

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Fakulta tělesné výchovy a sportu



**Vliv změn tréninkového zatížení na motorickou
výkonnost mladých vytrvalců**

**The influence of training load changes on
motoric performance of young long-distance
runners**

Autoreferát disertační práce

Zpracoval:
Mgr. Petr Bahenský

Školitel:
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.

2016

1. Úvod

Sportovní trénink je složitý a účelně organizovaný proces rozvoje sportovní výkonnosti (Choutka & Dovalil, 1991). Trénink sportovců v mládežnickém věku je ovlivněn celou řadou proměnných. Některé lze ovlivnit, některé ne. Podstatou růstu výkonnosti je adaptace organismu na zátěž. Při optimálně zvoleném tréninkovém zatížení dochází k růstu výkonnosti. Ten je ovlivněn dispozicemi (mj. úrovní talentu, zdravotním stavem, tréninkovými podmínkami, psychickými předpoklady, úrovní aspirace, atd.), tréninkovým zatížením a jeho skladbou. V mládežnických kategoriích je cílem tréninku především rozvíjet motorickou výkonnost tak, aby bylo vrcholných výkonů dosahováno v optimálním věku, tzn. až po dosažení dospělosti. Tréninkovým zatížením se u mládeže vytvářejí předpoklady pro úspěšnou činnost v dospělosti. Ne vždy se tento záměr daří naplňovat, ať již z neznalosti či díky přehnaným ambicím závodníka, rodičů či trenérů nebo předčasné specializaci. V minulosti je známo mnoho případů, kdy budoucí šampioni začali se svojí disciplínou až na prahu plnoletosti po předchozím všestranném přirozeném rozvoji či po přechodu z jiného sportu.

Každý věk si žádá jiný přístup i použití jiných tréninkových prostředků. Použití odpovídajících tréninkových postupů je také velice individuální. A právě vhodné sestavení tréninkové náplně je zásadní ve vývoji každého sportovce. Volba vhodných tréninkových prostředků, jejich objem, intenzita a vhodný poměr ovlivňují výkonnost a vývoj sportovce. Některé tréninkové prostředky či metody mají okamžitý efekt, vliv některých se projeví až po určité době, některé působí na většinu běžců stejně nebo podobně, jiné mohou působit na někoho pozitivně a na někoho jiného negativně. Jejich působnost se také v průběhu individuálního vývoje může měnit. Je prospěšné analyzovat absolvovaný trénink, zjistit efekt použitých tréninkových prostředků a metod, a vyvodit z něj závěry pro další tréninkový cyklus. Jednotlivé části tréninkového procesu se nedají zcela izolovat, působí komplexně na sportovní růst. Některé proměnné se dají změřit, některé změřit neumíme a některé proměnné ovlivňující výkon ani nejsou známy. Při použití tréninkových podnětů je podstatná forma, objem, intenzita, která je dominantní, ale také doba trvání a frekvence opakování.

Vztah trénink – trénovanost – výkon je řešen ve všech sportech, touto problematikou se zabývají v různých sportech např.: Záhorec (1995), Lipárová & Broďáni (2013), Seidl (2016), Broďáni (2011). Ze zahraničních publikací např.: Moss & Dick (2004), Enoksen, Tjelta, & Tjelta, (2011), Greene & Pate (2014), Kenney, Wilmore, & Costill (2015), Powers

(2014), Hart (1993); Seiler & Kjerland (2006), Bompa (2000), Tjelta (2013), Neumann, Pfützner, & Berbalk (2000), Daniels (2013), Reuter (2012), Iaia et al. (2009), Iaia & Bangsbo (2010), Pyne et al. (2008) či Gunnarsson, Christensen, Holse, Christiansen, & Bangsbo (2012).

2. Teoretický rozbor

Výkon ve sportu je dán mj. mírou talentu a absolvovaným tréninkem, ale vztah trénovanosti a výkonu má pravděpodobnostní charakter (Bunc, 2009; Ward & Barrett, 2002). Obecně jsou vytrvalostní dispozice determinovány geneticky ze 70 % (Bartůňková et al., 2013; Bassett & Howley, 2000; Bouchard, 1986; Plowman & Smith, 2013). Aby bylo možné dosáhnout vrcholové úrovně ve sportu, je potřeba existence obou faktorů na vrcholné úrovni. Pokud vezmeme v úvahu, že pouze 3 % jedinců mají předpoklady pro sportovní činnost na vrcholové úrovni (Bunc, 1989; Weineck, 2004), další během adolescence končí z různých důvodů se sportovní kariérou (Enoksen, 2011). Proto je velice důležité zvolit vhodnou tréninkovou strategii, která povede k optimálnímu výkonnostnímu růstu s přihlédnutím k věkovým zvláštnostem jedince a k jeho individuálním dispozicím (Baxter-Jones et al., 1995; Naughton et al., 2000). To přenáší na trenéry a další zainteresované do tréninkového procesu velkou zodpovědnost při kultivaci talentovaných jedinců.

I z tohoto důvodu je objektivizace účinku tréninkových prostředků častým předmětem výzkumných prací. Jednou z možností je provedení vícerozměrné analýzy. Mezi metody vícerozměrné analýzy, které nestojí na předpokladu normálního rozložení populace, patří i metoda CART, pomocí níž lze analyzovat více proměnných najednou (Sutton, 2005).

V průběhu tréninkového procesu se mění objem a intenzita zatížení, které jsou určující pro sílu tréninkového podnětu. Objem a intenzita zatížení se mění i v průběhu ročního tréninkového cyklu, má souvislost s načasováním vrcholné výkonnosti (Daniels, 2013; Reuter, 2012).

Dlouhodobá příprava mladých běžců má dva hraniční přístupy k tréninkovému zatížení: raná specializace a trénink odpovídající věku (Dovalil et al., 2005). Tyto dvě možnosti jsou v literatuře hojně diskutovány, většina odborníků se přiklání k variantě tréninku odpovídajícímu věku. Pro posouzení přístupu k tréninku je podstatné stanovení kritérií pro ranou specializaci a tréninku odpovídajícímu věku. Trénink v mládežnickém věku není kopií tréninku dospělých, liší se jak obsahem, tak objemem i formou. Z důvodu neukončeného

vývoje organismu mladých běžců může díky rané specializaci dojít k předčasné determinaci některých předpokladů pro vrcholný výkon (Bar-Or, 1996; Bompa, 2000; David, 1999; Feige, 1973; Moss & Dick, 2004). Pro stanovení správného tréninkového postupu je zapotřebí zjistit stupeň tělesného rozvoje, úroveň trénovanosti, aspirační úroveň a naplánovat výkonnostní cíle. Pro zjištění vstupních dat a pro kontrolu úrovně kondičních předpokladů v průběhu tréninkového procesu je nezbytná diagnostika trénovanosti, která probíhá prostřednictvím testování či kontrolních závodů. Diagnostika trénovanosti plní zásadní úlohu zpětné vazby (Bunc, 1989). S ohledem na charakter disciplíny je nejlepším ukazatelem výkonnosti v atletice, resp. v bězích na střední a dlouhé tratě, závodní výkon (Měkota & Cuberek, 2007).

Pro lepší evidenci tréninkového zatížení a pro snadnější plánování byl zaveden systém obecných a specifických tréninkových ukazatelů, který pomohl sjednotit evidenci tréninkového zatížení. Při plánování tréninku je též trenéry hojně využíván systém tréninkových prostředků dle vztahu k hlavní závodní trati (Bureš, 1986; Kučera & Truksa, 2000; Písařík & Liška, 1989).

U specifického tréninku je prokázán větší vliv na výkonnost než u tréninku nesespecifického. Přes tuto skutečnost je důležitým úkolem trenérů mládeže stanovit takové tréninkové zatížení, které umožní závodníkovi dosáhnout určité výkonnostní úrovně v adolescentním věku, ale zároveň nesnižovat použitým tréninkovým zatížením výkonnostní potenciál (Greene & Pate, 2014; Helgerud et al., 2007; Moss & Dick, 2004). Včetně zařazení poměrně velkého objemu tréninku nesespecifického. Jeho vliv na výkonnost je též prokázán, zejména u mladých a začínajících běžců (Matos & Winsley, 2007).

Znalost vlivu jednotlivých tréninkových prostředků na výkonnost zvyšuje efektivitu tréninku. Při jeho stanovení je potřeba brát v úvahu některé skutečnosti, jako synergii nebo antagonismus některých tréninkových prostředků, jejich skladbu, různá délka období potřebné aplikace pro projevení vlivu, atd. Efekt tréninkových prostředků se také projeví až po delší době, má latentní účinek (Ward & Barrett, 2002).

Jedním z významných činitelů výkonu je také ekonomika pohybu, s níž souvisí i technika běhu. Ta je nezbytným předpokladem efektivního a ekonomického pohybu (Kyröläinen, Belli, & Komi, 2001; McCann & Higginson, 2008; Saunders et al., 2004). Při změně techniky se mění množství vydané energie a potřebné síly a naopak. Při změně silových předpokladů se mění technika běhu (Neumann, Pfützner, & Berbalk, 2000).

3. Cíl práce

Cílem práce je prostřednictvím longitudinální ex-post facto studie zhodnotit změny trénovanosti ve vztahu k absolvovanému tréninkovému zatížení u adolescentních talentovaných běžců.

4. Hypotézy

Stanovili jsme si následující hypotézy (H):

H1 – Individualizací tréninkového zatížení respektující aktuální stupeň rozvoje adolescentních běžců lze snížit riziko předčasné specializace a významně ovlivnit výkonnost v dospělosti.

H2 – Sportovní výkonnost adolescentních běžců na střední a dlouhé tratě je významně ovlivněna specifickými tréninkovými prostředky – zejména speciálním tempem, tempovou rychlostí a tempovou vytrvalostí.

H3 – Nespecifické tréninkové prostředky mají nevýznamný vliv na výkonnost adolescentních běžců na střední a dlouhé tratě.

H4 – Vliv jednotlivých tréninkových prostředků na výkonnost adolescentních běžců se zvyšuje s délkou působení, projeví se latentnost efektu absolvovaného tréninkového zatížení.

H5 – Technika běhu je ovlivněna úrovní kondičních předpokladů, přednostně úrovní síly dolních končetin.

5. Úkoly práce

Pro splnění cíle, zodpovězení výzkumných otázek a ověření hypotéz je nutné splnit následující úkoly práce:

- Provést obsahovou analýzu odborné literatury zabývající se sportovním tréninkem mládeže
- Analýza tréninkových deníků, kontrola a elektronické zpracování tréninkových dat (objemů zatížení jednotlivých tréninkových ukazatelů – OTU, STU), shromáždění videí.

- Analýza výsledků závodů. Transformace a výběr potřebných dat.
- Výběr metod zpracování dat.
- Vytvoření datových matic.
- Stanovení sledovaných kritérií předčasné specializace
- Statistické zpracování zjištěných dat charakterizujících objem a průběh zatížení, vyhodnocení zjištěných výsledků – stanovení varianty zatěžování sledovaného souboru.
- Pomocí zvolených metod (Spearmanův koeficient korelace, CART metodologie) zjistit potenciálně vlivné faktory ovlivňující výkonnost.
- Vytvoření hodnotící škály techniky běhu, ohodnocení techniky běhu.
- Vliv rychlostně silových dispozic na techniku běhu.
- Interpretace zjištěných výsledků.

6. Metodika práce

V práci se zabýváme vlivy absolvovaného tréninku na výkonnost adolescentních běžců. Výzkumný soubor je tvořen devíti atlety běžci, z toho 4 dívkami a 5 chlapci. Na počátku sledování byl průměrný věk chlapců $14,92 \pm 0,64$ let a děvčat $14,70 \pm 0,43$ let. Před začátkem systematického běžeckého tréninku se věnovali 3 – 4 roky jiným sportům: tři probandi hráli fotbal, dva byli žáky sportovních atletických tříd (atletika ST), jeden hrál volejbal, jeden házenou a jeden se věnoval aktivně všestranné přípravě v kroužku všestrannosti. Zkoumali jsme data z 3 – 4 ročních tréninkových cyklů z období 1995 – 2015. Zdrojem dat byly tréninkové deníky mladých běžců na střední a dlouhé tratě a jejich trenéra, záznamy z funkčních vyšetření, výsledky závodů.

Při sběru dat jsme použili metodu analýza dokumentů, resp. studium písemných dokumentů. Některé dokumenty byly veřejně dostupné a některé veřejně nedostupné. Část použitých zdrojů byla osobního charakteru, část charakteru neosobního.

Jako závislé proměnné jsme určili závodní výkon na hlavní závodní trati, zvolili jsme tedy mistrovské disciplíny pro danou věkovou kategorii, tzn. 800 m, 1500 m a 3000 m.

Jako nezávislé proměnné jsme pro naše potřeby použili tyto tréninkové ukazatele: maximální rychlost (MR), tempovou rychlost (TR), speciální tempo (ST), tempovou vytrvalost (TV), anaerobní práh (ANP), aerobní práh (AEP), vybíhané a skákané svahy (VK), speciální odrazová cvičení (SOC), obecnou vytrvalost (OV) a celkově naběhané kilometry (suma). Pro správné přiřazení dat z deníků, kde jsou tréninkové ukazatele uvedeny podle klasifikace používanou např. Burešem (1986), Kučerou & Truksou (2000) či Písaříkem & Liškou (1989) v podobě obecných a specifických tréninkových ukazatelů (OTU a STU) označených čísly 1 až 26, data bylo potřeba upravit tak, aby jejich použití bylo jednodušší a transparentnější. Získané tréninkové ukazatele z deníků jsme přiřadili k jednotlivých výše uvedeným tréninkovým ukazatelům, které jsou ve vztahu k hlavní závodní trati.

Ze shromážděných dat tréninkového zatížení jsme vybrali vždy kvantifikované údaje o tréninkovém zatížení za poslední čtyři měsíce před závodem. Ta jsme použili pro prokázání vlivu zvýšení objemu vybraných tréninkových prostředků na výkonnost. Pro stanovení latentnosti efektu jednotlivých tréninkových prostředků jsme použili kvantifikovaná data tréninkového zatížení za období 1 a 2 týdny před závody, 1, 3 a 6 měsíců před závody a 1 rok před závody. Všechna zmíněná data jsme též použili pro posouzení vlivu specifických a nespecifických tréninkových prostředků na výkonnost.

Provedli jsme charakteristiku tréninku námi sledované skupiny běžců a běžkyň v porovnání s doporučenými či publikovanými objemy zatížení od několika odborníků. Absolvování vyššího tréninkového zatížení, než doporučují Moss & Dick (2004), Konop (1991), Bureš (1986), Tupý (1986), jsme stanovili jako jedno z kritérií rané specializace. Při rozboru a hodnocení tréninkového procesu z pohledu přiměřenosti věku jeho náročnosti jsme stanovili tato kritéria tréninku odpovídajícímu věku:

- splnění a respektování doporučeného objemu zatížení v jednotlivých tréninkových ukazatelích, porovnání objemu zatížení v jednotlivých tréninkových ukazatelích s doporučeními (též poměr specifických a nespecifických tréninkových prostředků),
- dodržení a nepřekonání doporučeného počtu intervalových anaerobních tréninků za rok (myšleno tréninků na rozvoj speciálního tempa, tempové vytrvalosti) a souvislých tréninků na rozvoj ANP,
- minimální počet zranění pramenící z přetížení (počet dnů zdravotní neschopnosti či zdravotního omezení způsobených zraněním),
- přírůstky výkonnosti – výkonnostní růst je plynulý a kontinuální bez zlepšení o více než 20 % bodové hodnoty výkonu dle tzv. „maďarských tabulek“ za rok,

- nedojde k významnému zvýšení rizika výkonnostní stagnace okolo 18. – 19. roku věku,
- schopnost udržet vrcholnou výkonnost v delším časovém období, alespoň jeden rok.

Trénink absolvovaný v souladu s uvedenými kritérii odpovídá tréninku odpovídajícímu věku.

Protože se sledování probandi nacházejí v adolescentním věku, kdy dochází k přirozenému růstu výkonnosti, porovnali jsme jejich vývoj výkonnosti s tabulkami Unifittestu (Měkota & Kovář, 1995), kde je uveden i přirozený vývoj výkonnosti u dvanáctiminutového běhu. Zlepšení větší, než uvádějí Měkota & Kovář (1995), považujeme za věcně významné.

S ohledem na charakter vysvětlující i vysvětlované proměnné, tj. vlivu tréninkového zatížení na výkonnost a také vzhledem k počtu probandů a struktuře získaných dat, bylo použito regresních stromů, konkrétně neparametrické metody metodologie CART (Classification and Regression Tree) a PARTy. Všechny faktory, které byly statisticky signifikantní na hladině významnosti minimálně 0,05, jsme považovali za věcně významné.

V naší práci jsme vytvořili tři datové matice, které se vztahují k dosaženým časům na tratích 800 m, 1500 m a 3000 m a dále k objemu zátěže v příslušném období, přičemž tréninková zátěž byla stanovena jako průměrná za období, vždy mezi jednotlivými měřeními (závody). Pro identifikaci potenciálně vlivných faktorů a následnou predikci výkonnosti jednotlivých běžců byla posléze využita výše zmíněná metodologie regresních stromů.

Při zjišťování efektu použití tréninkových prostředků za různě dlouhý časový úsek jsme použili vybrané tréninkové ukazatele za různě dlouhou dobu před jednotlivými závody a výsledky vybraných závodů. Při zjišťování vztahu mezi vysvětlující a vysvětlovanou proměnnou jsme nejdříve použili korelační analýzu. Tu jsme provedli u všech zvolených tréninkových ukazatelů a výkonů za různě dlouhá časová období. Cílem bylo mj. zjistit, pro jak dlouhé období je vztah nejtěsnější.

Vytvořili jsme datovou matici z výsledků závodů, společně s objemy zatížení v různých časových obdobích před závodem: 1 týden, 2 týdny, 1 měsíc, 3 měsíce, 6 měsíců, 1 rok, také jsme zařadili do sledování období 5 až 8 týdnů před závodem, který jsme považovali za významný z hlediska úpravy tréninku ve střednědobém horizontu před závodem. Za krátkodobý vliv považujeme tréninkové ukazatele za období kratší než 1 měsíc, za dlouhodobý vliv období delší než 3 měsíce. Delší časové období, než jeden rok, nebylo možné využít, protože množství získaných dat jsme měli velice málo.

Vypočtený Spearmanův koeficient korelace (r_{sp}) jsme porovnali s tabulkou významnosti koeficientů pořadové korelace pro oboustranný test podle stupňů volnosti pro příslušný počet probandů a zvolenou chybu α .

Při hodnocení techniky jsme hodnotili úroveň běžecké techniky při běhu závodní rychlostí na rovině na stadionu. Rozebírali jsme videozáznam pořízený digitální kamerou, u některých starších záznamů byl záznam pořízen analogovou technikou, záznam byl uchován na VHS kazetě. Videá s natočenou technikou běhu probandů jsme převedli na digitální záznam, pro možnost porovnání jednotlivých zaznamenaných sekvencí jsme všechna videa převedli do digitální podoby. První záznam byl pořízen v průběhu prvního měsíce po začátku systematického běžeckého tréninku, druhý záznam na konci čtvrtého ročního tréninkového cyklu. Expertně jsme stanovili uzlové body a kritéria techniky pro hodnocení techniky běhu. Hodnocených kritérií jsme stanovili jedenáct, hodnocení probíhalo v pětibodové škále od jedné do pěti, podle doporučení Měkoty & Cuberka (2007). Pro zjištění existence vztahu mezi změnami v technice běhu a ve skokovém běhu jsme použili Spearmanův koeficient korelace. Vypočtený koeficient r_{sp} jsme porovnali s tabulkou významnosti koeficientů pořadové korelace pro oboustranný test podle stupňů volnosti pro příslušný počet probandů a zvolenou chybu α .

Výsledky jsme také posuzovali z hlediska věcné významnosti a následně statistické významnosti. Statistickou významnost jsme zjišťovali na hladině $\alpha=0,05$. Pro hodnocení věcné významnosti jsme použili Cohenovo d . Věcnou i statistickou významnost jsme použili při hodnocení techniky běhu, změn kvality techniky běhu v průběhu čtyřletého tréninkového procesu.

Výsledky závodů a všechny zjištěné hodnoty ze zkoumaného souboru jsou převedeny do formátu, který umožňuje statistické zpracování shromáždění dat. Využíváme počítačového programu R-program, Statistica 12, tabulkového procesoru Excel 2016. V uvedených programech jsou následně zpracovány všechny výsledné grafy a tabulky. Textová část je zpracována v textovém editoru Word 2016. Data jsou prezentována prostřednictvím spojnicových, sloupcových či krabicových grafů.

7. Výsledky

Daný výběr neměl normální rozložení. I z tohoto důvodů jsme v další práci použili mj. test metodou CART, který patří mezi testy neparametrické. Pro tuto skutečnost jsme se

rozhodli i přesto, že jsme si vědomi, že použitím neparametrických metod klesá síla testu z důvodu ztráty původní informace o datech (Sebera, 2014).

V průběhu jednotlivých let dochází k postupnému nárůstu objemu zatížení v různých intenzitách. Každý rok narůstá objem sledovaných ukazatelů: celkový počet kilometrů, počet kilometrů od i nad úrovní ANP i počet kilometrů ve speciální vytrvalosti. Trénink respektuje individuální stupeň rozvoje probandů a také jejich individuální dispozice.

Objem použitých tréninkových prostředků u sledovaných probandů je významně nižší ve specifických, také v nespecifických tréninkových ukazatelích, než u výběru mládežnické reprezentace běžců na střední a dlouhé tratě ve druhé polovině 80. let ve věku 15 – 16 let (Konop 1991). Z hlediska rychlostní přípravy jsou naše běžkyně připravovány významně méně, než doporučuje Bureš (1986), naopak v oblasti obecné vytrvalosti dosahují větších objemů.

Při srovnání s dostupnými zahraničními zdroji, např. Moss & Dick (2004), se sledovaní probandi pohybují na spodní hranici doporučeného objemu naběhaných kilometrů. Co se týká maximální délky tréninkových běhů, nedosahují délky uvedené v doporučení. Z celkového pohledu trénink sledovaných probandů dosahuje doporučené rozmezí tréninkových objemů, v žádném kritériu je nepřevyšuje.

Prostřednictvím analýzy objemu zatížení v jednotlivých tréninkových ukazatelích a porovnáním s doporučenými objemy jsme zjistili, že u sledovaných probandů nejsou tyto hodnoty překročeny. Přesto dochází k významnému zlepšování výkonnosti.

V porovnání s celkovými počty tréninků (Moss & Dick, 2004) je možné vidět, že námi sledovaní probandi absolvovali významně více tréninků za rok. V porovnání s českými odborníky (Konop, 1991; Bureš, 1986; Tupý, 1986) tomu tak ale není. Jedním z možných vysvětlení rozdílů může být i rozdílné stáří zdrojů. Počet absolvovaných náročných intervalových tréninků u sledovaných probandů nedosahuje hodnot doporučených dle Mosse & Dicka (2004). Dle kritéria počet náročných intervalových tréninků je možno konstatovat, že námi sledovaní probandi absolvovali trénink odpovídající věku. U tohoto hodnocení musíme vzít v úvahu určitou míru subjektivity při hodnocení co je a není náročný intervalový trénink.

Jedním ze znaků optimálního zatěžování adolescentních běžců je postupné zvyšování úrovně výkonnosti bez velkých výkonnostních skoků a propadů výkonnosti. Stanovili jsme kritérium tréninku odpovídajícímu věku – zlepšení maximálně o 20 % z bodové hodnoty výkonu dle bodových tabulek IAAF, tzv. „maďarských tabulek“.

U žádného běžce ani běžkyně jsme nezaregistrovali takové náhlé zlepšení v průběhu sledovaného období, které by převyšovalo stanovené kritérium a ukazovalo na výraznou tréninkovou akceleraci.

Z námi sledovaných atletů si dva probandi vytvořili na hlavní trati osobní rekord ve věku 25 a 26 let, což je ideální věk pro běžce na střední a dlouhé tratě. Další dva probandi dosáhli nejlepšího výkonu ve 21 resp. ve 20 letech. Ostatní sledovaní běžci a běžkyně na své výkony v mládežnickém věku z různých důvodů nenavázali.

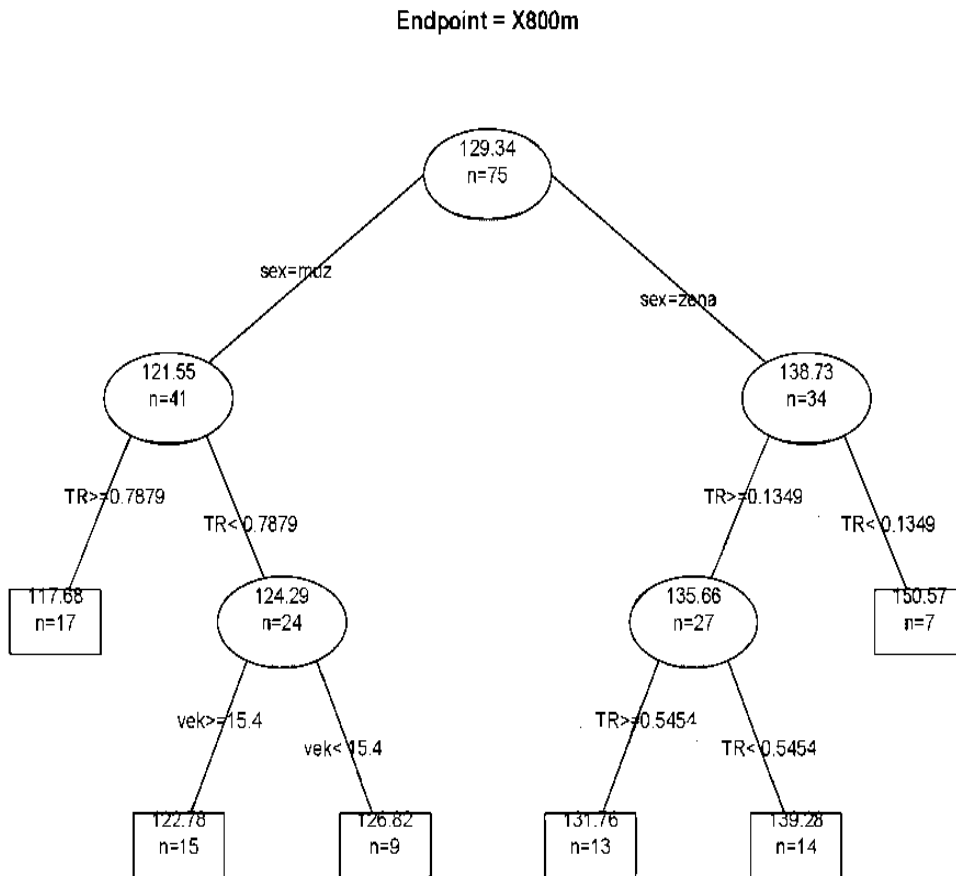
Zlepšení výkonnosti běžců v běhu na 800 m, v běhu na 1500 m i na 3000 m v průběhu sledování je věcně i statisticky významné. Výkonnostní zlepšení ve stejném období u dívek je též věcně významné na všech třech tratích, stejně jako u chlapců s velkým efektem. Statisticky významné je zlepšení výkonnosti pouze u disciplíny 800 m. Statistickou významnost jsme provedli s vědomím velmi malého počtu probandů.

Chlapci se mezi 15. a 19. rokem věku zlepšili v běhu na 800 m v průměru o 6,2 sekund. Dívky ve stejném období v průměru o 11,3 sekund. Chlapci se mezi 15. a 19. rokem věku zlepšili v běhu na 1500 m v průměru o 18,2 sekund. Dívky ve stejném období v průměru o 20,9 sekund. V průběhu sledování zlepšili svoji výkonnost všichni probandi. V běhu na 3000 m se chlapci mezi 15. a 19. rokem věku zlepšili v běhu na 3000 m v průměru o 36,0 sekund. Dívky ve stejném období v průměru o 34,8 sekund. Podle zjištění Měkoty & Kováře (1995) se vlivem přirozeného vývoje v období mezi 15. a 19. rokem věku zlepšuje výkonnost u chlapců v běhu na 12 minut o 102 metrů, což odpovídá přibližně času 23 sekund. U děvčat dochází ve stejném období vlivem přirozeného vývoje dle Měkoty & Kováře (1995) ke zhoršení o 88 m, to odpovídá přibližně času 25 sekund. Sledovaní probandi zlepšili svoji výkonnost na všech tratích více, než odpovídá přirozenému vývoji výkonnosti, změna je tedy věcně významná. Zlepšení výkonnosti zjištěné u sledovaných probandů není způsobené pouze přirozeným vývojem vlivem dospívání. Sledovaní probandi dosáhli vlivem aplikovaného tréninkového zatížení větší úrovně zlepšení, než odpovídá změnám výkonnosti prostřednictvím přirozeného vývoje.

Na obrázcích 1, 2 a 3 můžeme najít uvedené jednotlivé uzly zjištěné metodou CART, typy uzlů, kritérium dělení, počet proměnných (počet nejlepších výkonů v daném období) rozdělených v jednotlivých uzlech stromu, deviance (hodnota druhé mocniny odchylky) a predikovaný výkon pro danou větev regresního stromu. Můžeme tedy zjistit rozdělení podle

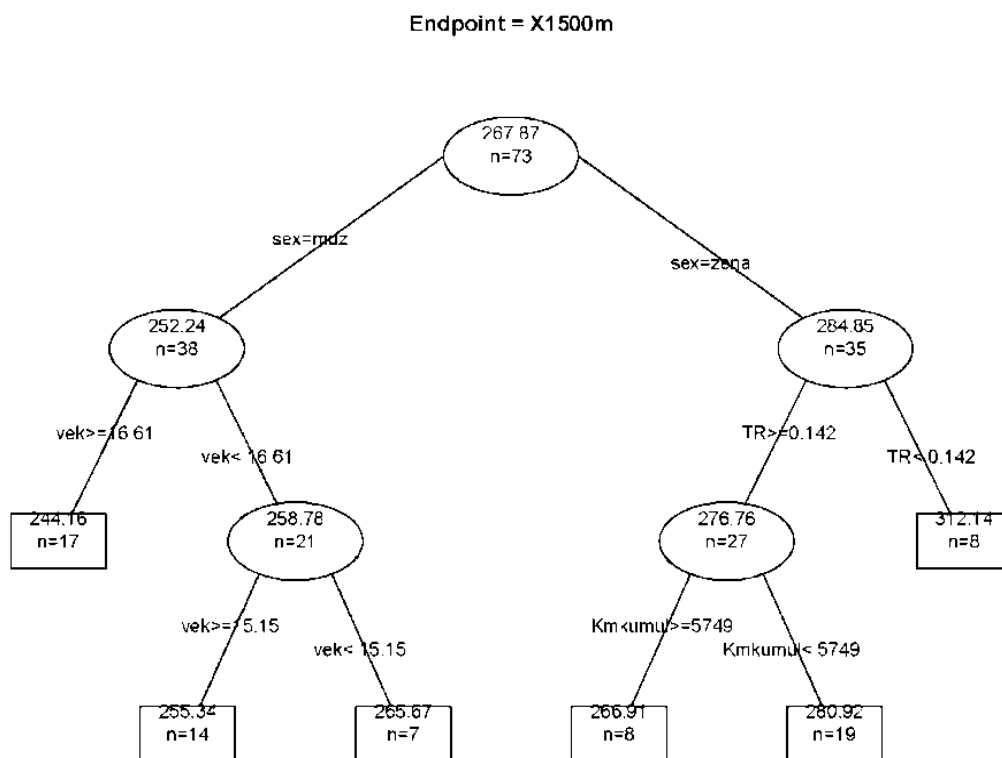
příslušného kritéria, jaký je predikován průměrný výkon pro určitou hodnotu kritéria dělení a pro jaký počet výkonů je tato predikce platná.

Na níže uvedeném obrázku 1 je zachycen neprořezaný regresní strom získaný prostřednictvím metodologie CART. Jsou uvedeny tréninkové ukazatele, u nichž jsme prokázali souvislost s úrovní výkonnosti u běhu na 800 m. Z tohoto stromu je zřejmé, že se do modelu prosadily vedle pohlaví a věku také tempová rychlost (TR). Nejvýznamnějším tréninkovým ukazatelem predikujícím průměrný výkon u chlapců v běhu na 800 m 1:57,68 je 0,79 naběhaných kilometrů týdně a více v ukazateli tempová rychlost (pro počet 17 výkonů). Pokud je naběháno méně, je predikován průměrný výkon 2:04,29 (pro počet 24 výkonů). U děvčat je touto hranicí 0,13 km týdně v tempové rychlosti. Uvedená hodnota a vyšší predikuje průměrný výkon 2:15,66 (pro počet 27 výkonů). V případě absolvování menšího počtu kilometrů v daném tréninkovém parametru je predikován průměrný výkon 2:30,57 (pro 7 výkonů). V další úrovni větvení regresního stromu u děvčat můžeme mj. vidět hodnotu tempové rychlosti 0,55 km týdně. Tento a vyšší počet kilometrů týdně predikuje průměrný výkon 2:11,76 (pro 13 výkonů). Menší počet kilometrů v tomto parametru predikuje průměrný výkon 2:19,28 (pro 14 výkonů). Tréninkový ukazatel tempová rychlost, jako specifický tréninkový prostředek, promluvil zřetelně do modelu CART u všech výkonnostních kategorií, dokonce v několika úrovních větvení regresního stromu. Je faktorem, který se u běhu na 800 m v našem sledovaném vzorku prosadil nejvíce.



Obrázek 1. Výsledný regresní strom vlivu tréninkových ukazatelů na výkonnost běžců na 800 m - metoda CART

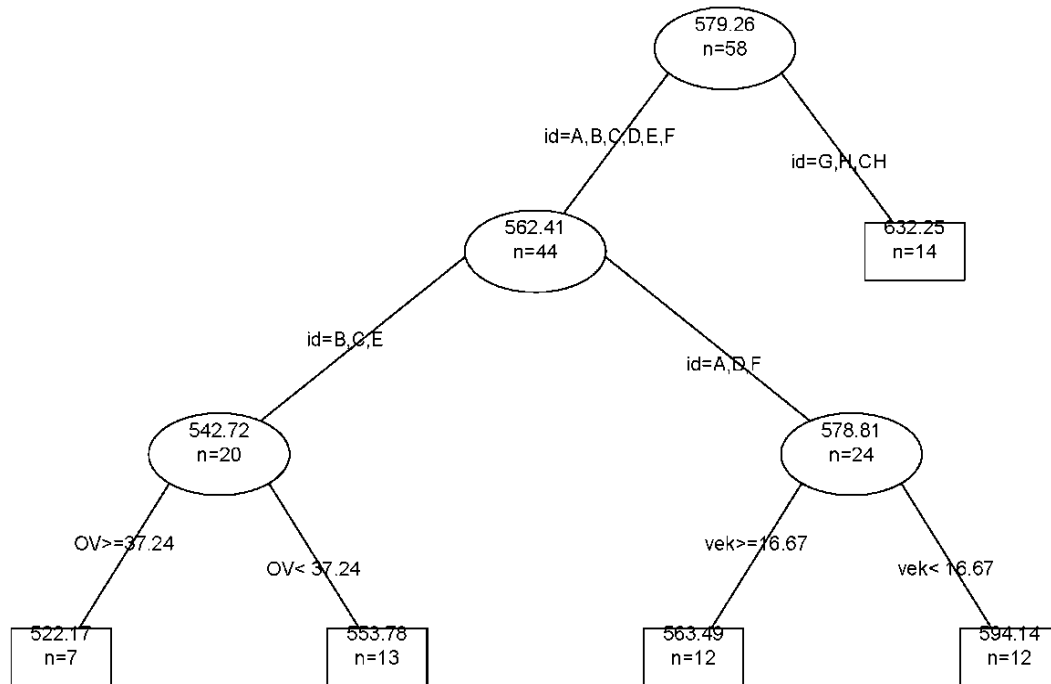
Obrázek 2 zachycuje tréninkové ukazatele, u nichž se podařilo prostřednictvím výsledného neprořezaného regresního stromu získaného metodologií CART prokázat souvislost s úrovní výkonnosti u běhu na 1500 m. Z tohoto stromu je zřejmé, že se do modelu vedle individuality (se znatelným rozlišením dle pohlaví běžce) prosadily následující proměnné: tempová rychlost (TR), věk a kumulativně naběhané kilometry (Kmkumul). U tempové rychlosti dívek je hraniční hodnotou 0,14 km týdně pro průměrný výkon 4:36,76 (pro 27 výkonů), u kumulativně naběhaných kilometrů dívek je uzlová hodnota 5749 km. Při vyšším nebo rovném počtu naběhaných kilometrů je predikován průměrný výkon 4:26,91 (pro 8 výkonů). Faktor tempová rychlost se projevil u dívek všech výkonnostních úrovní, faktor kumulativní počet kilometrů u dívek výkonnosti pod 4:40 na 1500 m, tzn. nadprůměrné výkonnosti.



Obrázek 2. Výsledný regresní strom vlivu tréninkových ukazatelů na výkonost běžců na 1500 m - metoda CART

Obrázek 3 zachycuje tréninkové ukazatele, u nichž se podařilo prostřednictvím výsledného neprořezaného regresního stromu získaného metodologií CART prokázat souvislost s úrovní výkonosti u běhu na 3000 m. Z tohoto stromu je zřejmé, že se do modelu prosadily následující proměnné: individualita, obecná vytrvalost (OV) s mezní hodnotou 37,24 km (predikovaný výkon je 8:42,17, v modelu pro 7 výkonů) a věk běžce s hraniční hodnotou 16,67 let. Obecná vytrvalost je proměnná, která se v modelu prosadila napříč pohlavími. Její vliv je v rámci vzorku probandů patrný u chlapců i děvčat vrcholné výkonosti v dané disciplíně.

Endpoint = X3000m



Obrázek 3. Výsledný regresní strom vlivu tréninkových ukazatelů na výkonnost běžců na 3000 m - metoda CART

Při zjišťování vlivu vybraných tréninkových ukazatelů za různě dlouhé časové intervaly před samotným výkonem na výkon jsme v běhu na 800 m získali data (výsledky závodů a k nim příslušná data z tréninkového zatížení) z 57 závodů, v běhu na 1500 m také z 57 závodů a v běhu na 3000 m ze 40 závodů.

Z našich výsledků vyplývá, že existuje vztah mezi objemem zatížení v posledním roce před výkonem a úrovní výkonu ve všech sledovaných parametrech. Všechny sledované parametry s výjimkou maximální rychlosti mají v období tři měsíce před výkonem významný vliv na výkon. U kratších časových intervalů před výkonem je již počet tréninkových ukazatelů, u nich se projevila závislost výkonu na objemu zatížení, menší. Např. z našich výsledků vyplývá, že u období jeden měsíc před závodem není výkonnost významně ovlivněna rozvojem maximální rychlosti, anaerobního prahu a vybíhaných kopců. Z pohledu signifikance je u období jednoho týdnu před závodem výsledek téměř stejný jako u období jeden měsíc před závodem, u období dvou týdnů před závodem je výsledek totožný, navíc ještě není vztah mezi objemem tréninku obecné vytrvalosti a výkonem.

Podobné výsledky jsme prokázali i u disciplíny běh na 1500 m. Všechny sledované tréninkové ukazatele mají v intervalu jeden rok a půl roku před závodem významný vliv na

výkonnost, v intervalu tři měsíce před závodem také, s výjimkou vybíhaných kopců a tempové vytrvalosti. U období kratších než jeden měsíc před závodem je vedle závislosti na pohlaví a věku také prokázána korelace pouze mezi objemem tréninku tempové rychlosti, speciálního tempa, obecné vytrvalosti a celkového počtu kilometrů.

U disciplíny běh na 3000 m je prokázán významný vliv na výkonnost u všech ukazatelů s výjimkou parametru maximální rychlost v období jeden rok před závodem, půl roku před závodem a tři měsíce před závodem. Všechny ukazatele s výjimkou parametru vybíhané kopce a maximální rychlosti v průběhu posledního měsíce mají významný vliv na výkon. Suma kilometrů, rozvoj aerobního prahu, tempová vytrvalost a speciální tempo v posledním jednom a dvou týdnech před výkonem mají významný vliv na výkon. V období dvou týdnů před závodem je ještě prokázán významný vliv ukazatelů anaerobního prahu a tempové rychlosti.

U všech tří sledovaných tratí byl prokázán vztah mezi úrovní výkonnosti a objemem tréninku ve všech sledovaných parametrech jeden rok před výkonem, půl roku před výkonem a tři měsíce před výkonem, s výjimkou tréninkového ukazatele maximální rychlost u běhu na 3000 m a u čtvrtletního období před závodem i u tréninkového ukazatele vybíhané kopce. V období poslední měsíc před závodem byl u všech tří tratí prokázán vliv těchto tréninkových ukazatelů: tempová rychlost, speciální tempo, tempová vytrvalost, obecná vytrvalost, celkový počet naběhaných kilometrů. Při bezprostředním naladění před závody, tzn. dva týdny před závodem, resp. jeden týden před závody, byla prokázána souvislost výkonnosti s objemem tréninku v ukazatelích: tempová rychlost, speciální tempo a součet naběhaných kilometrů, resp. speciální tempo a celkový počet naběhaných kilometrů. Nejtěsnější závislost pozorujeme u všech tří disciplín u nejdelšího sledovaného období před závodem, tzn. jeden rok před závodem. Se zkracujícím se intervalem před závodem se snižuje počet tréninkových ukazatelů, u kterých jsme prokázali korelaci s výkonností. U tréninkového ukazatele vybíhané kopce je v nejméně případech prokázán vztah s výkonností, ukazatel maximální rychlost koreluje s výkonností pouze u běhu na 800 m a 1500 m, ne u běhu na 3000 m.

U všech sledovaných probandů došlo v průběhu sledované části sportovní kariéry k významnému zlepšení techniky běhu. Největší změny jsme zaznamenali v poloze ramen, tzv. běžeckém luku, v poloze chodidla při došlapu a v celkové struktuře pohybu. Nejmenší zlepšení jsme zaznamenali u položek: rozsah pohybu v kyčelním kloubu a poloha trupu. Zlepšení techniky běhu v průběhu tří let atletického tréninku je věcně ($d=2,23$) i statisticky významné ($p<0,05$), z průměrné hodnoty známky 3,01 se zvýšily na průměrnou hodnotu 1,58.

Změna výsledků skokového běhu na začátku a na konci intervence je věcně ($d=3,504$) i statisticky významná ($p<0,05$). Vztah mezi zlepšením v technice běhu a výsledky ve skokovém běhu není statisticky významný, je ale věcně významný ($d=2,481$). Síla dolních končetin, hodnocená skokovým během významně ovlivňuje techniku běhu.

8. Diskuze

Hlavní rozdíly mezi adolescenty a dospělými spočívají v rozdílech anatomických, fyziologických, psychických a pedagogicko-tréninkových. Z těchto důvodů je nezbytné, aby se trénink adolescentů od tréninku dospělých z hlediska kvantitativního i kvalitativního. Z důvodu menší tolerance adolescentů k acidóze se u nich nedoporučují varianty intervalových metod, při kterých dochází k výraznějšímu vzestupu laktátu. Z tohoto důvodu není dobré stimulaci anaerobně vytrvalostních schopností zařazovat před dvanáctým rokem věku. V tomto věku jsou hůře „vybaveni“ na rychlostně-silovou práci, tedy hlavně pro skoky, hody a vrhy. Naopak v případě sprintů a vytrvalostních běžeckých disciplín nejsou rozdíly významné z pohledu předpokladů pro sportovní výkon. Úroveň trénovanosti adolescentů je menší, protože mají za sebou kratší dobu intenzivního tréninku, ale některé parametry se blíží dospělým, zejména funkční, na rozdíl od motorických (Bunc, 1996; Malina & Bouchard 1991; Kenney, Wilmore, & Costill, 2015). Naše výsledky jsou v souladu s těmito závěry.

Výkonnost adolescentních běžců ve sledovaném období rostla, příčinou byl kvalitativní i kvantitativní obsah absolvovaného tréninku i přirozený rozvoj. Výsledky potvrzují, že rozhodující roli hraje zvolené tréninkové zatížení. Růst výkonnosti sledovaných probandů je věcně významný. Na rozdíl od netréované populace, u které ve věku 15 – 19 let již k přirozenému zlepšování hodnoty maximální spotřeby kyslíku vyjádřené na kilogram hmotnosti nedochází (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015; Máček & Radvanský, 2011; Neumann, Pfützner, & Berbalk, 2000; Seliger & Bartůnek, 1976), se námi sledovaní běžci i v tomto parametru zlepšili o 11 %.

Ke snížení nebezpečí předčasné specializace sledovaných probandů přispěla individualizace absolvovaného tréninku, což vyplývá ze srovnání s odbornou literaturou (Bureš, 1986; Konop, 1991; Moss & Dick, 2004; Tjelta & Enoksen, 2010; Tupý, 1986). Zejména u chlapců narůstala výkonnost každým rokem, u děvčat byl výkonnostní progres také, pouze s jednou výjimkou, kdy se v části sledovaného období projevil problém spojené

s dospívání, které omezovaly tréninkové zatížení a znemožňovaly růst výkonnosti. Výkonnostní plató u pubescentních děvčat je v souladu s poznatky v literatuře (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015). Sledování běžci a běžkyně dosáhli úrovně české špičky, přestože jejich tréninkové zatížení v oblasti specifických tréninkových prostředků a objemu tréninku nepřevyšovalo doporučení v odborné literatuře (Bureš, 1986; Konop, 1991; Moss & Dick, 2004; Tjelta & Enoksen, 2010; Tupý, 1986).

Pokud porovnáme naše data o způsobu, intenzitě a objemu zatěžování sledovaných probandů s údaji, které charakterizují předčasnou specializaci (Bureš, 1986; Konop, 1991; Moss & Dick, 2004; Písařík & Liška, 1989; Seiler & Tønnessen, 2009; Tjelta & Enoksen, 2010; Tupý, 1986), ukazuje se, že společným znakem zkoumaných probandů je zatížení odpovídající přirozenému vývoji. Tréninkové zatížení sledovaných probandů respektovalo aktuální stupeň jejich vývoje a významně ovlivnilo jejich výkonnost na prahu dospělosti. Tím byla potvrzena hypotéza 1.

Oba modely CART i PARTy, což jsou metody využívající tzv. dolování z dat, nám umožnily zjistit, které tréninkové ukazatele významně ovlivňují výkonnost adolescentních běžců. Výhodou zvolených modelů je, že je lze použít i při malém počtu probandů a nenormálním rozložení dat. Umožňují také náhradu chybějících dat. Modely stanoví uzlové body (proměnné), hodnotu proměnných, jejich počet a hodnotu výkonu, který je predikován. Výkon je predikován z určité uzlové hodnoty významného ukazatele. Z analýzy je také patrné, z kolika výkonů je výkon predikován. Z modelů vyplývá vliv některých tréninkových ukazatelů. Vedle očekávaných kritérií, jako je pohlaví a věk, měl nejčastěji významný vliv tréninkový ukazatel tempová rychlost. U středních tratí se navíc prosadilo kritérium počet kilometrů za týden a celkový počet kilometrů od počátku kariéry. U disciplíny 3000 m mělo významný vliv kritérium obecná vytrvalost. Tempová rychlost, tedy rozvoj rychlosti běhu o stupeň vyšší, než je závodní rychlost, řadíme do specifických tréninkových prostředků. Z nich je ale ta neoptimálnější pro rozvoj u mládeže (Gunnarsson et al., 2012; Iaia et al., 2009). Záleží samozřejmě na použité formě, intenzitě a objemu zatížení.

Prostřednictvím analýzy u tréninkového zatížení v době čtyři měsíce před závody jsme zjistili prokazatelný vliv vybraných tréninkových ukazatelů na výkonnost. Sledované čtyřměsíční intervaly korespondovaly s intervaly mezi jednotlivými dílčími vrcholy sezóny. S nárůstem objemu tréninkového zatížení vzrostla i výkonnost, prostřednictvím metody CART a PARTy se v analýze prokázal vliv tempové rychlosti v tréninku u běhu na 800 m, na

1500 m i na 3000 m, obecné vytrvalosti v tréninku běhu na 3000 m, počet naběhaných kilometrů u běhu na 1500 m, kumulativní počet naběhaných kilometrů v tréninku (od začátku sledování) u běhu na 800 m a 1500 m. To odpovídá publikovaným závěrům o vlivu aerobního zatížení na výkonnost (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015; Matos & Winsley, 2007) a také významu rychlostní přípravy na výkon (Moss & Dick, 2004; Tjelta & Enoksen, 2010).

U intenzivních tréninků je zvláště důležité přesné stanovení objemu a intenzity tréninku. Za tímto účelem je vhodné provádět průběžnou diagnostiku, důsledné sledování aktuálního stavu. To je potřeba provádět i v průběhu tréninkové jednotky, kdy můžeme díky sledování individuální reakce na trénink provést úpravy následného zatížení. To přispívá k individualizaci zatížení. U dospělých běžců ve vrcholové etapě tréninku má anaerobní trénink nezastupitelnou úlohu, jeho nadměrné užívání u mládeže může ale přinést i negativa ve smyslu snížení potenciálu běžců v budoucnosti (Helgerud et al., 2007; Moss & Dick, 2004). Přesto je, při jeho použití v souladu s aktuálním stupněm vývoje, jeho účinek nezpochybnitelný. Použití anaerobního tréninku u mládeže přináší rychlý účinek z pohledu zlepšení výkonnosti (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015; Matos & Winsley, 2007; Powers, 2014; Reuter, 2012). Nám se tento vliv podařilo prokázat zejména u tempové rychlosti. Tempová rychlost, tedy rozvoj rychlosti běhu o stupeň vyšší, než je závodní rychlost, řadíme do specifických tréninkových prostředků. Rozvoj tempové rychlosti je ale tou neoptimálnější variantou rozvoje specifických tréninkových prostředků u mládeže (Gunnarsson et al., 2012; Iaia et al., 2009). Záleží samozřejmě na použité formě, intenzitě a objemu zatížení. Můžeme konstatovat, že sportovní výkonnost adolescentních běžců na střední a dlouhé tratě je významně ovlivněna specifickými tréninkovými prostředky – zejména tempovou rychlostí. Tím byla potvrzena hypotéza 2.

Matos & Winsley (2007) uvádějí také možnost zlepšení výkonnosti při použití nespecifického aerobního tréninku, a to o téměř 6 %. V naší studii jsme prokázali vliv nespecifických tréninkových prostředků na výkonnost u parametrů obecná vytrvalost, celkový počet naběhaných tréninků a kumulativní počet naběhaných kilometrů. Vliv obecné vytrvalosti na výkonnost se ale podařilo prokázat pouze u tří probandů a jen u jedné disciplíny. Potvrdili jsme, že nespecifické tréninkové prostředky mohou mít též vliv na výkonnost adolescentních běžců na střední a dlouhé tratě. To potvrzují i Daniels (2013) a Reuter (2012). Zejména v prvních letech sportovní kariéry přispívají ke zlepšování výkonnosti a zároveň vytvářejí předpoklady pro zlepšení v dospělém věku (Kentta, Hassmen, & Raglin, 2001; Moss & Dick, 2004). Nepodařilo se nám ale prokázat jednoznačný vliv

nespecifických tréninkových prostředků na výkonnost adolescentních běžců na střední a dlouhé tratě, hypotéza 3 se nepotvrdila.

Při posuzování vlivu jednotlivých tréninkových prostředků na výkonnost v různě dlouhých časových obdobích jsme zjistili nárůst vlivu tréninku s nárůstem délky působení daného tréninkového ukazatele. Potvrdilo se, že absolvovaný trénink má určitou latenci. Čím delší časové období, tím těsnější vztah. Největší vliv u všech sledovaných tratí se projevil u kritéria celkový počet naběhaných kilometrů. Zaznamenali jsme významnou souvislost mezi výkonností a použitými specifickými tréninkovými prostředky (tempová rychlost, speciální tempo, tempová vytrvalost), stejně jako mezi výkonností a obecnými tréninkovými prostředky (rozvoj aerobního prahu, anaerobního prahu, obecné vytrvalosti), a to na všech třech tratích. Potvrdil se také logický předpoklad, že čím delší závodní trať, tím těsnější vztah vytrvalostního tréninku (AEP, ANP, OV, suma kilometrů) a výkonnosti a čím kratší trať, tím těsnější vztah mezi vysvětlující a vysvětlovanou proměnnou u tréninkových ukazatelů zahrnujících rychlost běhu rovnou či vyšší, než je závodní rychlost (maximální rychlost, tempová rychlost, speciální tempo). To odpovídá v literatuře prezentovaným závěrům Seilera & Tønnensena (2009). Vliv rozvoje tempové rychlosti na výkonnost potvrdili také Iaia et al. (2009), Iaia & Bangsbo (2010), Gunnarsson et al. (2012).

Nejprokazatelnější vliv tréninkových prostředků na výkon jsme zjistili u delších zkoumaných období. Období jeden rok je u všech tří disciplín období s nejvýznamnějším vlivem absolvovaného tréninku na výkonnost. Potvrdil se předpoklad určité latence použitého tréninkového zatížení (Neumann, Pfützner, & Berbalk, 2000; Ward & Barrett, 2002). Tím byla potvrzena hypotéza 4. V období jeden týden, dva týdny a jeden měsíc před závody jsme ve vztahu objemu tréninkového zatížení a výkonnosti jsme zaznamenali u závodní tratě 800 m významný vliv speciálního tempa (za všechna sledovaná období) a celkového počtu kilometrů (poslední 2 týdny před soutěží) u závodní tratě 1500 m je zřejmý vliv tempové rychlosti ve dvou nejkratších sledovaných obdobích (1 a 2 týdny před závody) a speciálního tempa v posledním měsíci před závodem. U tratě 3000 m se potvrdil významný vliv speciálního tempa a celkového počtu kilometrů, zejména 2 a 4 týdny před závodem a tempové vytrvalosti po dobu 4 týdnů před závodem. To je v souladu s již publikovanými informacemi o vlivu tréninku v předzávodním období (Bosquet et al., 2007; Mujika, 2010).

Naše výsledky potvrzují, že v období krátce před závody roste význam rozvoje speciálního tempa, tempové rychlosti, tempové vytrvalosti a obecné vytrvalosti. U obecné vytrvalosti bychom očekávali spíše pozitivní vliv poklesu objemu tréninku, což by mělo vést

k podpoře růstu výkonnosti těsně před vrcholem sezóny. Je ale možné, že u mladých běžců-vytrvalců může tento faktor působit odlišně. Možnou příčinou může být fakt, že celkový objem tréninku adolescentů a úroveň jejich trénovanosti nedosahuje úrovně dospělých vrcholových vytrvalců.

Výsledky potvrzují předpoklad, že s rostoucí délkou závodní tratě roste i význam objemu tréninku v pomalejších rychlostech, než je závodní rychlost, včetně rozvoje aerobní vytrvalosti. Na růst výkonnosti má vliv dlouhodobý rozvoj obecných i specifických tréninkových prostředků. To potvrzuje názory např. Stevensona (1990), že u mladých běžců je možné dlouhodobě zvyšovat výkonnost pomocí nesespecifických tréninkových prostředků. Potvrdil se i logický předpoklad vlivu specifického tréninku na výkonnost (Matos & Winsley, 2007). Byla prokázána souvislost mezi dlouhodobým zvýšením objemu specifických i nesespecifických tréninkových prostředků a výkonností a také mezi krátkodobým zvýšením objemu tréninkových prostředků a výkonností u adolescentních běžců na tratích 800 m, 1500 m a 3000 m.

Z našich dat vyplývá, že nejsilnější efekt tréninku se projeví až po delším časovém období. To je pravděpodobně důvod těsnějšího vztahu mezi výkonností a objemem tréninkových prostředků u delších časových období. Vzhledem k výsledkům můžeme konstatovat, že vliv jednotlivých tréninkových prostředků na výkonnost adolescentních běžců se zvyšuje s délkou působení, což je způsobeno latentností efektu absolvovaného tréninkového zatížení (Ward & Barrett, 2002). To potvrzuje také nutnost projít všemi etapami sportovního tréninku, aby mohlo dojít k dostatečnému rozvoji všech potřebných předpokladů (Neumann, Pfützner, & Berbalk, 2000).

Dalším poznatkem bylo, že dlouhodobě kontrolovaný trénink má pozitivní významný vliv na techniku běhu. Z pohledu věcné významnosti jsme prokazovali souvislost mezi úrovní síly dolních končetin a úrovní techniky běhu. Použili jsme stejný soubor probandů, u tří z nich jsme ale neměli k dispozici všechny potřebné videozáznamy. Výsledky naší práce ukazují na věcně významný vztah mezi úrovní techniky a úrovní síly dolních končetin představovanou výsledky skokového běhu na 100 m v našem souboru probandů. Potvrdilo se, že změna techniky běhu souvisí s úrovní síly dolních končetin a zároveň, že prostřednictvím změny techniky běhu lze ovlivnit ekonomiku běhu (Greene & Pate, 2014; Saunders et al., 2004). Tím byla potvrzena hypotéza 5. Změna techniky běhu je možná jen při dlouhodobé aplikaci kontrolovaného tréninku (Reuter, 2012).

Pro zobecňující závěry je náš výzkum realizován na malém počtu probandů, což je dáno technickou a organizační náročností tohoto druhu šetření. Pro shromáždění potřebného množství dat jsme byli nuceni do studie zahrnout probandy ze dvou dekád. Všichni tito probandi byli ale členy jedné tréninkové skupiny, ve které se podmínky tréninkového zatížení v průběhu doby zásadně neměnily. V naší práci jsme definovali kritéria pro stanovení předčasné specializace v bězích na střední a dlouhé tratě. Vycházeli jsme z již publikovaných poznatků od různých autorů (Bureš, 1986; Helgerud et al., 2007; Karikoski, 1982; Konop, 1991; Moss & Dick, 2004; Tjelta & Enoksen, 2010; Tupý, 1986), podle kterých jsme sestavili doporučení pro případné použití v našich podmínkách.

Námi prokázaný vliv nesespecifického tréninku na výkonnost běžců na střední a dlouhé tratě, v kombinaci s použitím specifických tréninkových prostředků v míře odpovídající věku a individuální úrovni dispozic daného běžce, je v souladu s odbornou literaturou (běžce Bompa, 2000; Dovalil et al., 2005; Kenney, Wilmore, & Costill, 2015; Perič, 2004; Stevenson, 1990). Na základě těchto závěrů můžeme doporučit v tréninku snahu o individuálně diferencované zatížení v souladu se zásadami tréninku odpovídajícímu věku, který při individualizovaném použití může přinést dosažení dostatečné výkonnostní úrovně v adolescentním věku při zachování primárního cíle – dosažení vrcholné výkonnosti v dospělosti.

9. Závěr

V naší práci jsme ukázali možnost stanovení významu jednotlivých tréninkových prostředků a proměnných ovlivňujících výkonnost, které lze kvantifikovat. Námi použitý postup nejen stanoví vlivné proměnné, ale také určí uzlovou hodnotu proměnné. Podařilo se nám potvrdit význam nesespecifických tréninkových prostředků v tréninkovém procesu, které mají nezpochybnitelný význam zejména u mládeže. Také jsme prokázali významný vliv specifických tréninkových prostředků na výkonnost, zejména v rychlostech běhu převyšujících závodní tempo běhu. Tyto prostředky jsou v tréninku adolescentních běžců přijatelné. Použitý postup je použitelný i při zkoumání méně početných souborů. Snažili jsme se ukázat další cesty, které je možno použít při analýze vlivu tréninkového zatížení na výkonnost. Tyto matematické modely výrazně doplňují používané metody, zkušenosti a logiku. Také jsme shrnuli kritéria předčasné specializace v tréninku běžců na střední a dlouhé tratě. Přispěli k diskusi o úrovni zatěžování běžců (i ostatních sportovců) v žákovském a

dorosteneckém věku, protože vzhledem k životnímu stylu současné generace je pravděpodobné, že počet talentovaných jedinců neporoste.

Individualizací tréninkového zatížení respektující aktuální stupeň rozvoje adolescentních běžců lze snížit riziko předčasné specializace a významně ovlivnit výkonnost v dospělosti. Tím se potvrdila hypotéza 1.

Sportovní výkonnost adolescentních běžců na střední a dlouhé tratě je významně ovlivněna specifickými tréninkovými prostředky. Ze specifických tréninkových prostředků se podařilo prokázat zejména vliv tempové rychlosti. Tím se potvrdila hypotéza 2.

Neprokázal se jednoznačný vliv nesespecifických tréninkových prostředků na výkonnost adolescentních běžců na střední a dlouhé tratě, hypotéza 3 se nepotvrdila.

Vliv jednotlivých tréninkových prostředků na výkonnost adolescentních běžců se zvyšuje s délkou působení, což je způsobeno latentností efektu absolvovaného tréninkového zatížení. Nejvyšší efekt jsme prokázali u nejdějšího období zkoumání, v našem případě tedy v období jeden rok. Se zkracující se délkou působení se snižuje vliv jednotlivých tréninkových prostředků. Tím se potvrdila hypotéza 4.

Síla dolních končetin významným způsobem ovlivňuje techniku běhu, tím se potvrdila hypotéza 5.

Limity práce – zobecnění závěrů brání nízký počet probandů. Relevantní údaje bylo možné získat jen u omezeného počtu probandů, protože pouze malé procento sportovců si píše pečlivě, pravidelně a dlouhodobě všechny potřebné záznamy o tréninkovém zatížení v potřebné kvalitě a rozsahu. Podmínkou tohoto typu zkoumání je kvalita a přesnost vstupních dat a spolupráce sportovce a jeho trenéra. Kritérium výkonnosti je dalším limitním prvkem, který nám neumožnil pracovat s mnohem větším okruhem zkoumaných běžců. Přesto jsme ukázali možný pohled na kritéria předčasné specializace u běžců na střední a dlouhé tratě.

Publikovaná literatura autora

Recenzované časopisy:

Bahenský, P. (2012). Vývoj sportovního tréninku v běhu na 1500 m. *Studia Kinanthropologica*, XIII, (2), 108-125.

Vobr, R., Bahenský, P., & Požárek, P. (2013). The influence of load intensity on the classic cross-country skiing technique of students Faculty of Education South Bohemian University. *Journal of outdoor activities*, 7(1), 34-39.

Bahenský, P. (2014). Comparison of Responses of the Organism to Load Exerted by Running with Poles and Without Poles. *Paripex - Indian Journal Of Research*, 3(3), 140-142.

Bahenský, P., & Michalov, L. (2014). Změna intenzity zatížení použitím holí při běhu u mladých vytrvalců. *Studia Kinanthropologica*, 15(1), 7-12.

Semerád, M., & Bahenský, P. (2014). Celková tělesná voda jako indikátor aklimatizace ve vyšších nadmořských výškách. *Studia Kinanthropologica*, 15(2), 89-94.

Bahenský, P., & Semerád, M. (2014). Analýza vývoje výkonnosti v běhu mužů na 1500 m v ČR 1945-2013. *Studia Kinanthropologica*, 15(3), 131-140.

Bahenský, P., & Suchý, J. (2015). Vliv sedmidenního tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce na vybrané funkční a biochemické parametry mladých běžců. *Studia Sportiva*, 9(1), 63-72.

Bahenský, P., Vobr, R., Požárek, P., & Malátová, R. (2015). Změny vybraných kondičních a somatických předpokladů u studentů tělesné výchovy v průběhu jednoho semestru. *Studia Kinanthropologica*, 16(1), 17-23.

Semerád, M., & Bahenský, P. (2015). Vývoj světové výkonnosti v atletických disciplínách žen, hodů kladivem a běhu na 3 000 m překážek. *Studia Kinanthropologica*, 16(2), 83-91.

Malátová, R., & Bahenský, P. (2016). Intervence dechových cvičení a její vliv na dechový stereotyp. *Studia Kinanthropologica*, 17(1), 23-30.

Bahenský, P., & Malátová, R. (2016). Vliv intervenčního programu dechových cvičení na vitální kapacitu plic. *Studia Kinanthropologica*, 17(3), přijato k publikaci.

Bahenský, P., & Semerád, M. (2016). Úroveň výkonnosti elitních adolescentních běžců v dospělém věku. *Studia Kinanthropologica*, 17(3), přijato k publikaci.

Sborníky:

Bahenský, P. (2012). Vývoj tréninkových metod v běhu na 10000 m. In: Zvonař, M., Kouřilová, P., & Kalina T. *Sport ve vědě, věda ve sportu 2012, sborník příspěvků ze studentské vědecké konference*, 12-24. Brno: MU FSPS.

Bahenský, P. (2014). Vývoj úrovně pohybových předpokladů adolescentů u talentových zkoušek na sportovní gymnázium – obor atletika. In: Flemr, J. et al. *Pohybové aktivity ve vědě a praxi*, 499-509. Praha: Karolinum.

Bahenský, P. (2015). Vliv zkráceného tréninkového kempu v 1000 m n. m. na vybrané funkční a biochemické parametry mladých běžců. In: Červinka, P., Kaplan, A., Hojka, V., & Volfová, K. *Atletika 2015*, 19-25.

Použitá literatura

Bar-Or, O. (1996). Role of exercise in the assessment and management of neuromuscular disease in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (4), 421-427.

Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Štefl, M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže*. Praha: FTVS UK.

Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32(1), p. 70–84.

Baxter-Jones, A., Helms, P., Maffuli, N., Baines-Preece, J., & Preece, M. (1995). Growth and development of male gymnasts, swimmers, soccer and tennis players: A longitudinal study. *Annals of Human Biology* 22, 381-394.

Bompa, T. O. (2000). *Total Training for Young Champions. Proven conditioning programs for athletes ages 6 to 18*. Champaign: Humans Kinetics.

- Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, D., & Mujika, I. (2007). Effects of tapering on performance: A meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1358-1365.
- Bouchard, C. (1986). Genetics of aerobic power and capacity. *Sport and human genetics*, 13, 59-89.
- Broďáni, J. (2011). *Účinnosť tréningového zaťaženia u chodca na 20 km*. Nitra: UKF.
- Bunc, V. (1989). *Biokybernetický prístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. Praha: VÚT UK.
- Bunc, V. (2009) Diagnostics of sport performance predisposition. *Sci.Rev.Phys. Culture*. XII(1), 5-14.
- Bureš, M. (1986). *Atletika – běh na 800m a 1500m (ženy)*. Praha: ÚV ČSTV.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (4th ed.). New York: Academic Press.
- Daniels, J. (2013). *Daniels' running formula*. Champaign IL: Human Kinetics.
- David, R. (1999). *Práva dítěte. Úmluva o právech dítěte a její charakteristika. Mezinárodní ochrana práv dítěte a některé další dokumenty. Rodina a základy rodinného práva*. Olomouc: nakladatelství Olomouc.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2005). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Enoksen, E. (2011). Drop-out rate and drop-out reasons among promising Norwegian track and field athletes: A 25 year study. *Scandinavian Sport Studies Forum*. 2, 19-43.
- Enoksen, E., Tjelta, A. R., & Tjelta, L. I. (2011). Distribution of Training Volume and Intensity of Elite Male and Female Track and Marathon Runners. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 6 (2), 273-293.
- Feige, K. (1973). *Vergleichende Studien zur Leistungsentwicklung von Spitzensportlern*. Schorndorf: Karl Hofmann.
- Greene, L. S., & Pate, R. (2014). *Training Young Distance Runners*. Champaign: Human Kinetics.

- Gunnarsson, T. P., Christensen, P. M., Holse, K., Christiansen, D., & Bangsbo, J. (2012). Effect of additional speed endurance training on performance and muscle adaptations. *Med Sci Sports Exerc*, 44(10), 1942-8.
- Hart, C. (1993). 400 meter training. *Track and Field Quarterly Review*, 93(1), 23-28.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., ... & Hoff, J. (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO₂max More Than Moderate Training. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(4), 665.
- Choutka, M., & Dovalil, J. (1991). *Sportovní trénink*. Praha: Olympia.
- Iaia, F. M., Hellsten, Y., Nielsen, J. J., Fernström, M., Sahlin, K., & Bangsbo, J. (2009). Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *Journal of applied physiology*, 106(1), 73-80.
- Iaia, F., & Bangsbo, J. (2010). Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(2), 11-23.
- Karikosk, O. (1982). Another look into the development of young distance runners. *Modern Athlete & Coach*, 20 (1), 17-19.
- Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). *Physiology of Sport and Exercise 6th Edition*. Human kinetics.
- Kentta, G., Hassmen, P., & Raglin, J. (2001). Training practices and overtraining syndrome in Swedish age-group athletes. *International Journal of Sports Medicine* 22, 460-465.
- Konop, P. (1991). Příprava středotratěřů – dorostenců. In: Moravec, P. et al. (1991). *Sborník prací k problematice středních tratí*. Praha: Olympia.
- Kučera, V., & Truksa, Z. (2000). *Běhy na střední a dlouhé tratě*. Praha: Olympia.
- Kyröläinen, H., Belli, A., & Komi, P. V. (2001). Biomechanical factors affecting running economy. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 33 (8), 1330-1337.
- Lipárová, S., & Broďáni, J. (2013). *Športová príprava v horskom triatlone a intraindividuálny adaptačný efekt na tréningové zaťaženie*. Nitra: UKF.
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén. 245.

- Matos, N., & Winsley, R. J. (2007). Trainability of young athletes and overtraining. *Journal of Sports Science and Medicine* 6, 353-367.
- McCann, D. J., & Higginson, B. K. (2008). Training to maximize economy of motion in running gait. *Current sports medicine reports*, 7(3), 158-162.
- Měkota, K., & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti-činnosti-výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Moss, D., & Dick, R. W. (2004). Avoid Early Specialization for Runners. *Tricks of the Trade for Middle Distance, Distance & Cross-Country Running*. 6 (1), 4-9.
- Mujika, I. (2010). Intense training: the key to optimal performance before and during the taper. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(s2), 24-31.
- Naughton, G. Farpour, L., Carlson, J., Bradney, M., & Van Praagh, E. (2000). Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. *Sports Medicine* 30, 309-325.
- Neumann, G., Pfützner, A., & Berbalk, A. (2000). *Successful endurance training*. Meyer & Meyer Verlag.
- Perič, T. (2004). *Sportovní příprava dětí*. Praha: Grada.
- Písařík, M., & Liška, J. (1989). *Běhy na střední a dlouhé tratě – Základní programový materiál pro vrcholový sport, II. Část*. Praha: ÚV ČSTV – vědeckometodické oddělení.
- Powers, S. (2014). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance*. McGraw-Hill Higher Education.
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2013). *Exercise physiology for health fitness and performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1633-1637.
- Reuter, B. (2012). *Developing endurance*. Human Kinetics.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. *Sports Med*, 34 (7), 465-485.
- Sebera, M. (2014). *Statistika-vícerozměrné metody*. Masarykova univerzita.

- Seidl, J. (2016). *Tréninkové zatížení a dosažené výsledky jednotlivce v různých tréninkových prostředích. Případová studie elitních českých triatlonistů*. Disertační práce. Praha: FTVS.
- Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(1), 49-56.
- Seiler, S., & Tønnessen, E. (2009). Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training. *Sport science*, 13, 32-53.
- Seliger, V., & Bartůnek, Z. (1976). *Mean values of various indices of physical fitness in the investigation of Czechoslovak population aged 12-55 years*. Czechoslovak Association of Physical Culture.
- Stevenson, C. L. (1990). The athletics career: Some contingencies of sport specialization. *Journal of Sport Behavior* 13, 103-113.
- Sutton, C. D. (2005). Classification and regression trees, bagging, and boosting. *Handbook of statistics*, 24, 303-329.
- Tjelta, L. I. (2013). A Longitudinal Case Study of the Training of the 2012 European 1500 m Track Champion. *Int J Appl Sports Sci*, 25, 11-18.
- Tjelta, L., & Enoksen, E. (2010). Training Characteristics of Male Junior Cross Country and Track Runners on European Top Level. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 5 (2), 193-203.
- Tupý, J. (1986). *Metodické pokyny k učebním osnovám pro I. – IV. Ročník sportovní školy. Atletika, běžecké disciplíny na střední a dlouhé tratě*. Praha: MŠ ČSR.
- Ward, P., & Barrett, T., (2002) *A review of behavior analysis research in physical education*. *J.Teach.Phys.Educ.*, 21(3): 242-266.
- Weineck, J. (2004). *Optimales training: Leistungsphysiologische trainingslehre unter besonderer berücksichtigung des kinder-und jugendtrainings*. Spitta Verlag GmbH & Co. KG.
- Záhorec, J. (1995). *Application of te correlation and regresion analysis of time series to intraindividual analysis of training load and structure sport performance*. In International conferene on Physica Education and sports of Children and Youth. Bratislava: FTVŠ.