

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

Působení vnějších vlivů při vytrvalostním běhu
Bakalářská práce

Autor: Nikol Zachová
Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.
Olomouc 2021

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Nikol Zachová

Název bakalářské práce: Působení vnějších vlivů při vytrvalostním běhu

Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Rok obhajoby bakalářské práce: 2021

Abstrakt: *Úvod* Běh se stal celosvětovým trendem a konkrétně maraton se stává velice oblíbenou disciplínou široké veřejnosti. Vnější faktory ovlivňují různé metabolické procesy a stavy, kterými je běžec ovlivněn v průběhu výkonu. *Cíl* Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit systematický přehled randomizovaných kontrolovaných studií zkoumajících působení vnějších vlivů při vytrvalostním běhu. *Metodika* Práce je psaná jako systematický přehled, pro vyhledávání byla využita databáze MEDLINE. Z 388 studií spadajících do vyhledávací strategie bylo vybráno 12 pro finální analýzu. *Výsledky* Většina studií dokládá negativní účinky vnějších vlivů působících na výkon běžců při vytrvalostním běhu. Například při vysokých teplotách, byl vzhledem k nadměrnému pocení sledován i pokles tělesné hmotnosti. *Závěry* Environmentální faktory mají negativní vliv na fyziologické procesy při vytrvalostním běhu. Teplota je složkou environmentálních faktorů, která má největší vliv na vytrvalostní výkon.

Klíčová slova: Environmentální faktory, teplota, vytrvalostní běh, systematický přehled

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Nikol Zachová

Title of bachelor thesis: Effect of environmental influences on endurance running

Supervisor: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Department: Department of natural science in kinanthropology

The year of presentation: 2021

Abstract: *Introduction:* Running has become a global trend and especially the marathon has become a very popular discipline for the general public. Environmental factors have an impact on various metabolic processes and states that affect the runner during his or her physical performance. *Objective:* The aim of the bachelor's thesis presented is to create a systematic overview of randomized controlled trials examining the effects of external influences on endurance running. *Methodology:* The thesis is composed as a systematic overview; the MEDLINE database was used for searching. Of the 388 studies included in the search strategy, 12 were selected for the final analysis. *Results:* The majority of studies demonstrate the negative effects of external factors on performance during endurance running. For example, at high temperatures, weight loss has also been observed due to excessive sweating. Weight loss was monitored. *Conclusions:* Environmental factors affect negatively physiological processes in the endurance running. Temperature is one of the environmental factors that have the greatest impact on endurance performance.

Keywords: Environmental factors, temperature, endurance running, systematic overview

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Filipa Neulse, Ph.D., a uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. 6. 2021

.....

Děkuji Mgr. Filipu Neulsovi, Ph.D., za odborné vedení, pomoc, cenné rady a trpělivost při vedení mé závěrečné práce.

Obsah

1	ÚVOD	8
2	PŘEHLED POZNATKŮ	9
2.1	Historie vytrvalostního běhu a maratonu	9
2.2	Charakteristika disciplíny	10
2.3	Energetické systémy	10
2.3.1	ATP-CP systém.....	10
2.3.2	Anaerobní glykolýza.....	11
2.3.3	Aerobní oxidace glukózy a tuků	12
2.4	Determinanty vytrvalostního běhu	13
2.4.1	Svalová vlákna.....	13
2.4.2	Maximální spotřeba kyslíku.....	13
2.5	Vytrvalost.....	14
2.5.1	Adaptace na vytrvalostní trénink	15
2.6	Vytrvalostní schopnosti s aerobní kapacitou	15
2.6.1	Aerobní výkon při vysokém zatížení	16
2.6.2	Anaerobní práh	17
2.7	Krevní tlak	17
2.7.1	Krevní tlak při dynamické zátěži	17
2.7.2	Krevní tlak při statické zátěži	18
2.8	Termoregulace a hydratace.....	19
2.8.1	Složení potu, pot	19
2.8.2	Výdej tepla.....	20
2.8.3	Hydratace	21
2.8.4	Dehydratace	21
2.8.6	Vliv teploty	22

2.8.7	Hyperhydratace	22
2.9	Environmentální vlivy	25
2.9.1	Teplota vzduchu.....	25
2.9.2	Vlhkost vzduchu	25
2.9.3	Vítr	25
2.9.4	Tlak vzduchu.....	26
2.9.5	Atmosférické srážky	26
2.9.6	Globální sluneční záření	26
2.9.7	Oblačnost	27
2.9.8	Ozonové znečištění	27
3	CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY	28
3.1	Hlavní cíl práce.....	28
3.2	Dílčí cíle práce	28
3.3	Výzkumné otázky	28
4	METODIKA PRÁCE.....	29
5	VÝSLEDKY	32
5.1	Charakteristika vybraných studií.....	32
5.2	Charakteristika účastníků.....	32
5.3	Design studií.....	33
5.4	Porovnání vybraných studií	33
6	DISKUZE	41
6.1	Aplikace do praxe.....	42
6.2	Limity práce.....	42
7	ZÁVĚRY	43
8	SOUHRN	44
9	SUMMARY	45
10	REFERENČNÍ SEZNAM.....	46

1 ÚVOD

V posledních letech se běh stal celosvětovým trendem a konkrétně maraton se stává velice oblíbenou disciplínou široké veřejnosti (Meyer & Falbriard, 2021). Běžci, kteří běhají vytrvalostní závody, jsou znevýhodněni oproti běžcům, kteří běhají kratší tratě, neboť mají větší riziko nedokončení běhu, jelikož vnější faktory ovlivňují různé metabolické procesy a stavy, kterým je v průběhu výkonu běžec vystaven. Ve snaze dosáhnout svých cílů si tak mohou přivodit zdravotní komplikace.

Motivací pro výběr tématu této bakalářské práce bylo vytvořit ucelený česky psaný přehled, který by pomohl českým běžcům rozšířit své obzory v oblasti působení vnějších faktorů a jejich vlivu na vytrvalostní běh.

Tato bakalářská práce se v teoretické části zabývá maratonem a obecně vytrvalostním během, jeho historií, adaptací lidského organismu na vytrvalostní běh a také vnějšími faktory, které na organismus při vytrvalostním běhu působí. V části praktické je prezentován systematický přehled studií pojednávajících o působení vnějších vlivů při vytrvalostním běhu.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Historie vytrvalostního běhu a maratonu

Počátky vytrvalostního běhu zasahují už do pravěku, ale skutečný začátek této disciplíny je obtížné vytyčit. Jedná se o sport, který je nenáročný na přirozenost pohybu, a hlavně co se týče vybavení. Člověk běh využíval v době, když se cítil v ohrožení a musel utéct nebo si ulovit potravu, proto se jedná o přirozenou lokomoci.

Specifickým typem vytrvalostního běhu je maraton, který je pojmenován podle města Maraton. Jedná se o město, které leží v Řecku, konkrétně na poloostrově Attika, vzdálená 40 kilometrů severovýchodně od Atén. V roce 490 př. n. l. perská armáda zahájila tažení proti Řekům. U Maratonu došlo k jedné z nejslavnějších bitev, kdy aténská armáda porazila armádu Peršanů. Zprávu o úspěchu řeckých bojovníků měl doručit voják Fiddippos, který musel v plné zbroji běžet tento „závod“ z Maratonu do Atén. Poté, co zprávu doručil, se zhroutil a zemřel (Narducci, Quercetani, Magnani, & Škorpil, 2005).

Některé zdroje uvádí jak jinou vzdálenost, kterou musel posel uběhnout, tak samotné jméno posla. Existuje ještě jedna legenda, která se váže s bitvou u Maratonu a je spojená s vytrvalostním během. V této legendě se posel jmenuje Feidippides, který měl běžet vzdálenost 246 km, konkrétně z Atén do Sparty, kde měl požádat o podporu dalších vojáků. Tuhle vzdálenost měl údajně stihnout uběhnout do 24 hodin. Armáda na pomoc došla o den později. Díky této legendě vznikl závod Spartathlon.

Michaela Bréala i přítele Pierra de Coubertina, zakladatele tradice novodobých olympijských her, tato legenda okouzila. Michael Bréal vznesl požadavek na umístění maratonského běhu do programu olympijských her (Narducci et al., 2005). Coubertin věděl, že tento projekt bude velmi obtížný, ale zároveň považoval za důležité, aby se v Aténách nezapomnělo na nic, co by připomenulo slavné události dávné Hellady. Když se Řekové dozvěděli o této myšlence, radostně ji začali realizovat (Kršák, 1979). Přibližně o třicet let později začaly běžet závodně maratony také ženy, ale existují zmínky o jednotlivých pokusech i z dřívějších dob (Narducci et al., 2005). Do programu olympijských her byl ženský maraton zařazen v roce 1984, kdy se konaly hry v Los Angeles (Müller, 1986).

Vzdálenost maratonského běhu nebyla konstantní, postupem let se měnila a pohybovala se kolem 40 km. Poprvé se skutečná vzdálenost běžela na olympijských hrách v Londýně v roce 1908. Cíl tohoto závodu byl umístěn před lóží královny Alexandry a z tohoto důvodu běžci

museli uběhnout vzdálenost 42,195 km. V roce 1921 tuto vzdálenost schválila Světová atletická federace jako oficiální (Chalfen, 2014).

2.2 Charakteristika disciplíny

Běh je součástí mnoha sportů a zároveň je běh o různých délkách v atletice považován sám o sobě jako sportovní disciplína. Jedná se o pohyb, u kterého se pravidelně opakují stejné pohyby, resp. běžecký dvojkrok, a tento pohyb nazýváme jako cyklický. Za aktivity, které mají také cyklický charakter, se považuje plavání, jízda na kole, chůze nebo běh na lyžích (Čechovská & Miler, 2008).

Velmi velkou výzvou ve sportu je uběhnout 42,195 km (Burke, 2007). Oproti ostatním savcům mají lidé výjimečnou schopnost běžet dlouhé vzdálenosti v horkém počasí. Tato schopnost vychází z mnoha fyziologických vlastností člověka, které nám umožňují účinně uvolňovat i ukládat energii a zároveň vyhovět požadavkům termoregulace při dlouhých bězích (Lieberman & Bramble, 2007).

2.3 Energetické systémy

Ve výkonu hraje roli, jak jedinec získává energii pro svalovou práci. Odvíjí se od charakteru zatížení a také o stavu fyzické kondice. Je mnoho energetických zdrojů, které se vzájemně ovlivňují (Tvrzník et al., 2006). Ve vytrvalostním běhu se uplatňuje především aerobní metabolismus, ale pro úplnost budou nastíněny všechny metabolické dráhy. Lidský organismus může využívat tři základní energetické cesty, aby zajistil pracujícím svalům dostatečné množství energie v podobě molekul adenosintrifosfátu (ATP), buď anaerobně, to znamená bez přístupu O_2 , anebo aerobně za spotřeby O_2 (Botek et al., 2017).

2.3.1 ATP-CP systém

Anaerobně lze provádět krátkodobé intenzivní výkony (například při vzpírání těžkých vah, sprint) po omezenou dobu, tzn. bez přístupu kyslíku. Při pohybu je během prvních sekund svalové práce energie čerpána ze zásob, které jsou uloženy ve svalu, konkrétně se jedná o rozklad malých zásob ATP (Grasgruber & Cacek, 2008). Pokud dojde k vyčerpání těchto zásob, nové ATP je regenerováno reakcí adenosidifosfátu (ADP) s kreatinfosfátem, který je

uložený ve svalu. Molekula organického fosforu je poté uvolněná z kreatinfosfátu a dojde ke spojení s ADP a tím vznikne nová molekula ATP (Botek et al., 2017). V době prvních zhruba 5-6 sekund jsou tyto reakce převládajícím zdrojem energie a na rozdíl od anaerobní glykolýzy při nich nevzniká laktát (Grasgruber & Cacek, 2008). Při dlouhodobém cvičení se nestačí regenerovat kreatinfosfát a jeho podíl na celkové energetické produkci prudce klesá (při 6 sekundách práce zhruba na 50 %, ale při 30 sekundách už sotva na 30 %). Jakmile skončí zátěž, ve svalech se jeho zásoby znovu rychle obnoví (75-80 % v průběhu zhruba 1 minuty, 100 % v průběhu 2-3 minut) (Rokyta et al., 2000).

2.3.2 Anaerobní glykolýza

Anaerobní rozklad glukózy začíná později než ATP-CP systém a zhruba po 6 sekundách se začne podíl obou systémů vyrovnávat. Nejprve je glukóza rozkládána na pyruvát, který je potom bez přístupu kyslíku přeměněn enzymem laktátdehydrogenázou (LDH) na laktát, což je konjugovaná báze kyseliny mléčné (Botek et al., 2017).

V případě, že je glukóza získána štěpením svalového glykogenu, čistý energetický výnos anaerobní glykolýzy představují 3 molekuly ATP na 1 molekulu glukózy. Při výkonu, který přetrvává déle a glukóza je do svalu dopravována i krví z jater, se čistý zisk sníží na 2 molekuly ATP (1 molekula ATP je použita v játrech na chemickou úpravu glukózy). Pro náhlou potřebu při intenzivních výkonech je svalový glykogen základní zásobní formou glukózy a vystačí maximálně na zhruba 90 minut nepřerušované svalové práce. V jaterním glykogenu jsou uloženy další zásoby glukózy (Rokyta et al., 2000).

V procesu označovaném glukoneogeneze jsou játra schopna tvořit glukózu také z aminokyselin (proteinů), laktátu, tuků, glycerolu i jiných látek. Do krve proudí glukóza z jater a k tvorbě energie je spotřebována při průtoku svaly. Ke krytí intenzivního svalového výkonu ale jaterní glukóza nepostačuje, krevní glukóza je navíc zdrojem energie pro mozek a další tkáně, a proto musí být v krvi zachována určitá minimální hladina glukózy. Z tohoto důvodu je limitována schopnost svalů přijímat glukózu z krve. Při anaerobní glykolýze, u které se produkuje energie, se ve svalu hromadí laktát, i přes jeho rychlé vyplavování do krve a další metabolizaci v játrech a ledvinách (kde je použit při syntéze glukózy), v srdci (reformován na pyruvát), nebo nepracujících svalech (Grasgruber & Cacek, 2008).

Jestliže hladina laktátu dosáhne konkrétní úrovně, disociované ionty vodíku H^+ zapříčiní takový pokles pH, že nastane inhibice enzymů a tím i svalových funkcí. Známý pocit „pálení“

je důsledkem dráždění nervových zakončení, které má za příčinu zvyšující se acidózu. Pufrovací kapacita krve a svalů ovlivňuje rychlost poklesu pH, jelikož závisí na schopnosti neutralizovat volné vodíkové ionty a zpomalovat okyselování. Tato kapacita je významná pro sportovní výkon a tréninkem ji lze zvýšit. Mezi nejdůležitější pufrů patří hemoglobin, histidin, některé bílkoviny, fosfáty, především karboxylové kyseliny a jejich soli (HCO_3^- , NaHCO_3^-). Jako získávání energie je anaerobní glykolýza velmi neefektivní způsob a cca 2x pomalejší než regenerace ATP z kreatinfosfátu, ale pořád zřetelně rychlejší než oxidace glukózy. Zásoby kreatinfosfátu jsou prakticky vyčerpány po zhruba 30 sekundách intenzivní činnosti a náhlý přechod na pomalejší anaerobní glykolýzu způsobuje proslulou „čtvrkařskou krizi“, jelikož dojde ke snížení rychlosti produkce ATP a hromadění laktátu (Rokyta, Marešová, & Turková, 2002).

2.3.3 Aerobní oxidace glukózy a tuků

U výkonů, které trvají déle než 60-70 sekund, převažuje jako zdroj energie pro svalovou práci oxidace glukózy (tzn. štěpení glukózy za přítomnosti O_2). Glukóza je nejprve rozložena v cytoplazmě svalové buňky na pyruvát, který je poté metabolizován v mitochondriích během takzvaného Krebsova cyklu (Rokyta et al., 2000). Během závěrečné reakce tzv. oxidativní fosforylace vzniká voda (H_2O), oxid uhličitý (CO_2) a velké množství energie (uložené v makroergní molekule ATP) (Máček & Máčková, 2002).

Při stupňujícím se výkonu nestačí množství oxidativních enzymů, mitochondrií a přijímaného kyslíku odbourávat pyruvát a dochází v procesu anaerobní glykolýzy k přeměně pyruvátu na laktát. Jestliže jsou vyčerpány zásoby glykogenu a krevní glukózy, zhruba po 90 minutách intenzivního výkonu začnou svaly užívat především energii oxidací tuků (respektive ze zásobního triacylglycerolu, jenž obsahuje mastné kyseliny), které po betaoxidaci také vstupují do Krebsova cyklu a definitivně se přeměňují na vodu a oxid uhličitý (Rokyta, Marešová, & Turková, 2002).

U tvorby energie z tuků nedochází k vytváření laktátu, ale je méně úsporný než štěpení glukózy, jelikož potřebuje na stejné množství energie zhruba o 7 % více O_2 . To nezbytně vyvolá vyšší nároky na dodávku kyslíku (zvýšení ventilace) a průtok krve (vyšší srdeční výdej). Stejně vysoké pracovní tempo není možné udržet tvorbou energie z tuků.

Když dojde k vyčerpání glykogenových zásob a organismus postupně přejde na pomalejší oxidaci tuků, tento stav se projeví pověstně známou krizí, která přijde po 30 kilometrech

maratónského závodu a je doprovázena hypoglykemií. Jelikož je v tucích uloženo velmi velké množství energie, teoreticky by bylo možné svalovou práci při oxidaci tuků provádět téměř do nekonečna, ale prakticky je to nemožné z důvodu dehydratace, narušení osmotické rovnováhy v tělesných tekutinách, přehřátí a podobně. V případě extrémní dlouhodobé zátěže slouží jako zdroj energie i proteiny, a to hlavně větvené aminokyseliny (branched-chain amino acids, BCAA) (Rokyta, Marešová, & Turková, 2002).

2.4 Determinanty vytrvalostního běhu

Pro dosažení vysoké úrovně vytrvalostního výkonu, patří mezi významné determinanty typologie svalových vláken, úroveň maximální spotřeby kyslíku ($VO_2 \text{ max}$), úroveň aerobního (AP) a anaerobního prahu (ANP) a ekonomika pohybu (Botek et al., 2017).

2.4.1 Svalová vlákna

Typologie svalových vláken a jejich procentuální zastoupení je prvním z determinantů, na kterém má největší podíl genetika. Svalová vlákna jsou svou výbavou funkčně vysoce specializovaná, tudíž je jasné, že vytrvalci disponují oxidativními vlákny. U elitních vytrvalců se uvádí až 80 % zastoupení pomalých oxidativních vláken na rozdíl od 20 % zastoupení rychlých svalových vláken. Při tělesné činnosti oxidativní svalová vlákna spotřebovávají velké množství O_2 a díky tomu tak vytváří velké množství energie (ATP) aerobní cestou. Následkem vysoké oxidační kapacity svalových vláken mohou vytrvalostně trénovaní sportovci ve větší míře využívat pro svalovou práci energii, která pochází ze štěpení tuků neboli volných mastných kyselin. Pro tato svalová vlákna je typické vytváření pouze omezeného množství laktátu a více se podílejí na jeho metabolizaci (Botek et al., 2017).

2.4.2 Maximální spotřeba kyslíku

Jedním z nejdůležitějších fyziologických kritérií je maximální spotřeba kyslíku ($VO_2 \text{ max}$) a zároveň je jedním z důležitých ukazatelů aerobní kapacity (Marangoz, 2020). Aerobní kapacitu lze definovat, jako množství kyslíku, které je spotřebováno při maximálním tréninku anebo při maximální činnosti sportovce v okysličeném prostředí (McArdle, Katch, & Katch, 2006). $VO_2 \text{ max}$ lze rovněž definovat jako maximální množství z objemu přijatého

kyslíku, který je při svalové práci organismus schopen využít. U vyspělých vytrvalců můžeme pracovat při intenzitě, která odpovídá úrovni VO_{2max} , pouze relativně omezenou dobu (kolem 10-15 minut). Vyšší VO_{2max} poukazuje na lepší dispozice pro intenzivnější vytrvalostní zatížení, a tak i pro vytrvalostní výkon. Kdežto patologicky nízké hodnoty VO_{2max} mohou člověka limitovat i při relativně nenáročných pohybových aktivitách habituálního charakteru (Botek et al., 2017). Vyšší spotřeba kyslíku v organismu jedince je přímo úměrná vyšší aerobní kapacitě. Viditelně zvyšují maximální spotřebu O_2 u sportovců pravidelná a delší kontrolovaná cvičení (Marangoz, 2020).

Podle Botka et al. (2017) platí, že čím větší bude množství kyslíku, které je tělo schopno při svalové činnosti využít, tím bude více energie, které bude vytvářeno efektivním aerobním způsobem. Maximální aerobní výkon lze vyjádřit v ml spotřebovaného kyslíku na kilogram za minutu (ml/kg/min).

2.5 Vytrvalost

Pohybové schopnosti lze zjednodušeně vymezit jako skupinu vnitřních předpokladů k pohybové činnosti. Rozdělení pohybových schopností na koordinační a kondiční je všeobecně akceptováno (Jančík, Závodná, & Novotná, 2006). Pohybové schopnosti popisuje Měkota & Novosad (2007), jako rozsáhlou a členitou třídu schopností, které podmiňují zdárnou pohybovou činnost a dosahování výkonů ve všech oblastech života, protože pohyb je dominantní složkou, a nejen ve sportu. Podle Vobra (2013) se pohybové schopnosti dělí na silové, vytrvalostní, rychlostní a obratnostní.

Sportovní činnosti, které vykonáváme po delší časový úsek a převážně využívají aerobní metabolismus, jsou označovány jako vytrvalostní sporty. Aerobní metabolismus převládá při fyzickém cvičení delší než 2-3 minuty při nízké, střední nebo submaximální intenzitě (Zahradník & Korvas, 2012).

Vytrvalost můžeme definovat jako schopnost udržet určitou rychlost či výkon po nejdelší možnou dobu (Jones & Carter, 2000). Vytrvalost je podle Botka et. al. (2017) chápána jako schopnost dlouhodobě konat tělesnou činnost dané intenzity, aniž by došlo ke snížení její efektivity. Podle času trvání lze dělit na:

- rychlostní nebo sprinterskou: doba trvání 7-35 s,
- krátkodobou: doba trvání 35-120 s,
- střednědobou: doba trvání 2-10 min,

- dlouhodobou: doba trvání je nad 10 min.

2.5.1 Adaptace na vytrvalostní trénink

Adaptace sportovců na vytrvalostní trénink, a tedy zvýšení VO_{2max} jsou poměrně rychlými procesy. Změna dosahuje zhruba 15-20 % za první 3-4 měsíce, jelikož dojde ke zvětšení objemu krevní plazmy, objemu srdce a zároveň ke zvýšení množství červených krvinek a mnohdy i ke snížení tělesné hmotnosti. Většinou platí, čím vyšší je původní hodnota VO_{2max} , tím je menší zlepšení. Po uplynutí 3-4 měsíců je nárůst VO_{2max} značně menší a zanedlouho může nastat výkonnostní plató efekt (Pavlík, 2003).

Když zahájíme prvotní fázi tréninku, dojde ke zřetelné stresové reakci organismu na fyzické zatížení, jelikož dojde k většímu narušení dynamické rovnováhy (Botek et al., 2017).

2.6 Vytrvalostní schopnosti s aerobní kapacitou

K vytrvalostním schopnostem s aerobní kapacitou se řadí dlouhodobá a střednědobá vytrvalost. Předpoklady pro vysokou úroveň vytrvalostních schopností s aerobní kapacitou jsou zvýšený podíl pomalých svalových vláken, úroveň energetických rezerv ve svalu a schopnost jejich mobilizace. Aerobní kapacita a vysoký aerobní výkon jsou dva typy O_2 systému, které se zde využívají a mají tedy z funkčního hlediska určující význam. Jako parametr aerobních procesů je považován v tréninku aerobní výkon, který má pro trénink vytrvalosti vysoký informační význam. Tento ukazatel (VO_{2max}) umožňuje získat představu o nárocích organismu při zatížení v O_2 systému. Vysoká aktuální spotřeba kyslíku označuje vysoké nároky a naopak. Aerobní kapacita se vztahuje k maximální spotřebě kyslíku. Znamená výkon, při kterém je organismus schopen dlouhodobě pracovat v nejvyšší úrovni takzvaného rovnovážného stavu (mezi potřebou a dodávkou kyslíku). Z toho vyplývá, že jde o schopnost pracovat převážně v aerobním režimu bez významnějšího zapojení anaerobních energetických procesů (Dovalil et al., 2002).

Aerobní kapacitu nelze jednoznačně definovat či určit. Vyjadřuje se procentuálním vyjádřením činitele VO_{2max} , například 70 nebo 80 % VO_{2max} . Během toho se sleduje doba, po kterou je možné v této intenzitě pracovat. Pokud máme dokonalejší diagnostiku, jako hraniční kritérium se označuje doba činnosti a intenzita, při které se nezvýší laktát signalizující aktivaci anaerobních procesů. Pro maratonce jsou důležité tyto dvě veličiny. Sportovcův

potenciální aerobní výkon, který je závislý na mobilizaci energetického systému za určitou jednotku času. Druhý faktor označuje aerobní kapacitu vztahující k celkovému množství uvolněné energie. Hlavním vytrvalostním předpokladem maratonce je schopnost udržet po delší sledovanou dobu vysoké procento maximální spotřeby kyslíku (Dovalil et al., 2002).

2.6.1 Aerobní výkon při vysokém zatížení

Vysoké anaerobní zatížení je charakteristickým rysem tréninkového procesu maratonce. Problém nastává při stanovení vhodné intenzity a doby trvání běhu, kdy intenzita vymezuje odpovídající dobu zatížení. Širší pásmo aerobního zatížení se považuje za účinný instrument pro zvýšení aerobního výkonu. Při absenci přesnějších a serióznějších experimentálních výzkumů je možné se přiklonit ke konstatování Neumanna, Pfütznera, & Hottenrotta (1998), kteří vymezují jako účinnou intenzitu pro stimulaci maximální spotřeby kyslíku rozvojovou zónu pohybující se okolo 60-90 % VO_2max . Zatěžování tohoto typu vede k rozsáhlým přírůstkům aerobního výkonu (Dovalil et al., 2002).

Vyskytuje se několik možností, jak intenzitu běhu posuzovat a vyjadřovat:

- Ve vztahu procento spotřeby kyslíku k jeho maximální hodnotě, maximální intenzita potřebuje činnost na úrovni 100 % VO_2max , analogicky se užívá intenzity submaximální cca 80 % VO_2max . Při vytrvalostním tréninku jsou tato zjištění velmi důležitá. Přesné zjištění hodnot se používá pouze ve výzkumu. V praxi se často používá takzvané nepřímé určování této veličiny z jiných, lehce získatelných hodnot.
- Možná maximální srdeční frekvence.
- Úplné maximum, kdy za referenční bod se pokládá nejvyšší možná intenzita činnosti, která je energeticky zabezpečována ATP-CP systémem.
- Pásmo intenzity dle osobní křivky, tzn. dle nejlepších výkonů v úsecích odlišné délky, v tomto případě se vychází z relativního maxima, tj. maxima při každém běžeckém úseku a od něj se odvozuje intenzita 90 nebo 80 % rychlosti v daném úseku.

Výše uvedené přístupy se spolu neshodují, jelikož nejsou věcně totožné. Musí být v každém případě uvedeno, jaký referenční bod (maximální TF, VO_2max , nebo absolutní maximální intenzita) se užívá (Máček & Máčková, 2002).

2.6.2 Anaerobní práh

Při zvýšení intenzity zatížení se zvyšuje také průběžná spotřeba kyslíku až do maximální úrovně. Tím dochází v určitém momentu k postupné aktivaci anaerobních procesů. Mnoho laboratorních zkoumání potvrdilo, že výraznější vzestup hladiny laktátu nastává po dosažení hodnoty 4-5 mmol/l. Každé následující zvýšení intenzity potom vede k významnému vzestupu acidózy vnitřního prostředí. Tato hranice, která je vyjadřována příslušnou intenzitou fyzické aktivity, je definována jakožto anaerobní práh (ANP). ANP představuje takovou nejvyšší intenzitu konstantního zatížení, při které k úhradě energetického požadavku nestačí jediné aerobní procesy, ale výrazněji se už uplatňují i anaerobní procesy, nicméně celý systém látkové výměny zůstává pořád ještě v dynamické rovnováze tvorby a utilizace laktátu (Wasserman et al., 1973).

2.7 Krevní tlak

Tlak krve se považuje za hydrostatický tlak krve v arteriích. Tlak ovlivňují složité mechanismy, které závisí na intenzitě srdeční činnosti, odporu periferie (závislý na délce cév, průřezu a jejich pružnosti) a objemu krve, např. při zvýšení množství krve v důsledku vyplavení ze zásobních objemů (Bartůňková, 2004). Fyziologické hodnoty tlaku krve jsou 120/80 mmHg (140/90 mmHg je horní hranice normy). Při neinvazivním měření by paže a potažmo manžeta tlakoměru měla být v úrovni srdce. Mělo by se měřit na obou pažích, a pokud je tlakový rozdíl mezi jednotlivými pažemi do 10 mmHg, tak je zanedbatelný a pokládá se za fyziologický (Štejfa, 2007).

Systolický krevní tlak je maximální hodnota v artériích. Tento tlak je generován srdeční systolou a elasticitou tepenné stěny. Diastolický krevní tlak je minimální hodnota, tento tlak je zachováván periferním odporem. Ženy mají nižší hodnotu krevního tlaku než muži (Rokyta, 2015).

2.7.1 Krevní tlak při dynamické zátěži

Rytmičké střídání kontrakce a relaxace velké svalové masy se označuje jako dynamická tělesná zátěž. Pokud roste intenzita dynamické zátěže, stoupá i systolický tlak krve, zatímco diastolický tlak se drží na totožné míře nebo lehce klesá. Dystonická reakce s nízkou výpovědní

hodnotou znamená, že u některých jedinců diastolický tlak klesne až k nule. Do pracujících svalů je krev redistribuována vlivem snižování odporu v periférii, které probíhá diferencovaně (Bartůňková, 2004).

V ledvinách a ve splachnické oblasti nastává vazokonstrikce, zatímco mozek se srdečním svalem si zachovávají dostatečný přívod krve. Aby diastolický i systolický krevní tlak pohotově dosáhl rovnovážného stavu, musí mít při dynamické konstantní zátěži nízkou až střední intenzitu (Štejfa, 2007). Pokud je zátěž konstantní a intenzita submaximální až maximální, systolický krevní tlak výrazně stoupá (>200 mmHg) a diastolický krevní tlak se snižuje k nulové hodnotě nebo v určitých případech se zvyšuje (Dobšák, 2009).

2.7.2 Krevní tlak při statické zátěži

Svalový stah, který trvá déle proti fixnímu odporu, se nazývá statická zátěž a trénink s tímto typem zátěže je označován jako silový (Bartůňková, 2004).

V důsledku změny nitrohruďního tlaku se při statické práci mění krevní tlak. Stlačení velkých cév má za následek zvýšený nitrohruďní tlak, což omezí cirkulaci a žilní návrat (Štejfa, 2007). Úvodní zvýšení tlaku je tímto přerušeno, dochází naopak k jeho snížení, a jelikož se zvyšuje náplň žilního řečiště, zpětně se zvyšuje i tepenný tlak přes kapiláry. Po dokončení práce dojde k uvolnění tlaku na dutině hrudní, díky kterému se objeví druhé zakolísání (Dobšák, 2009). Výrazné zvýšení krevního tlaku a nepatrné změny minutového objemu má za následek intenzivní zátěž krátkých úseků u atletů, kteří trénují silově (Štejfa, 2007). Silový trénink směřuje ke vzniku koncentrické hypertrofie levé komory, aniž by se měnila velikost srdeční dutiny (Pastucha, 2014).

Nárůst celkové periferní rezistence, zvýšení srdeční frekvence a tlaku krve je důsledkem akutní reakce oběhového systému na statickou zátěž. Vlivem adaptace na izometrické cvičení malých svalových skupin se minimálně dočasně snižuje kardiovaskulární riziko. Při silovém tréninku, u kterého adaptace trvá dlouhodobě, dochází k mírné koncentrické hypertrofii levé komory a ke snížení arteriální compliance. Klidový krevní tlak se v důsledku dlouhodobého silového tréninku významně nezvyšuje (Procházka et al., 2012).

2.8 Termoregulace a hydratace

Tento pojem znamená, že organismus je schopen si udržet stálou tělesnou teplotu. Termoregulace je schopností takzvaných teplotokrevných (homioioteplotních) živočichů, naopak u studenokrevných (poikiloteplotních) termoregulace chybí, jelikož jejich tělesná teplota je ovlivněna do velké míry teplotou okolí. Jednou ze základních funkcí homeostázy teplotokrevných živočichů je právě udržení stálé tělesné teploty (Rokyta et al., 2015).

Hodnota naměřená v axile je považována za takzvanou normální tělesnou teplotu. Tato teplota se pohybuje v rozmezí 35,8–37,0 °C. Můžeme měřit takzvanou teplotu slupky, jedná se o části těla, které jsou ovlivněny částečně okolní teplotou, konkrétně tedy o končetiny, hlavu a povrch těla. Dále rozlišujeme takzvanou teplotu jádra, která je relativně konstantní a nemění se vlivem okolí, zde se jedná o teplotu hrudní a břišní dutiny, konkrétně o teplotu jater, která činí 39,0–40,0 °C. U tělesné teploty je přirozené kolísání. Cirkadiánní kolísání znamená kolísání v průběhu dne. Nejnižší teplotu můžeme naměřit ráno kolem čtvrté hodiny ranní a nejvyšší v pozdním odpolední. Kolísání cirkalunární je u žen ovlivněno menstruačním cyklem, jelikož progesteron zvýší teplotu až o 0,5 °C.

Ve většině případů je vedlejším produktem metabolických dějů právě teplo. S tvorbou tepla jsou především spojena játra, jelikož mají vysokou metabolickou aktivitu. U svalové kontrakce ve svalech teplo vzniká jako odpadní produkt. Kůže se považuje za důležitý orgán, jehož úkolem je mimo jiné výměna tepla mezi tělem a okolím, jelikož je součástí tepelného izolačního systému. Tento systém tvoří společně s podkožním vazivem a podkožní tukovou vrstvou, která slouží jako hlavní tepelný izolátor (Botek et al., 2017).

2.8.1 Složení potu, pot

Produktem potních žláz je pot, který se skládá především z vody a iontů (Na^+ , K^+ a Cl^- , vodní ztráty jsou zejména z extracelulární tekutiny), kyseliny mléčné a močoviny.

Jedinci, který není aklimatizován na horké podmínky, vzniká přibližně 1000 ml potu za hodinu. V důsledku odpařování se voda i ionty obsažené v ní ztrácí. Po dobu od jednoho až do šesti týdnů, kdy je jedinec vystaven horkým podmínkám, se zvýší vylučování potu na 2-3 litry za hodinu, ale díky lepšímu vstřebávání a působení aldosteronu se ztráty soli sníží na 3 až 5 gramů za den. Poté je tělo lépe ochlazováno a nehrozí mu taková ztráta iontů v horkém prostředí (Rokyta, 2000).

Je patrné, že k největším ztrátám tělesné vody pocením dochází při sportu, kdy je velký nárůst svalové práce doprovázený tvorbou tepla. Sportovci, u kterých je jejich výkon spojený s vysokou mírou svalové práce, budou častěji, a i v rozmanitější formě vystaveni riziku dehydratace, než s jakým se může potkat populace, která nesportuje.

2.8.2 Výdej tepla

K výdeji tepla dochází ve chvíli, kdy je teplo odváděno za pomoci cirkulace takzvané z jádra do slupky mechanismem kožní vazodilatace. K tepelné ztrátě může dojít z fyzikálního i fyziologického hlediska těmito způsoby:

- Radiace (sálání) - jelikož infračervené paprsky vyzařuje všechno, co má vyšší teplotu než absolutní nula, jedná se o ztrátu tepla v podobě právě infračervených paprsků, které vyzařují všemi směry. Pokud je teplota těla vyšší než teplota prostředí, pak se větší množství tepla z organismu pomocí záření nepřijímá, ale vydává.
- Kondukce (vedení) - v tomto případě se teplo odvádí do okolí, se kterým je v kontaktu, například vzduch, který tělo obklopuje. Ale jelikož vzduch vede teplo poměrně málo, výraznější je teplo odváděno ve vodě, jelikož voda je považována za velmi dobrý vodič.
- Konvekce (proudění) – nejprve se teplo nahromadí do vrstvičky kolem těla, pak za pomoci proudění dojde k výměně ohřátého vzduchu za studený. Významnou roli zde hraje například rychlost větru.
- Evaporace (odpařování) – pokud je teplota okolí vyšší než teplota těla, jde o jediný možný způsob výdeje tepla. Jedná se o odpařování potu, který je vyloučen na kůži a jelikož se přemění na páru, odebírá změnou skupenství určité množství tepla.
- Perspiratio insensibilis – patrné odpařování tekutiny z povrchu těla, sliznic a dýchacích cest (zhruba 450-800 ml/den).

Velmi záleží na okolí, konkrétně na vlhkosti, teplotě, větru, slunečním záření aj., ale i na vlastní izolaci organismu, u člověka zejména na oblečení (Botek et al., 2017).

2.8.3 Hydratace

Lidské tělo je z poměrně velké části tvořeno vodou. U dospělého člověka tato část může vytvářet až 60 % tělesné hmotnosti, což odpovídá zhruba 45 l vody v těle u jedince, který váží 75 kg. Vodu dělíme do intracelulárního a extracelulárního prostorů (kompartmentů):

- Intracelulární tekutina neboli ICT je nitrobuněčná tekutina, která se nachází uvnitř buněk lidského těla. U dospělého jedince tvoří 40 % tělesné hmotnosti, tedy 66 % veškeré tělesné vody. U člověka, který váží 75 kg, to znamená 30 l vody, která se nachází uvnitř buněk (Rokyta, 2000). ICT je vázaná na draslík, který je hlavní intracelulární kationt (Mandelová et al., 2007).
- Extracelulární tekutina neboli ECT je mimobuněčná tekutina, která vyplňuje prostor mezi buňkami lidského těla. U dospělého jedince tvoří 20 % tělesné hmotnosti (u jedince vážícího 75 kg představuje 15 l vody). ECT se dělí na intravazální a intersticiální tekutinu. Intravazální označuje krevní plazmu a intersticiální představuje tkáňový mok (Rokyta, 2000). Extracelulární tekutina je vázaná na sodík, který je hlavní extracelulární kationt (Mandelová et al., 2007).

2.8.4 Dehydratace

Lidské tělo při nedostatku tekutin spěje k dehydrataci. Ta se vyjadřuje různými symptomy v závislosti na množství ztracené vody z lidského těla, např. při ztrátě 2 % tělesné hmotnosti se může dostavit žízeň. Z toho vyplývá, že při pocitu žízně se již jedná o lehkou formu dehydratace (Mandelová et al., 2007).

Jestliže se jedinec nemůže z nějakých důvodů napít a doplnit tak ztráty tělesných tekutin, dehydratace se postupně dále rozvíjí a společně s ní i její příznaky od žízně přes slabost, únavu, vyčerpání a delirium až po smrt (Whitney & Rolfes, 2008).

Pokles hmotnosti po sportovním výkonu je skoro výhradně spojen se ztrátami tělních tekutin. To znamená, jestliže sportovec dokončuje sportovní aktivitu s nižší hmotností, než s jakou začínal, jedná se už o stav, kdy se rozvíjí dehydratace (Bernaciková et al., 2013).

Zajímavostí je, že i přestože si mohou sportovci doplňovat tekutiny v průběhu výkonu podle svého uvážení a pocitu žízně, tak tento příjem tekutin nemusí být adekvátní a dostačující k pokrytí ztrát vody (Popkin et al., 2010).

Míra a stupeň dehydratace rozhodují, jak moc bude významný její dopad na sportovní výkon. Při dehydrataci v rozmezí 1 % (tzn. snížení tělesné hmotnosti o 1 %) srdce musí zvýšit svoji činnost o tři až pět tepů za minutu (Clark, 2009). Dehydrataci lze definovat jako ztrátu 2 % tělesné hmotnosti a ovlivňuje výkon sportovce. Dehydratace může především narušit aerobní, ale i mentální a kognitivní schopnosti (Bernaciková et al., 2013).

2.8.6 Vliv teploty

Zajímavostí je, jak ovlivňuje okolní teplota projevy, které se rozvíjejí při dehydrataci. Při teplotě, která se pohybuje kolem 20 °C, dochází k významným dopadům na aerobní výkon jedince už při dehydrataci v rozmezí 2 %. Naopak v chladných podmínkách, kdy teplota okolí dosahuje 2 °C, jsou projevy spojené s dehydratací 3 % pouze okrajové. Jestliže ztráta tělesné vody v podmínkách chladu pokračuje, je spojena s dalšími negativními projevy, které jsou jistě nižší intenzity, než k jakým by docházelo při stejném stupni dehydratace při vyšší okolní teplotě. Při dehydrataci 6 % je snížena produkce moči, dostavuje se podrážděnost, slabost a agresivita, u dehydratace 8 % je jedinec už nucen ukončit svůj výkon (Bernaciková et al., 2013).

2.8.7 Hyperhydratace

Hyperhydratace neboli intoxikace vodou je jev, který je poměrně vzácný a v běžném životě se s ním setkáváme pouze jen ve spojitosti s onemocněním ledvin. Jde tedy o patologický stav, se kterým se však můžeme setkat ve sportovním odvětví, konkrétně ve spojitosti s vytrvalostními sporty (Fořt, 2002).

Hyperhydratace, často nazývaná jako hyponatrémie, je jev, kdy je snížen obsah sodíku v plazmě pod 135 mmol/l. S hyponatrémií se ve sportu setkáváme i u zdravých sportovců. Na rozdíl od dehydratace není tak častá. Vyskytuje se u běžců, kteří běhají maraton nižší výkonnosti, ultra maratonců, triatlonistů a méně zdatných příležitostných závodníků. V této skupině sportovců je totiž vyšší pravděpodobnost, že před výkonem požili větší množství tekutin, než by měli, a ve zvýšeném příjmu budou nadále pokračovat i po dobu výkonu. Lidské tělo je schopné vyloučit pouze omezené množství vody, přičemž tito jedinci mohou přijmout vyšší množství tekutin v poměru k množství tekutin v těle. Ve výsledku dochází k relativnímu nedostatku sodíku, který je podpořen jeho ztrátami v potu.

Příznaky hyponatrémie jsou únava, nevolnost, nadýmání a bolest hlavy, samozřejmě se každý z těchto příznaků může dále prohlubovat. U jedinců, kteří trpí hyponatremií, může docházet k otokům horních i dolních končetin, pocitu zmatenosti a dezorientaci. Mezi další projevy můžeme zařadit zhoršenou koordinaci a sípavé dýchání. Velmi malá koncentrace sodíku v krvi může přivodit epileptické záchvaty, kóma až smrt (Clark, 2009).

Martin (2007) publikoval rady pro jedince, kteří se musí při svých výkonech vyrovnat s vysokými okolními teplotami.

- Důležité je zvolit si udržitelné tempo po celý čas závodu ve vysokých teplotách. Jedinci musí běžet pomalejším tempem, jelikož rychlost, která je pro ně přirozená při maratonu, se kvůli teplotním podmínkám stává později neudržitelná.
- Jedinec by měl být oblečen do bílé barvy, jelikož bílá barva redukuje vliv slunečního záření. Boty a ponožky by měly být vyzkoušeny v podobných podmínkách, protože při zvýšené produkci potu roste riziko vzniku puchýřů.
- Je nutné dodržovat dostatečné množství přijímaných tekutin, s jejichž pomocí se také doplňuje energie. Tekutiny jsou významné i pro udržení tvorby potu a průtoku krve organismem.

Autor dále uvádí:

- Snížení efektivity termoregulace může být důsledkem použití opalovacího krému.
- Pokud je na výběr běh ve stínu či na slunci, je vhodné si vybrat možnost běžet ve stínu, jelikož rozdíl teplot může činit až okolo 8 °C.
- Je potřeba před závodem mít pokožku v pořádku, jelikož spálená pokožka také snižuje efektivitu termoregulace.

Tabulka 1. Podmínky ovlivňující dehydrataci u maratonských běžců (Chevront & Haymes, 2006)

ID	Vzdálenost [km]	Populace [n]	Teplota prostředí a relativní vlhkost	MP [l.h ⁻¹]	DEH [%]	PT [l.h ⁻¹]	RT [°C]	Rychlost [m.min ⁻¹]
T1	42,2	M 1	10 °C	0,71	2,13	0,33	39,4	256
			19 °C	1,44	4,95	0,32	39,6	254
			22 °C	1,25	3,65	0,47	39,9	256
T2	42,2	M 1	23,9–27,8 °C	3,71	8,1	0,84		314
T3	42,2	M 1	25,6 °C, 35 %		5,1			
T4	42,2	M 4	20,4 °C, 37 %	1,52	6,4		39	266
T5	42,2	M 8, F 3	16,1–22,5 °C 60–67 %	1,17		0,46	39,1	216
T6	42,2	F 1	18,1–20,5 °C				39	180
T7	42,2	M 18	13,1–13,7 °C, 99–100 %	0,95	2,9	0,39		203
T8	42,2	M 9	21,7 °C, 69 %	0,93	3,3	0,45	39,1	199
T9	42,2	M 7	26 °C	0,7	3,5			142
T10	42,2	M 6	21–26 °C, 50–60 %	1,13	3,7	0,42	38,5	194
T11	42,2	M 2	18,6 °C	0,86	2,9	0,54	40,5	259
T12	42,2	M 2	17,9 °C	0,86	3,1	0,35	39,9	268
T13	42,2	M 6	15–29 °C	0,98	4,3	0,19	39,8	257
T14	42,2	M 59	10,8–12,1 °C, 70–80 %	0,74	2,8	0,38	38,8	191
T15	42,2	M 62	6,6–11,8 °C				38,7	198
T16	42,2	M 47	10–12 °C		3	0,39		194
T17	42,2	M 20	13,7–16 °C		4,97	0,07		303
T18	42,2	M 6	17,5–20,4 °C	0,99	3,2	0,37	39,5	194
				0,67	2,92	0,28	38	169
T19	42,2	M 3	15,5–24,5 °C	1,24	4,7	0,37	39,2	194
T20	42,2	M 39, F 6	7,8 °C			0,41		175
T21	42,2	M 30	19–22 °C, 68 %	1	2,5	0,61	38,9	204
T22	42,2	M 10	15–19 °C	1,27	3,1	0,45	38,3	250
				1,15	2,4	0,49	38,5	213
				0,94	2,3	0,47	38,8	183
				0,69	1,6	0,42	39	163
T23	42,2	M 5, F 1	19 °C, 60 %		3,1	0,44		210
T24	42,2	M 56	22–23,5 °C, 52–58 %	0,96	5,2	0,13	39	216
				1,32	5,8		40,6	259
T25	42,2	M 83	6–24 °C, 45–85 %		3,4	0,15		188
					2,6			182
T26	42,2	M 1	19,6–21,4 °C, 52–60 %		5,4			178
T27	42,2	M 7	20,5 °C, 51 %	1	3,9	0,34	38,6	220
T28	42,2	M 6	10,6–15 °C, 48–67 %					212
								237
T29	42,2	M 90	10–12 °C, 70–80 %		2,9	0,373		187
T30	40	M 6	25–32 °C, 70–82 %	1,71	4	0,7	40	230
				1,25	3,9	0,57	39,3	217
T31	40	M 8	25–32 °C, 62–82 %	1,8	4,45	0,79	40	231
T32	32	M 10	23–30 °C, 25–26 %		6,97		38,6	
T33	32	M 31	9,1 - 17 °C, 29–96 %	1,5 - 4,2	2–5	0,3 - 2,4	38,3–40,8	
T34	30	F 6	14 °C, 64 %	0,69	2,5	0,47	38,5	185
			20 °C, 54 %	0,8	2,4	0,54	38,6	185
			29 °C, 55 %	1,07	2,8	0,7	38,7	185

Vysvětlivky: n = počet populace, MP = množství potu, DEH = dehydratace, PT = příjem tekutin, RT = rektální teplota po doběhnutí, M = muž, F = žena

2.9 Environmentální vlivy

2.9.1 Teplota vzduchu

Teplotní poměry určují charakter klimatu pro danou oblast. Hlavním zdrojem energie pro atmosférické procesy je sluneční záření. Energie slunečního záření ohřívá zemský povrch, který potom emituje teplé dlouhovlnné záření a zvyšuje teplotu v přízemní vrstvě vzduchu. Podle Petroviče (1966) se teplotní poměry mění v závislosti od příjmu energie slunečního záření (zeměpisná šířka) jako i od typu zemského povrchu (půda, vodní plochy, pohoří) a dalších faktorů.

- Časová proměnlivost tepelných podmínek popisuje roční a denní chod teploty vzduchu odvozený z dlouhodobých pozorování, nejméně za období několika desetiletí.
- K základním charakteristikám patří průměrná denní teplota vzduchu s příslušnými denními extrémami. Na měření maximální a minimální teploty se používají speciální teploměry.
- Z rozdílu údajů o maximální a minimální teplotě se vyhodnotí amplituda denní teploty.

2.9.2 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je dána množstvím vodní páry v atmosféře. Obsah vodní páry se dynamicky mění v čase i prostoru. Míru nasycení vzduchu vodní párou ovlivňují procesy jako vypařování a kondenzace vodní páry v atmosféře, dále přenos vodní páry ve vertikálním směru působení konvekce a turbulentní výměny, a nakonec proudění tepla, tj. horizontální proudění s promícháváním rozdílných vlhkých vzduchových hmot. V meteorologii je vlhkost vzduchu definována různými veličinami, nejčastěji to je relativní vlhkost vzduchu [%]. Relativní vlhkost vyjadřuje poměr skutečného tlaku vodní páry k maximálnímu tlaku vodní páry, který je potřebný na nasycení vzduchu při dané teplotě (Konček et al., 1974).

2.9.3 Vítr

Vítr je pohyb vzduchu pozorovaný na daném místě. Na klimatologických stanicích se měří přízemní vítr ve výšce 10 m nad zemí. Při pozorování určujeme jeho směr a rychlost. Rychlost větru se vyjadřuje obvykle v km/h nebo v m/s. Směr větru označujeme světovou

stranou, která je totožná se směrem proudění vzduchu, tj. směr odkud vítr fouká. Vítr se skládá z celé řady nárazů, náhlých zesílení a zeslabení proudění vzduchu (Otruba, 1964).

2.9.4 Tlak vzduchu

Atmosférický tlak je ukazatel fyzikálních vlastností vzduchových hmot nacházejících se nad určitým územím. Je definovaný jako hydrostatický tlak vyvolaný tíhou vertikálního vzduchového sloupce, který sahá od hladiny moře až k horní hranici atmosféry. Jde o proměnlivou veličinu, které ovlivňuje prvky, jako je teplota a vlhkost vzduchu, ale i zeměpisná šířka a nadmořská výška. Pro lepší porovnání tlakových údajů naměřených na různých stanicích jsou zjištěné hodnoty, které jsou redukovány na teplotu 0 °C, zeměpisná šířka 45° a nadmořská výška hladiny moře. Normální tlak za těchto podmínek je 1013,25 hPa. Při výstupu do výšky tlak vzduchu klesá v důsledku neustálého poklesu hmotnosti atmosféry (Kopáček & Bednář, 2005).

2.9.5 Atmosférické srážky

Atmosférické srážky se vyznačují velkou časovou a prostorovou proměnlivostí. Rozložení srážkových souhrnných ukazatelů ve vysokohorských plochách závisí na nadmořské výšce a orientaci místa k převládajícímu proudění vzduchových hmot. Pro důkladnou analýzu vývoje srážkových parametrů jsou potřebné řady pozorování. Množství v kapalném skupenství nebo ve formě vody z rozpuštěných tuhých srážek (ze sněhu, krup) se na klimatologické stanici měří srážkoměrem (Kemel, 1991).

2.9.6 Globální sluneční záření

Záření představuje hlavní složku v celkovém příjmu zářivé energie na zemském povrchu. V podstatě měření určuje energetický stav aktivního povrchu a přiléhajících vrstev atmosféry. Hustota toku globálního záření je determinována takovými faktory, na kterých bezprostředně závisí hustota toku přímého slunečního záření a hustota toku rozptýleného záření. K těmto faktorům patří hlavně výška Slunce, propustnost záření do atmosféry, oblačnost, délka trvání slunečního svitu a další (Závodský & Závodská, 1992).

2.9.7 Oblačnost

Důležitým faktorem lokálního klimatu i počasí je výskyt oblačnosti. Množství, druh a výška spodní základny oblačnosti na stanici. Číselné vyjádření množství oblačnosti se opírá o vizuální porovnání oblohy a o jedenáctistupňové hodnoty v škále od 0 do 10. Přesnost odhadu je závislá na kvalifikaci a praxi pozorovatele. Při výskytu kupovité oblačnosti může být odhad množství oblačnosti přeceňovaný v důsledku kulisovitého překrývání se oblačných formací výrazných vertikálních tvarů (Orliczowa & Peterka, 1974).

2.9.8 Ozonové znečištění

Intenzifikace automobilové dopravy, průmyslná činnost, antropogenní aktivity, necitlivé zasahování do přírodního prostředí, jako i přírodní procesy (sopečná činnost, biomechanické cykly, hoření biomasy) přispívají k zvyšování obsahu radiačně-aktivních, takzvaných skleníkových plynů (H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 , freony) a znečišťujících látek (NO , CO , aerosoly) v atmosféře (Bičárová et al., 2005).

3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

3.1 Hlavní cíl práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit systematický přehled randomizovaných kontrolovaných studií zkoumajících působení vnějších vlivů při vytrvalostním běhu.

3.2 Dílčí cíle práce

1. Popsat environmentální faktory, které působí na běžce při vytrvalostním běhu.
2. Porovnat běžce různé výkonnostní úrovně z hlediska efektivity termoregulace.

3.3 Výzkumné otázky

1. Jaký vliv má teplota na vytrvalostní běh?
2. Jaká je optimální teplota pro nejlepší výkon vytrvalostních běžců?
3. Jak se mění hmotnost běžce při maratónu?

4 METODIKA PRÁCE

Přehled studií byl vytvořen v květnu 2021. K vyhledávání byla využita databáze MEDLINE. Zde byly vyhledávány randomizované kontrolované studie (dále RTC) týkající se vnějších faktorů ovlivňující běžce při vytrvalostním běhu.

Vyhledávací strategie byla vytvořena využitím nástroje PICO (pacient/populace/problém, intervence, komparace, výsledek-outcome). Jako klíčová slova pro vyhledávání byla zvolena: marathon, marathon runners, distance running, distance runners, endurance running, endurance runners. Pro charakteristiku intervence byly zvoleny termíny: temperature, humidity, hot, weather, impact weather, weather factors, wind conditions. Mezi termíny charakterizující výstup (outcome), podle kterého bude zvolen efekt intervence, byly zvoleny: termoregulation, body temperature, weight, respiration, sweat, blood, pressure. Po zadání klíčových slov bylo nalezeno celkem 1636 studií, po specifikaci designu studie na randomizovanou kontrolovanou studii zbylo 388 studií. Před specifikací na RTC byla přidána omezení na free full text (plný text zdarma), english (anglický jazyk), Species: Human (Lidé), Sex: Male, Female (Pohlaví: Muži, Ženy). Vyhledávací strategie je v grafické podobě uvedena v Tabulce 2.

Dalším krokem bylo expertní posouzení studií dle jejich názvu k následnému posouzení prošly takové studie, které svým názvem či obsahem abstraktu nasvědčovaly tomu, že se věnují dané problematice. Prošly také studie, u kterých nebylo jasné, zdali vyhovují nebo ne, a byly podrobeny posouzení vhodnosti na základě analýzy plného textu.

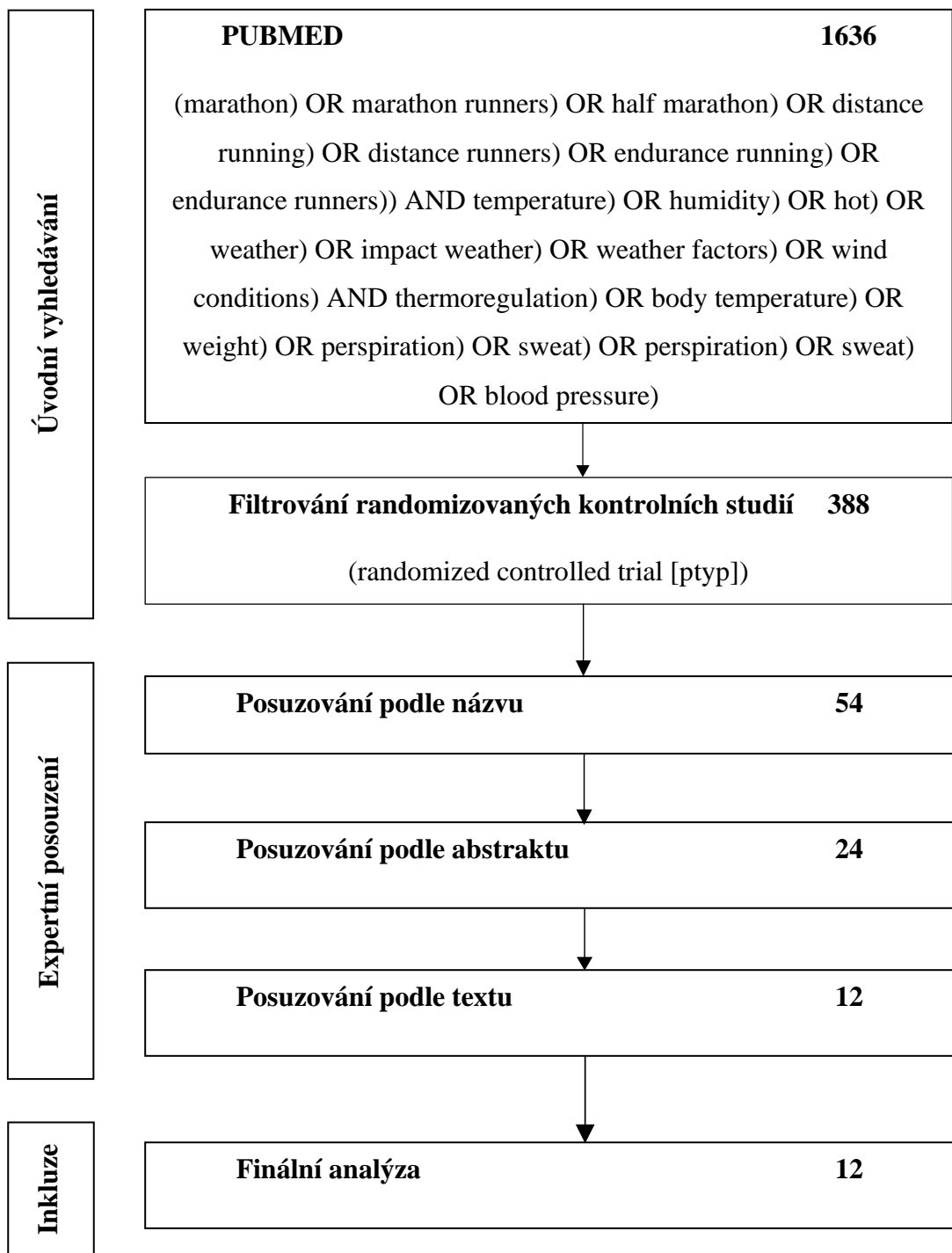
Celkem 334 studií nevyhovovalo typem intervence (26 %) a výstupem (74 %). Dále 54 studií bylo posuzováno podle abstraktu, 30 studií bylo vyřazeno kvůli nevyhovujícím kritériím inkluze. Po přečtených plných textů bylo vyřazených dalších 12 prací. Celý proces výběru vyhovujících studií je zobrazen v Tabulce 3.

Finální výběr RTC byl podrobně analyzován, jak lze vidět v Tabulce 3. Pro seznámení se se studiem byly uvedeny informace o autorovi, roku a jméno časopisu, ve kterém byl článek publikován, cíl studie a počet citací z Google Scholar k 1. 6. 2021.

Tabulka 2. Vyhledávací strategie vytvořená pomocí nástroje PICO

P (participanti)	I (intervence)	C (komparace)	O (výstup)	S (design studie)
Marathon (1)	Temperature (1)		Thermoregulation (1)	Randomized Controlled Trial [ptyt] (1)
2348	523502		4004	472391
Marathon runners (2)	Humidity (2)		Body temperature (2)	
883	27075		22831	
Half marathon (3)	Hot (3)		Weight (3)	
291	54667		648693	
Distance running (4)	Weather (4)		Perspiration (4)	
1899	15787		560	
Distance runners (5)	Impact weather (5)		Sweat (5)	
1333	571		13956	
Endurance running (6)	Weather factors (6)		Blood pressure (6)	
973	901		202753	
Endurance (7)	Wind conditions (7)			
680	1064			
1 OR 2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6 OR 7	1 OR 2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6 OR 7		1 OR 2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6	
8407	623567		892797	
Celkem	(1 OR 2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6) AND (1 OR 2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6) AND (1 OR 2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6)			
	388			

Tabulka 3. Postup při vyhledávání studií pro finální analýzu



5 VÝSLEDKY

V databázi MEDLINE bylo nalezeno 1636 studií, z nichž byly vyfiltrované pouze kontrolované studie (388), které byly podrobeny další analýze relevantnosti názvů a abstraktů. Po posouzení názvů zbylo pouze 54 studií a 24 abstraktů. Po přečtení plných textů bylo k finální analýze určeno 12 prací. Podrobný popis tvorby vyhledávací strategie je v Tabulce 3 a analýza studií v Tabulce 2.

5.1 Charakteristika vybraných studií

V Tabulce 5 jsou uvedeny všechny informace charakterizující výzkumné soubory, na nichž bylo testování prováděno. Vzhledem k malému počtu studií byl pro přehlednost jako identifikační element zvolen autor s rokem vydání. V tabulce je dále uveden počet probandů, u některých jejich pohlaví, věk a rozdělení výkonnostní charakteristiky.

Tabulka 6 znázorňuje designy studií. Délku trvání intervence, teplotu, vlhkost, vítr a tlak. Tabulky 5 a 6 jsou nezbytné jako kontext pro lepší a přesnější chápání výsledků, vyvozování závěrů.

V Tabulce 7 je shrnutí výsledků analyzovaných článků. Pro rychlé zorientování jsou v posledních sloupcích znázorněny trendy výstupů. Pomocí šipky dolů, je vyjádřený pokles hmotnosti a za pomocí křížků, je zaznamenaný faktor, který běžce při vytrvalostním běhu ovlivnil.

5.2 Charakteristika účastníků

Jedenácti analyzovaných studií se účastnilo celkem 2422849 osob. U 2174233 účastníků, kteří byli součástí studie Knechtle et al. (2019), El Helou et al. (2012) a Ely et al. (2007) nebyl specifikován počet zástupců jednotlivých pohlaví. V dalších studiích bylo ze zbylých 248626 účastníků 246942 mužů a 1684 žen. Ve dvanácté analyzované studii od Maughan (2010) pak nebyl vůbec uveden počet zkoumaných běžců. Věk účastníků v mnoha studiích nebyl uveden, jelikož se jednalo o velké množství běžců, ale ve studiích, kde byl uveden, je průměrný věk 32,22 let. Ve čtyřech případech se jednalo o vysoce trénované elitní maratónské běžce, v sedmi případech se jednalo o trénované běžce běžající maratony či jiné dlouhé tratě. V jednom případě se jednalo o trénované běžce, kteří běhají ultramaratony.

5.3 Design studií

Všechny uvedené studie jsou randomizované kontrolované studie, což znamená, že kromě intervenční skupiny ve výzkumu figuruje také skupina kontrolní, která napomáhá hodnocení efektu intervence. Rozřazení do těchto skupin bylo provedeno náhodně. Intervencí byly ve všech případech environmentální vlivy při vytrvalostním běhu, nicméně metody se lišily. Ve všech studiích byla měřena teplota, v pěti studiích byla měřena vlhkost, v pěti případech se měřila rychlost větru a ve třech případech se měřil tlak. Studie trvaly různou délkou, protože každá studie měla jiný počet testování. U sedmi z dvanácti případů se jedná o běh na 42,2 kilometrů, v jednom případě se jedná o vytrvalostní běh na 30 kilometrů a v jednom případě se jedná o běh na 21 kilometrů. V jedné studii se jedná o běh v době 30-60 minut. Ve třech případech se jedná o výsledky z více maratonů, ve čtyřech případech se jedná o jeden maraton v různém ročním období. Ve 3 případech probandi byli měřeni po různých intervalech (3 km, 5 km, mezi 0-5 km a zároveň mezi 20-25 km a 35-40 km). Ve 2 studiích probandi absolvovali testování v laboratoři, kde byli měřeni po 10 minutách (Tabulka 6).

5.4 Porovnání vybraných studií

Při srovnání výstupů jednotlivých studií můžeme hledat negativní účinky vnějších vlivů působících při vytrvalostním běhu na jedince.

Z dvanácti studií ukázalo deset studií na významný negativní vliv teploty při vytrvalostním běhu, v jednom případě je uvedeno, že negativní vliv má teplota až nad 25 °C, a dvě studie ukázaly na významný negativní vliv vlhkosti. Čtyři z těchto dvanácti prací poukazují na úbytek hmotnosti při vytrvalostním běhu v teplých podmínkách. Sedm studií zkoumalo zpomalení běžce při nárůstu teploty o 1 °C. Dvě studie dokládají zpomalení běhu ovlivněného větrem, další studie zpomalení ovlivněné vlhkostí a jedna tlakem. V sedmi pracích se výkon měřil v přesných teplotách, ve čtyřech pracích se měřila v rozmezí po 5-7 °C a v jedné práci bylo rozmezí až 30 °C. Čtyři z pěti prací, které měřily vlhkost, ji zaznamenávaly v daných %. Tři z pěti prací, které měřily výkon, zaznamenávaly rychlost větru v určitém rozmezí.

Tabulka 4. Přehled studií určených k finální analýze, *počty citací k 1. 6. 2021 z Google Scholar

Autor	ID	Cíl studie	Časopis	Počet citací
El Helou et al. (2012)	S1	Popsat rozložení výkonů všech běžců v největších maratonech po celém světě a určit, které parametry prostředí mají maximální dopad.	PLoS ONE	157
Ely et al. (2007)	S2	Kvantifikovat dopad počasí na výkon maratonu pro různé populace běžců.	Medicine and Science in Sports and Exercise	294
Ely et al. (2008)	S3	Zjistit vliv teploty vzduchu na běžce během celého maratonu.	Medicine and Science in Sports and Exercise	145
Che Muhamed et al. (2016)	S4	Zkoumat termoregulační a oběhové reakce na výkon při trénování vytrvalostního běhu v horku.	Temperature	1
Chevront et al. (2001)	S5	Byly pozorovány příjem tekutin a termoregulační reakce na běžeckém pásu v nejlepším tempu individuálního maratonu. Při třech různých teplotách.	Journal of Sports Sciences	99
Knechtle et al. (2019)	S6	Zkoumat úlohu povětrnostních podmínek o výkonu na Bostonském maratónu od roku 1972 do roku 2018.	PLoS ONE	17

Pokračování na další straně

Tabulka 4. Pokračování

Autor	ID	Cíl studie	Časopis	Počet citací
Lee et al. (2010)	S7	Tělesná teplota a bilance tekutin během 21 km závodu v teplém a vlhkém prostředí. Singapur 2007.	European Journal of Applied Physiology	92
Marc et al. (2014)	S8	Popsat důvody zlepšujících se maratónských výkonů, na základě demografických, fyziologických a environmentálních faktorů.	Journal of Sports Sciences	52
Maughan (2010)	S9	Zjistit, zda je vytrvalostní výkon u elitního maratónského běžce v horku narušen v kombinaci vysoké teploty a vlhkosti.	Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports	104
Miler et al. (2012)	S10	Zjistit z bostonských maratonů, zda oteplování ovlivní časy vítězů.	PLoS ONE	11
Nikolaidis et al. (2019)	S11	Zkoumat vlivy povětrnostních podmínek na výkonnost běžců během Bostonského maratonu. 1897–2018.	International Journal of Environmental Research and Public Health	104
Parise et al. (2011)	S12	Rozdíly ultramaratónských běžců v horkých vs. chladnějších teplotách. 2006-2007.	International Journal of Sports Physiology and Performance	72

Tabulka 5. Přehled charakteristik populace jednotlivých studií

ID	N	Pohlaví	Věk [rok]	Výkonnostní charakteristiky
S1	1791972	neuveđeno	neuveđen	Všech účastníků maratónů.
S2	42	neuveđeno	neuveđen	Různé populace běžců.
S3	59	59Ž	neuveđen	Trénování běžci běhající maraton.
S4	11	11M	30 ± 4	Trénování běžci běhající střední a dlouhé vzdálenosti.
S5	8	8Ž	37 ± 4	Trénování běžci běhající dlouhé tratě.
S6	382209	neuveđeno	neuveđen	Všichni běžci, roční vrcholoví běžci 101:200, roční nejlepší 21:100, roční nejlepší výsledky a roční vítězové.
S7	31	31M	25,1 ± 3,2	Trénování běžci běhající maraton.
S8	3800	2200M, 1600Ž	neuveđen	Elitní běžci běhající maraton.
S9	neuveđeno	Ž	neuveđen	Elitní běžci běhající maraton.
S10	25	16M, 9Ž	neuveđen	Elitní běžci běhající maraton.
S11	244642	244642M	25	Elitní běžci běhající maraton.
S12	50	42M, 8Ž	44 ± 7,8	Trénování běžci běhající ultramaraton.

Vysvětlivky: n = počet probandů, M = muž, Ž = žena, Elitní běžci – trénování běžci, jejichž umístění bývá v TOP 100

Tabulka 6. Přehled designů analyzovaných studií

ID	DATA	Teplota	Vlhkost	Vítr	Tlak	Délka
S1	Analýza výsledků šesti evropských a amerických maratonských závodů v letech 2001-2010 (Berlín, Boston, Chicago, London, New York, Paříž).	14,9 °C; 11,8 °C; 12,1 °C; 12,4 °C; 12,5 °C; 9,2 °C;	78 %, 62 %, 62,8 %, 66,9 %, 51 %, 72,4 %	neuveđen	1017 hPa, 1013 hPa, 1022 hPa, 1010 hPa, 1020 hPa, 1016 hPa	42,2 km
S2	Měření 7 maratonů v určitých teplotách (Boston, New York, Twin Cities, Grandmas's, Richmond, Hartford).	5,1-10 °C; 10,1-15 °C; 15,1-20 °C; 20,1-25 °C;	neuveđena	neuveđen	neuveđen	42 km
S3	Měření 0-5 km, 20-25 km, 35-40 km (Tokio, Osaka, Nagoya).	5,1-10 °C; 10,1-15 °C; 15,1-20,8 °C	neuveđena	neuveđen	neuveđen	42 km
S4	Zátěžový test.	31 °C ± 0,2 °C;	23 %; 43 %; 52 %; 61 %; 71 %	neuveđen	neuveđen	30-60 minut
S5	Měření v 10minutových intervalech, čtyři návštěvy v laboratoři.	12 °C; 17 °C; 25 °C	55 %	7,5 km/h	neuveđen	30 km
S6	Výsledky závodu od roku 1972-2018 (Boston).	0-7 °C; 8-15 °C; 16-24 °C	neuveđena	9-17 km/h; 18-24 km/h; 25-39 km/h	1015 hPa	42,2 km

Pokračování na další straně

Tabulka 6. Pokračování

ID	DATA	Teplota	Vlhkost	Vítr	Tlak	Délka
S7	Měření času každé 3 kilometry v závislosti na teplotě a vlhkosti (Singapur).	26,4 °C	81 %	neuveđen	neuveđen	21 km
S8	Shromáždění výsledků 100 nejlepších na světě od 1990-2011 pro muže a pro ženy od roku 1996-2011. V čase méně než 2:18 muži a ženy méně než 2:34 h.	7,3 °C ± 1,8 °C; 8,8 °C ± 3,4 °C; 25,6 °C; 20,7 °C;	neuveđena	neuveđen	neuveđen	42,2 km
S9	Laboratorní měření času v závislosti na teplotě, vždy po 5 uběhnutých kilometrech.	4 °C; 21 °C; 31 °C	neuveđena	neuveđen	neuveđen	42,2 km
S10	Shromážděny údaje počasí za roky 1933-2004, pozorování počasí ve 12:00 a 14:00 v den maratonu (Boston).	M >13,1 °C; 8,9 °C; Ž >12,2 °C; 8,9 °C;	neuveđena	9,4 m/s	neuveđen	42,2 km
S11	Analýza výsledků od roku 1897-2018 (Boston).	0-7 °C; 8-15 °C; 16-23 °C; 24-30 °C;	neuveđena	0-15 km/h; 16-17 km/h; 18-38 km/h	<1015 hPa	42,2 km
S12	Dva roky po sobě 2006 a 2007 (Severní Amerika).	S1: 7,5-38 °C S2: 2,2-30,6 °C	S1: 46-56 % S2: 38-43 %	2-10 km/h	neuveđen	161 km

Tabulka 7. Výsledky analyzovaných studií

ID	Výsledky	Hm	T	VL	VÍ	TL
S1	Hlavní environmentální faktor ovlivňující výkon byla teplota. Vlhkost byla druhým parametrem a tlak měl pouze mírný vliv na výkon.		X	X		
S2	Při zvýšení teploty dochází k zpomalení výkonu. Ke zpomalení došlo, když se teplota změnila z 5 °C na 25 °C. Pomalejší běžci zaznamenávají větší zhoršení výkonu.		X			
S3	Teplejší počasí zvyšuje tepelné ztráty způsobené odpařováním, čímž se zvyšuje možnost dehydratace, která způsobuje únavu. Konstantní rychlost se lépe udržuje při chladnějších teplotách. Rozdíl mezi 5-10 °C a 15-21 °C zpomalení o 0,05 s na 1 m.		X			
S4	Teplota byla ovlivňující faktor při zpomalení maratonských výkonech. Nárůst zpomalilo běžce o 0,03 %. Tělesná teplota byla mnohem vyšší u 61 % a 71 % vlhkosti než u 23 %.		X	X		
S5	Zvýšení tepla v prostředí zhoršuje udržování tělesné rovnováhy tekutin, což má vliv na výkon běžce. Úbytek hmotnosti byl o 3 % tělesné hmotnosti.	↓	X			
S6	Rychlost větru neměla významný vliv na výkony. Barometrický tlak zhoršil výsledky běžců, který je spojen se zvýšenou teplotou okolního prostředí a ta zhoršuje výkony. Lepší výkony jak pro muže, tak ženy byly v 8-15 °C. Nárůst teploty o 1 °C zhoršil výkony o 1:47 min za celý závod. Nárůst tlaku o 1 hPa zhoršil běžce o 6 s.		X			X

Pokračování na další straně

Tabulka 7. Pokračování

ID	Výsledky	Hm	T	VL	VÍ	TL
S7	Teplota neovlivnila závod i když při běhu v horku se zvyšuje tělesná teplota. Velkou rychlost nelze udržet, pokud tahle teplota bude přibližně 40 °C. Úbytek hmotnosti o $3,7 \pm 0,9$ kg.	↓				
S8	Teplota nad 25 °C zpomaluje těžší a větší běžce kvůli větší akumulaci tělesného tepla, které ovlivňuje dřívější nástup únavy. Úbytek hmotnosti byl $3,4 \pm 2,30$ kg. Při nižším BMI mají běžci lepší termoregulaci. Optimální BMI pro muže je $19,6 \text{ kg/m}^2$, pro ženy $18,2 \text{ kg/m}^2$.	↓	X			
S9	Při větší teplotě jsou tepelné ztráty běžců větší (jak z dýchacích cest, tak z potu), a zároveň běží pomaleji. Vysoká vlhkost omezuje odpařování potu, jelikož nedochází ke ztrátě tepla. Úbytek hmotnosti o $1,85 \pm 1,8$ BMI.	↓	X			
S10	Teplejší vzduch zvyšuje teplotní gradient kůže a snižuje ztráty suchého tepla. Vítr měl významný vliv na výkony běžců. Vysoká vlhkost snižuje rychlost odpaření potu. Zvýšení teploty o 1 °C zpomalilo muže o 20 s a ženy o 21 s. U mužů vítr ovlivnil časy o 21 s na 1 km a u žen 25 s na 1 km.		X		X	
S11	Při zvýšení průměrných teplot (28 °C) o 1 °C zhoršily výkony o 1:53 min. Rychlost větru stoupla o 1 °C pomalejší běžci – zhoršení o 19 s rychlejší běžci o 9 s. Čím byla teplota vyšší, tím byly výkony pomalejší. Teplota měla větší vliv u pomalejších závodníků. Aerobní cvičení souvisí s tělesnou hmotou – rychlejší běžci jsou lehčí – nižší teplota. Je ovlivněný teplotou, tlakem, srážkami a rychlostí větru.		X		X	
S12	Běžci zpomalili kvůli horkým podmínkám, méně to ovlivnilo pomalejší běžce než rychlejší. Extrémní teploty zhoršují schopnost všech běžců podávat výkony. Rozdíl mezi teplejším a chladnějším počasím bylo 0,41 s.		X			

Vysvětlivky: HM – hmotnost, T – teplota, VL – vlhkost, VÍ – vítr, TL – tlak

6 DISKUZE

Záměrem bakalářské práce bylo popsat a vyhodnotit vnější faktory, které ovlivňují a působí na maratónské běžce při jejich výkonu, respektive na vytrvalostní běžce. Z výsledků vyplývá, že působení vnějších vlivů má negativní vliv na běžecké výkony.

Ely, Cheuvront, & Montain (2007) došli ve svém systematickém přehledu a analýze ke stejným výsledkům, kdy konstatují, že jedno z nejrozzebíranějších témat ohledně vlivu environmentálních podmínek při maratónu je teplota. Ať už venkovní teplota či tělesná teplota. A také, že dálkový běh se s teplejším počasím zpomaluje.

Suping, Guanglin, YanWen, & Ji (1992) podotýkají, že jelikož dochází ke ztrátě vody (potu), snižuje se tím objem krve v těle a dochází k zvýšení srdeční frekvence. To vede mimo jiné i k dehydrataci, a proto nastává regulace sníženého pocení, čímž se šetří voda v těle, snižují se tepelné ztráty a zvyšuje se hypertermie při cvičení a může rychleji dojít k únavě. Velikost tohoto účinku je upravena schopnostmi přenosu tepla v prostředí.

Maughan, Watson, & Shirreffs (2007) říkají, že význam rovnováhy tekutin je v termoregulaci dobře prokázán. Běžci při tomto náročném vytrvalostním běhu jsou ovlivňováni okolím, především teplotními podmínkami.

Marr & Ely (2010) dodávají, že je maratón ovlivňován různými podmínkami prostředí, jako je teplota okolního vzduchu, vítr, srážky, barometrický tlak, vlhkost, rosný bod, oblačnost, sluneční záření. Tyto vlivy pak během maratónského běhu mohou mít za následek například přehřátí metabolismu, jelikož produkce metabolického tepla v důsledku svalové kontrakce vytváří vnitřní tepelné zatížení. Toto metabolické teplo musí být rozptýleno do okolního prostředí pomocí potu, jinak tělesná teplota stoupne na fyziologicky nebezpečnou úroveň.

Pokud bychom chtěli srovnat působení vnějších vlivů při vytrvalostním běhu, tak z 12 studií zkoumajících vliv teploty na běžce 11 studií zjistilo negativní vliv teploty při vytrvalostním běhu, zatímco vliv vlhkosti zkoumalo celkově 5 studií a z toho 2 studie prokázaly negativní vliv. Jednoznačně negativní vliv na vytrvalostní běh má tedy hlavně teplota.

U studii zkoumající vliv větru nebylo zřejmé, zda se jednalo o protivítr nebo zadní vítr, a proto nelze považovat výsledky za prokazatelné. Studií zkoumající vliv tlaku na maratón nebylo provedeno dostatečné množství k vyvození výsledků.

V případě běžecké výkonnosti byli testováni běžci v sedmi studiích, zaznamenány byly rozdíly mezi vysoce trénovanými elitními a trénovanými běžci, přičemž čtyři měření prokázala,

že méně trénované běžce environmentální faktory ovlivňují více než ty elitní. Ve třech studiích nebyl prokázán žádný rozdíl.

Signifikantní vliv na běžecké výkony mely zejména intervence ve vědeckých pracích S11 (Nikolaidis et al., 2019) a S7 (Marc et al., 2014). V S11 došlo ke zhoršení času kvůli teplotě až o 1:53 minut při zvýšení teploty z 28 °C na 29 °C (+1 °C) na 42,2 km. V S7 byl čas běžců významně ovlivněn větrem, konkrétně u žen se jednalo o zpomalení 21 s/km a u mužů 25 s/km.

6.1 Aplikace do praxe

Lze tvrdit na základě systematického přehledu randomizovaných kontrolovaných studií, že environmentální vlivy ovlivňují všechny jedince, kteří vykonávají vytrvalostní běh. V žádném z testování nebyl zaznamenán pozitivní vliv na vytrvalostní výkon. Pro dosažení maximálního výkonu je optimální teplota u vytrvalostního běhu v rozmezí 10-15 °C. Také bylo zjištěno, že větší trénovanost lze snížit negativní účinky environmentálních vlivů na výkon běžce.

6.2 Limity práce

Limitem práce je použití pouze jedné vyhledávací databáze. Pro větší soubor analyzovaných zdrojů by bylo vhodné použít větší množství analyzovaných zdrojů. Dalším limitem práce bylo, že většina studií se zabývala pouze jednou či dvěma vnějšími faktory, a ne všemi environmentálními složkami.

7 ZÁVĚRY

- Na základě zjištění můžeme říci, že nejčastějším faktorem ovlivňujícím vytrvalostní běžce je teplota.
- Méně trénovaní běžci jsou více ovlivňováni environmentálními vlivy než vysoce trénovaní.
- Nelze jednoznačně říci, při jaké teplotě se začínají projevovat negativní účinky na výkon běžců.
- Optimální teplota vzduchu pro vytrvalostní běžce se pohybuje od 10-15 °C.
- Hmotnost běžce při vytrvalostním běhu výrazně klesá. U jedince vážícího 60 kg jde po uběhnutí 21 km (půlmaratonu) o úbytek zhruba 2 kg tělesné hmotnosti.

8 SOUHRN

Mezi disciplíny lehké atletiky patří maraton, jehož délka je 42,195 km. Držitelem světového rekordu v tomto závodě je Eliud Kipchoge s časem 2:01:39, který zaběhl v Berlíně 16. 9. 2018. Zásadou vědeckých studií a výzkumů, naše vědomosti o maratónu v budoucnu pokročí natolik, že budou rozhodovat sebedrobnější detaily. Jedním z detailů, které budou pozitivně ovlivňovat výkon, bude právě znalost optimálních podmínek pro běh maratónu, to znamená optimální teplota, vlhkost, vítr a tlak.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vytvořit systematický přehled randomizovaných kontrolovaných studií zkoumajících působení environmentálních vlivů při vytrvalostním běhu. Pro vyhledávání zdrojů byly použity databáze MEDLINE, kdy byla vytvořena vyhledávací strategie za využití PICO postupu. Kritériem inkluze byl mimo jiné design studie, tudíž byly vybírány pouze randomizované kontrolované studie. Tímto způsobem bylo nalezeno 388 studií, které byly dále analyzovány dle názvu a abstraktu. Z 24 vybraných bylo po přečtení plných textů vybráno 12 do finální analýzy.

Z 12 studií ukázalo 10 významný negativní účinky teploty působících při vytrvalostním běhu. Z 5 studií ukázaly 2 významný negativní účinky vlhkosti vnějších vlivů. Je patrné, že působení environmentálních vlivů na běžce při vytrvalostním výkonu mají negativní účinky, převážně tedy teplota. Nelze s přesností říci, jaké jsou ideální podmínky pro lepší výkonnost při maratónu. Reakce organismu na teplotu je individuální a záleží na mnoha dalších faktorech.

9 SUMMARY

Marathon running belongs among the disciplines of athletic sporting events, its length is 42.195 km. The world record in this race is held by Eliud Kipchoge with the exact time of 2:01:39, which was set in Berlin on September 16th, 2018. Thanks to scientific studies and research, our knowledge of the marathon running will rapidly advance in the future and even smallest details will be of great importance. One of the details which will positively affect the performance will be the knowledge of optimal conditions for the marathon running, i.e., the optimal temperature, humidity, wind, and atmospheric pressure.

The main goal of the bachelor's thesis was to create a systematic overview of randomized controlled trials examining the effects of environmental influences on endurance running. The MEDLINE database was used to search for resources, a search strategy was created using the PICO's method. The inclusion criteria included, among other things, the design of the study, so only randomized controlled trials were selected. Using this approach, 388 studies were found and further analysed by title and abstract. From the 24 fully studied articles, 12 were selected for the final analysis.

Out of the 12 studies, 10 showed significant negative effects of a temperature on endurance running. Out of the 5 studies, 2 showed significant negative effects of humidity in the category of external influences. It is clear that the effects of environmental influences on runners during their endurance performance, mainly a temperature, have negative impacts. It is impossible to state exactly the ideal conditions for the better performance during the marathon. The organism response to a temperature is individual and it depends on many other factors.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Bartůňková, S. (2004). Krevní oběh. In Havlíčková, L. et al., *Fyziologie tělesné zátěže I. Obecná část* (2nd ed.). Praha: Karolinum.
- Bednář, J., & Kopáček, J. (2005). *Jak vzniká počasí*. Praha: Univerzita Karlova.
- Bernaciková, M., Cacek, J., Dovrtělová, L., Hrnčířiková, I., Kapounková, K., Kopřivová, J., & Ulbrich, T. (2013). *Regenerace a výživa ve sportu*. Brno: Masarykova univerzita.
- Bičárová, S., Sojáková, M. Burda, C., & Fleischer, P. (2005). *Summer ground level ozone maximum in Slovakia in 2003. Contributions, Geophysics, Geodesy, 35(3), 265-279.*
- Botek, M., Neuls, F., Klimešová, I., & Vyhnánek, J. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory (vybrané kapitoly, část I.)*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Burke, L., M. (2007). Nutrition strategies for marathon: Fuel for training and racing. *Sports Medicine. 37(4-5), 344-347.*
- Clark, N. (2009). *Sportovní výživa*. Praha: Grada.
- Čechovská, I., & Miler, T. (2008). *Plavání*. (2nd ed.). Praha: Grada
- Dobšák, P. et al. (2009). *Klinická fyziologie tělesné zátěže: vybrané kapitoly pro bakalářské studium fyzioterapie*. Brno: Masarykova univerzita.
- Dovalil, J. et al. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- El Helou, N., Tafflet, M., Berthelot, G., Tolaini, J., Marc, A., Guillaume, M., ... Toussaint, J. F. (2012). Impact of environmental parameters on Marathon running performance. *PLoS ONE, 7(5)*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037407>
- Ely, M. R., Cheuvront, S. N., & Montain, S. J. (2007). Neither cloud cover nor low solar loads are associated with fast marathon performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 39(11), 2029–2035*. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318149f2c3>
- Ely, M. R., Cheuvront, S. N., Roberts, W. O., & Montain, S. J. (2007). Impact of weather on marathon-running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 39(3), 487–493*. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802d3aba>

- Ely, M. R., Martin, D. E., Cheuvront, S. N., & Montain, S. J. (2008). Effect of ambient temperature on marathon pacing is dependent on runner ability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(9), 1675–1680.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181788da9>
- Fořt, P. (2002). *Sport a správná výživa*. Praha: Ikar.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Holeček, M. (2006). *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada.
- Chalfen, D. (2014). *Trénujeme na maraton a půlmaraton: Jak zlepšit výkon ve vytrvalostním běhu*. Praha: Ikar.
- Che Muhamed, A. M., Atkins, K., Stannard, S. R., Mündel, T., & Thompson, M. W. (2016). The effects of a systematic increase in relative humidity on thermoregulatory and circulatory responses during prolonged running exercise in the heat. *Temperature*, 3(3), 455–464. <https://doi.org/10.1080/23328940.2016.1182669>
- Cheuvront, S. N., & Haymes, E. M. (2001). Ad libitum fluid intakes and thermoregulatory responses of female distance runners in three environments. *Journal of Sports Sciences*, 19(11), 845–854. <https://doi.org/10.1080/026404101753113796>
- Cheuvront, S. N., & Haymes, E. M. (2006). Thermoregulation and Marathon Running. *Sports Medicine*, 31(10), 743–762.
- Jančík, J., Závodná, E., & Novotná, M. (2006). *Fyziologie tělesné zátěže-vybrané kapitoly*. Brno: Masarykova univerzita Fakulta sportovních studií.
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001>
- Kemel, M. (1991). *Hydrologie*. Praha: České vysoké učení technické.
- Knechtle, B., Gangi, S. Di, Rust, C. A., Villiger, E., Rosemann, T., & Nikolaidis, P. T. (2019). The role of weather conditions on running performance in the Boston marathon from 1972 to 2018. *PLoS ONE*, 14(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212797>
- Konček, M. et al. (1974). *Klíma Tatier*. Bratislava: Slovenská akadémia vied.

- Kršák, P. (1979). *Novoveké olympiády: Olympijské hry a ich hrdinovia od Atén po Moskvu*. Bratislava: Šport.
- Lee, J. K. W., Nio, A. Q. X., Lim, C. L., Teo, E. Y. N., & Byrne, C. (2010). *Thermoregulation, pacing and fluid balance during mass participation distance running in a warm and humid environment*. *European Journal of Applied Physiology*, 109(5), 887–898. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1405-y>
- Lieberman, D. E., & Bramble, D. M. (2007). *The evolution of marathon running*. *Sports medicine*, 37(4), 288-290.
- Máček, M., & Máčková, J. (2002). *Fyziologie tělesných cvičení*. Brno: Masarykova univerzita.
- Mandelová, L., & Hrnčířiková, I. (2007). *Základy výživy ve sportu*. Brno: Masarykova univerzita.
- Marangoz, Í. (2020). A different approach to the determination of aerobic capacity: Relative endurance method. *Internatiol Journal of Applied Exercise Physiology*, 9(8), 42-46.
- Marc, A., Sedeaud, A., Guillaume, M., Rizk, M., Schipman, J., Antero-Jacquemin, J., & Toussaint, J. F. (2014). Marathon progress: demography, morphology and environment. *Journal of Sports Sciences*, 32(6), 524–532. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.835436>
- Marr, L. C., & Ely, M. R. (2010). Effect of air pollution on marathon running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(3), 585–591. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b84a85>
- Martin, D. E. (2007). Strategies for optimising marathon performance in the heat. *Sports Medicine*, 37(4–5), 324–327. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737040-00013>
- Maughan, R. J. (2010). Distance running in hot environments: A thermal challenge to the elite runner. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20, 95–102. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01214.x>
- Maughan, R. J., Watson, P., & Shirreffs, S. M. (2007). Heat and cold: What does the environment do to the marathon runner? *Sports Medicine*, 37(4–5), 396–399. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737040-00032>

- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2006). *Essentials of exercise physiology*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Meyer, F., Falbriard, M., Mariani, B., Aminian, K., & Millet, G. P. (2021). Continuous Analysis of Marathon Running Using Inertial Sensors: Hitting Two Walls? *International Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1055/a-1432-2336>
- Měkota, K., Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Michael, J., J., & Edward F., C. (2008). Endurance exercise performance: the psychology of champions. *Journal of Physiology*, 586(1), 35-44.
- Miller-Rushing, A. J., Primack, R. B., Phillips, N., & Kaufmann, R. K. (2012). Effects of warming temperatures on winning times in the Boston marathon. *PLoS ONE*, 7(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043579>
- Müller, B. (1986). *Maratón žen*. Praha: ÚV ČSTV.
- Narducci, F., Quercetani, R. L., Magnani, M., & Škropil, Š. (2005). *Nejvýznamnější maratony světa a jejich historie: Od New Yourku po prahu: putování po 10 nejslavnějších maratonech světa*. Praha: Tempo Team.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Hottenrott, K. (2005). *Trénink pod kontrolou: metody, kontrola a vyhodnocení vytrvalostního tréninku* (A. Tvrzník, trans.). Praha: Grada.
- Nikolaidis, P. T., Di Gangi, S., Chtourou, H., Rüst, C. A., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). The role of environmental conditions on marathon running performance in men competing in Boston Marathon from 1897 to 2018. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph16040614>
- Orliczowa, J., & Peterka, V. (1974). *Oblačnost a slnečný svit*. Bratislava: Slovenská akademie vied.
- Otruba, J. (1964). *Wind conditions in Slovakia*. Bratislava: SAV.
- Parise, C. A., & Hoffman, M. D. (2011). Influence of temperature and performance level on pacing a 161 km trail ultramarathon. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(2), 243–251. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.2.243>
- Pastucha, D. et al. (2014). *Tělovýchovné lékařství*. Praha: Grada.

- Pavlík, J. (2003). *Tělesná stavba jako faktor výkonosti sportovce*. Brno: Masarykova univerzita.
- Petrovič, Š. (1966). *Teplota vzduchu*. Praha: HMÚ.
- Popkin, B. M., D'Anci, K. E., & Rosenberg, I. H. (2010). Water, hydration, and health. *Nutrition Reviews*, 68(8), 439-458. doi:10.1111/j.1753-48887.2010.00304.x
- Procházka, M., Slabý, K., & Radvanský, J. (2012). Reakce a adaptace kardiovaskulárního systému na statickou zátěž. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 12(3), 114–119.
- Rokyta, R. et al. (2000). *Fyziologie*. Praha: ISV.
- Rokyta, R. et al. (2015). *Fyziologie a patologická fyziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada.
- Rokyta, R., Marešová, D., & Turková, Z. (2002). *Somatologie I a II*. Praha: Eurolex Bohemia.
- Suping, Z., Guanglin, M., Yanwen, W., & Ji, L. (1992). Study of the relationships between weather conditions and the marathon race, and of meteorotropic effects on distance runners. *International Journal of Biometeorology*, 36(2), 63–68. <https://doi.org/10.1007/BF01208915>
- Štejfa, M. et al. (2007). *Kardiologie*. (3rd ed.). Praha: Grada.
- Tvrzník, A., Škorpil, M., & Soumar, L., (2006). *Běhání od joggingu po maraton*. Praha: Grada.
- Vobr, P. R. (2013). *Antropomotorika*. Brno: Masarykova univerzita.
- Wasserman, K., Whipp, B. J., Koyal, S. N., & Beaver, W. L. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 35(2), 236–243. <https://doi.org/10.1152/jappl.1973.35.2.236>
- Whitney, E. N., & Rolfes, S. R. (2008). *Understanding nutrition*. Belmont, CA: Thomson/Wadsworth.
- Zahradník, D., & Korvas, P. (2012). *Základy sportovního tréninku*. Brno: Masarykova univerzita.
- Závodský, D., & Závodská E. (1992). *Kvalita ovzdušia a zmeny klímy*. Praha: Slovenský hydrometeorologický ústav