenčního pohybu, jako je např. hra na piano, která může dosáhnout frekvence 10.5 Hz (Furuya & Soechting, 2012) je zapotřebí nastavit frekvenci měření alespoň 21 Hz. Nicméně při záznamu jakéhokoliv signálu může dojít k šumu, pro jeho odstranění je doporučováno vzorkování na vyšší frekvenci, než je dvojnásobek a při zpracování dat aplikovat například nízkofrekvenční filtr (Zhang et al., 2012). Dalším faktorem, který je potřeba vzít v potaz je délka epochy, ve kterých bude signál seskupen. Ve většině případů je doporučeno nastavit délku epochy na co nejkratší, protože dětská PA bývá spontánní a rychle se měnící (Miguelles et al., 2017).

Problematikou zpracování surového signálu z akcelerometru je jeho komplexnost. Zahrnuje v sobě tři základní komponenty: zrychlení dané pohybem jedince, gravitační zrychlení a již zmiňovaný šum. Možnost jejich odlišení navíc klesá při rotačních pohybech (van Hees et al., 2013). S touto záležitostí se v různé míře vypořádávají metriky, které se pro zpracování dat využívají. Například metriky MAD a ENMO nevyžadují korekci gravitace, protože ji zahrnují ve svých algoritmech (Bakrania et al., 2016). S faktorem gravitace se též vypořádávají různé autokalibrační techniky, které berou v potaz tíhové zrychlení v konkrétní lokalitě. Příkladem může být metoda autorů van Hees et al. (2014), která je zahrnuta ve volně dostupném balíčku GGIR pro R software, jež je hojně využíván pro zpracovávání dat z akcelerometrů (Miguelles et al., 2019). Tato technika navíc zahrnuje autokorekci vůči okolní teplotě, avšak významný vliv byl prokázán pouze u levných akcelerometrů. Pro vědecké účely se primárně využívají značky ActiGraph, Axivity či GENEActiv (Niu et al., 2013; van Hees et al., 2014).

Střední odchylka amplitudy (MAD) charakterizuje střední hodnotu akcelerace, respektive její dynamické složky. Vypočítává se z celkové velikosti vektoru, naměřené v každý časový okamžik na každé ose. Vzorec pro výpočet velikosti vektoru všech os je:

$$r_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$$

Výpočet zahrnuje dynamickou i statickou složku zrychlení v důsledku gravitace. Statický element je ve finální rovnici odstraněn. Dynamická součást může být následně vyhodnocena a považována za střední hodnotu akcelerace v rozsahu stanovené epochy. Rovnice pro výpočet je následující:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum |r_i - \bar{r}|$$

Proměnná n nabývá počtu hodnot v epoše, r_i představuje již zmiňovanou velikost vektoru v každý okamžik a \bar{r} je průměrná hodnota epochy (Vähä-Ypyä et al., 2015). Hodnota MAD byla validována při chůzi a běhu a její korelační koeficient se spotřebou kyslíku dosahoval v průměru hodnot $r = 0,969$ (Vähä-Ypyä et al., 2015). Díky tomu představuje vhodný nástroj pro klasifikaci PA.

Euklidovská norma bez jedné (ENMO) stejně jako MAD reflektuje dynamickou akceleraci (van Hees et al., 2013). Proto vychází z oddělení dynamické a statické složky signálu. Nicméně element gravitace se redukuje posunem o jednu gravitační jednotku od Eukleidovské normy. Podobně jako MAD je vypočtena z velikosti vektoru naměřeného v každý časový okamžik na všech osách:

$$r_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$$

Výsledná rovnice je tedy následující:

$$ENMO = r_i - 1000$$

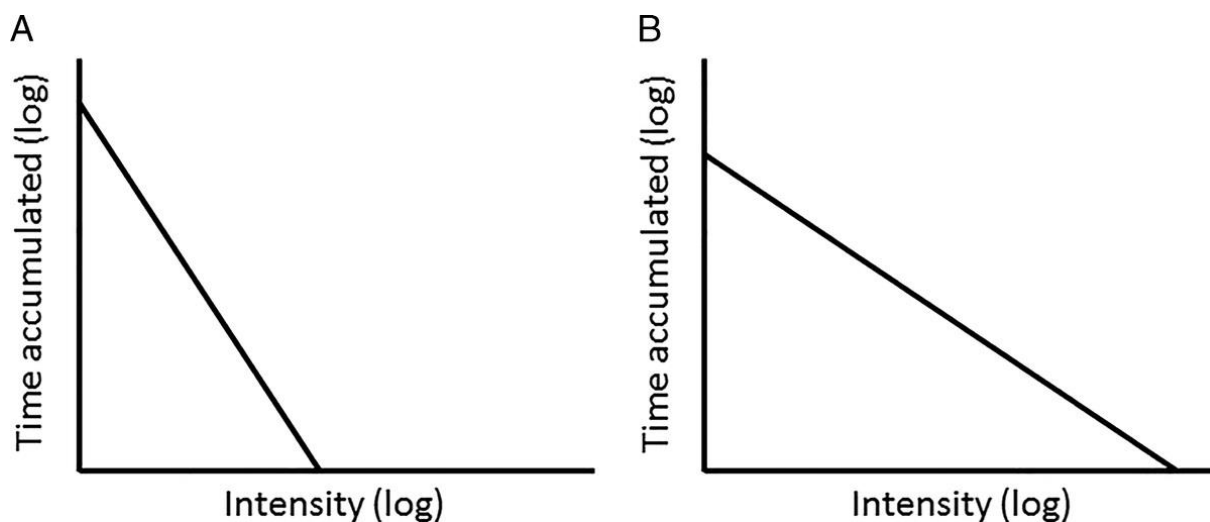
V případě, že vyjde hodnota záporného čísla, tak je nahrazena nulou. Z designu rovnice je patrné, že ENMO je senzitivní na špatnou kalibraci zařízení. Z tohoto důvodu je vhodné data kalibrovat například prostřednictvím již zmiňovaného GGIR balíčku (Migueles et al., 2019; van Hees et al., 2014).

Metrika ENMO byla porovnávána spolu s MAD ve schopnosti separovat SB od LPA a obě metriky vykazovali vysokou přesnost (Bakrania et al., 2016). Mimo to ENMO vykazuje vysokou korelaci s výdejem energie při PA (van Hees et al., 2013).

Index aktivity (AI) byl představen v roce 2016 (Bai et al., 2016) jako koncept pro vyhodnocení surových dat z akcelerometrů a byl porovnán s ENMO a county. Zachycuje variabilitu zrychlení přesahující systematický šum. Je založena na variaci surového signálu prostřednictvím výpočtu jeho směrodatné odchylky, která může určit jeho variabilitu. Avšak od prezentace této metriky nebyly provedeny žádné validační studie, popřípadě studie, které by tuto metodu aplikovaly, proto se jí nebudeme dále věnovat.

Gradient intenzity (IG) je relativně novou metrikou reflektující intenzitu PA během celého dne (Alex V. Rowlands et al., 2018). Představuje koeficient ovlivňující sklon křivky přirozeného logaritmu času a intenzity. Tento jev se mění v závislosti na spektru intenzity PA během celého dne. Čím je křivka strmější, tím je během naměřeného času intenzita nižší a naopak. Příklad křivky je zobrazen na Obrázku 1. IG je vždy negativní a reflektuje úbytek

času stráveného PA čím se její intenzita zvyšuje. Tato metrika začíná být doporučována společně s AvAcc (ENMO), jako dva optimální ukazatele množství a intenzity PA. I přes to, že nejsou jednoznačně interpretovatelné pro širokou veřejnost, tak poskytují prostor pro vytvoření populačně specifických percentilů, které by usnadnily interpretaci ve vztahu k normám. Bylo prokázáno, že hodnoty IG jsou nezávislé na značce akcelerometru (Alex V. Rowlands, 2018). Mimo to IG reflektuje celé spektrum PA na rozdíl od specificky určených CoP, jako je MVPA a podobně. CoP jsou závislé na protokolu měření a populaci, jež vede k obtížím při porovnání napříč studiemi. Navíc jejich uplatňování pro analýzu je velmi striktní, kdy může minimální rozdíl v celkové akceleraci znamenat splňování kritérií či nikoliv (Hildebrand et al., 2014; Alex V. Rowlands, 2018; Troiano et al., 2014).



Obrázek 1. Gradient Intenzity.

Poznámka: A) strmější spád křivky představuje výraznější úbytek času se zvyšující se intenzitou PA. B) pozvolna klesající křivka představuje více času stráveného napříč spektrem intenzity (Alex V. Rowlands et al., 2018).

Z výše zmíněného důvodu je kladen důraz na využití metriky, jež bude svou typovostí zastupovat CoP, nicméně nebude limitujícím faktorem v podobě kategorizace. Proto Alex V. Rowlands et al. (2019) doporučují využití ukazatelů indikující nejnižší akceleraci v nejvíce aktivním časovém úseku během dne, zvané také jako MX metriky. Tohoto parametru lze využít například v 60minutovém ($M60_{ACC}$) rozsahu z 24 hodin a může ve výsledné interpretaci být použit pro plnění doporučení k PA (tj. alespoň 60 min MVPA za den). Není limitující v podobě tvrdé CoP a nehrozí zde striktní kategorizace, zda jedinec dosahuje intenzity MVPA či nikoliv. Až v návaznosti na analýzu $M60_{ACC}$ lze aplikovat hraniční hodnoty pro

MVPA. Tyto hodnoty byly stanoveny na 201mg (Hildebrand et al., 2014), ale také na 250 mg (Phillips et al., 2013), tedy by bylo problematické analyzovat data na základě těchto rozdílných hodnot a mohlo by to vést k výraznému zkreslení. Pro potřeby prezentace doporučení je možné M60_{ACC} převést na konkrétní aktivity jako je rychlá chůze či běh, popřípadě na intenzitu aktivity jako je MVPA (Alex V. Rowlands, 2018). Množství nejvíce aktivních minut lze upravovat na základě toho, jaký zdravotní efekt je sledován. Například autoři Stiles et al. (2017) pozorovali vztah mezi 1 až 2 minutami VPA, určené na základě akcelerometru a stavem kostí u pre- a post- menopausálních žen. V našem případě se jedná o sledování vlivu PA na dětskou adipozitu, u které se předpokládá potřeba delšího trvání k projevení jejího pozitivního efektu. To je zapříčiněno zvýšenou energetickou náročností déle trvajících a intenzivnějších PA. Mimo to jsou známy další vnitřní a vnější faktory, které ovlivňují vznik nadváhy a obezity u dětí. Jedním z důležitých vnějších faktorů se vztahem k adipozitě je PA, které je navíc velmi dobře modifikovatelná a stala se proto cílem celé řady intervenčních programů (Brown et al., 2019).

1.2 Význam pohybové aktivity v prevenci dětské obezity

Důvodem, proč je obezita diskutovaným tématem je negativní vliv vysokého množství FM na zdraví jedince. Ročně má epidemie obezity, která je zvýšeným množstvím tuku charakteristická, na svědomí až 3,4 milionu úmrtí a životy kratší o 3,9 % (Di Angelantonio et al., 2016; Lim et al., 2012). Mimo to se nadváha a obezita podílí na vzniku mnoha neinfekčních civilizačních onemocnění, které jsou asociované s mortalitou a horší kvalitou života. Mezi takové nemoci se řadí CVD, DMT2, rakovina, onemocnění pohybového aparátu a další (Flegal et al., 2013; Ortega et al., 2016; Weihrauch-Blüher et al., 2019).

Přes zmiňované rizikové faktory se prevalence nadváhy a obezity od roku 1975 téměř zdesetinásobila a bývá často označována za pandemii (NCD Risk Factor Collaboration et al., 2017). V roce 2013 bylo v České republice 22,8 % dívek a 28,7 % chlapců do 20 let s nadváhou a obezitou (Ng et al., 2014).

V případě, že se nadváha a obezita vyskytuje již v dětském věku, stává se prekurzorem pro obezitu v dospělosti (Llewellyn et al., 2016; Tyson & Frank, 2018; Umer et al., 2017). Avšak nemoci spojené se zvýšeným množstvím FM se mohou vyskytovat již v dětském věku (Kumar & Kelly, 2017). Kardio-metabolická onemocnění jsou ve velké míře význačná hypertenzí, inzulinovou rezistencí, hyperlipidemií, DMT2 a vysokým množstvím tuků v krvi. Spojení těchto rizikových faktorů se nazývá metabolický syndrom (Eckel et al., 2005).

Za poslední roky byl ve vědeckém světě kladen důraz na vytvoření definice kritérií pro metabolický syndrom u dětí, nicméně jasný konsenzus stále chybí. V roce 2014 byla autory Ahrens et al. (2014) publikována následující kritéria:

- Obvod pasu $\geq 90.$ percentil v populaci;
- Systolický a diastolický tlak $\geq 90.$ percentil v populaci;
- Elevace triglyceridů $\geq 90.$ percentil v populaci nebo hladina HDL cholesterolu ≤ 10 percentil v populaci;
- Homeostatický model insulinové resistance $\geq 90.$ percentil v populaci nebo glykémie na lačno $\geq 90.$ percentil v populaci.

Aby byl jedinec označován jako s metabolickým syndromem je nutná pozitivní klasifikace alespoň ve 3 kritériích. Dalšími diskutovanými kritérii jsou hyperurikémie, nealkoholová tuková choroba jater a poruchy spánku. Tyto poruchy byly identifikovány jako rizikové faktory poruch metabolismu a mohou sloužit jako brzké znaky CVD. Patologie těchto poruch je většinou charakteristická vlivem obezity a insulinové rezistence na různé orgány (Bussler et al., 2017).

1.2.1 Měření tělesné adipozity

Velká míra epidemiologických studií využívá k identifikaci nadváhy a obezity jednotek BMI, jehož výpočet je následující:

$$\text{BMI} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Ze vzorce je jednoznačně patrná problematika tohoto přístupu, který nezohledňuje reálné zastoupení FM. Nicméně mnohé studie prokázaly dostatečnou korelaci mezi BMI a %FM a je tedy hojně využíván. BMI vykazuje vysokou specifitu, ale jeho senzitivita je na úrovni 73 % a je tedy neschopno diagnostikovat až čtvrtinu jedinců s obezitou (Javed et al., 2015). Pro detekci obezity na základě množství tukové tkáně je možné využít sofistikovanější a přesnější metody.

Referenční metody

Referenční metody představují takovou skupinu, která vykazuje velmi vysokou přesnost měření. Jsou založeny na přímém měření nebo neinvazivním odhadu tělesného složení. Jejich využití bývá často finančně i materiálně náročné, ale přináší přesné výsledky.

Přímé referenční metody

Komplexní celotělové pitvy poskytují nejpřesnější metodu měření tělesného složení a určení množství FM (Clarys et al., 1999). V případě *in vivo* metod se jedná o využití chemické analýzy ve formě *neutronové aktivační analýzy*. V běžné praxi se tyto metody využívají pouze výjimečně (Eston et al., 2009). Avšak dříve publikované analýzy, jež zkoumaly hmotnost, objem, hustotu a chemické složení orgánů a tkání jsou cenným zdrojem informací. Slouží jako nástroj pro ověření přesnosti standardně užívaných metod a jsou i dnes považovány za nejpřesnější metody kvalifikace tělesného složení (Clarys et al., 1999).

Nepřímé referenční metody

Počítačová tomografie (CT) a *nukleární magnetická rezonance (MRI)* jsou považovány za nejpřesnější nepřímé referenční metody měření tělesného složení. Umožňují změřit množství podkožního, viscerálního i celkového tuku. CT využívá rentgenového paprsku, který se otáčí v kolmé rovině ke skenované ploše. Oslabený paprsek je po průchodu zaznamenán a celkový obraz je rekonstruován prostřednictvím matematických rovnic. Radiace je v tomto případě zanedbatelná. MRI, nevystavuje jedince ionizované radiaci, ale funguje na principu magnetického pole využívající interakce mezi jádry vodíku. Obě metody byly validovány v mnoha studiích a vykazují vysokou přesnost. Ovšem jejich časová a finanční náročnost bývá často překážkou k širšímu využití (Fosbøl & Zerahn, 2015).

Duální rentgenová absorpciometrie (DEXA) je neinvazivní metoda umožňující změření kompletního složení v rámci celého těla i na jednotlivých segmentech. Využívá snížení intenzity dvou rentgenových paprsků při záření na kostní tkáň, FFM a FM, z čehož je následně možné odhadnout mineralizaci kostí a složení měkkých tkání. Rentgenový paprsek je vysílán na dvou úrovních v předozadním směru a jeho útlum je měřen prostřednictvím citlivých senzorů umístěných ve fixní vzdálenosti od skenované plochy. Výhodou DEXA je nezávislost na odhadu konstantního chemického složení některých tělesných tkání a relativní rychlost měření, která se pohybuje v rozmezí 5 až 15 minut. Nevýhodou je vystavení jedince určité míře radiace a také odchylka měření závislá na hydrataci (Genton et al., 2002; Thomsen et al., 1998).

Densitometrie využívá metod hydrodenzitometrie nebo pletysmografie pro určení tělesného složení. Tyto přístupy vychází z předpokladu, že hmotnost těla je dána součinem jeho denzity a objemu. Pro výpočet objemu FM využívají tyto metody hodnoty hustoty těla, která se blíží denzitě vody a mění se s přítomností tukové a tukuprosté tkáně (Brozek et al., 1963). Hydrodenzitometrie využívá principu Archimédova zákona, kdy je tělo zváženo při celém ponoření do vody a maximálním výdechu. Vyžaduje speciální laboratorní podmínky a je náročná na provedení. Mimo to je metoda hydrodenzitometrie nevhodná pro malé děti a jedince, kteří nejsou z nějakého důvodu schopni zadržet dech po celou dobu vážení (Fosbøl & Zerahn, 2015). Jako alternativa byla vyvinuta metoda pletysmografie, která využívá principu Boylova zákona, jejímž výsledkem je stanovení objemu těla v uzavřené komoře se známým objemem a tlakem (Gnaedinger et al., 1963). Tělesná hustota se vypočítává stejně jako u hydrodenzitometrie podílem tělesného hmotnosti a jejího objemu. Metoda pletysmografie je ve většině případů přístupnější nežli hydrodenzitometrie, protože nevyžaduje ponoření do vody a zadržení dechu. Vzhledem k dlouhé historii obou metod, bývají využívány jako reference k ověření jiných přístupů (Fosbøl & Zerahn, 2015).

Predikční metody

Predikční metody působí jako alternativa k finančně a přístrojově náročnějším referenčním metodám. V dnešní době získávají na popularitě díky jejich vysoké dostupnosti a relativně vysoké přesnosti. Avšak jejich validita je určena na základě nepřímé referenční metody a je tedy zatížena dvojitou chybou, kterou je samotná chybovost predikční metody, ale i referenčního měření (Wells & Fewtrell, 2006).

Nejjednodušší metodou pro stanovení množství a rozložení FM je *antropometrie*. Ta využívá kaliperu pro měření tloušťky kožních řas. Tato metoda je dlouhodobě uznávána jako prediktor pro určení tělesné denzity a celkového množství FM. Za mnoho let používání bylo stanoveno na 19 tělesných míst na kterých je možné změřit tloušťku kožních řas. Pro odhad FFM a FM bývá využíváno více jak 50 predikčních rovnic (Wang et al., 2000). Měření tloušťky kožních řas je založeno na předpokladu přímého vztahu mezi podkožním tukem ve specifických anatomických místech a celkovým množstvím FM. Při měření je potřeba dbát na erudici personálu a dodržení specifického protokolu. Jinak se jedná o nenáročnou a neinvazivní metodu (Fosbøl & Zerahn, 2015).

Bioelektrická impedanční analýza (BIA) je v dnešní době populární metodou, která umožňuje odhadnout zastoupení vybraných tělesných složek na základě jejich

odporu (impedance). Hodnota odporu je nepřímo úměrná objemu tkáně, kterou při měření prochází elektrický proud. Princip metody je založen na vodivosti vody, ze které je lidské tělo z významné části složeno. Každá tkáň je tvořena vodou v jiném poměru a klade tedy jiný odpor. Zatím co svalová tkáň klade minimální odpor díky významnému podílu vody, tuková a kostní tkáň je tvořena jinými složkami a má tedy odpor větší. Elektrický proud je při průchodu lidských tělem vystaven odlišným úrovním impedance, která je následně změřena a využita pro odhad tělesného složení. Pro finální výpočet tělesné kompozice je využito regresních rovnic, které mimo impedančního indexu využívají další antropometrické a biologické parametry, jako je výška nebo pohlaví (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gómez, et al., 2004).

BIA byla mnoha studii prokázána jako dostatečně validní na základě porovnání s referenčními metodami. Dále tato metoda poskytuje relativně přístupné řešení pro měření %FM bez extrémních finančních nároků. Nevyžaduje klinické prostředí díky mobilitě zařízení a nároky na erudici při provozu jsou nízké. Nevýhodou je možné zkreslení výsledků závislé na hydrataci jedince. Z tohoto důvodu je doporučováno před měřením neprovádět intenzivní PA a nepřijímat tekutiny ani pevnou stravu v několika hodinovém předstihu (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Manuel Gómez, et al., 2004; Ward, 2019).

1.2.2 Faktory ovlivňující adipozitu

Nadváha a obezita je multifaktoriálně podmíněné onemocnění, při jehož výskytu dochází souhrou genetických faktorů a prostředí k pozitivní energetické bilanci, která vede k nadměrnému hromadění FM. Běžná obezita, jež se podílí na výskytu více než 90 % všech obezit je ve velké míře zapříčiněna zvýšenou náchylností k obezitogenním faktorům vnějšího prostředí (Hainer, 2011).

Genetické predispozice

Vliv genetických faktorů na adipozitu byl dříve hojně zkoumán. Především prostřednictvím komparace BMI mezi dětmi a jejich biologickými rodiči, dvojčaty nebo sourozenci. Většina studií připisuje genetice podstatný vliv na variabilitu BMI. Například publikované výsledky autorů Maes et al. (1997) prezentují korelační koeficient BMI 0,74 u monozygotních dvojčat, 0,32 u dizygotních dvojčat, 0,25 u sourozenců, 0,19 u rodičů a jejich potomků.

Jak jsme ukázali v předchozím textu, BMI sice koreluje se zastoupením FM, ale nezohledňuje jeho reálně zastoupení. S ohledem na to byly již dříve publikovány studie zkoumající vliv dědičnosti na zastoupení FM. Například studie autorů Bouchard a Perusse (1988) zkoumající korelaci mezi tloušťkou kožních řas mezi příbuznými. Výsledky uvádějí korelaci mezi rodiči a dětmi 0,15–0,25 a mezi sourozenci 0,2–0,4. Vliv genetiky na množství FM měřené prostřednictvím denzitometrie byl zkoumán na kompletních rodinách s alespoň dvěma dětmi. Výsledky přisuzují maximální míru dědičnosti adipozity na úrovni 55 % (Rice et al., 1997).

Začátkem 21. století začaly být publikovány studie, které využívají přístup zkoumající kompletní strukturu genomu a umožňují tak identifikovat jednotlivé lokusy a alely zapříčínující vznik mnoha nemocí (Hirschhorn & Daly, 2005). Mnoho studií již bylo publikováno na tématiku podmíněnosti DMT2 (Hirschhorn & Daly, 2005), rakoviny (Yeager et al., 2007), zánětlivé onemocnění střev (Duerr et al., 2006), ale také adipozity.

První studií zkoumající asociaci genomu a BMI byla publikována autory Herbert et al. (2006) rozpoznávající gen INSIG2 (z angl. insulin induced gene 2) asociovaný s BMI. Od té doby bylo rozpoznáno na deset genů způsobující variabilitu FM, z nichž nejsilnější vliv byl prokázán u FTO genu (z angl. fat mass and obesity associated gene) (Locke et al., 2015). Tento gen je umístěn na 16. chromozomu v pozici 16q12.2 a je součástí skupiny zapojených do metabolismu mastných kyselin (Frayling et al., 2007; Sanchez-Pulido & Andrade-Navarro, 2007). Vliv polymorfismu FTO genu na variabilitu FM byl dříve prokázán u dvou rizikových alel rs17817449 and rs1421085 (Sanchez-Pulido & Andrade-Navarro, 2007). Nicméně s přirůstajícím počtem celogenomových asocičních studií bylo identifikováno až na 100 lokusů zodpovědných za ~2,7% variabilitu BMI, avšak časté kombinace těchto lokusů mohou zapříčinit variaci BMI okolo 20 % (Felix et al., 2016; Locke et al., 2015). Na druhou stranu z většiny genetických studií vyplývá podmíněnost genetických faktorů životním stylem jedince (Bray et al., 2016).

1.2.1.2 Pohlaví

Faktorem, jež souvisí s genetickými predispozicemi je pohlaví. Rozdíly v množství FM a obecně stavby těla jsou patrné na pohled po celý život jedince a začínají se projevovat bezprostředně po narození. V prvních 4 dnech po narození disponují dívky větším množstvím %FM (12,5 %, řádný termín) oproti chlapcům (9,9 %, řádný termín) a to bez ohledu na délku těhotenství. Na druhou stranu, se chlapci rodí těžší a disponují větším množstvím FFM

(Hawkes et al., 2011). V prvním roce života dochází k nárůstu %FM především mezi prvními týdny a 3–6 měsícem. Signifikantní pohlavní rozdíl byl pozorován především mezi 6 a 9 měsícem života a činí 1 až 2% FM (Butte et al., 2000).

V první dekádě života dochází k znatelnější pohlavní diferenciaci v ohledu na %FM. V prvních několika letech je rozdíl minimální stejně jako v prvním roce života. Avšak s přibývajícím věkem dochází ke znatelnějšímu rozporu. V deseti letech mají dívky v průměru 22,8 %FM a chlapci 17,8 %. S nástupem pubertálního růstu začínají být rozdíly patrné nejvíce. Chlapci získávají proporcčně více FFM oproti FM, zatímco dívky nabírají potřebnou FM jako součást ontogeneze jejich sexuální a reprodukční fyziologie. V 18 letech mají chlapci 15,4 %FM a dívky 24,6 % (McCarthy et al., 2006).

Je však potřeba zmínit, že vyšší množství %FM nutně neznamená vyšší riziko nemocí souvisejících s obezitou. Chlapci sice disponují nižším množstvím %FM které je mimo jiné zapříčiněno vyšším objemem svalové hmoty a její energetickou náročností (Frontera & Ochala, 2015). Avšak mají vyšší tendence k ukládání FM v intraabdominální oblasti, která je z částí zodpovědné za kardiovaskulární potíže u jedinců s obezitou. Dívky mají vyšší tendence k ukládání FM v gynoidní oblasti a končetinách a jsou obecně na vyšší množství FM přizpůsobené (Staiano et al., 2014; Staiano & Katzmarzyk, 2012; Syme et al., 2008). Nicméně byl pozorován rozdílný vliv rozložení FM na zdraví napříč etnickým spektrem a je potřeba brát na tento fakt ohled (Staiano & Katzmarzyk, 2012).

Vliv pohlavních rozdílů na množství FM je významný, ale je potřeba upozornit, že mimo genetických predispozice je zde faktor životního stylu a prostředí, který se výraznou měrou podílí na jeho akumulaci (Staiano et al., 2014).

1.2.1.3 Věk

Jak bylo naznačeno v předchozím textu, změny v množství FM velmi souvisí s věkem. Této znalosti lze využít při identifikaci mnoha patologických jevů, které mohou být patrné při pozorování odchylky ve složení těla jedince od normy.

Významným faktorem, který ovlivňuje množství FM a může sloužit jako prediktor adipozity je délka prenatálního vývoje. V případě, že se jedinec narodí již v 36. týdnu těhotenství, je množství FM, kterým disponuje, mnohem menší než při narození v řádném termínu. To je zapříčiněno tvorbou významné části FM až v posledních týdnech těhotenství. Tento jev je významný především u dívek, které mohou mít až o 2,5 % méně FM než při narození v řádném termínu. U chlapců se jedná o ~1% rozdíl (Hawkes et al., 2011). Avšak

nedostatek FM je rychle vykompenzován a děti narozené předčasně mají ve 40. týdnu od početí až o ~3 % více FM, než děti, které se narodí v plánovaném termínu (Johnson et al., 2012). V prenatálním období je mimo délky těhotenství určujícím faktorem objemu FM zdravotní stav matky. V případě, že matka trpí náhlým nárůstem hmotnosti, DM2, obezitou nebo kouří zvyšuje tak riziko rozvoje obezity v následném životě dítěte (Baidal et al., 2016).

V prvních 6 měsících života dochází k rapidnímu nárůstu %FM. Z úrovně 11,7 %FM při narození, s ohledem na pohlaví, vzroste zastoupení FM v polovině prvního roku na ~29 % u chlapců a na ~32 % u dívek. Od tohoto období začíná %FM u obou pohlaví klesat na relativní průsečík ve 2 letech života kdy dosahuje hodnota objemu FM, s větší či menší odchylkou 25,4 % (Butte et al., 2000). Pokles následuje až do 6. roku života, kdy začíná tzv. adiposity rebound neboli akcelerace nárůstu %FM. Tento jev je možné pozorovat u dívek až do nástupu brzké adolescence a u chlapců do období okolo 10. roku (McCarthy et al., 2006; Rolland-Cachera et al., 1984). Období započetí adiposity rebound může sloužit jako prediktor nástupu obezity v pozdějším období života. V případě, že u jedince dojde k akcelerovanému růstu %FM před 5. rokem života, tak dochází ke zvýšení rizika rozvoje nadváhy a obezity v pozdějším období (Rolland-Cachera et al., 1984; Rolland-Cachera & Cole, 2019). Na druhou stranu pozdní nástup adiposity rebound (nad 7 let) je spojován s nižším rizikem obezity v pozdním období života (Moon, 2020). V průběhu adolescence dochází u chlapců především k nárůstu FFM, zatímco u dívek pokračuje relativní nárůst FM jako součást potřebných fyziologických změn (McCarthy et al., 2006).

Změny ve složení těla a množství FM jsou po odeznění adiposity rebound a puberty většinou mírné. S nástupem zletilosti mají chlapci proporcčně větší množství FFM, zatímco dívky disponují výraznějším objemem FM. Během dospělosti dochází ke změnám %FM většinou v následku životního stylu a později vlivem stáří. U žen jsou významným faktorem hormonální změny způsobené vlivem těhotenství a menopauzy (Hainer, 2011; Williams & Fruhbeck, 2009).

1.2.1.4 Životní styl

Význam PA v prevenci a redukci adipozity byl v minulosti hojně zkoumán. Z výsledků mnoha studií vyplývá, že PA je důležitou součástí životního stylu a významně se podílí na tělesné adipozitě. Tento vztah byl prokázán prostřednictvím mnoha technik měření PA i adipozity ve velkém množství systematických přehledů a meta-analýz. Příkladem může být syntéza longitudinálních studií zabývajících se vztahem mezi úrovní PA a množstvím FM u dětí

(Ramires et al., 2015), s jednoznačným výsledkem, že PA působí protektivně vůči adipozitě. Respektive čím intenzivnější PA tím pozitivnější efekt na tělesnou adipozitu. Úroveň PA byla v zahrnutých studiích určena prostřednictvím dotazníkových šetření a v některých případech prostřednictvím akcelerometrů. Podobného zjištění bylo dosaženo v dříve publikovaném systematickém přehledu zahrnující observační studie využívající přístrojový monitoring PA. Autoři Jiménez-Pavón et al. (2010) syntetizovali 48 studií publikovaných mezi lety 2004 a 2008, jejichž výsledky z 79% podporovali tvrzení, že PA je negativně asociovaná s množstvím FM u dětí a adolescentů. Nicméně zahrnuté studie ve zmiňovaných systematických přehledech, které využívaly akcelerometry, nevyužívaly nejnovější metody zpracování surových dat.

Studie, které se zabývaly adipozitou dětí ve vztahu k pohybovému profilu naměřeného na základě surových dat z akcelerometrů a využitím nových ukazatelů jsou prezentované v Tabulce 1. Vzhledem k aktuálnosti problematiky jich je minimální množství.

První studií, která uvedla metriku IG ji zároveň aplikovala. Autoři Rowlands a spol (Alex V. Rowlands et al., 2018) zkoumali jeden ze dvou souborů, který zahrnoval 1 669 adolescentních dívek, které nosily akcelerometr GENEActive na nedominantním zápěstí. Dívkám byla změřena tělesná hmotnost a výška, ze kterých bylo následně odvozeno BMI z-skóre podle referenčních křivek pro Spojené království. %FM bylo určeno prostřednictvím BIA. Množství PA bylo reprezentováno prostřednictvím AvAcc na základě ENMO a intenzita PA prostřednictvím IG. Výsledky studie jednoznačně prokazují negativní asociaci mezi AvAcc i IG a %FM i BMI z-skóre.

Studie autorů Buchan et al. (2019) zahrnovala děti obou pohlaví, které nosily akcelerometr ActiGraph wGT3X-BT. Pro charakteristiku PA využili ukazatele AvAcc a IG, u nichž byl následně zkoumán vztah k BMI z-skóre. Stejně jako v případě předchozí studie byl prokázán negativní vztah mezi ukazateli PA a prediktorem tělesné adipozity.

Stejně jako předchozí studie i další se zabývaly vztahem mezi pohybovým profilem a adipozitou (Donnelly et al., 2020; Fairclough et al., 2019). Pouze studie autorů Donnelly et al. (2020), která se zaměřovala na vztah mezi pohybovým profilem dětí a rodičů neprokázala signifikantní vliv na BMI jedince. Důvod tohoto výsledku autoři neuvádějí. Avšak evidence, která prokazuje pozitivní vliv pohybového profilu na redukci adipozity je převažující. Problematikou zatím publikovaných studií využívající nové ukazatele může být jejich lokace. Všechny zmiňované studie vycházejí z dat naměřených ve Spojeném království, a to může být omezující vzhledem k tomu, že nové ukazatele ještě nebyly aplikované na jiné populaci. Mimo to studie nezohledňují rozdílnost pohybového profilu v závislosti na dni v týdnu. Přitom byla

již dříve prokázána významná diference v úrovni PA ve školní dny a o víkendu. S tím, že v mimoškolní dny dochází v k podstatnému úbytku PA a nárůstu SB (Corder et al., 2013; Fairclough et al., 2015).

Tabulka 1. Studie zaměřené na vztah PA naměřené na základě surových dat akcelerometrů a indikátorem adipozity

Autor ^a	Věková kategorie	Počet participantů	Predikovaná proměnná	Prediktor	Výsledek
Alex V. Rowlands et al. (2018)	11–14	1 669	BMI z-skóre, %FM	AvAcc IG	– –
Buchan et al. (2019)	8–12	246	BMI z-skóre	AvAcc IG	– –
Fairclough et al. (2019)	9–10	145	BMI z-skóre, WHtR	AvAcc IG	– –
Fairclough et al. (2020)	9–10	296	BMI, WHtR	M30Acc	–
Donnelly et al. (2020)	4–11	201	BMI z-skóre	AvAcc IG	0 0

^aŘazeno vzestupně dle roku publikace, -- negativní asociace, 0 – nesignifikantní.

Odlíšný vliv PA na tělesnou adipozitu ve školní dny a o víkendu byl zkoumán v mezinárodní studii *ISCOLE* autory Li et al., (2019). Studie zahrnovala 5 779 dětí ze 12 zemí jejichž úroveň PA byla měřena prostřednictvím akcelerometrů a adipozita určena na základě BMI z-skóre. Data z akcelerometrů byla interpretována prostřednictvím jednotek count kategorizovaných do úrovní intenzity PA. Studie se zaměřovala především na MVPA s výsledkem, že děti, které nesplnily objem 60 minut za den měli až 4,6krát vyšší riziko obezity. Děti, které naakumulovaly alespoň 60 minut MVPA každý školní den nebo o víkendu měly riziko obezity 2krát vyšší než děti plnící 60 minut MVPA každý den. Tento výsledek může být zapříčiněn například významnou aktivitou rodičů, kteří plánují dětem mimoškolní aktivity. Popřípadě vlastní volbou adolescentů, zda stráví víkendové dny SB nebo PA.

K fenoménu rozdílného vlivu školních a mimoškolních dní ve vztahu k dětské adipozitě byla v roce 2017 autory Brazendale et al. publikována *hypotéza strukturovaných dní* (z angl. structured days hypothesis). Ta vychází ze zjištění, že děti se po prázdninách vrací do školy se signifikantním nárůstem tukové hmoty. Prázdninové dny jsou charakteristické nízkou strukturovaností jako je nepravidelnost jídel a spánku nebo množství PA. Toto zjištění je

přirovnáváno k formě víkendových dní, kdy jsou děti v mnoha případech závislé na vlastním rozhodnutí, zda čas stráví u televize bez jasných časových hranic nebo PA a podobně. Jediný rozdíl mezi prázdninovými a víkendovými dny je jejich délka, zatím co prázdniny trvají jednu šestinu roku, sobota a neděle jsou pouhé dva dny z týdnu a vliv není tak signifikantní. Tato hypotéza byla podpořena 155 studiemi (Brazendale et al., 2017) prokazující negativní vliv obezitogenních faktorů o víkendu v porovnání se školními dny, které disponují větší strukturovaností.

Se snížením množství PA během víkendových dní dochází ve většině případů k nárůstu množství času stráveného SB, o jehož negativních dopadech na zdraví jsme psali již dříve. Systematický přehled autorů Tremblay et al. (2011) syntetizující 232 studií potvrzuje negativní dopady SB na tělesné složení, zdatnost i školní úspěchy dětí ve věku 5–17 let. Riziko zvýšeného množství FM bylo pozorováno při 2 hodinách SB denně bez ohledu na design studie, zemi i typ měření. Autoři provedli meta-analýzu 8 studií s RCT designem, jež je považován za nejvyšší kvalitu vědecké evidence. S jasným důkazem inverzního vztahu mezi SB a ukazateli zdraví s tím, že redukce SB vede k lepšímu tělesnému složení. Tyto závěry jsou konzistentní s výsledky již dříve publikovaných studií (Kirk et al., 2009).

Longitudinální studie autorů Mann et al. (2017) potvrzuje pozitivní vztah mezi časem stráveným sezením a zvýšenou adipozitou u dětí ve věku 7–15 let. S tím, že riziko nadměrného FM je nižší v případě, že je SB přerušováno a to především u dětí mezi 9. a 12. rokem. Avšak je potřeba brát ohled na typ SB. Například čas strávený u televize, osobních počítačů, telefonů a podobných elektronických zařízení, který je označován jako *screen time*, má jiný význam než čas strávený ve škole. Meta-analýza 16 relevantních studií prokázala významné riziko nadváhy a obezity při více jak 2 hodinách strávených u obrazovky (Fang et al., 2019). Jedním z důvodů negativního dopadu času stráveného před obrazovkou na obezitu může být nadměrná konzumace kaloricky bohatých potravin, které si lidé v takových chvílích dopřávají (Rey-López et al., 2011).

Dalším významným obezitogenním faktorem, který je součástí pohybového spektra během 24 hodin je spánek. Jeho kvalita a délka byly prokázány jako důležitými činiteli v rozvoji adipozity. Systematický přehled s meta analýzou zahrnující 12 prospektivních studií dokládá negativní asociaci mezi délkou spánku a BMI u dětí. Souhrnné výsledky naznačují až 45% zvýšení rizika rozvoje obezity při nedostatku spánku (Li et al., 2017). Tyto závěry jsou konzistentní s předchozím výzkumem. Například autoři Chen et al. (2008) dokládají snížení rizika nadváhy a obezity o ~9 % při prodloužení spánku o každou hodinu. Podobné výsledky byly dokázány i v případě studií longitudinálního designu při měření po více jak 3 letech

(Fatima et al., 2015). Přesto, že většina zahrnutých studií využívala hodnocení délky spánku prostřednictvím dotazníků, tak jsou výsledky pokládány za relativně spolehlivé díky vysoké korelaci mezi subjektivním hodnocením a daty z akcelerometrů (Lockley et al., 1999; Martinez et al., 2014).

Vzhledem k jednoznačné interakci mezi PA, SB a spánkem kdy při omezení jedné komponenty dochází ke změně ostatních začaly být v posledních letech publikovány studie využívající holistický přístup (Dumuid et al., 2017). Například studie autorů Dumuid et al. (2018) využívající kompozičních dat pro analýzu kombinovaného efektu SB, PA a spánku na adipozitu. Ve které byl prezentován efekt relokace času stráveného MVPA do jiných aktivit a naopak. S pozitivním výsledkem při nahrazení jakékoliv aktivity 30 minutami MVPA na redukcii %FM u dětí. Podobné závěry byly publikovány i ve dřívější studii (Fairclough et al., 2017). Nahrazení MVPA jinou aktivitou je negativně asociováno s tělesnou adipozitou a kardiovaskulární zdatností. V případě relokace 15 minut MVPA na SB, spánek nebo LPA může dojít k navýšení BMI *z-skóre* o ~0,86 a zvýšení WHtR o 5–5,5 %. Obdobných výsledků bylo dosaženo u českých adolescentů s nejvýznamnějším efektem při nahrazení SB pohybovou aktivitou vysoké intenzity (Štefelová et al., 2018).

2 Cíle a hypotézy

2.1 Hlavní cíl

Předkládaná práce si klade za cíl posoudit rozdíly v 24hodinovém pohybovém profilu mezi školními a víkendovými dny a analyzovat jeho vztah k adipozitě dětí a adolescentů.

2.2 Dílčí cíle

- Definovat percentilová pásma pro ukazatele 24hodinového pohybového profilu při odlišení školních a víkendových dnů.
- Analyzovat rozdíly v ukazatelích 24hodinového pohybového profilu mezi školními a víkendovými dny.
- Analyzovat vztah mezi ukazateli 24hodinového pohybového profilu a indikátory tělesné adipozity při odlišení školních a víkendových dnů.
- Analyzovat vztah mezi relativní změnou vybraných ukazatelů 24hodinového pohybového profilu a indikátory tělesné adipozity při odlišení školních a víkendových dnů.

2.3 Hypotézy

H1₀: Neexistuje rozdíl v objemu aktivity mezi školními a víkendovými dny.

H1.1_a: Objem aktivity je u dětí vyšší ve školní dny než o víkendech.

H1.2_a: Objem aktivity je u adolescentů vyšší ve školní dny než o víkendech.

Závislá proměnná: AvAcc

Nezávislá proměnná: školní dny, víkendové dny

Statistická analýza: Welchův t-test

H2₀: Neexistuje rozdíl v distribuci intenzity aktivity mezi školními a víkendovými dny.

H2.1_a: Distribuce intenzity aktivity je u dětí vyšší ve školní dny než o víkendech.

H2.2_a: Distribuce intenzity aktivity je u adolescentů vyšší ve školní dny než o víkendech.

Závislá proměnná: IG

Nezávislá proměnná: školní dny, víkendové dny

Statistická analýza: Welchův t-test

H3₀: Neexistuje rozdíl v minimální hodnotě akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne mezi školními a víkendovými dny.

H3.1_a: Minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne je u dětí vyšší ve školní dny než o víkendech.

H3.2_a: Minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne je u adolescentů vyšší ve školní dny než o víkendech.

Závislá proměnná: M60_{ACC}

Nezávislá proměnná: školní dny, víkendové dny

Statistická analýza: Welchův t-test

H4₀: Neexistuje rozdíl v indikátorech adipozity mezi kvartily definovanými na základě objemu aktivity.

H4.1_a: Děti, jejichž objem aktivity ve školní dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli děti v prvním kvartilu.

H4.2_a: Děti, jejichž objem aktivity ve víkendové dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli děti v prvním kvartilu.

H4.3_a: Adolescenti, jejichž objem aktivity ve školní dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli adolescenti v prvním kvartilu.

H4.4_a: Adolescenti, jejichž objem aktivity ve víkendové dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli adolescenti v prvním kvartilu.

Závislá proměnná: BMI z-skóre, %FM, FMI nebo VFA

Nezávislá proměnná: Kvartily definované na základě AvAcc

Kovariáty: Pohlaví

Statistická analýza: Analýza kovariance

H5₀: Neexistuje rozdíl v indikátorech adipozity mezi kvartily definovanými na základě distribuce intenzity aktivity.

H5.1_a: Děti, jejichž distribuce intenzity aktivity ve školní dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli děti v prvním kvartilu.

H5.2_a: Děti, jejichž distribuce intenzity aktivity ve víkendové dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli děti v prvním kvartilu.

H5.3_a: Adolescenti, jejichž distribuce intenzity aktivity ve školní dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli adolescenti v prvním kvartilu.

H5.4_a: Adolescenti, jejichž distribuce intenzity aktivity ve víkendové dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli adolescenti v prvním kvartilu.

Závislá proměnná: BMI z-skóre, %FM, FMI nebo VFA

Nezávislá proměnná: Kvartily definované na základě IG

Kovariáty: Pohlaví

Statistická analýza: Analýza kovariance

H6₀: Neexistuje rozdíl v indikátorech adipozity mezi kvartily definovanými na základě minimálních hodnot akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne

H6.1_a: Děti, jejichž hodnota minimální akcelerace z 60 neaktivnějších minut z celého dne ve školní dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli děti v prvním kvartilu.

H6.1_a: Děti, jejichž hodnota minimální akcelerace z 60 neaktivnějších minut z celého dne ve víkendové dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli děti v prvním kvartilu.

H6.1_a: Adolescenti, jejichž hodnota minimální akcelerace z 60 neaktivnějších minut z celého dne ve školní dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli adolescenti v prvním kvartilu.

H6.1_a: Adolescenti, jejichž hodnota minimální akcelerace z 60 neaktivnějších minut z celého dne ve víkendové dny odpovídá čtvrtému kvartilu mají nižší adipozitu nežli adolescenti v prvním kvartilu.

Závislá proměnná: BMI z-skóre, %FM, FMI nebo VFA

Nezávislá proměnná: Kvartily definované na základě M60_{ACC}

Kovariáty: Pohlaví

Statistická analýza: Analýza kovariance

H7₀: Neexistuje vztah mezi objemem aktivity a adipozitou.

H7.1_a: Vyšší objem aktivity ve školní dny je asociován s nižšími hodnotami adipozity u dětí.

H7.2_a: Vyšší objem aktivity ve víkendové dny je asociován s nižšími hodnotami adipozity u dětí.

H7.1_a: Vyšší objem aktivity ve školní dny je asociován s nižšími hodnotami adipozity u adolescentů.

H7.2_a: Vyšší objem aktivity ve víkendové dny je asociován s nižšími hodnotami adipozity u adolescentů.

Závislá proměnná: BMI z-skóre, %FM, FMI nebo VFA

Nezávislá proměnná: AvAcc

Kovariáty: Školní nebo víkendové dny, úroveň vzdělání matky, BMI matky, doba nošení přístroje

Statistická analýza: Vícenásobná regresní analýza

H8₀: Neexistuje vztah mezi distribucí intenzity aktivity a adipozitou.

H8.1_a: Vyšší distribuce intenzity aktivity ve školní dny je asociována s nižšími hodnotami adipozity u dětí.

H8.2_a: Vyšší distribuce intenzity aktivity ve víkendové dny je asociována s nižšími hodnotami adipozity u dětí.

H8.3_a: Vyšší distribuce intenzity aktivity ve školní dny je asociována s nižšími hodnotami adipozity u adolescentů.

H8.4_a: Vyšší distribuce intenzity aktivity ve víkendové dny je asociována s nižšími hodnotami adipozity u adolescentů.

Závislá proměnná: BMI z-skóre, %FM, FMI nebo VFA

Nezávislá proměnná: IG

Kovariáty: Školní nebo víkendové dny, pohlaví, úroveň vzdělání matky, BMI matky, doba nošení přístroje

Statistická analýza: Vícenásobná regresní analýza

H9₀: Neexistuje vztah mezi minimální hodnotou akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne a adipozitou.

H9.1_a: Vyšší minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne ve školní dny je asociována s nižšími hodnotami adipozity u dětí.

H9.2_a: Vyšší minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne ve víkendové dny je asociována s nižšími hodnotami adipozity u dětí.

H9.3_a: Vyšší minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne ve školní dny je asociována s nižšími hodnotami adipozity u adolescentů.

H9.4_a: Vyšší minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne ve víkendové dny je asociována s nižšími hodnotami adipozity u adolescentů.

Závislá proměnná: BMI z-skóre, %FM, FMI nebo VFA

Nezávislá proměnná: M60_{ACC}

Kovariáty: Školní nebo víkendové dny, pohlaví, úroveň vzdělání matky, BMI matky, doba nošení přístroje

Statistická analýza: Vícenásobná regresní analýza

3 Metodika

3.1 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor se skládal z dětí (8–13let) a adolescentů (14–18let) navštěvujících 7 základních a 4 střední školy na území Čech a Moravy. Školy se sportovním zaměřením nebo školy pro studenty se speciálními potřebami nebyly ve výzkumu zahrnuty. Nábor participantů do výzkumu probíhal prostřednictvím informačních brožur, které byly studentům rozdány od učitelů, poté co byl výzkum schválen vedením školy. Hlavním kritériem pro zahrnutí do výzkumu byl věk jedince a zdravotní stav, který byl posouzen zákonným zástupcem. Data z akcelerometrů byla dostupná celkem od 862 participantů, přičemž 69 nesplnilo kritéria pro délku nošení přístroje a 73 nepodstoupilo měření adipozity. Výsledný výzkumný soubor se skládal ze 720 jedinců, z čehož bylo 382 dětí a 338 adolescentů.

Výzkum byl realizován se souhlasem Etické komise Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci (referenční číslo 19/2017) a s ohledem na etické zásady Helsinské deklarace (World Medical Association, 2013). Všichni účastníci byli seznámeni s konceptem a cílem výzkumu a s riziky plynoucími z účasti. Před zahájením samostatného výzkumného šetření byl od jednoho ze zákonných zástupců zajištěn informovaný souhlas o účasti ve výzkumu.

3.2 Průběh měření

Sběr dat probíhal v jarních a podzimních měsících mezi březnem 2018 a dubnem 2019. Každému participantovi byl na úvod měření rozdán akcelerometr a dotazník. Následně byl každý instruován, jak nosit akcelerometr a jak správně vyplnit dotazník. Po participantech bylo požadováno, aby měly nasazený akcelerometr při spánku v den rozdáni přístrojů, z důvodu započítání měření o půlnoci stejného dne. Taktéž bylo provedeno antropometrické měření a měření adipozity. Akcelerometry a dotazníky byly od účastníků výzkumu vybrány zpět po 8 dnech od začátku měření.

3.3 Měření 24hodinového pohybového profilu

Pro měření pohybového profilu byl využit surový signál z akcelerometrů ActiGraph GT9X Link nebo wGT3X-BT (ActiGraph LLC, Pensacola, FL, USA). Po participantech bylo vyžadováno, aby nosili přístroj na nedominantním zápěstí 24 hodin denně po dobu 7 dní. Jedinou výjimkou byly aktivity zahrnující dlouhodobé ponoření přístroje do vody jako je plavání nebo koupání. Software Actilife (ActiGraph LLC, Pensacola, FL, USA) byl využit pro inicializaci zařízení k záznamu na třech oddělených osách při frekvenci 100 Hz. Dále byl program Actilife využit ke stažení surových dat ve formátu .gt3x a k jejich transformaci do podoby .csv. Finální formát byl analyzovaný prostřednictvím GGIR balíčku verze 2.1-0 v R software (Migueles et al., 2019; R Core Team, 2021). Tento postup zahrnoval autokalibraci na místní gravitační zrychlení (van Hees et al., 2014) a výpočet tělesného zrychlení na všech osách s využitím ENMO po 5 sekundových epochách. Na závěr byly detekovány abnormální hodnoty na základě defaultního nastavení a imputovány pomocí dat ze stejného časového intervalu ve zbylých dnech v týdnu (van Hees et al., 2013). Přesný postup je popisován v práci Migueles et al. (2019).

Pro charakterizování 24hodinového pohybového profilu byly využity ukazatele AvAcc, IG a M60_{ACC}. Přičemž AvAcc reprezentuje objem pohybového profilu a IG distribuci intenzity za 24 hodin (Alex V. Rowlands, 2018). Ukazatel M60_{ACC} představuje minimální hodnotu akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne (Alex V. Rowlands, Dawkins, et al., 2019). Všechny ukazatele byly vypočítány oddělené pro školní a víkendové dny. Do analýzy byly zahrnuti jedinci, kteří nosili přístroj alespoň 4 dny, z toho jeden víkendový, a více jak 16 hodin denně (Migueles et al., 2017).

3.4 Měření adipozity

Jako indikátory tělesné adipozity bylo využito BMI z -skóre, FMI, %FM, a VFA. Pro výpočet BMI byla participantům změřena výška s přesností 0,1 cm pomocí antropometrického měřidla P-375 (Trystom, Olomouc), tělesná hmotnost s přesností na 0,1 kg byla zajištěna prostřednictvím přístroje InBody 720 (Biospace, Soul, Jižní Korea). BMI z -skóre bylo klasifikováno na základě pohlavně a věkově specifických referenčních hodnot (de Onis et al., 2007). Pro identifikaci nadváhy a obezity bylo BMI z -skóre kategorizováno následujícím

způsobem: BMI z -skóre $< 1 SD$ podváha a normální váha, BMI z -skóre $\geq 1 SD$ nadváha a obezita.

VFA a %FM bylo změřeno metodou DSM-BIA prostřednictvím přístroje InBody 720 (Biospace, Soul, Jižní Korea) s továrně nastavenou predikční rovnicí. Přístroj využívá střídavého elektrického proudu o frekvenci 1–1000 kHz pro měření impedance a 5–250 kHz pro měření reaktance. Predikční metoda DSM-BIA byla opakovaně prokázána jako validní v měření tělesného složení dětí a adolescentů (Haroun et al., 2009; Ling et al., 2011). Měření proběhlo v areálu školy během výuky. Pro zajištění standardního průběhu měření byli účastníci požádáni, aby se na měření dostavili na lačno a omezili intenzivní PA 24 hodin před měřením.

Z naměřeného množství FM byl vypočítán FMI podílem FM k druhé mocnině tělesné výšky vyjádřené v metrech. Tento index byl prokázán dostatečně senzitivní pro rozpoznání změny FM u dětí a adolescentů (Eissa et al., 2009; Kakinami et al., 2014).

3.5 Potencionální zavádějící faktory

Na základě předběžné analýzy byly identifikovány proměnné, pro které byly adjustovány jednotlivé analýzy. Jednalo se o pohlaví, BMI matky, dobu nošení přístroje (minuty za den) a vzdělání matky. BMI matky bylo vypočítáno na základě vyplněné výšky a hmotnosti v dotazníku. Taktéž úroveň vzdělání byla získána dotazníkovou metodou, 8 stupňů vzdělání bylo dichotomizováno na neuniverzitní a univerzitní vzdělání.

V případě chybějících údajů o vzdělání matky ($n = 25$) a její tělesné výšce ($n = 49$) byly chybějící hodnoty imputovány prostřednictvím metody vícenásobné imputace a za použití následujících prediktorů: úroveň vzdělání matky a otce (fiktivní proměnné), místo školy (fiktivní proměnná), BMI, BMI z -skóre, %FM, FMI a index tukuprosté hmoty.

3.6 Statistická analýza

Statistická analýza byla provedena v R softwaru verze 4.0.3 (R Core Team, 2021) zvláště pro děti a adolescenty. Před samotnou analýzou byly odstraněny případné extrémní hodnoty pomocí metody windsorizing (Tonascia et al., 1986). Deskriptivní statistika je prezentována jako průměr a SD v případě spojitých proměnných a jako procentuální zastoupení v případě kategoriálních proměnných. Rozdíl mezi dětmi a adolescenty byl sledován pomocí dvou

výběrového Welchova t-testu. Rozdíl mezi školními a víkendovými dny byl v jednotlivých souborech pozorován pomocí párového Welchova t-testu.

Vztah mezi ukazateli 24hodinového pohybového profilu a indikátory adipozity byl zkoumán pomocí analýzy kovariance s kvartily ukazatelů 24hodinového pohybového profilu (nezávisle proměnná) a pohlavím (kovariát). Rozdíl od čtvrtého kvartilu byl pozorován pomocí Tukeyho HSD post hoc testu.

Vztah mezi relativní změnou vybraných ukazatelů pohybového profilu a indikátory adipozity byl analyzován pomocí vícenásobné regresní analýzy. V případě FMI jako závislé proměnné nebyly splněny předpoklady pro standardní lineární model, z tohoto důvodu bylo využito zobecněného lineárního modelu s typem rozložení gama bez transformační funkce, to samé pro analýzu kovariance. Všechny lineární regresní modely byly kontrolovány pro pohlaví, BMI matky, vzdělání matky a dobu nošení přístroje (minuty za den). Všechny statistické analýzy byly sledovány na hladině významnosti $p < 0,05$.

4 Výsledky

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Základní charakteristiky výzkumného souboru uvádíme v Tabulce 2. Sledovaný soubor se skládal z 382 dětí (57 % dívek) a 338 adolescentů (56 % dívek). Bylo identifikováno 25,4 % dětí a 21,6 % adolescentů s nadváhou či obezitou určenou na základě BMI z-skóre. Průměrné BMI matek bylo 24,4 kg/m² a jejich úroveň vzdělání byla z 39 % univerzitního stupně. Adolescenti měli o 0,8 kg/m² vyšší FMI ($t = 4,93, p < 0,001$) a o 11,5 cm² vyšší VFA ($t = 5,19, p < 0,001$) než děti. Rozdíl mezi věkovými kategoriemi nebyl pozorován v případě BMI z-skóre ($t = 0,40, p = 0,689$) a %FM ($t = 1,84, p = 0,067$).

Rozdíl v ukazatelích 24hodinového pohybového profilu byl pozorován za celý týden kdy děti měly oproti adolescentům vyšší AvAcc o 8,9 mg ($t = 12,35, p < 0,001$), IG o 0,22 jednotek ($t = 17,28, p < 0,001$) a M60_{ACC} o 36,8 mg ($t = 10,53, p < 0,001$). Podobný vzor byl zaznamenán v případě školních a víkendových dní. AvAcc byla vyšší u dětí ve srovnání s adolescenty ve školní dny o 9,1 mg ($t = 11,94, p < 0,001$) a ve víkendové dny o 8,9 mg ($t = 9,35, p < 0,001$). IG byl též vyšší u dětí, a to ve školní dny o 0,2 jednotek ($t = 16,90, p < 0,001$) a o víkendu o 0,3 jednotek ($t = 12,91, p < 0,001$). Podobně tomu bylo v případě M60_{ACC} v týdnu o 36 mg ($t = 9,58, p < 0,001$) a o víkendu o 41,3 mg ($t = 8,56, p < 0,001$). Věkové změny v AvAcc, IG a M60_{ACC} je možné pozorovat na percentilových grafech na Obrázku 2., 3. a 4.

Rozdíly v pohybovém profilu mezi školními dny a o víkendu byly pozorovány ve všech ohledech u obou věkových skupin (Tabulka 2). AvAcc byla vyšší v týdnu u dětí ($t = 6,27, p < 0,001$) i adolescentů ($t = 7,34, p < 0,001$). IG byl vyšší ve školní dny oproti víkendovým u obou věkových skupin (děti: $t = 8,70, p < 0,001$; adolescenti: $t = 5,76, p < 0,001$). Podobný výsledek byl taktéž zaznamenán u M60_{ACC} u dětí ($t = 4,67, p < 0,001$) i adolescentů ($t = 7,87, p < 0,001$).

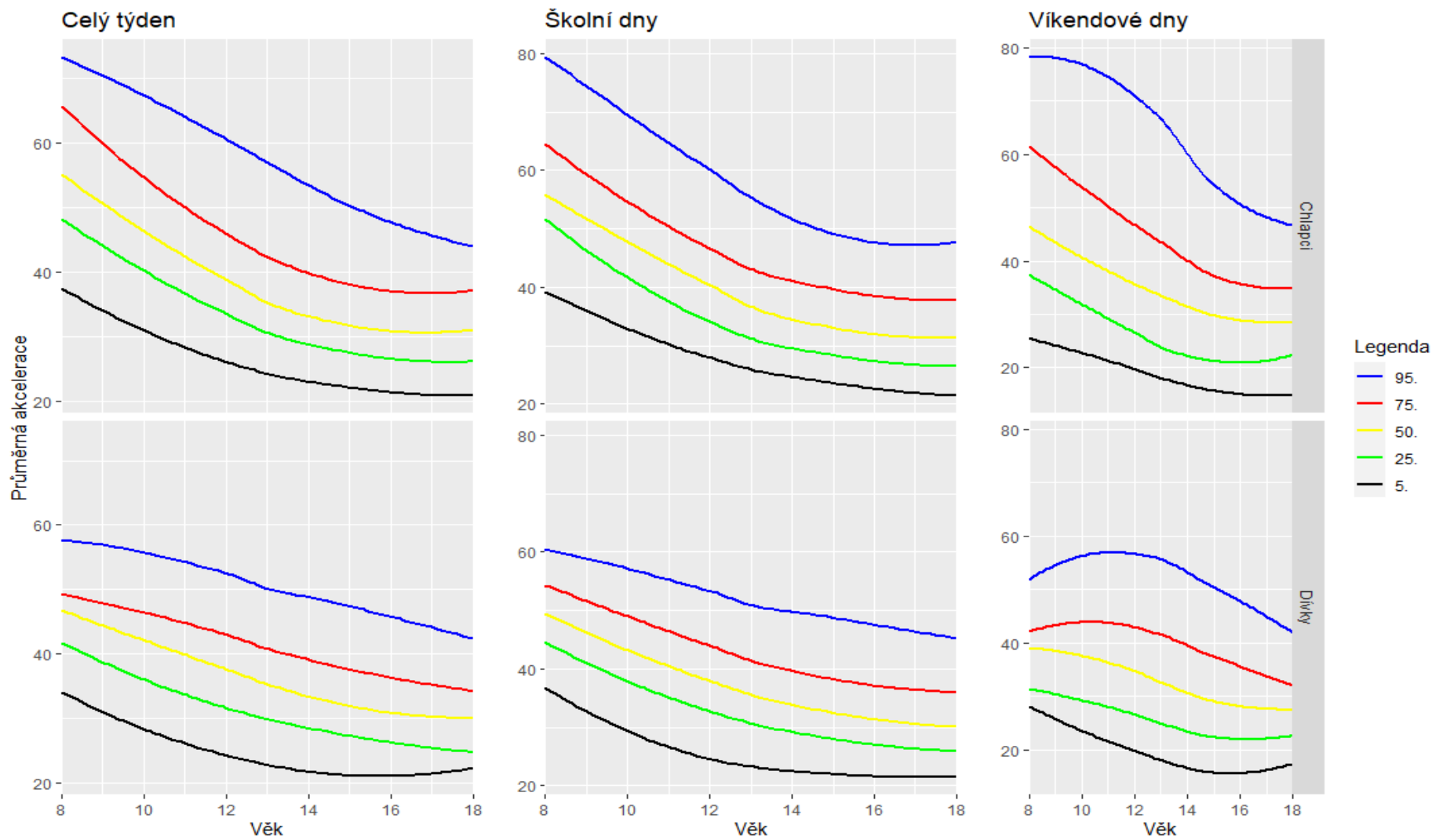
Tabulka 2. Základní charakteristika sledovaného souboru dětí a adolescentů ($n = 720$)

	Děti ($n = 382$)		Adolescenti ($n = 338$)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Věk (roky)	11,7	1,6	16,4	1,3
Tělesná výška, cm	151,6	12,1	170,5	8,7
Tělesná hmotnost, kg	43,8	11,5	63,7	12,0
BMI z-skóre	0,27	1,15	0,23	1,02
FMI, kg/m ²	3,8*	2,0	4,6	2,4
%FM, %	19,5	8,2	20,7	9,2
VFA, cm ²	43,0*	26,7	54,6	30,4
24hodinový pohybový profil (celý týden)				
AvAcc, mg	41,5*	11,2	32,6	8,2
IG	-2,09*	0,16	-2,31	0,18
M60 _{ACC} , mg	202,6*	55,5	165,8	37,6
24hodinový pohybový profil (školní dny)				
AvAcc, mg	42,7* [†]	11,6	33,6 [†]	8,7
IG	-2,07* [†]	0,16	-2,29 [†]	0,19
M60 _{ACC} , mg	207,7* [†]	60,7	171,7 [†]	38,9
24hodinový pohybový profil (víkendové dny)				
AvAcc, mg	38,7*	14,7	29,8	10,6
IG	-2,14*	0,21	-2,36	0,23
M60 _{ACC} , mg	191,9*	75,1	150,6	53,5
Délka nošení akcelerometru				
Validní dny (celkem)	6,68	0,59	6,86	0,45
Validní dny (školní)	4,73	0,50	4,91	0,35
Validní dny (víkend)	1,96	0,20	1,95	0,22
Doba nošení, h/den	23,57	0,65	23,56	0,72

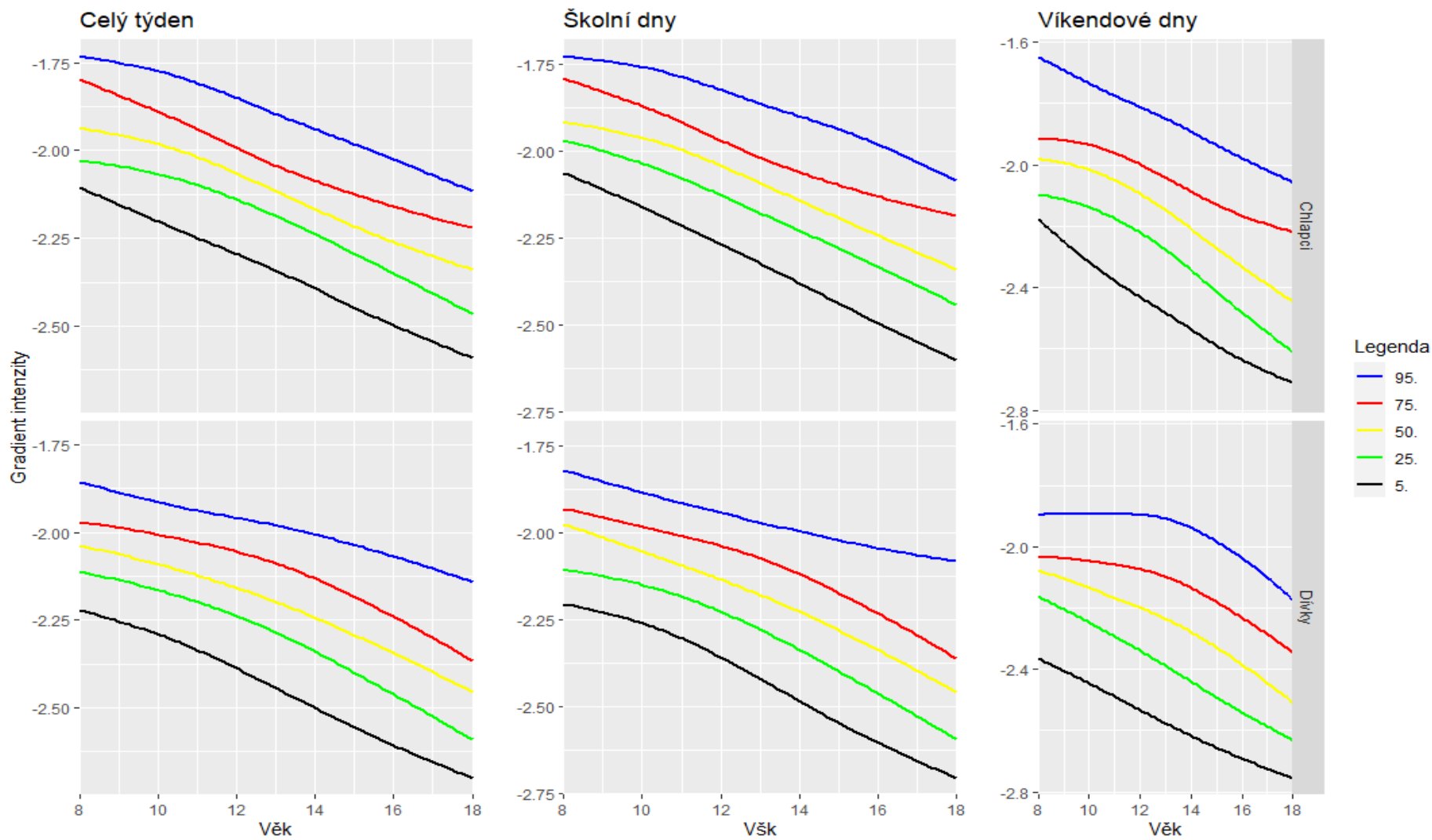
M – aritmetický průměr, *SD* – směrodatná odchylka, BMI – index tělesné hmotnosti, FMI – index tukové hmoty, %FM – procento tělesného tuku, VFA – viscerální tuk, AvAcc – průměrná akcelerace, IG – gradient intenzity, M60_{ACC} – minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne.

*Signifikantní rozdíl mezi věkovými kategoriemi, hladina signifikance $p < 0,05$

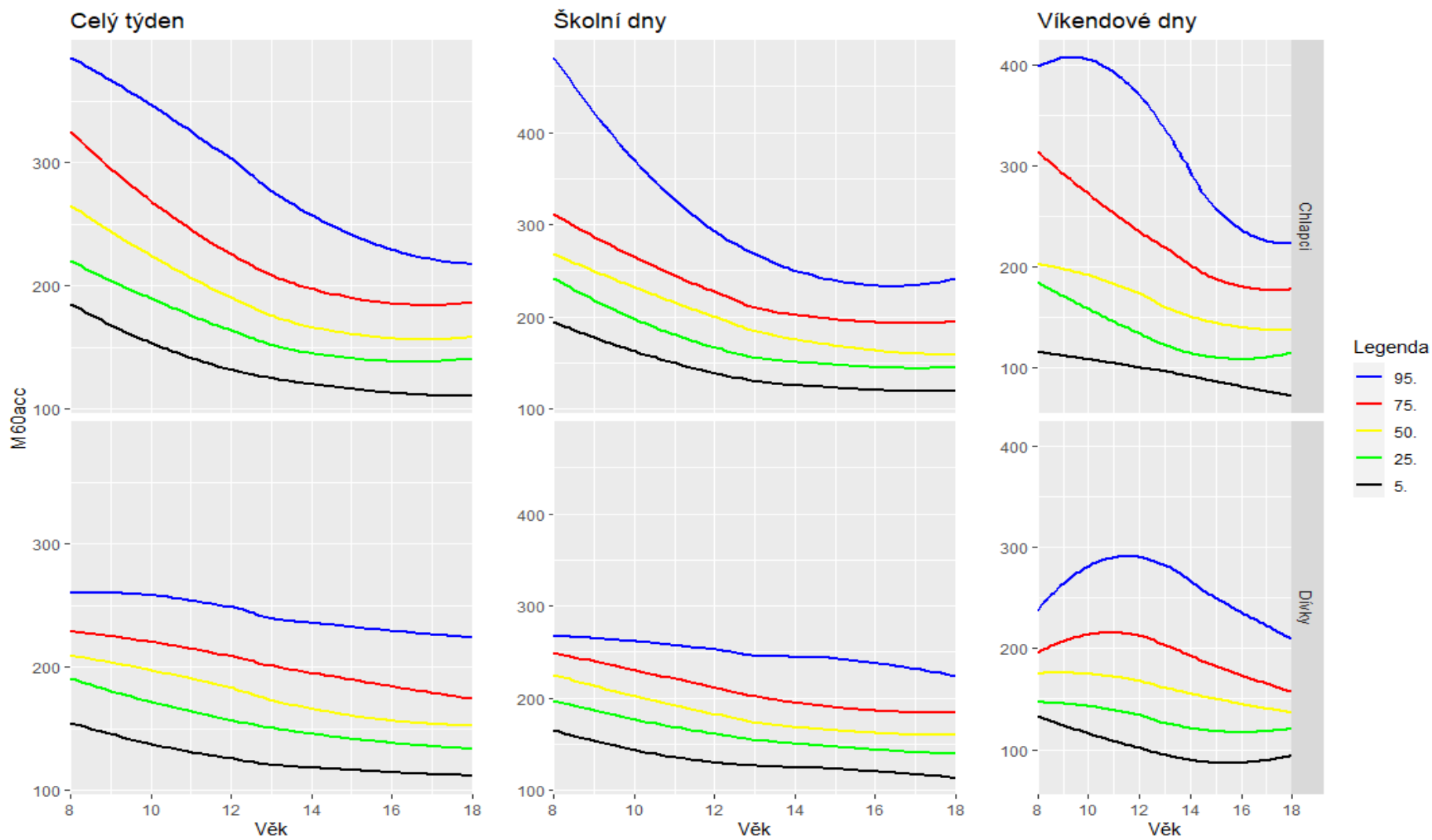
[†] Signifikantní rozdíl mezi školními a víkendovými dny, hladina signifikance $p < 0,05$



Obrázek 2. Percentilová pásma průměrné akcelerace ve vztahu k věku



Obrázek 3. Percentilová pásma gradientu intenzity ve vztahu k věku



Obrázek 4. Percentilová pásma minimální hodnoty akcelerace z 60 nejaktivnějších minut během dne ve vztahu k věku

4.2 Analýza rozdílů mezi kvartily 24hodinového pohybového profilu a adipozitou

Mezní hodnoty pro rozdělení kvartilů jsou prezentovány v Tabulce 3. Signifikantní rozdíl mezi kvartily ukazatelů 24hodinového pohybového profilu ve školní dny a indikátory tělesné adipozity byl pozorován u obou věkových skupin. V případě dětí (Tabulka 4) byly zaznamenány signifikantní rozdíly mezi kvartily pohybového profilu ve školní dny pouze u VFA. Byl pozorován signifikantní rozdíl ve VFA v prvním a druhém kvartilu od čtvrtého kvartilu AvAcc ($Q1 - t = -3,27, p = 0,007$; $Q2 - t = -3,10, p = 0,013$) i IG ($Q1 - t = -3,39, p = 0,005$; $Q2 - t = -2,88, p = 0,025$). V případě M60_{ACC} byl pozorován rozdíl ve VFA pouze u prvního kvartilu, který se lišil od čtvrtého o 13,1 cm² ($Q1 - t = -3,28, p = 0,007$).

U adolescentů (Tabulka 5) byl pozorován rozdíl tělesné adipozity mezi kvartily pohybového profilu ve školní dny stanovených na základě AvAcc, IG a M60_{ACC}. Signifikantní rozdíl od čtvrtého kvartilu byl pozorován v případě prvního kvartilu AvAcc pro %FM, kdy se jednalo o 4,3 procentní body nižší hodnoty %FM při vyšších hodnotách AvAcc ($t = -3,21, p = 0,009$). Dále byl u AvAcc pozorován rozdíl mezi prvním a čtvrtým kvartilem pro FMI ($t = -2,66, p = 0,047$) a VFA ($t = -2,96, p = 0,019$). U IG se jednalo o nižší hodnoty %FM mezi prvním a čtvrtým kvartilem o 3,9 procentních bodů ($t = -3,38, p = 0,005$). V případě VFA byly pozorovány rozdílné hodnoty mezi prvním a čtvrtým kvartilem o 19,1 cm² ($t = -3,09, p = 0,013$). U M60_{ACC} dosahoval rozdíl ve VFA mezi první a čtvrtým kvartilem hodnoty 11,8 cm² ($t = -2,71, p = 0,042$).

Ve víkendové dny nebyly u dětského souboru pozorovány signifikantní rozdíly (Tabulka 6). U adolescentů byl pozorován signifikantní rozdíl mezi kvartily ukazatelů pohybového profilu a indikátory tělesné adipozity (Tabulka 7). Rozdíl mezi kvartily definovanými na základě AvAcc a IG byl pozorován u všech indikátorů adipozity mimo BMI z-skóre. V případě IG byl dále pozorován signifikantní rozdíl mezi prvním a čtvrtým kvartilem u %FM ($t = -4,09, p = < 0,001$), FMI ($t = -3,28, p = 0,006$) a VFA ($t = -3,29, p = 0,007$). V případě M60_{ACC} byly pozorovány nižší hodnoty mezi kvartily pouze u %FM ($t = -2,85, p = 0,028$).

Tabulka 3. Mezní hodnoty percentilů pro rozdělení kvartilů ukazatelů 24hod pohybového profilu

	Děti (<i>n</i> = 382)			Adolescenti (<i>n</i> = 338)		
	25.	50.	75.	25.	50.	75.
Všechny dny						
AvAcc	33,8	40,6	47,4	26,8	31,3	36,9
IG	-2,19	-2,09	-1,99	-2,43	-2,31	-2,19
M60 _{ACC}	167,2	193,8	228,2	140,7	160,7	188,9
Školní dny						
AvAcc	34,7	41,5	49,5	27,8	32,4	38,5
IG	-2,17	-2,06	-1,96	-2,42	-2,29	-2,16
M60 _{ACC}	167,9	199,5	235,1	145,0	165,7	192,5
Víkendové dny						
AvAcc	27,5	37,2	45,3	21,7	28,7	35,7
IG	-2,27	-2,13	-2,02	-2,53	-2,35	-2,20
M60 _{ACC}	140,8	176,1	224,1	113,1	143,3	182,6

AvAcc – průměrná akcelerace, IG – gradient intenzity, M60_{ACC} – minimální hodnota akcelerace v nejméně aktivních 60 minutách z celého dne.

Tabulka 4. Rozdíl v indikátorech tělesné adipozity mezi kvartily ukazatelů pohybového profilu ve školní dny u dětí ($n = 382$)

	První kvartil		Druhý kvartil		Třetí kvartil		Čtvrtý kvartil		F	p
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
Průměrná akcelerace										
%FM	20,5	7,4	20,6	8,9	18,9	8,3	18,1	7,9	1,59	0,191
BMI z-skóre	0,16	1,05	0,47	1,24	0,15	1,21	0,28	1,10	1,49	0,217
FMI, kg/m ²	4,0	1,8	4,2	2,2	3,7	2,0	3,4	1,9	2,30	0,078
VFA, cm ²	48,5*	24,5	47,7*	28,3	40,3	27,6	35,6	24,3	5,02	0,002
Gradient intenzity										
%FM	21,3	7,7	20,4	7,9	18,7	8,7	17,7	8,1	1,72	0,162
BMI z-skóre	0,30	1,15	0,33	1,18	0,22	1,09	0,21	1,21	0,58	0,628
FMI, kg/m ²	4,3	2,0	4,1	2,0	3,6	2,0	3,3	1,9	2,44	0,064
VFA, cm ²	49,8*	26,1	47,5*	26,2	38,3	26,4	36,4	25,8	5,80	<0,001
M60 _{ACC}										
%FM	21,1	7,5	19,6	8,5	19,4	8,6	18,0	7,9	1,09	0,355
BMI z-skóre	0,23	1,07	0,33	1,25	0,19	1,15	0,33	1,14	0,22	0,883
FMI, kg/m ²	4,2	1,8	3,9	2,2	3,7	2,1	3,4	1,9	1,12	0,341
VFA, cm ²	50,1*	24,5	44,6	27,5	41,4	27,6	37,0	25,7	3,77	0,011

n – počet participantů, M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, %FM – procento tělesného tuku, BMI – index tělesné hmotnosti, FMI – index tukové hmoty, VFA – viscerální tuk, M60_{ACC} – minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne, p – hladina významnosti pro analýzu kovariance.

*Rozdíl od čtvrtého kvartilu, Tukeyho HSD test po analýze kovariance $p < 0,05$.

Tabulka 5. Rozdíl v indikátorech tělesné adipozity mezi kvartily ukazatelů pohybového profilu ve školní dny u adolescentů ($n = 338$)

	První kvartil		Druhý kvartil		Třetí kvartil		Čtvrtý kvartil		F	p
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
Průměrná akcelerace										
%FM	23,4*	10,0	19,1	8,3	21,3	9,2	19,1	8,5	5,96	<0,001
BMI z-skóre	0,41	1,16	-0,03	0,96	0,24	1,01	0,31	0,88	2,98	0,032
FMI, kg/m ²	5,57*	3,14	4,13	2,20	4,88	2,84	4,31	2,41	4,85	0,003
VFA, cm ²	67,1*	40,4	48,2	29,5	57,0	34,1	50,1	28,7	5,12	0,002
Gradient intenzity										
%FM	24,7*	8,6	22,0*	9,2	18,6	9,0	17,6	8,1	5,05	0,002
BMI z-skóre	0,31	1,02	0,23	1,13	0,15	0,88	0,25	1,03	0,42	0,736
FMI, kg/m ²	5,6	2,3	5,0	2,6	4,1	2,3	3,9	2,1	3,44	0,017
VFA, cm ²	65,4*	29,7	58,4	31,2	48,0	29,5	46,3	27,8	4,38	0,005
M60 _{ACC}										
%FM	22,5*	9,8	20,5	8,9	20,7	9,1	19,2	8,7	3,08	0,028
BMI z-skóre	0,36	1,13	0,13	0,98	0,15	1,08	0,30	0,84	1,01	0,389
FMI, kg/m ²	5,1	2,7	4,5	2,3	4,6	2,4	4,3	2,2	2,48	0,061
VFA, cm ²	61,8*	33,4	53,0	30,2	53,3	29,4	50,0	27,7	2,79	0,040

n – počet účastníků, M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, %FM – procento tělesného tuku, BMI – index tělesné hmotnosti, FMI – index tukové hmoty, VFA – viscerální tuk, M60_{ACC} – minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne, p – hladina významnosti pro analýzu kovariance.

*Rozdíl od čtvrtého kvartilu, Tukeyho HSD test po analýze kovariance $p < 0,05$.

Tabulka 6. Rozdíl v indikátorech tělesné adipozity mezi kvartily ukazatelů pohybového profilu ve víkendové u dětí ($n = 382$)

	První kvartil		Druhý kvartil		Třetí kvartil		Čtvrtý kvartil		F	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
Průměrná akcelerace										
%FM	19,7	7,9	20,0	8,0	20,1	8,1	18,4	8,8	0,31	0,820
BMI <i>z</i> -skóre	0,14	1,11	0,33	1,10	0,37	1,07	0,23	1,32	0,86	0,460
FMI, kg/m ²	3,8	1,8	3,9	2,0	3,9	2,0	3,6	2,2	0,18	0,910
VFA, cm ²	44,6	24,9	44,6	27,0	42,7	25,6	40,3	29,2	0,47	0,704
Gradient intenzity										
%FM	20,7	8,4	20,0	8,1	19,4	8,0	18,0	8,1	0,30	0,823
BMI <i>z</i> -skóre	0,29	1,17	0,23	1,08	0,22	1,19	0,32	1,18	0,15	0,933
FMI, kg/m ²	4,2	2,1	3,8	1,9	3,8	2,0	3,5	2,0	0,55	0,649
VFA, cm ²	47,9	28,0	43,4	26,1	41,2	25,8	39,6	26,4	1,45	0,227
M60 _{ACC}										
%FM	20,0	8,2	19,8	7,9	19,3	7,7	19,1	9,0	0,23	0,878
BMI <i>z</i> -skóre	0,18	1,16	0,33	0,99	0,18	1,21	0,38	1,24	0,57	0,638
FMI, kg/m ²	3,9	2,0	3,8	1,9	3,7	1,9	3,8	2,2	0,17	0,920
VFA, cm ²	45,5	26,0	43,2	26,4	40,4	25,4	42,9	28,9	0,63	0,595

n – počet participantů, *M* – aritmetický průměr, *SD* – směrodatná odchylka, %FM – procento tělesného tuku, BMI – index tělesné hmotnosti, FMI – index tukové hmoty, VFA – viscerální tuk, M60_{ACC} – Minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne, *p* – hladina významnosti pro analýzu kovariance.

*Rozdíl od čtvrtého kvartilu, Tukeyho HSD test po analýze kovariance $p < 0,05$.

Tabulka 7. Rozdíl v indikátorech tělesné adipozity mezi kvartily ukazatelů pohybového profilu ve víkendové dny u adolescentů ($n = 338$)

	První kvartil		Druhý kvartil		Třetí kvartil		Čtvrtý kvartil		F	p
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
Průměrná akcelerace										
%FM	21,7	10,1	22,2	8,9	19,6	8,4	19,5	8,9	3,50	0,016
BMI z-skóre	0,18	1,12	0,41	1,07	0,18	0,88	0,17	0,97	1,15	0,328
FMI, kg/m ²	4,8	2,6	5,1	2,4	4,3	2,2	4,3	2,4	3,36	0,019
VFA, cm ²	57,4	33,6	60,3	29,8	50,5	27,8	50,1	29,4	2,76	0,042
Gradient intenzity										
%FM	23,9*	9,6	21,0*	8,7	21,3	8,9	16,7	8,1	5,77	<0,001
BMI z-skóre	0,33	1,11	0,16	1,03	0,25	1,00	0,20	0,93	0,46	0,710
FMI, kg/m ²	5,4*	2,5	4,7	2,3	4,8	2,5	3,7	2,0	3,84	0,010
VFA, cm ²	63,7*	31,1	55,4	30,4	54,5	30,6	44,7	26,9	3,75	0,011
M60 _{ACC}										
%FM	21,4	10,2	22,1	8,7	21,0	8,7	18,4	8,8	3,03	0,030
BMI z-skóre	0,24	1,17	0,26	1,01	0,30	0,95	0,14	0,24	0,39	0,760
FMI, kg/m ²	4,8	2,7	4,9	2,3	4,7	2,4	4,0	2,3	2,59	0,053
VFA, cm ²	57,5	34,4	58,3	27,8	55,4	29,8	47,0	28,5	2,40	0,068

n – počet účastníků, M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, %FM – procento tělesného tuku, BMI – index tělesné hmotnosti, FMI – index tukové hmoty, VFA – viscerální tuk, M60_{ACC} – Minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne, p – hladina významnosti pro analýzu kovariance.

*Rozdíl od čtvrtého kvartilu, Tukeyho HSD test po analýze kovariance $p < 0,05$.

4.3 Analýza asociací mezi ukazateli 24hodinového pohybového profilu a adipozitou

Výsledky regresní analýzy poukazují na signifikantní negativní asociaci mezi 24hodinovým pohybovým profilem ve školní dny a indikátory tělesné adipozity u dětí (Tabulka 8). V případě modelu pro školní dny nabývaly signifikantní regresní koeficienty u %FM hodnoty $-0,104$ pro AvAcc (95% CI = $-0,186$; $-0,022$, $p = 0,013$) a $-0,018$ pro M60_{ACC} (95% CI = $-0,034$; $-0,003$, $p = 0,020$). U FMI byl regresní koeficient signifikantní pro všechny ukazatele pohybového profilu, jednalo se o $-0,031$ pro AvAcc (95% CI = $-0,049$; $-0,013$, $p = 0,001$), $-1,563$ pro IG (95% CI = $-3,06$; $-0,065$, $p = 0,042$) a $-0,005$ pro M60_{ACC} (95% CI = $-0,007$; $-0,002$, $p = 0,003$). V případě VFA byl regresní koeficient taktéž signifikantní pro všechny ukazatele pohybového profilu ve školní dny, pro AvAcc nabýval hodnot $-0,598$ (95% CI = $-0,869$; $-0,327$, $p < 0,001$), pro IG $-27,481$ (95% CI = $-47,769$; $-7,193$, $p = 0,008$) a pro M60_{ACC} $-0,102$ (95% CI = $-0,154$; $-0,050$, $p < 0,001$). Nepozorovali jsme signifikantní asociaci žádného ukazatele 24hodinového profilu s BMI z-skóre. Dále nebyla pozorována signifikantní asociace mezi ukazateli 24hodinového profilu ve víkendové dny a adipozitou dětí.

V případě souboru adolescentů (Tabulka 9) byla pozorována negativní asociace mezi ukazateli pohybového profilu a indikátory adipozity pouze ve víkendové dny. U indikátoru adipozity %FM byl pozorován signifikantní regresní koeficient pro AvAcc $-0,107$ (95% CI = $-0,192$; $-0,023$, $p = 0,013$), pro IG $-1,419$ (95% CI = $-2,471$; $-0,367$ $p = 0,009$) a pro M60_{ACC} $-0,023$ (95% CI = $-0,039$; $-0,007$, $p = 0,006$). U FMI byl pozorován signifikantní regresní koeficient pro ukazatele IG ($\beta = -1,419$, 95% CI = $-2,471$; $-0,367$ $p = 0,009$) a M60_{ACC} ($\beta = -0,005$, 95% CI = $-0,008$; $-0,001$, $p = 0,013$). Dále byl pozorován signifikantní regresní koeficient pro M60_{ACC} u VFA s hodnotou $-0,069$ (95% CI = $-0,132$; $-0,005$, $p = 0,034$). U ostatních modelů nebyla signifikantní asociace pozorována.

Tabulka 8. Asociace ukazatelů 24hodinového pohybového profilu s indikátory tělesné adipozity u dětí ($n = 382$)

	%FM			BMI z-skóre			FMI			VFA		
	β	95% CI	p	β	95% CI	p	β	95% CI	p	β	95% CI	p
Školní dny ^a												
AvAcc	-0,104	-0,186; -0,022	0,013	-0,006	-0,018; 0,006	0,359	-0,031	-0,049; -0,013	0,001	-0,598	-0,869; -0,327	<0,001
IG	-3,017	-9,097; 3,063	0,330	-0,056	-0,951; 0,84	0,903	-1,563	-3,06; -0,065	0,042	-27,481	-47,769; -7,193	0,008
M60 _{ACC}	-0,018	-0,034; -0,003	0,020	-0,001	-0,003; 0,001	0,304	-0,005	-0,007; -0,002	0,003	-0,102	-0,154; -0,050	<0,001
Víkendové dny ^b												
AvAcc	0,024	-0,040; 0,088	0,454	0,004	-0,005; 0,014	0,355	0,010	-0,004; 0,025	0,186	0,141	-0,072; 0,354	0,193
IG	-1,594	-6,311; 3,124	0,507	-0,057	-0,752; 0,638	0,872	-0,065	-1,203; 1,074	0,911	-4,628	-20,37; 11,115	0,564
M60 _{ACC}	0,005	-0,007; 0,018	0,386	0,001	-0,001; 0,003	0,235	0,002	-0,001; 0,005	0,228	0,025	-0,016; 0,067	0,226

n – počet participantů, %FM – Procento tělesného tuku, BMI – index tělesné hmotnosti, FMI – index tukové hmoty, VFA – viscerální tuk, CI – konfidenční interval, AvAcc – průměrná akcelerace, IG – gradient intenzity, M60_{ACC} – minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne.

^aModel byl adjustován s ohledem na ukazatel pohybového profilu pro víkendové dny, pohlaví, BMI matky, úroveň vzdělání matky a dobu nošení akcelerometru.

^bModel byl adjustován s ohledem na ukazatel pohybového profilu pro školní dny, pohlaví, BMI matky, úroveň vzdělání matky a dobu nošení akcelerometru.

Tabulka 9. Asociace ukazatelů 24hodinového pohybového profilu a indikátory tělesné adipozity u adolescentů ($n = 338$)

	%FM			BMI z-skóre			FMI			VFA		
	β	95% CI	p	β	95% CI	p	β	95% CI	p	β	95% CI	p
Školní dny ^a												
AvAcc	-0,045	-0,148; 0,057	0,385	0,006	-0,009; 0,020	0,424	-0,010	-0,036; 0,016	0,452	-0,209	-0,611; 0,194	0,309
IG	-3,749	-8,658; 1,159	0,134	0,038	-0,656; 0,731	0,915	-0,472	-1,831; 0,888	0,497	-15,876	-35,166; 3,414	0,106
M60 _{ACC}	-0,009	-0,032; 0,013	0,416	0,001	-0,002; 0,004	0,546	-0,004	-0,009; 0,002	0,201	-0,048	-0,135; 0,039	0,279
Víkendové dny ^b												
AvAcc	-0,107	-0,192; -0,023	0,013	-0,005	-0,016; 0,007	0,450	-0,021	-0,042; -0,0009	0,041	-0,317	-0,647; 0,013	0,059
IG	-5,563	-9,531; -1,595	0,006	-0,131	-0,692; 0,429	0,645	-1,419	-2,471; -0,367	0,009	-15,488	-31,08; 0,104	0,052
M60 _{ACC}	-0,023	-0,039; -0,007	0,006	-0,001	-0,003; 0,001	0,416	-0,005	-0,008; -0,001	0,013	-0,069	-0,132; -0,005	0,034

n – počet participantů, %FM – Procento tělesného tuku, BMI – index tělesné hmotnosti, FMI – index tukové hmoty, VFA – viscerální tuk, 95% CI – 95% konfidenční intervaly, AvAcc – průměrná akcelerace, IG – gradient intenzity, M60_{ACC} – minimální hodnota akcelerace v neaktivnějších 60 minutách z celého dne.

^aModel byl adjustován s ohledem na ukazatel pohybového profilu pro víkendové dny, pohlaví, BMI matky, úroveň vzdělání matky a dobu nošení akcelerometru.

^bModel byl adjustován s ohledem na ukazatel pohybového profilu pro školní dny, pohlaví, BMI matky, úroveň vzdělání matky a dobu nošení akcelerometru.

5 Diskuse

Předkládaná diplomová práce se zabývá 24hodinovým pohybovým profilem ve školní a víkendové dny u dětí a adolescentů a jeho vztahem k adipozitě. Na základě našich výsledků můžeme potvrdit přítomnost signifikantních rozdílů ukazatelů AvAcc, IG a M60_{ACC} mezi školními a víkendovými dny, a to u obou věkových skupin. Výsledky poukazují na rozdíl hodnot indikátorů adipozity v kvartilech ukazatelů 24hodinového pohybového profilu. V dětském souboru byly pozorovány signifikantně nižší hodnoty VFA ve čtvrtém kvartilu oproti prvnímu u všech ukazatelů pohybového profilu ve školní dny. V případě adolescentů jsme pozorovali nižší hodnoty %FM a VFA ve čtvrtém kvartilu oproti prvnímu u všech ukazatelů pohybového profilu. V případě metriky AvAcc ve školní dny byly navíc pozorovány nižší hodnoty FMI ve čtvrtém kvartilu oproti prvnímu. U adolescentů byly navíc pozorovány signifikantně nižší hodnoty ve víkendové dny u %FM, FMI a VFA ve čtvrtém kvartilu IG, oproti prvnímu. Naše výsledky dále poukazují na protektivní vliv ukazatelů 24hodinového pohybového profilu ve školní dny na adipozitu dětí. U AvAcc a M60_{ACC} byla pozorována negativní asociace s %FM, FMI a VFA. V případě metriky IG byla pozorována negativní asociace s FMI a VFA. V případě adolescentů byla pozorována negativní asociace ukazatelů PA ve smyslu jejího objemu a intenzity ve víkendové dny a indikátorů adipozity %FM a FMI. U metriky M60_{ACC} ve víkendové dny byla navíc pozorována negativní asociace s VFA.

V předkládané diplomové práci byly pozorovány nižší hodnoty ukazatelů 24hodinové pohybového profilu napříč dny v týdnu. Tyto závěry podporují hypotézu strukturovaných dní, která pojednává o poklesu PA v mimo školní dny (Brazendale et al., 2017). Naše výsledky jsou konzistentní se studií autorů Brazendale et al. (2021), která udává nárůst MVPA o 9–12 minut ve školní dny oproti víkendovým. Na rozdíl od dřívější studie (Nader et al., 2008) nebyl pozorován výraznější rozdíl v PA mezi školními a víkendovými dny s rostoucím věkem. Snížení objemu a intenzity PA v mimo školní dny může být zapříčiněno mnoha faktory, jedním z nich může být větší volnost v rozhodování dětí, které mají tendenci nahrazovat volnočasovou PA za SB jako je například čas u televize (Fearnbach et al., 2020). Na druhou stranu ve školní dny je čas více řízen autoritami jako jsou učitelé a rodiče. Mimo to školní dny vyžadují určitou míru PA jako je například školní tělesná výchova nebo aktivní transport do školy (Brazendale et al., 2017). Tyto faktory jsou reflektovány ukazateli AvAcc a IG, které reprezentují objem,

respektive distribuci intenzity aktivit za 24 hodin a dochází tedy k jejich snížení v případě, že jedinec stráví mnoho času SB nebo LPA (Alex V. Rowlands et al., 2018).

Naše výsledky poukazují na výrazný rozdíl ukazatelů 24hodinového pohybového profilu u odlišných věkových skupin. Přesto, že jsou v této práci využívány nové ukazatele pro stanovení 24hodinového pohybového profilu na základě surových dat z akcelerometrů, jsou naše výsledky ve shodě s dřívějšími publikacemi. Například pokles MVPA s věkem byl pozorován na základě systematického přehledu 52 longitudinálních studií, jejichž výsledky naznačují výrazný pokles MVPA již od 7 roku života u dívek i chlapců, který přetrvává až do 15 let (Farooq et al., 2020). Na základě průměru metriky $M60_{ACC}$ můžeme konstatovat nedostatečnou úroveň PA adolescentů, která nepřekročila definovaný CoP pro MVPA (tj. 201 mg) (Hildebrand et al., 2014). Tato úroveň nebyla překonána ani v případě víkendových dní u dětí. Úpadek úrovně PA s věkem může být způsoben nahrazením PA aktivitou sedavého charakteru. Tento trend pozorovali autoři Corder et al. (2015) u dětí v ranné adolescenci s výsledkem nárůstu SB o 10 minut za rok a úbytku MVPA o 1,5 minuty za rok. Ukázkový příklad poklesu aktivity u nových ukazatelů 24hodinového pohybového profilu je prezentován v sekundární analýze u žen od autorů Rowlands a spol (Alex V. Rowlands, Fairclough, et al., 2019). Přes výrazná specifika výzkumného souboru, který zahrnoval dívky od 10 let až po skupinu postmenopauzálních žen a žen s DMT2 bylo pozorováno snížení úrovně PA v 24hodinovém pohybovém profilu s narůstajícím věkem. Tento trend lze pozorovat na námi prezentovaných percentilových grafech. Nicméně je zapotřebí zdůraznit, že naše data nebo ta od Rowlandse a kolektivu (Alex V. Rowlands, Fairclough, et al., 2019) nepředstavují reprezentativní populační vzorek. Naše data sice zahrnují participanty napříč Českou republikou, ale jejich počet je nízký nato, aby bylo možné ho považovat za reprezentativní.

Náš výzkumný soubor zahrnoval 25,4 % dětí a 21,6 % adolescentů s nadváhou nebo obezitou. Tato data jsou blízká údajům z roku 2013 kdy bylo v České republice 22 % dětí mladších 20 let s nadváhou či obezitou (Ng et al., 2014). Srovnání našich dat a údajů v roce 2013 odpovídá vývojovým trendům mezi lety 1999 a 2016 ve kterých dochází k relativní stabilizaci rozvoje nadváhy a obezity u dětí (Garrido-Miguel et al., 2019).

Snížení úrovně PA představuje riziko vzniku nadváhy a obezity (Bray et al., 2016; Miguel-Berges et al., 2018; Wu et al., 2017). Tento vztah s využitím metrik pro 24hodinový pohybový profil byl zkoumán především týmem v okolí Alexe Rowlandse (Fairclough et al., 2019, 2020; Alex V. Rowlands et al., 2018; Alex V. Rowlands, Dawkins, et al., 2019). Studie zabývající se vztahem mezi Av_{Acc} a IG a BMI z-skóre a %FM u dívek ve věku 11–14 let

poukázala na negativní asociaci (Alex V. Rowlands et al., 2018). Při kontrole pro potencionální kofaktory pozorovali autoři studie vztah především u IG s BMI z -skóre a %FM. Zatímco v případě AvAcc byl prokázán vztah pouze s %FM, a to u neadjustovaného regresního modelu. V našem případě byla pozorována asociace u AvAcc a M60_{ACC} ve školní dny s %FM u dětí. Asociaci mezi IG jsme pozorovali u jiných indikátorů adipozity jako je FMI a VFA. Tento rozdíl může být zapříčiněn tím, že náš soubor zahrnoval obě pohlaví, zatímco ten od Rowlandse a spol pouze dívky. Přičemž byl prokázán rozdíl v úrovni IG napříč pohlavím (Fairclough et al., 2020). Další faktor může být rozdělení pohybového profilu na školní a víkendové dny. Dalšími studii, které se zabývaly 24hodinovým pohybovým profilem ve vztahu k adipozitě byly ty od autorů Buchan et al., (2019) a Fairclough et al. (2019), přičemž studie zahrnovaly děti ve věku 9–12 let. Náš soubor byl oproti zmiňovaným studiím výrazně větší a s větším rozptylem věku od 8 do 13 let. Obě zmiňované studie prokázaly signifikantní negativní asociaci AvAcc i IG a BMI z -skóre, ale naše analýza tento vztah neprokázala. Naopak jsme prokázali vztah mezi AvAcc i IG naměřených ve školní dny a ostatními indikátory adipozity jako je %FM, FMI a VFA. Nesignifikantní vztah s ukazateli pohybového profilu a BMI z -skóre může být zapříčiněn nízkou senzitivitou BMI v rozpoznávání jedinců s nadměrnou adipozitou, především u dětí (Javed et al., 2015). Vztah mezi 24hodinovým pohybovým profilem a adipozitou adolescentů nebyl prozatím zkoumán. Jediným týmem, který se zabýval jinými věkovými skupinami než děti do 14 let jsou Rowlands a kolektiv (Alex V. Rowlands, Fairclough, et al., 2019), kteří prokázali vztah mezi IG a AvAcc napříč věkovými skupinami žen.

V návaznosti na výsledky lineární regresní analýzy můžeme prezentovat aditivní vztah relativního zvýšení jednotky AvAcc, IG nebo M60_{ACC} a změny adipozity. Význam akcelerace lze zaměnit za konkrétní aktivity, tak jak určili například Hildebrand et al. (2014) a využili ve své studii Alex V. Rowlands et al. (2018). V případě našeho výzkumného souboru by zvýšení AvAcc ve školní dny o 1 *SD*, vedlo ke snížení %FM o 1,2 procentních bodů, FMI o 0,36 kg/m² a VFA o 6,9 cm² u dětí. Takovéto změny je možné docílit nahrazením jakékoliv aktivity během dne 22 minutami pomalého běhu, nebo 1,5 hodinou rychlé chůze. Uvedené aktivity mohou být v běžném životě zahrnuty například ve formě aktivního transportu (Jones et al., 2019).

U souboru adolescentů jsme pozorovali vztah mezi AvAcc ve víkendové dny a %FM, FMI a VFA. V takovém případě by změna AvAcc o 1 *SD* vedla k úbytku %FM o 1,1 procentních bodů, FMI o 0,22 kg/m² a VFA o 3,4 cm². Toho je možné docílit intervencí ve víkendové dny v podobě 16 minut pomalého běhu nebo 1 hodiny rychlé chůze (Hildebrand

et al., 2014; Alex V. Rowlands et al., 2018). Z tohoto důvodu je vhodné se zaměřit na zvýšení PA ve víkendové dny, na rozdíl od školních jak tomu do nedávna v mnoha případech bylo (Love et al., 2019).

Ukazatel distribuce intenzity IG je problematické, vzhledem k jeho podstatě, převést na konkrétní aktivity. Příklad takové transformace je možné pozorovat na distribuci kategorií intenzity aktivit ve vztahu k hodnotám IG v práci Fairclough et al. (2019). K pozitivním změnám v hodnotě IG dochází v případě provozování vysoko intenzitních aktivit. Z tohoto důvodu je vhodné klást důraz na intervence zahrnující VPA, která je asociovaná s pozitivní tělesnou kompozicí (Janssen & LeBlanc, 2010).

S ohledem na výše zmíněné považujeme za silnou stránku práce využití nových ukazatelů pro hodnocení 24hodinové pohybového profilu stanovených na základě surových dat z akcelerometru. Přínos diplomové práce rovněž spočívá v diferenciaci 24hodinového profilu zvláště pro školní a víkendové dny. Tento typ analýzy nebyl doposud proveden v ČR, ani ve světě. Další silnou stránku spatřujeme ve využití jiných indikátorů adipozity než tradičně používané BMI z-skóre a také ve velikosti výzkumného souboru a využití dvou věkových skupin. Na druhou stranu za limity práce považujeme průřezový design studie, který neumožňuje identifikovat přesnou kauzalitu mezi 24hodinovým pohybovým profilem a adipozitou. Další limitou práce spatřujeme v délce měření pohybového profilu, která trvala 7 dní, přičemž pro analýzu víkendových dnů by mohlo být vhodnější měření alespoň po dobu 14 dní.

6 Závěry

Základem pro tuto práci byly hypotézy zabývající se rozdílem mezi 24hodinovým pohybovým profilem ve školní a víkendové dny. V návaznosti na naše výsledky můžeme konstatovat signifikantně nižší hodnoty objemu, distribuce intenzity pohybového profilu a metriky M60_{ACC} ve víkendové dny u dětí i adolescentů. Z tohoto důvodu zamítáme nulové hypotézy 1 až 3 a přijímáme alternativní hypotézy: H1.1_a a H1.2_a, H2.1_a a H2.2_a, H3.1_a a H3.2_a.

Výsledky rozdílů mezi kvartily definovanými na základě ukazatelů 24hodinového pohybového profilu prokázaly signifikantní rozdíl napříč ukazateli pohybového profilu a indikátory tělesné adipozity u dětí i adolescentů. U dětí byly pozorovány signifikantně nižší hodnoty indikátorů adipozity ve čtvrtém kvartilu oproti prvnímu všech ukazatelů pohybového profilu ve školní dny. Rozdíl mezi kvartily nebyl u dětského souboru ve víkendové dny pozorován. U adolescentů byl ve školní dny pozorován rozdíl mezi kvartily AvAcc a všemi indikátory adipozity, mimo BMI z-skóre. V případě IG a M60_{ACC} byly pozorovány signifikantně nižší hodnoty ve čtvrtém kvartilu oproti prvnímu u %FM a VFA. Ve víkendové dny byl u adolescentů pozorován rozdíl mezi kvartily taktéž u všech ukazatelů pohybového profilu, nicméně signifikantně nižší hodnoty ve čtvrtém kvartilu, oproti prvnímu byly pozorován pouze u IG a indikátorů adipozity reprezentovanými %FM, FMI a VFA. V návaznosti na tato zjištění zamítáme nulové hypotézy 4 až 6 a alternativní hypotézy H4.2_a, H5.2_a a H6.2_a. Přijímáme alternativní hypotézy: H4.1_a, H4.3_a a H4.4_a, H5.1_a, H5.3_a a H5.4_a, H6.1_a, H6.3_a a H6.4_a.

Tato práce prokázala signifikantní vztah mezi 24hodinovým pohybovým profilem ve školní a víkendové dny a adipozitou dětí a adolescentů. Vyšší objem pohybového profilu ve školní dny reprezentovaný AvAcc působí protektivně vůči adipozitě dětí reprezentovanou %FM, FMI a VFA. Taktéž distribuce intenzity aktivit ve školní působí protektivně vůči FMI a VFA. Na druhou stranu u adolescentů byl prokázán signifikantní negativní vztah mezi objemem pohybového profilu pouze ve víkendové dny a %FM a FMI. Taktéž v případě distribuce intenzity aktivit byl pozorován negativní vztah pouze ve víkendové dny, a to s indikátory adipozity %FM a FMI. V případě M60_{ACC}, byl pozorován protektivní vztah s indikátory adipozity (%FM, FMI a VFA) u dětí ve školní dny a u adolescentů ve víkendové dny. V návaznosti na tyto výsledky zamítáme nulové hypotézy 7–9 a alternativní hypotézy H7.2_a a H7.3_a, H8.2_a a H8.3_a, H9.2_a a H9.3_a. Následující alternativní hypotézy přijímáme: H7.1_a a H7.4_a, H8.1_a a H8.4_a, H9.1_a a H9.4_a.

V návaznosti na zmiňované výsledky doporučujeme tvorbu intervenčních programů ve školní dny pro děti. V případě adolescentů jsou naopak vhodné intervence ve víkendové dny. Nicméně jsme si vědomi ojedinělosti této práce, a proto je vhodné, aby byly v budoucích výzkumech aplikovány novodobé ukazatele 24hodinového pohybového profilu s ohledem na dny v týdnu, ale také na věkovou skupinu, tak aby se naše výsledky potvrdily nebo vyvrátily.

7 Souhrn

V posledních desetiletích byl pozorován rapidní nárůst nadváhy a obezity dětí a adolescentů. Příčiny tohoto fenoménu nabývající rozměry pandemie jsou ve velké míře zkoumány s čím dál narůstající evidencí, že pohybový režim jedince hraje velmi důležitou roli. Z tohoto důvodu začíná být kladen důraz na holistický výzkum zabývající se 24hodinovým pohybovým profilem jedince. Objektivní metodou pro charakterizování takového komplexního jevu jsou akcelerometry a z nich získaná surová data. Ta umožňují zpětnou reflexi toho, jaký objem a intenzitu PA jedinec vykonává, popřípadě zda plní pohybová doporučení. Z tohoto důvodu bylo primárním cílem této diplomové práce analyzovat vztah mezi 24hodinovým pohybovým profilem ve školní a víkendové dny a adipozitou dětí a adolescentů.

Výzkumný soubor se skládal celkem ze 720 dětí a adolescentů, přičemž byl pro analýzu rozdělen na věkové kategorie 8–13 let ($n = 382$) a 14–18 let ($n = 338$). 24hodinový pohybový profil byl změřen pomocí surových dat z akcelerometrů ActiGraph GT9X Link nebo wGT3X-BT. Ukazatel pro charakterizování objemu pohybového profilu byla AvAcc, distribuce intenzity pomocí IG a pro zpětnou reflexi plnění WHO doporučení pro PA bylo využito metriky M60_{ACC}. Analýzy byly provedeny zvlášť pro školní a víkendové dny. Adipozita byla změřena predikční metodou DSM-BIA a charakterizována pomocí %FM, FMI a VFA. Dále byla jedincům změřena výška a váha z čehož bylo vypočítáno BMI z -skóre. Pro určení vztahu mezi ukazateli 24hodinového pohybového profilu a indikátorů adipozity byla využita vícenásobná regresní analýza.

S ohledem na hlavní cíl práce byl prokázán protektivní vliv objemu a distribuce intenzity pohybového profilu i M60_{ACC} na adipozitu dětí i adolescentů. V případě dětského souboru byl prokázán negativní vztah mezi objemem pohybového profilu a M60_{ACC} ve školní dny a %FM, FMI a VFA. Taktéž u distribuce intenzity pohybového profilu byl pozorován protektivní vliv, ale pouze u indikátorů adipozity FMI a VFA. Ve víkendové dny nebyl u dětské populace vztah pozorován. Naopak u adolescentů byl pozorován vztah pouze u pohybového profilu o víkendu. U objemu a distribuce intenzity pohybového profilu byl pozorován negativní vztah s FMI a VFA. V případě ukazatele M60_{ACC} byl protektivní vztah prokázán navíc ve vztahu k VFA. Ani u jedné věkové skupiny nebyl pozorován vztah mezi 24hodinovým pohybovým profilem a BMI z -skóre.

V návaznosti na předkládané výsledky doporučujeme tvorbu behaviorálních intervencí, které se u dětské populace zaměřují především na školní dny a u adolescentů na víkendové dny.

8 Summary

In the recent decades, the prevalence of overweight and obesity in children and adolescents has grown rapidly. The cause of this phenomenon is being extensively investigated with a growing evidence that a movement patterns plays a very important role. For this reason, emphasis is beginning to be placed on holistic research of individuals 24-hour activity profile. Objective method for characterizing such a complex phenomenon are accelerometers and their raw data output. It allows a retrospective reflection of what volume and intensity of PA the individual performs, or whether he or she fulfills the movement recommendations. Therefore, the main goal of this master's thesis was to analyze the relationship between 24-hour activity profile, on weekend and weekdays and adiposity of children and adolescents.

The research sample consisted of 720 children and adolescents, these were divided into age categories 8–13 years ($n = 382$) and 14–18 years ($n = 338$). The 24-hour activity profile was measured using raw data from accelerometer ActiGraph GT9X Link or wGT3X-BT. The metric used to characterize volume of activities was AvAcc, the metric IG for intensity distribution, and for reflection of WHO PA recommendations was used metric M60_{ACC}. Analyzes were performed separately for weekend and weekdays. Adiposity was measured using DSM-BIA method and characterized by %FM, FMI and VFA. Furthermore, the individuals were weighted and heightened, and BMI z -score was calculated. Multiple regression analysis was used to determine the relationship between 24-hour activity profile metrics and indicators of adiposity.

With regards to the main goal of this work, we have found that the volume, intensity distribution of movement profile and M60_{ACC} have protective effect against adiposity of children and adolescents. In the case of children, volume of activities and M60_{ACC} performed on weekdays have reducing effect at %FM, FMI and VFA. The weekday IG do have protective effect but only on FMI and VFA. We didn't find any effect of activity profile on weekends. In contrast, in the adolescents we have observed protective effect of activity profile only on weekends. Negative relationship with FMI and VFA was observed in the volume and intensity distribution of activity profile. In case of M60_{ACC} we have found additional protective effect in relation to VFA. We haven't found any relationship between activity profile and BMI z -score.

Following the presented results, we recommend creation of behavioral interventions, in which for children focus should be mainly on weekend days and in adolescents mainly on weekends.

9 Referenční seznam

- Ahrens, W., Moreno, L. A., Mårild, S., Molnár, D., Siani, A., De Henauw, S., Böhmman, J., Günther, K., Hadjigeorgiou, C., Iacoviello, L., Lissner, L., Veidebaum, T., Pohlabein, H., & Pigeot, I. (2014). Metabolic syndrome in young children: definitions and results of the IDEFICS study. *International Journal of Obesity (2005)*, *38 Suppl 2*, S4-14. <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.130>
- Bai, J., Di, C., Xiao, L., Evenson, K. R., LaCroix, A. Z., Crainiceanu, C. M., & Buchner, D. M. (2016). An activity index for raw accelerometry data and its comparison with other activity metrics. *PLoS ONE*, *11*(8), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160644>
- Bailey, A. P., Hetrick, S. E., Rosenbaum, S., Purcell, R., & Parker, A. G. (2018). Treating depression with physical activity in adolescents and young adults: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Psychological Medicine*, *48*(7), 1068–1083. <https://doi.org/10.1017/S0033291717002653>
- Bakrania, K., Yates, T., Rowlands, A. V., Esliger, D. W., Bunnewell, S., Sanders, J., Davies, M., Khunti, K., & Edwardson, C. L. (2016). Intensity thresholds on raw acceleration data: Euclidean norm minus one (ENMO) and mean amplitude deviation (MAD) approaches. *PLoS ONE*, *11*(10), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164045>
- Bassett, D. R. J., Howley, E. T., Thompson, D. L., King, G. A., Strath, S. J., McLaughlin, J. E., & Parr, B. B. (2001). Validity of inspiratory and expiratory methods of measuring gas exchange with a computerized system. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *91*(1), 218–224. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.1.218>
- Bassett, D. R. J., Rowlands, A. V., & Trost, S. G. (2012). Calibration and validation of wearable monitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *44*(1 Suppl 1), S32-8. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182399cf7>
- Blair, S. N. (2009). Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. *British Journal of Sports Medicine*, *43*(1), 1–2. <https://bjsm.bmj.com/content/43/1/1>
- Bouchard, C., & Perusse, L. (1988). Heredity and Body Fat. *Annual Review of Nutrition*, *8*(1), 259–277. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.08.070188.001355>
- Bray, G. A., Frühbeck, G., Ryan, D. H., & Wilding, J. P. H. (2016). Management of obesity. *The Lancet*, *387*(10031), 1947–1956. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)00271-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00271-3)
- Brazendale, K., Beets, M. W., Armstrong, B., Weaver, R. G., Hunt, E. T., Pate, R. R., Brusseau, T. A., Bohnert, A. M., Olds, T., Tassitano, R. M., Tenorio, M. C. M., Garcia, J., Andersen, L. B., Davey, R., Hallal, P. C., Jago, R., Kolle, E., Kriemler, S., Kristensen, P. L., ... Collaborators, I. C. A. D. (ICAD). (2021). Children’s moderate-to-vigorous physical activity on weekdays versus weekend days: a multi-country analysis. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *18*(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s12966-021-01095-x>

- Brazendale, K., Beets, M. W., Weaver, R. G., Pate, R. R., Turner-McGrievy, G. M., Kaczynski, A. T., Chandler, J. L., Bohnert, A., & von Hippel, P. T. (2017). Understanding differences between summer vs. school obesogenic behaviors of children: the structured days hypothesis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *14*(1), 100. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0555-2>
- Brown, T., Moore, T. H., Hooper, L., Gao, Y., Zayegh, A., Ijaz, S., Elwenspoek, M., Foxen, S. C., Magee, L., O'Malley, C., Waters, E., & Summerbell, C. D. (2019). Interventions for preventing obesity in children. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, *7*(7), CD001871–CD001871. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001871.pub4>
- Brozek, J., Grande, F., Anderson, J. T., & Keys, A. (1963). Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *110*, 113–140. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1963.tb17079.x>
- Buchan, D. S., McLellan, G., Donnelly, S., & Arthur, R. (2019). The use of the intensity gradient and average acceleration metrics to explore associations with BMI z-score in children. *Journal of Sports Sciences*, *37*(23), 2751–2758. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1664536>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, *54*(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Bull, F. C., Maslin, T. S., & Armstrong, T. (2009). Global physical activity questionnaire (GPAQ): nine country reliability and validity study. *Journal of Physical Activity & Health*, *6*(6), 790–804. <https://doi.org/10.1123/jpah.6.6.790>
- Burchartz, A., Anedda, B., Auerswald, T., Giurgiu, M., Hill, H., Ketelhut, S., Kolb, S., Mall, C., Manz, K., Nigg, C. R., Reichert, M., Sprengeler, O., Wunsch, K., & Matthews, C. E. (2020). Assessing physical behavior through accelerometry – State of the science, best practices and future directions. *Psychology of Sport and Exercise*, *49*, 101703. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101703>
- Bussler, S., Penke, M., Flemming, G., Elhassan, Y. S., Kratzsch, J., Sergeev, E., Lipek, T., Vogel, M., Spielau, U., Körner, A., de Giorgis, T., & Kiess, W. (2017). Novel Insights in the Metabolic Syndrome in Childhood and Adolescence. *Hormone Research in Paediatrics*, *88*(3–4), 181–193. <https://doi.org/10.1159/000479510>
- Butte, N. F., Hopkinson, J. M., Wong, W. W., Smith, E. O., & Ellis, K. J. (2000). Body Composition during the First 2 Years of Life: An Updated Reference. *Pediatric Research*, *47*(5), 578–585. <https://doi.org/10.1203/00006450-200005000-00004>
- Carlson, S. A., Adams, E. K., Yang, Z., & Fulton, J. E. (2018). Percentage of Deaths Associated With

- Inadequate Physical Activity in the United States. *Preventing Chronic Disease*, 15, E38. <https://doi.org/10.5888/pcd18.170354>
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports (Washington, D.C. : 1974)*, 100(2), 126–131. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3920711>
- Chastin, S. F. M., De Craemer, M., De Cocker, K., Powell, L., Van Cauwenberg, J., Dall, P., Hamer, M., & Stamatakis, E. (2019). How does light-intensity physical activity associate with adult cardiometabolic health and mortality? Systematic review with meta-analysis of experimental and observational studies. *British Journal of Sports Medicine*, 53(6), 370 LP – 376. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097563>
- Chen, K. Y., Janz, K. F., Zhu, W., & Brychta, R. J. (2012). Redefining the roles of sensors in objective physical activity monitoring. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182399bc8>
- Chen, X., Beydoun, M. A., & Wang, Y. (2008). Is Sleep Duration Associated With Childhood Obesity? A Systematic Review and Meta-analysis. *Obesity*, 16(2), 265–274. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/oby.2007.63>
- Clarys, J. P., Martin, A. D., Marfell-Jones, M. J., Janssens, V., Caboor, D., & Drinkwater, D. T. (1999). Human body composition: A review of adult dissection data. *American Journal of Human Biology*, 11(2), 167–174. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6300\(1999\)11:2<167::AID-AJHB4>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6300(1999)11:2<167::AID-AJHB4>3.0.CO;2-G)
- Corder, K., Craggs, C., Jones, A. P., Ekelund, U., Griffin, S. J., & van Sluijs, E. M. (2013). Predictors of change differ for moderate and vigorous intensity physical activity and for weekdays and weekends: a longitudinal analysis. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10, 69. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-69>
- Corder, K., Ekelund, U., Steele, R. M., Wareham, N. J., & Brage, S. (2008). Assessment of physical activity in youth. *Journal of Applied Physiology*, 105(3), 977–987. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00094.2008>
- Corder, K., Sharp, S. J., Atkin, A. J., Griffin, S. J., Jones, A. P., Ekelund, U., & van Sluijs, E. M. F. (2015). Change in objectively measured physical activity during the transition to adolescence. *British Journal of Sports Medicine*, 49(11), 730–736. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093190>
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., Pratt, M., Ekelund, U., Yngve, A., Sallis, J. F., & Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(8), 1381–1395. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB>
- de Onis, M., Onyango, A. W., Borghi, E., Siyam, A., Nishida, C., & Siekmann, J. (2007). Development

- of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of the World Health Organization*, 85(9), 660–667. <https://doi.org/10.2471/BLT.07.043497>
- Di Angelantonio, E., Bhupathiraju, S. N., Wormser, D., Gao, P., Kaptoge, S., de Gonzalez, A. B., Cairns, B. J., Huxley, R., Jackson, C. L., Joshy, G., Lewington, S., Manson, J. E., Murphy, N., Patel, A. V., Samet, J. M., Woodward, M., Zheng, W., Zhou, M., Bansal, N., ... Hu, F. B. (2016). Body-mass index and all-cause mortality: individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. *The Lancet*, 388(10046), 776–786. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30175-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30175-1)
- Ding, D., Sallis, J. F., Kerr, J., Lee, S., & Rosenberg, D. E. (2011). Neighborhood environment and physical activity among youth a review. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(4), 442–455. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2011.06.036>
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(6), 1197–1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- Donnelly, S., Buchan, D. S., McLellan, G., & Arthur, R. (2020). Relationship Between Parent and Child Physical Activity Using Novel Acceleration Metrics. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/02701367.2020.1817295>
- Duerr, R. H., Taylor, K. D., Brant, S. R., Rioux, J. D., Silverberg, M. S., Daly, M. J., Steinhart, A. H., Abraham, C., Regueiro, M., Griffiths, A., Dassopoulos, T., Bitton, A., Yang, H., Targan, S., Datta, L. W., Kistner, E. O., Schumm, L. P., Lee, A. T., Gregersen, P. K., ... Cho, J. H. (2006). A genome-wide association study identifies IL23R as an inflammatory bowel disease gene. *Science (New York, N.Y.)*, 314(5804), 1461–1463. <https://doi.org/10.1126/science.1135245>
- Dumuid, D., Stanford, T. E., Martín-Fernández, J.-A., Pedišić, Ž., Maher, C. A., Lewis, L. K., Hron, K., Katzmarzyk, P. T., Chaput, J.-P., Fogelholm, M., Hu, G., Lambert, E. V., Maia, J., Sarmiento, O. L., Standage, M., Barreira, T. V., Broyles, S. T., Tudor-Locke, C., Tremblay, M. S., & Olds, T. (2017). Compositional data analysis for physical activity, sedentary time and sleep research. *Statistical Methods in Medical Research*, 27(12), 3726–3738. <https://doi.org/10.1177/0962280217710835>
- Dumuid, D., Stanford, T. E., Pedišić, Ž., Maher, C., Lewis, L. K., Martín-Fernández, J.-A., Katzmarzyk, P. T., Chaput, J.-P., Fogelholm, M., Standage, M., Tremblay, M. S., & Olds, T. (2018). Adiposity and the isotemporal substitution of physical activity, sedentary time and sleep among school-aged children: a compositional data analysis approach. *BMC Public Health*, 18(1), 311. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5207-1>
- Dunton, G. F., Do, B., & Wang, S. D. (2020). Early effects of the COVID-19 pandemic on physical activity and sedentary behavior in children living in the U.S. *BMC Public Health*, 20(1), 1351.

<https://doi.org/10.1186/s12889-020-09429-3>

- Eckel, R. H., Grundy, S. M., & Zimmet, P. Z. (2005). The metabolic syndrome. *Lancet (London, England)*, *365*(9468), 1415–1428. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)66378-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)66378-7)
- Eissa, M. A., Dai, S., Mihalopoulos, N. L., Day, R. S., Harrist, R. B., & Labarthe, D. R. (2009). Trajectories of Fat Mass Index, Fat Free–Mass Index, and Waist Circumference in Children: Project HeartBeat! *American Journal of Preventive Medicine*, *37*(1, Supplement), S34–S39. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.04.005>
- Ekelund, U., Steene-Johannessen, J., Brown, W. J., Fagerland, M. W., Owen, N., Powell, K. E., Bauman, A., & Lee, I.-M. (2016). Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *The Lancet*, *388*(10051), 1302–1310. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30370-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30370-1)
- Ekelund, U., Tarp, J., Fagerland, M. W., Johannessen, J. S., Hansen, B. H., Jefferis, B. J., Whincup, P. H., Diaz, K. M., Hooker, S., Howard, V. J., Chernofsky, A., Larson, M. G., Spartano, N., Vasani, R. S., Dohrn, I.-M., Hagströmer, M., Edwardson, C., Yates, T., Shiroma, E. J., ... Lee, I.-M. (2020). Joint associations of accelerometer-measured physical activity and sedentary time with all-cause mortality: a harmonised meta-analysis in more than 44 000 middle-aged and older individuals. *British Journal of Sports Medicine*, *54*(24), 1499 LP – 1506. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103270>
- Eston, R., Hawes, Martin, M., & Reilly, T. (2009). *Human Body Composition (from Eston and Reilly, 3rd ed. 2009)* (pp. 3–53).
- Fairclough, S. J., Boddy, L. M., Mackintosh, K. A., Valencia-Peris, A., & Ramirez-Rico, E. (2015). Weekday and weekend sedentary time and physical activity in differentially active children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *18*(4), 444–449. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.06.005>
- Fairclough, S. J., Dumuid, D., Taylor, S., Curry, W., McGrane, B., Stratton, G., Maher, C., & Olds, T. (2017). Fitness, fatness and the reallocation of time between children’s daily movement behaviours: an analysis of compositional data. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *14*(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0521-z>
- Fairclough, S. J., Rowlands, A. V., Taylor, S., & Boddy, L. M. (2020). Cut-point-free accelerometer metrics to assess children’s physical activity: An example using the school day. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *30*(1), 117–125. <https://doi.org/10.1111/sms.13565>
- Fairclough, S. J., Taylor, S., Rowlands, A. V., Boddy, L. M., & Noonan, R. J. (2019). Average acceleration and intensity gradient of primary school children and associations with indicators of health and well-being. *Journal of Sports Sciences*, *37*(18), 2159–2167. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1624313>

- Fang, K., Mu, M., Liu, K., & He, Y. (2019). Screen time and childhood overweight/obesity: A systematic review and meta-analysis. *Child: Care, Health and Development*, *45*(5), 744–753. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/cch.12701>
- Farooq, A., Martin, A., Janssen, X., Wilson, M. G., Gibson, A.-M., Hughes, A., & Reilly, J. J. (2020). Longitudinal changes in moderate-to-vigorous-intensity physical activity in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, *21*(1), e12953. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/obr.12953>
- Farrahi, V., Niemelä, M., Kangas, M., Korpelainen, R., & Jämsä, T. (2019). Calibration and validation of accelerometer-based activity monitors: A systematic review of machine-learning approaches. *Gait & Posture*, *68*, 285–299. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.12.003>
- Fatima, Y., Doi, S. A. R., & Mamun, A. A. (2015). Longitudinal impact of sleep on overweight and obesity in children and adolescents: a systematic review and bias-adjusted meta-analysis. *Obesity Reviews*, *16*(2), 137–149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/obr.12245>
- Fearnbach, S. N., Martin, C. K., Heymsfield, S. B., Staiano, A. E., Newton, R. L. J., Garn, A. C., Johannsen, N. M., Hsia, D. S., Carmichael, O. T., Ramakrishnapillai, S., Murray, K. B., Blundell, J. E., & Finlayson, G. (2020). Validation of the Activity Preference Assessment: a tool for quantifying children’s implicit preferences for sedentary and physical activities. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *17*(1), 108. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01014-6>
- Felix, J. F., Bradfield, J. P., Monnereau, C., van der Valk, R. J. P., Stergiakouli, E., Chesi, A., Gaillard, R., Feenstra, B., Thiering, E., Kreiner-Møller, E., Mahajan, A., Pitkänen, N., Joro, R., Cavadino, A., Huikari, V., Franks, S., Groen-Blokhuis, M. M., Cousminer, D. L., Marsh, J. A., ... Jaddoe, V. W. V. (2016). Genome-wide association analysis identifies three new susceptibility loci for childhood body mass index. *Human Molecular Genetics*, *25*(2), 389–403. <https://doi.org/10.1093/hmg/ddv472>
- Finne, E., Bucksch, J., Lampert, T., & Kolip, P. (2013). Physical activity and screen-based media use: cross-sectional associations with health-related quality of life and the role of body satisfaction in a representative sample of German adolescents. *Health Psychology and Behavioral Medicine*, *1*(1), 15–30. <https://doi.org/10.1080/21642850.2013.809313>
- Flegal, K. M., Kit, B. K., Orpana, H., & Graubard, B. I. (2013). Association of All-Cause Mortality With Overweight and Obesity Using Standard Body Mass Index Categories: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA*, *309*(1), 71–82. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.113905>
- Fletcher, G. F., Balady, G., Blair, S. N., Blumenthal, J., Caspersen, C., Chaitman, B., Epstein, S., Sivarajan Froelicher, E. S., Froelicher, V. F., Pina, I. L., & Pollock, M. L. (1996). Statement on exercise: benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans. A statement for health professionals by the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation of the

- Council on Clinical Cardiology, American Heart Assoc. *Circulation*, 94(4), 857–862.
<https://doi.org/10.1161/01.cir.94.4.857>
- Fosbøl, M. Ø., & Zerahn, B. (2015). Contemporary methods of body composition measurement. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35(2), 81–97. <https://doi.org/10.1111/cpf.12152>
- Frayling, T. M., Timpson, N. J., Weedon, M. N., Zeggini, E., Freathy, R. M., Lindgren, C. M., Perry, J. R. B., Elliott, K. S., Lango, H., Rayner, N. W., Shields, B., Harries, L. W., Barrett, J. C., Ellard, S., Groves, C. J., Knight, B., Patch, A.-M., Ness, A. R., Ebrahim, S., ... McCarthy, M. I. (2007). A Common Variant in the FTO Gene Is Associated with Body Mass Index and Predisposes to Childhood and Adult Obesity. *Science*, 316(5826), 889 LP – 894.
<https://doi.org/10.1126/science.1141634>
- Frontera, W. R., & Ochala, J. (2015). Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. *Calcified Tissue International*, 96(3), 183–195. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9915-y>
- Furuya, S., & Soechting, J. F. (2012). Speed invariance of independent control of finger movements in pianists. *Journal of Neurophysiology*, 108(7), 2060–2068. <https://doi.org/10.1152/jn.00378.2012>
- Füzéki, E., Engeroff, T., & Banzer, W. (2017). Health Benefits of Light-Intensity Physical Activity: A Systematic Review of Accelerometer Data of the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *Sports Medicine*, 47(9), 1769–1793. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0724-0>
- Gába, A., Dygrýn, J., Mitáš, J., Jakubec, L., & Frömel, K. (2016). Effect of Accelerometer Cut-Off Points on the Recommended Level of Physical Activity for Obesity Prevention in Children. *PLOS ONE*, 11(10), e0164282. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164282>
- Garrido-Miguel, M., Cavero-Redondo, I., Álvarez-Bueno, C., Rodríguez-Artalejo, F., Moreno, L. A., Ruiz, J. R., Ahrens, W., & Martínez-Vizcaíno, V. (2019). Prevalence and Trends of Overweight and Obesity in European Children From 1999 to 2016: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatrics*, 173(10), e192430–e192430. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.2430>
- Genton, L., Hans, D., Kyle, U. G., & Pichard, C. (2002). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 18(1), 66–70. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(01\)00700-6](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(01)00700-6)
- Gillinov, S., Etiwy, M., Wang, R., Blackburn, G., Phelan, D., Gillinov, A. M., Houghtaling, P., Javadikasgari, H., & Desai, M. Y. (2017). Variable Accuracy of Wearable Heart Rate Monitors during Aerobic Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(8), 1697–1703. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001284>
- Gnaedinger, R. H., Reineke, E. P., Pearson, A. M., Van HUSS, W. D., Wessel, J. A., & Montoye, H. J. (1963). Determination of body density by air displacement, helium dilution, and underwater weighing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 110(1), 96–108.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1963.tb17077.x>

- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 4(1), 23–35. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(19\)30323-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30323-2)
- Hafner, M., Yerushalmi, E., Stepanek, M., Phillips, W., Pollard, J., Deshpande, A., Whitmore, M., Millard, F., Subel, S., & van Stolk, C. (2020). Estimating the global economic benefits of physically active populations over 30 years (2020-2050). *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1482–1487. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102590>
- Hainer, V. (2011). *Základy klinické obezitologie* (2nd ed.). Grada Publishing, 2011.
- Haroun, D., Croker, H., Viner, R. M., Williams, J. E., Darch, T. S., Fewtrell, M. S., Eaton, S., & Wells, J. C. K. (2009). Validation of BIA in Obese Children and Adolescents and Re-evaluation in a Longitudinal Study. *Obesity*, 17(12), 2245–2250. <https://doi.org/10.1038/oby.2009.98>
- Hawkes, C. P., Hourihane, J. O., Kenny, L. C., Irvine, A. D., Kiely, M., & Murray, D. M. (2011). Gender- and Gestational Age-Specific Body Fat Percentage at Birth. *Pediatrics*, 128(3), e645 LP–e651. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-3856>
- Herbert, A., Gerry, N. P., McQueen, M. B., Heid, I. M., Pfeufer, A., Illig, T., Wichmann, H.-E., Meitinger, T., Hunter, D., Hu, F. B., Colditz, G., Hinney, A., Hebebrand, J., Koberwitz, K., Zhu, X., Cooper, R., Ardlie, K., Lyon, H., Hirschhorn, J. N., ... Christman, M. F. (2006). A Common Genetic Variant Is Associated with Adult and Childhood Obesity. *Science*, 312(5771), 279 LP – 283. <https://doi.org/10.1126/science.1124779>
- Hildebrand, M., Van Hees, V. T., Hansen, B. H., & Ekelund, U. (2014). Age group comparability of raw accelerometer output from wrist-and hip-worn monitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(9), 1816–1824. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000289>
- Hirschhorn, J. N., & Daly, M. J. (2005). Genome-wide association studies for common diseases and complex traits. *Nature Reviews Genetics*, 6(2), 95–108. <https://doi.org/10.1038/nrg1521>
- Janssen, I., & LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(1), 40. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-40>
- Javed, A., Jumean, M., Murad, M. H., Okorodudu, D., Kumar, S., Somers, V. K., Sochor, O., & Lopez-Jimenez, F. (2015). Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Pediatric Obesity*, 10(3), 234–244. <https://doi.org/10.1111/ijpo.242>
- Jiménez-Pavón, D., Kelly, J., & Reilly, J. J. (2010). Associations between objectively measured habitual physical activity and adiposity in children and adolescents: Systematic review. *International Journal of Pediatric Obesity : IJPO : An Official Journal of the International Association for the*

- Study of Obesity*, 5(1), 3–18. <https://doi.org/10.3109/17477160903067601>
- Johnson, M. J., Wootton, S. A., Leaf, A. A., & Jackson, A. A. (2012). Preterm birth and body composition at term equivalent age: a systematic review and meta-analysis. *Pediatrics*, 130(3), e640-9. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-3379>
- Jones, R. A., Blackburn, N. E., Woods, C., Byrne, M., van Nassau, F., & Tully, M. A. (2019). Interventions promoting active transport to school in children: A systematic review and meta-analysis. *Preventive Medicine*, 123, 232–241. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.03.030>
- Kakinami, L., Henderson, M., Chioloro, A., Cole, T. J., & Paradis, G. (2014). Identifying the best body mass index metric to assess adiposity change in children. *Archives of Disease in Childhood*, 99(11), 1020–1024. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2013-305163>
- Katapally, T. R., Bhawra, J., & Patel, P. (2020). A systematic review of the evolution of GPS use in active living research: A state of the evidence for research, policy, and practice. *Health & Place*, 66, 102453. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2020.102453>
- Kelly, P., Fitzsimons, C., & Baker, G. (2016). Should we reframe how we think about physical activity and sedentary behaviour measurement? Validity and reliability reconsidered. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12966-016-0351-4>
- Kirk, S. F. L., Penney, T. L., & Langille, J. J. (2009). The relationship between screen time, physical activity, dietary intake and healthy weights in children and youth: literature review and recommendations for intervention. *Halifax: Halifax Regional Physical Activity and the IWK Health Centre. Nova Scotia Department of Health Promotion and Protection.*
- Kumar, S., & Kelly, A. S. (2017). Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. *Mayo Clinic Proceedings*, 92(2), 251–265. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.09.017>
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J.-C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226–1243. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Manuel Gómez, J., Lilienthal Heitmann, B., Kent-Smith, L., Melchior, J.-C., Pirlich, M., Scharfetter, H., M.W.J Schols, A., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23(6), 1430–1453. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.09.012>
- Lee, I.-M., & Paffenbarger Jr, R. S. (2009). Design of present-day epidemiologic studies of physical activity and health. In *Epidemiologic methods in physical activity studies* (pp. 100–123). Oxford University Press, New York, NY.
- Lee, I.-M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., & Katzmarzyk, P. T. (2012). Effect of

- physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *The Lancet*, 380(9838), 219–229. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61031-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9)
- Li, L., Zhang, S., Huang, Y., & Chen, K. (2017). Sleep duration and obesity in children: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 53(4), 378–385. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jpc.13434>
- Li, N., Zhao, P., Diao, C., Qiao, Y., Katzmarzyk, P. T., Chaput, J.-P., Fogelholm, M., Kuriyan, R., Kurpad, A., Lambert, E. V., Maher, C., Maia, J., Matsudo, V., Olds, T., Onywera, V., Sarmiento, O. L., Standage, M., Tremblay, M. S., Tudor-Locke, C., ... Group, I. R. (2019). Joint associations between weekday and weekend physical activity or sedentary time and childhood obesity. *International Journal of Obesity (2005)*, 43(4), 691–700. <https://doi.org/10.1038/s41366-019-0329-9>
- Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., AlMazroa, M. A., Amann, M., Anderson, H. R., Andrews, K. G., Aryee, M., Atkinson, C., Bacchus, L. J., Bahalim, A. N., Balakrishnan, K., Balmes, J., Barker-Collo, S., Baxter, A., Bell, M. L., ... Ezzati, M. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 380(9859), 2224–2260. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8)
- Ling, C. H. Y., de Craen, A. J. M., Slagboom, P. E., Gunn, D. A., Stokkel, M. P. M., Westendorp, R. G. J., & Maier, A. B. (2011). Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clinical Nutrition*, 30(5), 610–615. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnu.2011.04.001>
- Llewellyn, A., Simmonds, M., Owen, C. G., & Woolacott, N. (2016). Childhood obesity as a predictor of morbidity in adulthood: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 17(1), 56–67. <https://doi.org/10.1111/obr.12316>
- Locke, A. E., Kahali, B., Berndt, S. I., Justice, A. E., Pers, T. H., Day, F. R., Powell, C., Vedantam, S., Buchkovich, M. L., Yang, J., Croteau-Chonka, D. C., Esko, T., Fall, T., Ferreira, T., Gustafsson, S., Kutalik, Z., Luan, J., Mägi, R., Randall, J. C., ... Speliotes, E. K. (2015). Genetic studies of body mass index yield new insights for obesity biology. *Nature*, 518, 197. <https://doi.org/10.1038/nature14177>
- Lockley, S. W., Skene, D. J., & Arendt, J. (1999). Comparison between subjective and actigraphic measurement of sleep and sleep rhythms. *Journal of Sleep Research*, 8(3), 175–183. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.1999.00155.x>
- Love, R., Adams, J., & van Sluijs, E. M. F. (2019). Are school-based physical activity interventions

- effective and equitable? A meta-analysis of cluster randomized controlled trials with accelerometer-assessed activity. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 20(6), 859–870. <https://doi.org/10.1111/obr.12823>
- Lubans, D. R., Morgan, P. J., & Tudor-Locke, C. (2009). A systematic review of studies using pedometers to promote physical activity among youth. *Preventive Medicine*, 48(4), 307–315. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.02.014>
- Maddison, R., & Ni Mhurchu, C. (2009). Global positioning system: a new opportunity in physical activity measurement. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 6(1), 73. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-6-73>
- Maes, H. H. M., Neale, M. C., & Eaves, L. J. (1997). Genetic and Environmental Factors in Relative Body Weight and Human Adiposity. *Behavior Genetics*, 27(4), 325–351. <https://doi.org/10.1023/A:1025635913927>
- Mann, K. D., Howe, L. D., Basterfield, L., Parkinson, K. N., Pearce, M. S., Reilly, J. K., Adamson, A. J., Reilly, J. J., & Janssen, X. (2017). Longitudinal study of the associations between change in sedentary behavior and change in adiposity during childhood and adolescence: Gateshead Millennium Study. *International Journal Of Obesity*, 41, 1042. <https://doi.org/10.1038/ijo.2017.69>
- Martinez, S. M., Greenspan, L. C., Butte, N. F., Gregorich, S. E., De Groat, C. L., Deardorff, J., Penilla, C., Pasch, L. A., Flores, E., & Tschann, J. M. (2014). Mother-reported sleep, accelerometer-estimated sleep and weight status in Mexican American children: sleep duration is associated with increased adiposity and risk for overweight/obese status. *Journal of Sleep Research*, 23(3), 326–334. <https://doi.org/10.1111/jsr.12114>
- McCarthy, H. D., Cole, T. J., Fry, T., Jebb, S. A., & Prentice, A. M. (2006). Body fat reference curves for children. *International Journal Of Obesity*, 30, 598. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803232>
- Mckenzie, T. (2002). *System for Observing Play and Leisure Activity in Youth (SOPLAY)*.
- McKenzie, T. L. (2010). 2009 C. H. McCloy Lecture. Seeing is believing: observing physical activity and its contexts. In *Research quarterly for exercise and sport* (Vol. 81, Issue 2, pp. 113–122). <https://doi.org/10.1080/02701367.2010.10599656>
- McKenzie, T. L., Sallis, J. F., & Nader, P. R. (2016). SOFIT: System for Observing Fitness Instruction Time. *Journal of Teaching in Physical Education*, 11(2), 195–205. <https://doi.org/10.1123/jtpe.11.2.195>
- McNamara, E., Hudson, Z., & Taylor, S. J. C. (2010). Measuring activity levels of young people: the validity of pedometers. *British Medical Bulletin*, 95(1), 121–137. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldq016>
- Miguel-Berges, M. L., Reilly, J. J., Moreno Aznar, L. A., & Jiménez-Pavón, D. (2018). Associations Between Pedometer-Determined Physical Activity and Adiposity in Children and Adolescents: Systematic Review. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 28(1).

https://journals.lww.com/cjsportsmed/Fulltext/2018/01000/Associations_Between_Pedometer_Determined_Physical.9.aspx

- 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>
- Migueles, J. H., Rowlands, A. V., Huber, F., Sabia, S., & van Hees, V. T. (2019). GGIR: A Research Community–Driven Open Source R Package for Generating Physical Activity and Sleep Outcomes From Multi-Day Raw Accelerometer Data. *Journal for the Measurement of Physical Behaviour*, *2*(3), 188–196. <https://doi.org/10.1123/jmpb.2018-0063>
- Montoye, H. J., Washburn, R., Servais, S., Ertl, A., Webster, J. G., & Nagle, F. J. (1983). Estimation of energy expenditure by a portable accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *15*(5), 403–407.
- Moon, R. C. (2020). Late Adiposity Rebound and the Probability of Developing and Reversing Childhood Obesity. *The Journal of Pediatrics*, *216*, 128-135.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2019.09.065>
- Moore, S. A., Faulkner, G., Rhodes, R. E., Brussoni, M., Chulak-Bozzer, T., Ferguson, L. J., Mitra, R., O'Reilly, N., Spence, J. C., Vanderloo, L. M., & Tremblay, M. S. (2020). Impact of the COVID-19 virus outbreak on movement and play behaviours of Canadian children and youth: a national survey. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *17*(1), 85. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-00987-8>
- Morris, J. N., & Crawford, M. D. (1958). Coronary heart disease and physical activity of work; evidence of a national necropsy survey. *British Medical Journal*, *2*(5111), 1485–1496. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.5111.1485>
- N C D Risk Factor Collaboration [NCD-RisC], Abdeen, Z. A., Hamid, Z. A., Abu-Rmeileh, N. M., Acosta-Cazares, B., Acuin, C., Adams, R. J., Aekplakorn, W., Afsana, K., Aguilar-Salinas, C. A., Agyemang, C., Ahmadvand, A., Ahrens, W., Ajlouni, K., Akhtaeva, N., Al-Hazzaa, H. M., Al-Othman, A. R., Al-Raddadi, R., Al Buhairan, F., ... Ezzati, M. (2017). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *The Lancet*, *390*(10113), 2627–2642. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3)
- Nader, P. R., Bradley, R. H., Houts, R. M., McRitchie, S. L., & O'Brien, M. (2008). Moderate-to-Vigorous Physical Activity From Ages 9 to 15 Years. *JAMA*, *300*(3), 295–305. <https://doi.org/10.1001/jama.300.3.295>
- Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C., Mullany, E. C., Biryukov, S., Abbafati, C., Abera, S. F., Abraham, J. P., Abu-Rmeileh, N. M. E., Achoki, T., AlBuhairan, F.

- S., Alemu, Z. A., Alfonso, R., Ali, M. K., Ali, R., Guzman, N. A., ... Gakidou, E. (2014). Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*, *384*(9945), 766–781. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60460-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60460-8)
- Niu, X., Li, Y., Zhang, H., Wang, Q., & Ban, Y. (2013). Fast thermal calibration of low-grade inertial sensors and inertial measurement units. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *13*(9), 12192–12217. <https://doi.org/10.3390/s130912192>
- Olshansky, S. J., Passaro, D. J., Hershov, R. C., Layden, J., Carnes, B. A., Brody, J., Hayflick, L., Butler, R. N., Allison, D. B., & Ludwig, D. S. (2005). A Potential Decline in Life Expectancy in the United States in the 21st Century. *New England Journal of Medicine*, *352*(11), 1138–1145. <https://doi.org/10.1056/NEJMSr043743>
- Ortega, F. B., Lavie, C. J., & Blair, S. N. (2016). Obesity and Cardiovascular Disease. *Circulation Research*, *118*(11), 1752–1770. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.115.306883>
- Owen, N., Healy, G. N., Dempsey, P. C., Salmon, J., Timperio, A., Clark, B. K., Goode, A. D., Koorts, H., Ridgers, N. D., Hadgraft, N. T., Lambert, G., Eakin, E. G., Kingwell, B. A., & Dunstan, D. W. (2020). Sedentary Behavior and Public Health: Integrating the Evidence and Identifying Potential Solutions. *Annual Review of Public Health*, *41*(1), 265–287. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040119-094201>
- Paffenbarger, R. S., & Hale, W. E. (1975). Work activity and coronary heart mortality. *The New England Journal of Medicine*, *292*(11), 545–550. <https://doi.org/10.1056/NEJM197503132921101>
- Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G. W., & King, A. C. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*, *273*(5), 402–407. <https://doi.org/10.1001/jama.273.5.402>
- Phillips, L. R. S., Parfitt, G., & Rowlands, A. V. (2013). Calibration of the GENE accelerometer for assessment of physical activity intensity in children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(2), 124–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.05.013>
- Powell, K. E., Thompson, P. D., Caspersen, C. J., & Kendrick, J. S. (1987). Physical activity and the incidence of coronary heart disease. *Annual Review of Public Health*, *8*, 253–287. <https://doi.org/10.1146/annurev.pu.08.050187.001345>
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Ramires, V. V., Dumith, S. C., & Gonçalves, H. (2015). Longitudinal Association Between Physical Activity and Body Fat During Adolescence: A Systematic Review. *Journal of Physical Activity and Health*, *12*(9), 1344–1358. <https://doi.org/10.1123/jpah.2014-0222>
- Reilly, J. J. (2016). When does it all go wrong? Longitudinal studies of changes in moderate-to-

- vigorous-intensity physical activity across childhood and adolescence. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 14(1), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jesf.2016.05.002>
- Rey-López, J. P., Vicente-Rodríguez, G., Répásy, J., Mesana, M. I., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Kafatos, A., Huybrechts, I., Cuenca-García, M., León, J. F., González-Gross, M., Sjöström, M., de Bourdeaudhuij, I., & Moreno, L. A. (2011). Food and drink intake during television viewing in adolescents: the Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence (HELENA) study. *Public Health Nutrition*, 14(9), 1563–1569. [https://doi.org/DOI: 10.1017/S1368980011000383](https://doi.org/DOI:10.1017/S1368980011000383)
- Rice, T., Després, J.-P., Daw, E., Gagnon, J., Borecki, I., Pérusse, L., Leon, A., Skinner, J., Wilmore, J., Rao, D. C., & Bouchard, C. (1997). Familial resemblance for abdominal visceral fat: The HERITAGE family study. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders : Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 21, 1024–1031. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0800511>
- Rolland-Cachera, M. F., & Cole, T. J. (2019). Does the age at adiposity rebound reflect a critical period? *Pediatric Obesity*, 14(1). <https://doi.org/10.1111/ijpo.12467>
- Rolland-Cachera, M. F., Deheeger, M., Bellisle, F., Sempé, M., Guilloud-Bataille, M., & Patois, E. (1984). Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 39(1), 129–135. <https://doi.org/10.1093/ajcn/39.1.129>
- Rook, A. (1954). An Investigation into the Longevity of Cambridge Sportsmen. *BMJ*, 1(4865), 773–777. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.4865.773>
- Rowlands, Alex V. (2018). Moving forward with accelerometer-assessed physical activity: Two strategies to ensure meaningful, interpretable, and comparable measures. *Pediatric Exercise Science*, 30(4), 450–456. <https://doi.org/10.1123/pes.2018-0201>
- Rowlands, Alex V., Dawkins, N. P., Maylor, B., Edwardson, C. L., Fairclough, S. J., Davies, M. J., Harrington, D. M., Khunti, K., & Yates, T. (2019). Enhancing the value of accelerometer-assessed physical activity: meaningful visual comparisons of data-driven translational accelerometer metrics. *Sports Medicine - Open*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0225-9>
- Rowlands, Alex V., Edwardson, C. L., Davies, M. J., Khunti, K., Harrington, D. M., & Yates, T. (2018). Beyond Cut Points: Accelerometer Metrics that Capture the Physical Activity Profile. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(6), 1323–1332. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001561>
- Rowlands, Alex V., Fairclough, S. J., Yates, T. om, Edwardson, C. L., Davies, M., Munir, F., Khunti, K., & Stiles, V. H. (2019). Activity Intensity, Volume, and Norms: Utility and Interpretation of Accelerometer Metrics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(11). <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002047>
- Rowlands, Ann V., & Eston, R. G. (2007). The Measurement and Interpretation of Children’s Physical Activity. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(3), 270–276.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24149412>

- Rowlands, Ann V., Eston, R. G., & Ingledew, D. K. (1997). Measurement of physical activity in children with particular reference to the use of heart rate and pedometry. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 24(4), 258–272. <https://doi.org/10.2165/00007256-199724040-00004>
- Sallis, J. F., Owen, N., & Fisher, E. B. (2008). Ecological models of health behavior. In *Health behavior and health education: Theory, research, and practice, 4th ed.* (pp. 465–485). Jossey-Bass.
- Salmon, J., Tremblay, M. S., Marshall, S. J., & Hume, C. (2011). Health risks, correlates, and interventions to reduce sedentary behavior in young people. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(2), 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2011.05.001>
- Sanchez-Pulido, L., & Andrade-Navarro, M. A. (2007). The FTO (fat mass and obesity associated) gene codes for a novel member of the non-heme dioxygenase superfamily. *BMC Biochemistry*, 8(1), 23. <https://doi.org/10.1186/1471-2091-8-23>
- Saunders, T. J., McIsaac, T., Douillette, K., Gaulton, N., Hunter, S., Rhodes, R. E., Prince, S. A., Carson, V., Chaput, J.-P., Chastin, S., Giangregorio, L., Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., Kho, M. E., Poitras, V. J., Powell, K. E., Ross, R., Ross-White, A., Tremblay, M. S., & Healy, G. N. (2020). Sedentary behaviour and health in adults: an overview of systematic reviews. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(10 (Suppl. 2)), S197–S217. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0272>
- Shannon, C. E. (1949). Communication in the Presence of Noise. *Proceedings of the IRE*, 37(1), 10–21. <https://doi.org/10.1109/JRPROC.1949.232969>
- Staiano, A. E., Gupta, A. K., & Katzmarzyk, P. T. (2014). Cardiometabolic risk factors and fat distribution in children and adolescents. *The Journal of Pediatrics*, 164(3), 560–565. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2013.10.064>
- Staiano, A. E., & Katzmarzyk, P. T. (2012). Ethnic and sex differences in body fat and visceral and subcutaneous adiposity in children and adolescents. *International Journal of Obesity (2005)*, 36(10), 1261–1269. <https://doi.org/10.1038/ijo.2012.95>
- Štefelová, N., Dygrýn, J., Hron, K., Gába, A., Rubín, L., & Palarea-Albaladejo, J. (2018). Robust Compositional Analysis of Physical Activity and Sedentary Behaviour Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10), 2248. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102248>
- Stevens, M. L., Gupta, N., Inan Eroglu, E., Crowley, P. J., Eroglu, B., Bauman, A., Granat, M., Straker, L., Palm, P., Stenholm, S., Aadahl, M., Mork, P., Chastin, S., Rangul, V., Hamer, M., Koster, A., Holtermann, A., & Stamatakis, E. (2020). Thigh-worn accelerometry for measuring movement and posture across the 24-hour cycle: a scoping review and expert statement. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 6(1), e000874–e000874. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000874>
- Stewart, T., Narayanan, A., Hedayatrad, L., Neville, J., Mackay, L., & Duncan, S. (2018). A Dual-Accelerometer System for Classifying Physical Activity in Children and Adults. *Medicine and*

Science in Sports and Exercise, 50(12), 2595–2602.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001717>

- Stiles, V. H., Metcalf, B. S., Knapp, K. M., & Rowlands, A. V. (2017). A small amount of precisely measured high-intensity habitual physical activity predicts bone health in pre- and post-menopausal women in UK Biobank. *International Journal of Epidemiology*, 46(6), 1847–1856. <https://doi.org/10.1093/ije/dyx080>
- Syme, C., Abrahamowicz, M., Leonard, G. T., Perron, M., Pitiot, A., Qiu, X., Richer, L., Totman, J., Veillette, S., Xiao, Y., Gaudet, D., Paus, T., & Pausova, Z. (2008). Intra-abdominal adiposity and individual components of the metabolic syndrome in adolescence: sex differences and underlying mechanisms. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 162(5), 453–461. <https://doi.org/10.1001/archpedi.162.5.453>
- Thomsen, T. K., Jensen, V. J., & Henriksen, M. G. (1998). In vivo measurement of human body composition by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *The European Journal of Surgery = Acta Chirurgica*, 164(2), 133–137. <https://doi.org/10.1080/110241598750004797>
- Tonascia, J., Brown, K. M., & Canner, P. L. (1986). The routine use of winsorization in data monitoring reports to reduce the effects of influential observations. *Controlled Clinical Trials*, 7(3), 229. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-2456\(86\)90056-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-2456(86)90056-5)
- Tremblay, M S, LeBlanc, A. G., Kho, M. E., Saunders, T. J., Larouche, R., Colley, R. C., Goldfield, G., & Gorber, S. C. (2011). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phy*, 8. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-98>
- Tremblay, Mark S, Aubert, S., Barnes, J. D., Saunders, T. J., Carson, V., Latimer-Cheung, A. E., Chastin, S. F. M., Altenburg, T. M., Chinapaw, M. J. M., on behalf of SBRN Terminology Consensus Project Participants, Altenburg, T. M., Aminian, S., Arundell, L., Atkin, A. J., Aubert, S., Barnes, J., Barone Gibbs, B., Bassett-Gunter, R., Belanger, K., ... Wondergem, R. (2017). Sedentary Behavior Research Network (SBRN) -- Terminology Consensus Project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0525-8>
- 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>
- Tudor-Locke, C., Craig, C. L., Beets, M. W., Belton, S., Cardon, G. M., Duncan, S., Hatano, Y., Lubans, D. R., Olds, T. S., Raustorp, A., Rowe, D. A., Spence, J. C., Tanaka, S., & Blair, S. N. (2011). How many steps/day are enough? for children and adolescents. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8, 78. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-78>
- Tyson, N., & Frank, M. (2018). Childhood and adolescent obesity definitions as related to BMI, evaluation and management options. *Best Practice & Research. Clinical Obstetrics &*

- Gynaecology*, 48, 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2017.06.003>
- Umer, A., Kelley, G. A., Cottrell, L. E., Giacobbi, P. J., Innes, K. E., & Lilly, C. L. (2017). Childhood obesity and adult cardiovascular disease risk factors: a systematic review with meta-analysis. *BMC Public Health*, 17(1), 683. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4691-z>
- Vähä-Ypyä, H., Vasankari, T., Husu, P., Suni, J., & Sievänen, H. (2015). A universal, accurate intensity-based classification of different physical activities using raw data of accelerometer. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35(1), 64–70. <https://doi.org/10.1111/cpf.12127>
- van Hees, V. T., Fang, Z., Langford, J., Assah, F., Mohammad, A., da Silva, I. C. M., Trenell, M. I., White, T., Wareham, N. J., & Brage, S. (2014). Autocalibration of accelerometer data for free-living physical activity assessment using local gravity and temperature: an evaluation on four continents. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 117(7), 738–744. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00421.2014>
- van Hees, V. T., Gorzelniak, L., Dean León, E. C., Eder, M., Pias, M., Taherian, S., Ekelund, U., Renström, F., Franks, P. W., Horsch, A., & Brage, S. (2013). Separating movement and gravity components in an acceleration signal and implications for the assessment of human daily physical activity. *PloS One*, 8(4), e61691. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061691>
- Wang, J., Thornton, J. C., Kolesnik, S., & Pierson JR., R. N. (2000). Anthropometry in Body Composition: An Overview. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904(1), 317–326. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06474.x>
- Ward, L. C. (2019). Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation. *European Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 194–199. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0335-3>
- Weihrauch-Blüher, S., Schwarz, P., & Klusmann, J.-H. (2019). Childhood obesity: increased risk for cardiometabolic disease and cancer in adulthood. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 92, 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.12.001>
- Welk, G., Morrow, J., & Saint-Maurice, P. (2017a). *Measures registry user guide: physical activity environment*. National Collaborative on Childhood Obesity Research.
- Welk, G., Morrow, J., & Saint-Maurice, P. (2017b). *Measures Registry User Guide: Individual Physical Activity*. National Collaborative on Childhood Obesity Research.
- Wells, J., & Fewtrell, M. (2006). Measuring body composition. *Archives of Disease in Childhood*, 91, 612–617. <https://doi.org/10.1136/adc.2005.085522>
- WHO. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*.
- WHO. (2011). Global status report on noncommunicable diseases 2010: description of the global burden of NCDs, their risk factors and determinants. WHO.
- WHO. (2019). *Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world*. World Health Organization.

- Williams, G., & Fruhbeck, G. (Eds.). (2009). *Obesity: Science to Practice*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Wong, T. C., Webster, J. G., Montoye, H. J., & Washburn, R. (1981). Portable accelerometer device for measuring human energy expenditure. *IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering*, 28(6), 467–471. <https://doi.org/10.1109/TBME.1981.324820>
- Woo Baidal, J. A., Locks, L. M., Cheng, E. R., Blake-Lamb, T. L., Perkins, M. E., & Taveras, E. M. (2016). Risk Factors for Childhood Obesity in the First 1,000 Days: A Systematic Review. *American Journal of Preventive Medicine*, 50(6), 761–779. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2015.11.012>
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Wu, X. Y., Han, L. H., Zhang, J. H., Luo, S., Hu, J. W., & Sun, K. (2017). The influence of physical activity, sedentary behavior on health-related quality of life among the general population of children and adolescents: A systematic review. *PloS One*, 12(11), e0187668–e0187668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187668>
- Xiang, M., Zhang, Z., & Kuwahara, K. (2020). Impact of COVID-19 pandemic on children and adolescents' lifestyle behavior larger than expected. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 63(4), 531–532. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2020.04.013>
- Yeager, M., Orr, N., Hayes, R. B., Jacobs, K. B., Kraft, P., Wacholder, S., Minichiello, M. J., Fearnhead, P., Yu, K., Chatterjee, N., Wang, Z., Welch, R., Staats, B. J., Calle, E. E., Feigelson, H. S., Thun, M. J., Rodriguez, C., Albanes, D., Virtamo, J., ... Thomas, G. (2007). Genome-wide association study of prostate cancer identifies a second risk locus at 8q24. *Nature Genetics*, 39(5), 645–649. <https://doi.org/10.1038/ng2022>
- Zhang, S., Murray, P., Zillmer, R., Eston, R. G., Catt, M., & Rowlands, A. V. (2012). Activity classification using the GENEVA: optimum sampling frequency and number of axes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(11), 2228–2234. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31825e19fd>