**Stephen Seiler: Role intensity a objemu v tréninku vytrvalosti- strojový překlad**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | |  |  | |  |  |   Intervaly, prahy a dlouhá pomalá vzdálenost:   Role intenzity a objemu v tréninku vytrvalosti  Stephen Seiler 1 a Espen Tønnessen 2  Sportscience 13, 32-53, 2009 (sportsci.org/2009/ss.htm)  1 Univerzita Agder, Fakulta zdraví a sportu, Kristiansand 4604, Norsko. [E-mail](mailto:stephen.seiler@hia.no) . 2 Norský olympijský a paralympijský výbor Národní vzdělávací centrum, Oslo, Norsko . [E-mail](mailto:Espen.Tonnessen@olympiatoppen.no) . Recenzenti: Iñigo Mujika, Araba Sport Clinic, Vitoria, Španělsko; Stephen Ingham, anglický institut sportu, Loughborough University, Leicestershire, LE11 3TU, UK.         |  | | --- | | Výcvik vytrvalosti zahrnuje manipulaci intenzity, trvání a četnosti tréninků.    Relativní dopad krátkého, intenzivního tréninku oproti delšímu, pomalejšímu distančnímu výcviku byl studován a diskutován po desetiletí mezi sportovci, trenéry a vědci.   V současné době se kyvadlo popularity posunulo směrem k vysoce intenzivnímu intervalovému tréninku.   Mnoho odborníků na fitness, stejně jako někteří vědci, nyní tvrdí, že krátká práce s vysokou intenzitou intervalu je jedinou formou školení nezbytnou pro optimalizaci výkonu.   Výzkum dopadu intervalového a průběžného tréninku s netrénovanými na středně vyškolené předměty nepodporuje současný interval šílenství, ale důkazy naznačují, že krátkodobé intenzivní tréninkové záchvaty a delší průběžné cvičení by měly být součástí účinného vytrvalostního tréninku.   Vytrvalostní sportovci Elite vykonávají 80% nebo více tréninku v intenzitách jasně pod prahem laktátu a překvapivě šetrně používají trénink s vysokou intenzitou.   Studie zahrnující intenzifikaci výcviku v již dobře vyškolených atletech ukázaly v nejlepším případě nejednoznačné výsledky.  Z dostupných důkazů vyplývá, že kombinace velkých objemů výcviku s nízkou intenzitou s pečlivým používáním intervalového tréninku s vysokou intenzitou v průběhu ročního vzdělávacího cyklu je nejlepším modelem pro rozvoj vytrvalostního výkonu. KLÍČOVÁ SLOVA: prah laktátu, maximální příjem kyslíku, VO 2 max, periodizace.  [Reprint pdf](http://www.sportsci.org/2009/ss.pdf) · [Reprint doc](http://www.sportsci.org/2009/ss.doc)  · [Komentář recenzenta](http://www.sportsci.org/2009/sai.htm) | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| [Intervalový trénink: dlouhá historie](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522380)  [Zóny intenzity cvičení](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522381)  [Tréninkové plány a mobilní signalizace](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522382)  [Intenzita tréninku sportovců Elite Endurance](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522383)  [Jednotky pro intenzitu vzdělávání](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522384)  [Pravidlo 80:20 pro intenzitu](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522385)  [Vzdělávací svazek sportovců Elite](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522386)  [Studie intenzivnějšího vzdělávání](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522387)  [Intenzita rekreačních sportovců](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522388)  [Případové studie manipulace s tréninkem](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522389)  [Případ 1 – Od Fotbal Pro k Elite Cyklista](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522390)  [Případ 2 - Od moderního Pentathleta k Runnerovi](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522391)  [Platná srovnání tréninkových intervencí](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522392)  [Závěry](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522393)  [Reference](http://www.sportsci.org/2009/ss.htm#_Toc245522394)    Večer před začátkem Kongresu Evropské akademie sportovních věd v roce 2009 v Oslu nás oba uspořádali na večeři obhajoby doktorských disertačních prací, která je součástí doby ctěné tradice „ *doktorské disputy* “ ve Skandinávii. Jeden z nás byl *uleveným sporem* (Tønnessen), který úspěšně obhájil svou disertační práci. Druhý hrál roli *kontroverzního* „ *førsteopponenta* “ *.*Výzkum společnosti Tønnessen o procesu rozvoje talentů zahrnoval rozsáhlé empirické analýzy tréninkových vlastností vybraných světových atletů s vytrvalostními zkouškami. Jeho kariéra série případové studie systematizovala deníky školení více než 15 000 školení ze tří světových a / nebo olympijských šampionů ve třech sportech: běh na dálku, běžecké lyžování a orientační běh. Společný pro všechny tři šampiony bylo to přes jejich dlouhé, úspěšné kariéry, asi 85% jejich tréninků bylo provedeno jako nepřetržité úsilí u nízké k mírné intenzitě (krevní laktát 2 mM). Mezi 40 hosty seděli trenéři, vědci a bývalí sportovci, kteří se přímo nebo nepřímo podíleli na vyhrávání více vytrvalostních sportovních olympijských zlatých medailí a mistrovství světa, než jsme mohli počítat. Jeden host, Dag Kaas, trénoval 12 individuálních mistrů světa ve čtyřech různých sportech. Ve svém přípitku k uchazeči poznamenal:   „ *Moje zkušenost jako trenéra mi říká, že stát se mistrem světa ve vytrvalostních disciplínách, musíte trénovat RYCHLOST, a musíte trénovat VYTRVALOST. Jeden bez druhého je nedostatečný. “*  Co je tedy *chytré* vytrvalostní školení? Otázkou je čas: výzkum a populární zájem o intervalový trénink pro fitness, rehabilitaci a výkon vzrostl v posledních letech na pozadí nových výzkumných studií a ještě více marketingu různých hráčů v oblasti zdraví a fitness průmyslu. Některé nedávné studie na netrénovaných nebo středně vyškolených subjektech naznačují, že 2-8 týdnů 2-3-týdenního intenzivního intervalového tréninku může vyvolat rychlé a podstatné zlepšení metabolické a kardiovaskulární výkonnosti (Daussin et al., 2007; Helgerud et al., 2007; Talanian et al., 2007). Některé populární mediální články interpretovaly tyto nálezy tak, že znamenají, že dlouhé, stálé vzdálenosti jsou ztráta času. Tato interpretace, ať už dobře podložená, či nikoli, vyvolává rozumné otázky týkající se důležitosti a kvantity intenzivního (a nízko) intenzivního tréninku v celkovém tréninku vytrvalostního sportovce. Cílem tohoto článku je diskutovat o této otázce způsobem, který integruje výzkum a praxi.  S ohledem na nedávný humbuk a explozi v počtu studií zkoumajících intervalový trénink v různých zdravotních, rehabilitačních a výkonnostních podmínkách, by bylo možné odpustit za předpokladu, že tento tréninkový formulář byl nějaký magický trénink pilulku vědci vymysleli poměrně nedávno. Skutečností je, že sportovci používají intervalový trénink minimálně 60 let.   Předtím, než se budeme zabývat širší otázkou rozložení intenzity tréninku v soutěžních vytrvalostních atletech, je určitá diskuse o intervalovém výzkumu v pořádku.  **Intervalový trénink: dlouhá historie**  Mezinárodní trenér Peter Thompson [napsal](http://www.athleticscoaching.ca/UserFiles/File/Sport%20Science/Theory%20&%20Methodology/Endurance/General%20Concepts/Thompson%20The%20New%20Interval%20Training.pdf) v Týdnu atletiky, že jasné odkazy na "opakování školení" byly vidět již na počátku 1900s (Thompson, 2005) .   Nobelova cena vyznamenaná fyziologka Hill Hill zahrnoval občasné cvičení do jeho studií cvičení lidí už ve dvacátých létech (Hill et al., 1924a; Hill et al., 1924b) .   Asi tentokrát Švéd Gosta Holmer představil *Fartle* k vzdálenosti ( *fart =* rychlost a *lek* = hra ve švédštině).   Specifický termín *intervalový trénink*je přičítán německému trenérovi Waldemerovi Gerschlerovi. Ovlivněn pracovním fyziologem Hansem Reindellem na konci 30. let byl přesvědčen, že střídavá období tvrdé práce a uzdravení jsou účinným adaptivním podnětem pro srdce. Oni zřejmě přijali termín, protože oba věřili, že to byl interval obnovy, který byl životně důležitý pro tréninkový efekt. Od té doby, termíny *intermitentní cvičení* , *opakovací trénink* a *intervalový trénink* byli všichni používaní popisovat širokou škálu tréninkových receptů zahrnovat střídavé pracovní a odpočinkové doby (Daniels a Scardina, 1984) \ t. V šedesátých létech, švédští fyziologové, vedl o Per Åstrand, provedl průkopnický výzkum demonstrovat jak manipulace práce trvání a doba odpočinku mohla dramaticky ovlivnit fyziologické odezvy na přerušované cvičení (Åstrand et al., 1960; Åstrand I, 1960; Christensen, 1960; Christensen, 1960; et al., 1960) . Jak Daniels a Scardina (1984) uzavřeli před 25 lety, jejich práce položila základy pro další intervalový výzkum. Åstrand a Rodahl (1986) ve své klasické kapitole Tělesná výchova v *učebnici pracovní fyziologie* napsali:*to je důležité, ale nevyřešený otázku, který typ tréninku je nejúčinnější:. pro udržení úrovně odpovídající 90% vychytávání maximální kyslíku po dobu 40 minut, nebo na zdanění 100% spotřeby kyslíku kapacitou asi 16 min“* (Stejná kapitola ze 4. vydání, publikovaná v roce 2003, si můžete přečíst [zde](http://books.google.com/books?id=BC9SiAsUPqsC&printsec=frontcover&dq=Textbook+of+Work+Physiology&ei=XSiJSrT-OovgyQTxqbmKDg&hl=no#v=onepage&q=&f=false).)   Tato citace slouží jako vhodné zázemí pro definování tréninku aerobního intervalu s vysokou intenzitou (HIT), jak jej použijeme v tomto článku: *opakované záchvaty cvičení trvající ~ 1 až 8 minut a vyvolávající potřebu kyslíku rovnou ~ 90 až 100% z* VO 2 max *, oddělené dobou klidu 1 až 5 min* (Seiler a Sjursen, 2004; Seiler a Hetlelid, 2005) . Řízené studie srovnávající fyziologický a výkonový dopad kontinuálního tréninku (CT) pod obratem laktátu (typicky 60-75% VO 2 max po dobu 30 minut nebo více) a HIT se začaly objevovat v 70. letech. Velikosti vzorků byly malé a výsledky byly smíšené, s lepšími výsledky pro HIT(Henriksson a Reitman, 1976; Wenger a Macnab, 1975) , vynikající výsledky pro CT (Saltin et al., 1976) a malý rozdíl (Cunningham et al., 1979; Eddy a kol., 1977; Gregory, 1979) . Podobně jako většina publikovaných studií porovnávajících tyto dva typy školení byly intervence CT a HIT porovnávané v těchto studiích porovnány s celkovou prací (iso-energetickou). V kontextu toho, jak sportovci trénují a vnímají tréninkový stres, je tato situace umělá a my se vrátíme později.  McDougall a Sale (1981) publikovali jeden z prvních recenzí porovnávající účinky průběžného a intervalového tréninku, zaměřeného na trenéry a sportovce. Dospěli k závěru, že obě formy vzdělávání jsou důležité, ale z různých důvodů. Jejich interpretaci ovlivnily dva fyziologické předpoklady, které jsou nyní do značné míry vyvráceny. Nejprve dospěli k závěru, že HIT je lepší pro vyvolání *periferních*změn, protože vyšší intenzita práce indukuje vyšší stupeň *hypoxie* kosterního svalstva *.*Nyní víme, že u zdravých jedinců nemusí být zvýšená akumulace laktátu v krvi v průběhu cvičení způsobena zvýšenou hypoxií svalů (Gladden, 2004). Za druhé, došli k závěru, že vzhledem k tomu zdvihový objem již plošinami na 40-50% VO 2 max, vyšší výkon intenzity by nezlepšilo komorovou náplň. Nyní víme, že zdvihový objem stále roste při vyšších intenzitách, snad dokonce až na VO 2 max, v dobře vyškolených atletech (Gledhill et al., 1994; Zhou et al., 2001) . Za předpokladu, že plató s objemem mrtvice při nízké intenzitě zátěže, dospěli k závěru, že přínos cvičení na srdečním výkonu byl odvozen stimulací vysoké srdeční kontraktility, o které tvrdili, že dosahuje maxima při 75% VO 2max. Pro zvýšení kardiálního výkonu bylo tedy považováno za nejpřínosnější nepřetržité cvičení s mírnou intenzitou po delší dobu trvání, a proto více tepů srdce. Zatímco novější výzkum již nepodporuje   jejich konkrétní závěry, vznesli důležitý bod, že existují základní charakteristiky fyziologické reakce na HIT a CT, které by měly pomoci vysvětlit jakýkoli rozdílný dopad na adaptivní reakce.  Poole a Gaesser (1985) publikoval klasikou porovnání do 8 týdnů 3 x týdně přípravy nepovolaných předmětů pro buď   55 min při 50% VO 2 max, 35 min při 75% VO 2 max, nebo 10 x 2 min při 105% VO 2 max. S 2minutovým obnovením.   Pozorovali žádné rozdíly ve velikosti zvýšení obou VO 2 max nebo výkonu na laktát práh mezi těmito třemi skupinami. Jejich zjištění byla potvrzena Bhambinim a Singhem (1985) ve studii podobného designu publikované téhož roku. Gorostiaga a kol. (1991)uvedla zjištění, která zpochybnila závěry společnosti McDougall a Sale ohledně adaptivní specifičnosti intervalu a průběžného vzdělávání. Měli netrénované předměty cvičení po dobu 30 minut, tři dny v týdnu buď jako CT při 50% nejnižšího výkonu vyvolávajícího VO 2 max, nebo jako HIT, střídavě 30 s při 100% výkonu při VO 2 max a 30 s odpočinku, že celková práce byla uzavřena. Přímo proti závěrům McDougall a Sales zjistili, že HIT vyvolává větší změny ve VO 2max, zatímco CT byla účinnější při zlepšování periferní oxidační kapacity a profilu laktátu. Na počátku 90. let dostupné údaje nepodporovaly konsenzus ohledně relativní účinnosti CT vs. HIT při indukci periferních nebo centrálních změn souvisejících s vytrvalostním výkonem.  Po dvaceti letech výzkum pokračuje, pokud jde o rozsah, v jakém jsou VO 2 max, frakční využití VO 2 max a efektivita práce / ekonomika diferencovaně ovlivňovány CT a HIT u zdravých, zpočátku netrénovaných jedinců. Výsledky studie jsou i nadále smíšené, přičemž některé studie nevykazují žádné rozdíly v periferních a centrálních adaptacích na CT vs. HIT (Berger et al., 2006; Edge et al., 2006; Overend et al., 1992) a další větší zlepšení s HIT (Daussin et al., 2008a; Daussin et al., 2008b; Helgerud et al., 2007) . Když jsou vidět rozdíly, opírají se směrem, že nepřetržitá práce v sub-maximálních intenzitách podporuje větší periferní adaptace a HIT podporuje větší centrální adaptace(Helgerud et al., 2007) .  Kontrolované studie přímo porovnávající CT a HIT v *již dobře vyškolených subjektech* byly doposud v literatuře v podstatě nepřítomné. V 90. letech minulého století se však objevilo několik studií zaměřených na konstrukci v rámci jedné skupiny, které zahrnovaly vytrvalostní sportovce. Acevedo a Goldfarb (1989) uvedli zlepšení výkonu 10 km a běžecký pás do vyčerpání ve stejném tempu jako 2% stupeň v dobře vyškolených běžcích, kteří zvýšili intenzitu tréninku na 90-95% VO 2max na třech svých týdenních trénincích dnů. V těchto již dobře trénovaných atletech, VO 2max bylo po 8 týdnech intenzifikace tréninku nezměněno, ale byl pozorován správný posun profilu laktátu v krvi. V roce 1996 -97 jihoafričtí sportovní vědci publikovali výsledky jediného skupinového zásahu zahrnujícího soutěžící cyklisty (Lindsay et al., 1996; Weston et al., 1997) . Vyškolili regionálně konkurenceschopné cyklisty, kteří byli specificky vybráni pro studium na základě kritérií, která neprovedli žádný intervalový trénink během 3-4 měsíců před zahájením studie. Když 15% jejich normálního tréninkového objemu bylo nahrazeno 2 d.wk -1intervalový trénink pro 3 - 4 týdny (šest tréninků šesti 5min min. intenzivních pracovních záchvatů), 40-km časová zkušební výkonnost, špičkový trvalý výkon (PPO) a čas do únavy při 150% PPO byly mírně zlepšeny. Fyziologická měření, jako například VO 2 max a laktátu změny profilu nebyly hlášeny. Stepto a jeho kolegové se pak zabývali otázkou optimalizace intervalového tréninku v podobném vzorku neintervalově vyškolených regionálních cyklistů (Stepto et al., 1999).. Srovnávali intervalové záchvaty v rozmezí od 80 do 175% špičkového aerobního výkonu (doba trvání 30 s až 8 minut, celková práce 6-32 minut). Velikost skupin byla malá (n = 3-4), ale jedna skupina, která trvale zlepšovala výkonnost vytrvalostního testu (~ 3%), použila 4minutové intervaly při 85% PPO. Tyto řízené tréninkové intenzifikační studie v podstatě potvrdily, co se zdálo, že sportovci a trenéři znají po celá desetiletí: nějaký trénink s vysokou intenzitou intervalu by měl být integrován do tréninkového programu pro dosažení optimálního výkonu. Zdá se, že tyto studie také vyvolaly nárůst zájmu o roli HIT ve vývoji výkonnosti sportovců, který v posledních letech dále rostl.  Pokud děláte nějaký HIT (1-2 záchvaty týdně) dává zvýšení výkonu, je ještě lepší? Billat a kolegové tuto otázku prozkoumali ve skupině běžců na střední vzdálenosti, kteří zpočátku trénovali pouze šest lekcí týdně. Zjistili, že intenzifikace tréninku na čtyři relace CT, jedna relace HIT a jedna relace prahové hodnoty pro laktát (LT) vedly ke zlepšení rychlosti běhu na VO 2 max (ale ne na VO 2 max) a na běžící ekonomice. Další intenzifikace na dvě relace CT, tři relace HIT a jedna relace LT každý týden nevedly k žádnému dalšímu adaptivnímu přínosu, ale zvýšily subjektivní tréninkový stres a indikátory hrozícího přetrénování (Billat et al., 1999).. Ve skutečnosti intenzifikace tréninku v období 2-8 týdnů s častými záchvaty s vysokou intenzitou (3–4 sezení týdně) je účinným prostředkem k dočasnému ohrožení výkonnosti a vyvolání nadměrných a možná přetrénovaných symptomů u atletů (Halson a Jeukendrup, 2004) .   Pravděpodobně existuje přiměřená rovnováha mezi tréninkem intenzity s vysokou a nízkou intenzitou v každodenním rozložení intenzity vytrvalostního sportovce. Tato zjištění nás dovedou ke dvěma souvisejícím otázkám: jak skutečně vytrvalostní sportovci skutečně trénují a existuje optimální rozložení intenzity tréninku pro dlouhodobý rozvoj výkonnosti?  I když lze argumentovat, že tradice, odpor vůči změnám a dokonce pověra mohou negativně ovlivnit tréninkové metody elitních vytrvalostních sportovců, sportovní historie nám říká, že sportovci jsou experimentální a inovativní. Pozorování tréninkových metod nejlepších světových vytrvalostních sportovců představuje platnější obraz „osvědčených postupů“, než můžeme vyvinout z krátkodobých laboratorních studií netrénovaných nebo středně vyškolených subjektů.  V dnešním výkonnostním prostředí, kde slibní sportovci mají v podstatě neomezený čas trénovat, všichni sportovci trénují hodně a jsou vysoce motivováni k optimalizaci tréninkového procesu. Tréninkové nápady, které zní dobře, ale nefungují v praxi, zmizí. Vzhledem k těmto podmínkám se domníváme, že jakýkoli konzistentní model distribuce intenzity tréninku, který se objevuje ve sportovních disciplínách, bude pravděpodobně výsledkem úspěšné samoorganizace (evoluce) směrem k „populačnímu optimu“. ale podle populačního optima máme na mysli přístup ke vzdělávací organizaci, který vede k tomu, že většina sportovců zůstává zdravá, dosahuje dobrého pokroku a dobře se daří ve svých nejdůležitějších událostech.  **Zóny intenzity cvičení**  Abychom popsali distribuci intenzity u vytrvalostních sportovců, musíme se nejprve dohodnout na intenzitě. K dispozici jsou různé režimy intenzity zóny. Většina národních sportovních řídících orgánů používá intenzitní stupnici založenou na rozsahu srdeční frekvence vzhledem k maximálnímu a souvisejícímu typickému koncentraci laktátu v krvi.   Výzkumné přístupy se liší, ale řada nedávných výzkumných studií identifikovala zóny intenzity založené na prahových hodnotách ventilace.   Zde se budeme zabývat příkladem každé z těchto měřítek.  Tabulka 1 ukazuje stupnice intenzity používané všemi vytrvalostními sporty v Norsku. Platná kritika takového měřítka spočívá v tom, že nebere v úvahu individuální rozdíly ve vztahu mezi srdeční frekvencí a krevním laktátem nebo variabilitou specifickou pro aktivitu, jako je tendence maximálních koncentrací v rovnovážném stavu pro laktát v krvi, která by byla vyšší při aktivacích aktivujících méně svalová hmota (Beneke a von Duvillard, 1996; Beneke et al., 2001) .     |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Tabulka 1: Typická pětzónová stupnice pro předepisování a sledování tréninku vytrvalostních sportovců. | | | | | | Zóna intenzity | VO 2 (% max) | Srdeční frekvence (% max) | Laktát (mmol.L -1 ) | Doba trvání v zóně | | 1 | 45-65 | 55-75 | 0,8-1,5 | 1 až 6 hodin | | 2 | 66-80 | 75-85 | 1,5-2,5 | 1-3 h | | 3 | 81-87 | 85-90 | 2,5-4 | 50-90 min | | 4 | 88-93 | 90-95 | 4-6 | 30-60 min | | 5 | 94-100 | 95-100 | 6-10 | 15-30 min | | Stupnice srdeční frekvence je mírně zjednodušena ve srovnání se skutečným měřítkem používaným Norskou olympijskou federací, která je založena především na desetiletích testování běžkařů, biatlonistů a veslařů. | | | | |     Několik nedávných studií zkoumajících distribuci intenzity tréninku (Esteve-Lanao et al., 2005; Seiler a Kjerland, 2006; Zapico et al., 2007) nebo distribuci intenzity výkonu ve vícedenních událostech (Lucia et al., 1999; Lucia et al. ., 2003)použili první a druhé ventilační otočné body k vymezení tří zón intenzity (obrázek 1). 5zónová stupnice v tabulce výše a 3zónová stupnice níže jsou přiměřeně nadstandardní v této intenzitě Zóna 3 v 5zónovém systému se dobře shoduje se zónou 2 ve 3zónovém modelu. Zatímco vymezení pěti „aerobních“ zón intenzity bude pravděpodobně informativní v tréninkové praxi, je důležité poznamenat, že nejsou založeny na jasně definovaných fyziologických markerech. Všimněte si také, že 2-3 další zóny jsou typicky definovány tak, aby vyhovovaly sprintu s vysokou intenzitou, anaerobní kapacitě a silovému tréninku. Tyto zóny jsou typicky definovány jako „anaerobní“ zóny 6, 7 a 8.     |  | | --- | | Obrázek 1. Tři intenzity zóny definované fyziologické stanovení první a druhé otočné body ventilační použití ventilační ekvivalenty pro O 2 (VT 1 ) a CO 2 (VT 2 ). | | http://www.sportsci.org/2009/ss_files/image005.jpg |   **Tréninkové plány a mobilní signalizace**  Sportovci nevycvičují každý den stejnou intenzitu nebo stejnou dobu. Tyto proměnné jsou ze dne na den manipulovány s implicitními cíli, aby se časem maximalizovala fyziologická kapacita a zůstala zdravá. První z nich je zcela závislá na druhé. Tréninková frekvence je také kritická proměnná, kterou sportovec ovládá. To je zřejmé zejména při porovnání mladších (často 5–8krát týdně trénovaných) a zralých atletů na špičkové úrovni (často trénuje 10-13 sezení týdně). Zvýšení frekvence tréninku (na rozdíl od tréninku delšího trvání každé relace) je zodpovědné za většinu nárůstu ročních tréninkových hodin pozorovaných při dospívání sportovců. Výjimkou z tohoto obecného pravidla může být cyklistika, protože cyklistická tradice diktuje jednotlivé denní sezení, která se mezi odborníky často pohybují 4-6 hodin. Konečnými cíli vzdělávacího procesu jsou jednotlivé buňky.  Změny rychlosti transkripce DNA, translace RNA a nakonec syntéza specifických proteinů nebo proteinových konstelací jsou indukovány prostřednictvím kaskády intracelulárních signálů indukovaných tréninkem záchvatu. Biologické cvičení biologů rozkládá, jak manipulace intenzity a trvání cvičení specificky modifikuje intracelulární signalizaci a výsledné míry syntézy bílkovin na buněčné úrovni nebo úrovni celého svalu / myokardu (Ahmetov a Rogozkin, 2009; Hoppeler et al., 2007; Joseph et al., 2006, Marcuello et al., 2005, McPhee et al., 2009, Yan, 2009) . Přibližně 85% všech publikací zahrnujících genovou expresi a cvičení je méně než 10 let, takže ještě nemáme dostatek informací k tomu, aby spojily výsledky Western blotů se specifickým tréninkem sportovce.  Signální dopad daného zátěžového stresu (intenzita × doba trvání) se téměř jistě rozpadá s tréninkem (Hoppeler et al., 2007; Nordsborg et al., 2003) .   Například, AMP aktivaci proteinkinázy a2 (AMPK) aktivita skoky 9-krát nad klidové hladiny po 120 minutách Jízda na kole 66% VO 2 max v nepovolaných subjektů.   Po pouhých 10 trénincích   se však po stejném cvičení nepozoruje téměř žádné zvýšení AMPK (McConell et al., 2005).. Manipulace intenzity a trvání cvičení také ovlivňuje systémové stresové reakce spojené s výcvikem. Toto spojení je dále komplikováno nedávnými zjištěními, které naznačují, že deplece svalového glykogenu může zesílit a doplnění antioxidantů může inhibovat adaptace na trénink (Brigelius-Flohe, 2009; Gomez-Cabrera et al., 2008; Hansen et al., 2005; Ristow et al. ., 2009; Yeo et al., 2008) . Zdá se spravedlivé konstatovat, že i když máme podezření, že existují významné rozdíly, ještě nejsme schopni spojit specifické vzdělávací proměnné (např. 60 min proti 120 min při 70% VO 2).max) k rozdílům v buněčné signalizaci podrobným způsobem. Náš pohled na adaptivní proces je stále omezen na větší rozsah. Stále můžeme identifikovat některé potenciální signální faktory, které jsou spojeny se zvýšenou intenzitou cvičení v daném trvání (tabulka 2) nebo zvýšenou délkou cvičení při dané sub-maximální intenzitě (tabulka 3). Některé z nich jsou potenciálně adaptivní a jiné maladaptivní.   Pravděpodobně dochází k podstatnému překrývání účinků mezi prodloužením doby cvičení a zvýšením intenzity cvičení.  To může být těžké pilulky polykat pro některé cvičení fyziologů, ale sportovci a trenéři nepotřebují vědět moc cvičení fyziologie trénovat efektivně. Musí být citliví na to, jak trénink manipulace ovlivňují zdraví sportovců, denní tréninkovou toleranci a výkonnost, a provádět efektivní úpravy. V průběhu času úspěšný sportovec pravděpodobně organizuje svůj trénink způsobem, který maximalizuje adaptivní přínos pro dané vnímané zátěžové zatížení. To znamená, že můžeme předpokládat, že velmi úspěšní atleti integrují tuto zkušenost zpětné vazby v průběhu času, aby maximalizovali přínos školení a minimalizovali riziko negativních výsledků, jako je   nemoc, zranění, stagnace nebo přetrénování.     |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Tabulka 2. Klíčové fyziologické změny spojené se zvýšením intenzity cvičení ze 70% VO 2 max na ≥90% VO 2 max pro danou dobu cvičení. | | | | | **Indukovaná změna** | **Možný signál** | **Možný pozitivní efekt** | **Možný negativní účinek** | | Zvýšená diastolická náplň a koncové diastolický objem | Zvýšené myofiber  stretch / load (Catalucci et al., 2008; Frank et al., 2008; Pelliccia et al., 1999; Sheikh et al., 2008)A | Zvýšený maximální objem mrtvice, zesílení kompenzační komorové stěny | ?? | | Zvýšený srdeční tep a intraventrikulární systolický tlak | Zvýšený tlak a produkt metabolické zátěže myokardu (viz níže) | Není pravděpodobné, že by se dosáhlo vyšší oxidační schopnosti srdečního svalu | Není pravděpodobné, že by se dosáhlo vyšší oxidační schopnosti srdečního svalu | | Zvýšený počet aktivních svalových vláken (motorické jednotky) | Zvýšená metabolická aktivita v rychlejších motorických jednotkách (transdukovaných přes Ca i a vysokoenergetické posuny fosforečnanů s vysokou energií (Diaz a Moraes, 2008; Holloszy, 2008; Ojuka, 2004) | Zvýšená oxidace celého svalového tuku / pravý posun v obratu laktátu | Předčasná únava a nedostatečné stimulace nízkoprahových motorů? | | Rozšířené aktivní cévní lůžko prostřednictvím aktivace motorické jednotky | Lokální mechanické a metabolické signály (Laughlin a Roseguini, 2008) | Směs angiogeneze tepen, kapilár a žil a změněné kontroly vaskulární rezistence (Laughlin a Roseguini, 2008) | ?? | | Zvýšená glykolytická rychlost uvnitř aktivních vláken | Snížené intracelulární pH | Zvýšená kapacita pufru (Edge et al., 2006; Weston et al., 1997) | Předčasná únava na úrovni motorické jednotky a snížený stimul pro syntézu oxidačních enzymů | | Zvýšená sympatická aktivace | Vystavení buněk zvýšené koncentraci epinefrinu a norepinefrinu v krvi (koncentrace × čas) | ? | Akutně zpožděné zotavení ANS (Seiler et al., 2007) ;  Chronická down-regulace citlivosti a- a β-adrenergního receptoru, pokud se opakuje nadměrně (Fry et al., 2006; Lehmann et al., 1997) | | a Pokud úsek kardiomyocytů indukuje intracelulární signály vedoucí k ventrikulární hypertrofii, pak je pravděpodobně relevantní, že myokard může být nejvíce natažen ve chvílích přechodu z práce na zotavení, když kapky srdečního tepu a žilní návrat zůstávají přechodně vysoké. | | | |      |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Tabulka 3.   Hlavní fyziologické změny spojené s rostoucí trvání cvičení při submaximální cvičení intenzity 60 až 70% VO 2 max od 45 minut do 120 minut. | | | | | **Indukovaná změna** | **Možný signál** | **Možný pozitivní efekt** | **Možný negativní účinek** | | Zvýšený počet opakování pohybu | Zvýšený stimul pro myelinaci aktivních drah motorických nervů (Fields, 2006; Ishibashi et al., 2006) | Zlepšená technická stabilita, ekonomika pohybu | Technicky maladaptivní, pokud byla intenzita motorů velmi různá? | | Zvýšení aktivace rychlých motorických jednotek v důsledku únavy motorové jednotky (Kamo, 2002) | Zvýšená metabolická aktivita v rychlejších motorických jednotkách (transdukovaných přes Ca i a vysokoenergetické posuny fosforečnanů s vysokou energií (Diaz a Moraes, 2008; Holloszy, 2008; Ojuka, 2004) | Zvýšená oxidace celého svalového tuku / pravý posun v obratu laktátu | ?? | | Zvýšená deplece glykogenu | ?? | Může zesílit signál pro syntézu specifických oxidačních enzymů (Chakravarthy and Booth, 2004; Hansen et al., 2005) | Potenciální akumulace únavy při nedostatečné dietě CHO. | | Zvýšená relativní oxidace tuku | Velké zvýšení koncentrace volných mastných kyselin v plazmě | Může zesílit signál pro mitochondriální biogenezi (Holloszy, 2008) | ?? |     **Intenzita tréninku sportovců Elite Endurance**  Empirické popisy skutečné distribuce intenzity tréninku u dobře vyškolených sportovců se objevily teprve nedávno v literatuře. Poprvé jeden z nás (Seiler) přednášel na toto téma v roce 1999 a bylo jen málo tvrdých dat, které by se daly prezentovat, ale spravedlivý podíl anekdoty a informovaného přesvědčení. Carl Foster, Jack Daniels a Seiler publikovali v témže roce kapitolu knihy „ *Perspektivy správného přístupu k výcviku* “, která syntetizovala to, co jsme tehdy znali ( [přečtěte si kapitolu zde prostřednictvím knih Google](http://books.google.com/books?id=35jwwYuRv1cC&printsec=frontcover&hl=no#v=onepage&q=&f=false)). V té době se velká část diskuse a výzkumu zaměřeného na proces vytrvalostního tréninku zaměřila na faktory spojené s přetrénováním (tréninková katastrofa), s malým zaměřením na to, co charakterizovalo „úspěšný trénink“. o 10 let později.  Robinson a kol. (1991) zveřejnili, co bylo podle autorů „prvním pokusem kvantifikovat intenzitu tréninku pomocí objektivních, longitudinálních tréninkových dat.“   Studovali tréninkové charakteristiky 13 národních tříd mužů, novozélandských běžců s nejoblíbenějšími vzdálenostmi od 1500 m do maratón. Oni používali data tepové frekvence shromážděná během tréninku a příbuzný to vyplývá z standardizovaných stanovení běhu pásu srdeční frekvence a rychlosti běhu u 4-mM koncentrace laktátu krve (misnamed *anaerobní práh* v té době). Během období sběru dat 6-8 týdnů odpovídající přípravné fázi tito atleti uvedli, že pouze 4% všech tréninků jsou intervalové tréninky nebo závody.Pro zbývající tréninky byla průměrná tepová frekvence pouze 77% jejich srdeční frekvence při 4mM krevním laktátu. Tato tepová frekvence se rovná asi 60-65% VO 2 max. Autoři dospěli k závěru, že zatímco výsledky jejich fyziologických testů byly podobné předchozím studiím dobře vyškolených běžců, intenzita tréninku těchto běžců byla možná nižší než optimální, na základě převažujících doporučení provádět většinu tréninku na laktátovém / anaerobním prahu nebo kolem něj.  V jednom z prvních důsledných kvantifikací uváděných rozložení intenzity výcviku Mujika et al. (1995) kvantifikovali rozložení intenzity tréninku národních a mezinárodních třídních plavců v průběhu celé sezóny na základě pěti koncentračních zón krev-laktát. Navzdory tomu, že se specializovali na 100 m a 200 m akce vyžadující ~ 60 až 120 s, tito sportovci plavali 77% z 1150 km dokončených během sezóny s intenzitou pod 2 mM laktátu.   Distribuce intenzity 400- a 1500-m plaveckých specialistů nebyla hlášena, ale byla pravděpodobně ještě vážena směrem k velkoobjemovému plavání s nízkou intenzitou.  Billat a kol. (2001) provedli fyziologické vyšetření a shromáždili údaje z tréninkových deníků francouzských a portugalských maratonců. Intenzitu výcviku klasifikovali ve třech rychlostech: maratonu, 10 km a 3 km. Během 12 wk před maratónem olympijských zkoušek, atleti v této studii provozovali 78% jejich tréninkových kilometrů u rychlosti maratonu, jen 4% u rychlosti maratonu závod (pravděpodobně být blízko VT 1 ), a 18% u 10 - km \ t nebo 3 km rychlostí (pravděpodobně > VT 2)). Toto rozložení intenzity tréninku bylo na vysoké úrovni identické (<2 h 16 min u mužů a <2 h 38 min u žen) a špičkových atletů (<2 h 11 min a <2 h 32 min). Špičkoví atleti ale běhali více kilometrů a úměrně více než 10 km.  Keňští běžci jsou často mythologized pro vysokou intenzitu jejich tréninku. Je proto zajímavé, že s využitím údajů z další popisné studie Billata et al. (2003) , jsme spočítali, že elitní muži a ženy Keňské 5- a 10 km běžec běžel ~ 85% svých týdenních tréninkových kilometrů pod laktátovou prahovou rychlostí.  První studie o běžcích, která by kvantifikovala intenzitu tréninku pomocí tří intenzivních zón, byla podle Esteve-Lanao et al. (2005) . Následovali školení osmi regionálních a národních tříd španělských běžců na dálku po dobu šesti měsíců rozdělených do osmi, 3-týdenních mezocyklů. Pro každý trénink byla měřena srdeční frekvence, aby se vypočítal čas strávený v každé zóně srdeční frekvence definované testem běžeckého pásu. Všichni řekli, že vyčíslili více než 1000 srdečních záznamů. V průměru tito sportovci v průběhu šestiměsíčního období běželi 70 km.wk -1 , 71% běhu v zóně 1, 21% v zóně 2 a 8% v zóně 3. Průměrná intenzita tréninku byla 64% VO 2max. Rovněž uvedli, že výkonnostní časy v dlouhých i krátkých závodech byly velmi negativně korelovány s celkovou dobou tréninku v zóně 1. Nebyly zjištěny žádné významné korelace mezi množstvím tréninku s vysokou intenzitou a výkonem závodu.  Veslaři soutěží přes 2000 m vzdálenost, která vyžaduje 6-7 min. Steinacker a kol.(1998)uvádí, že rozsáhlý trénink vytrvalosti (60- až 120-minutové sezení při <2mM laktátu v krvi) dominoval tréninkovému objemu německých, dánských, holandských a norských elitních veslařů. Veslování při vyšších intenzitách bylo provedeno ~ 4-10% z celkového času. Údaje také naznačují, že německé veslaři připravující se na mistrovství světa neuskutečnili v podstatě žádné veslování na *prahu* intenzity, ale namísto toho trénovali buď pod 2mM laktátu v krvi, nebo v intenzitách v rozmezí 6-12mM.  Seiler spolupracoval s dlouholetým národním týmovým veslařem, trenérem a koordinátorem rozvoje talentů Åke Fiskerstrand, aby prozkoumal historický vývoj ve výcvikové organizaci mezi mezinárodními medailistami z Norska (Fiskerstrand a Seiler, 2004) . Pomocí dotazníkových údajů, tréninkových deníků sportovců a záznamů o fyziologickém testování vyčíslili distribuci intenzity tréninku u 27 sportovců, kteří v 70. až 90. letech vyhráli světové nebo olympijské medaile.  Zdokumentovali, že během tří desetiletí vzrostl objem tréninku o 20% a více dominoval objem s nízkou intenzitou; měsíční hodiny školení s vysokou intenzitou klesly o jednu třetinu; velmi vysoká intenzita nadproudového sprintu dramaticky poklesla ve prospěch delšího intervalového tréninku na 85-95% VO 2 max; a počet výškových táborů navštěvovaných sportovci dramaticky vzrostl. Během této 30-y časové osy se výkon VO 2 max a veslovací ergometr zlepšil o ~ 10% bez změny průměrné výšky nebo tělesné hmotnosti.   Většina změn nastala mezi 70. a 80. lety, což se shodovalo s významnými úpravami intenzity vzdělávání.  V poslední době Gullich et al. (2009) popsali trénink mladých juniorských veslařů z Německa během 37-ti letého období, které vyvrcholilo v národních mistrovstvích a kvalifikačních závodech na mistrovství světa (online před tiskem [zde](http://hk.humankinetics.com/eJournalMedia/pdfs/17324.pdf?CFID=11534376&CFTOKEN=28736738)). Jednalo se o velmi talentované juniorské veslaře s 27 z 36 atletů, kteří vybojovali medaile na juniorském mistrovství světa, které následovalo po studijním období. Pozoruhodné je, že 95% jejich tréninku veslování bylo provedeno pod 2mM laktátu v krvi, na základě denního monitorování srdečního tepu a stanovování prahu veslování na ergometru provedeném na začátku sezóny.   Tato silná dominance rozsáhlého vytrvalostního tréninku přetrvávala napříč mezocykly. Relativně malý objem zón 2 a zóny 3 se však posunul směrem k vyšším intenzitám od základní přípravné fáze až po soutěžní fázi. To znamená, že distribuce intenzity se stala *polarizovanější*. Je důležité zdůraznit, že alokace v časové zóně založená na omezeních srdeční frekvence (druh analýzy prováděné výrobcem softwaru od výrobců hodinek) podceňuje čas strávený výkonem s vysokou intenzitou a dopad této práce na výkony. zátěžové zatížení cvičení (Seiler a Kjerland, 2006). I když jsou tyto problémy tímto problémem zkresleny, stále dochází k jasnému posunu v rozložení intenzity směrem k velkým objemům výcviku s nízkou až střední intenzitou. Retrospektivně jsme také hodnotili, zda mezi podskupinou veslařů, kteří pokračovali v získávání mezinárodních medailí jako senioři, do tří let (14 z 36 atletů) a zbytek vzorku, kteří pokračovali v soutěži na národní úrovni, byly rozdíly v kvalifikacích juniorů. úroveň. Jedinou fyzickou nebo tréninkovou charakteristikou, která odlišovala nejúspěšnější veslaře od svých vrstevníků, byla tendence rozdělovat jejich výcvik polarizovanějším způsobem; to znamená, že prováděli podstatně více veslování při velmi nízkých aerobních intenzitách a při nejvyšších intenzitách. Došli jsme k závěru, že větší pozorovaná polarizace může být způsobena lepším řízením intenzity (udržení tvrdého tréninku tvrdého a snadného tréninku snadno) mezi nejúspěšnějšími sportovci. Tato polarizace může chránit před přetížením.  Profesionální silniční cyklisté jsou známí tím, že provádějí velmi vysoké tréninkové objemy až do 35 000 km.y -1 . Zapico a jeho kolegové (2007) použili model 3 intenzivní zóny ke sledování charakteristik tréninku od listopadu do června ve skupině elitních španělských jezdců do 23 let. Fyziologické vyšetření bylo navíc prováděno na začátku sezóny a na konci zimních a jarních mesocyclů.   Došlo k nárůstu celkového tréninkového objemu a čtyřnásobnému zvýšení tréninku v zóně 3 mezi zimními a jarními mesocykly (obrázek 2), ale u VT 1 , VT 2 nebo VO 2 nedošlo k žádnému dalšímu zlepšení výkonu.max. mezi koncem zimních a jarních mezocyklů (obr. 3), navzdory intenzifikaci výcviku. Anekdotally, toto zjištění není neobvyklé, navzdory skutečnosti, že sportovci cítí montér. Může se stát, že stanovení VT 2 a VO 2 max pomocí tradičních metod může vynechat důležité zvýšení doby *trvání,* která může být udržována na souvisejících pracovních zátěžích.     |  | | --- | | Obrázek 2. Intenzita cyklování a objem elitních španělských cyklistů U23 v období od listopadu do června. Data přečtená z Zapico et al. (Zapico et al., 2007) . | | http://www.sportsci.org/2009/ss_files/image009.gif |      |  | | --- | | Obrázek 3. Reakce na periodizaci intenzity a objemu tréninku u elitních španělských cyklistů U23. Fyziologický test je výsledkem testů provedených před zahájením zimního mesocycle (Test 1), na konci zimního mesocycle (Test 2) a na konci Spring mesocycle (Test 3). Data přečtená z Zapico et al. (2007) . | | http://www.sportsci.org/2009/ss_files/image011.gif |     Jednotliví a týmoví sportovci v cykloturistice soutěží v průběhu cca 4 min. Akce apeluje na sportovní vědce, protože výkonnostní situace je vysoce řízená a přístupná přesnému modelování proměnných na obou stranách rovnice rovnováhy výkonu. Schumacher a Mueller (2002) prokázal platnost tohoto přístupu při předpovídání „zlatých medailí“ pro fyziologické testování a výkon v jízdě na kolech. Nicméně, méně zřejmý od titulu byl podrobný popis vzdělávacího programu následovaný německými cyklisty sledovanými ve studii, nakonec vydělávat zlatou medaili v Sydney v celosvětovém rekordním čase. Tito atleti trénovali udržet 670 W ve vedoucí pozici a ~ 450 W, když následovali tréninkový program, kterému dominovala nepřetržitá nízká až střední intenzita cyklistiky na silnicích (29-35,000 km.y -1 ). Ve 200 d před olympijskými hrami provedli sportovci trénink s „nízkou intenzitou, vysokým počtem kilometrů“ na 50-60% VO 2max na ~ 140 d. Jevištní závody zabíraly dalších ~ 40 d. Specifická traťová jízda v blízkosti intenzity soutěže byla prováděna na méně než 20 d mezi březnem a zářím.   V ~ 110 d před olympijským finále, vysoce intenzivní intervalový trénink dráhy byl vykonáván jen 6 d. \ T  **Jednotky pro intenzitu vzdělávání**  Běžečtí lyžaři mají spíše legendární status v kruzích fyziky cvičení pro svou aerobní kapacitu a vytrvalostní kapacitu v rukou a nohou. Seiler a kol. (2006) studoval 12 soutěžních závodníků na celostátní elitní 17leté lyžaře ze speciální lyžařské střední školy v regionu. Průměrná VO 2 max pro skupinu se 72 ml.kg -1min -1 . Vedli je trenéři s národním tréninkem týmového koučování a byli trénováni podobně jako senioři, ale s podstatně nižšími objemy tréninku. Stejně jako Esteve-Lanao (2005)U běžců jsme použili monitorování srdeční frekvence, abychom vyčíslili všechny vytrvalostní sezení a určili tři zóny aerobní intenzity na základě ventilačních otočných bodů. Zaznamenali jsme také hodnocení atletů vnímané námahy (RPE) za použití metod Foster et al. (1996; 1998; 2001a) pro všechny tréninkové záchvaty. Nakonec jsme shromáždili laktát v krvi během jednoho tréninkového týdne, abychom se vztahovali na srdeční frekvenci a vnímané námahy na hodnoty laktátu v krvi.  Při porovnání tří různých metod kvantifikace intenzity jsme se zabývali otázkou, jak je možné kvantifikovat intenzitu školení. Monitorování srdeční frekvence je jednoznačně lákavé. Můžeme ušetřit data tepové frekvence, stáhnout celý trénink do analytického softwaru a kvantifikovat časovou tepovou frekvenci spadající do specifických předem definovaných zón intenzity. Pomocí této metody „time-in-zone“ jsme zjistili, že 91% všech tréninkových časů bylo vynaloženo při srdeční frekvenci pod intenzitou VT 1 , ~ 6% mezi VT 1 a VT 2 a pouze 2,6% všech 15 s. registrace srdeční frekvence byly provedeny shora VT 2. Intenzitu jsme pak vyčíslili přidělením každého tréninku do jedné ze tří zón na základě cíle tréninku a analýzy srdeční frekvence. Nazvali jsme to „přístup k cíli“. Pro průběžné záchvaty s nízkou intenzitou jsme použili průměrnou tepovou frekvenci pro celý zápas. Pro záchvaty, které mají být trénovány jako práh, jsme zprůměrovali tepovou frekvenci v prahu tréninku. Pro intervalové tréninky s vysokou intenzitou jsme založili intenzitu na průměrné špičkové tepové frekvenci pro každý interval intervalu. Použitím tohoto přístupu, distribuce intenzity odvozená z odezev srdeční frekvence úzce odpovídala relaci RPE (obr. 4), distribuci tréninkových deníků na základě popisu cvičení a měření krev-laktát. Souhlas mezi kvantifikací srdeční frekvence a relací RPE založenou na relaci byl 92%. Ve svých tréninkových denících zaznamenali atleti 30-41 tréninkových tréninků v 32 d. A popsali 75% tréninkových tréninků s nízkou intenzitou, 5% jako prahové tréninky a 17% jako intervaly.     |  | | --- | | Obrázek 4. Porovnání rozložení intenzity tréninku v dobře vyškolených juniorských běžeckých lyžařích s využitím tradičních časových zón (HR) v závislosti na čase, HR cílů analýzy a hodnocení relace vnímané námahy (RPE). Data v časové zóně představují celkové rozložení tréninkového času pro všechny kombinované sportovce. Přepracovaná data ze Seiler a Kjerland (2006) . | | http://www.sportsci.org/2009/ss_files/image014.gif |     Nedávno jsme také pozorovali stejný časový nesoulad při kvantifikaci distribuce intenzity ve fotbalovém tréninku (nepublikovaná data). Zdá se být jasné, že typické softwarové metody analýzy srdeční frekvence přeceňují čas strávený tréninkem při nízké intenzitě a podceňují čas strávený ve velmi vysokém pracovním zatížení ve srovnání s vnímáním snahy sportovce. Myslíme si, že tento nesoulad je důležitý, protože jednotka stresu vnímaná a reagovaná sportovcem je stresem celého tréninku nebo možná tréninkového dne, nikoliv minut v dané zóně tepové frekvence.  **Pravidlo 80:20 pro intenzitu**  Navzdory rozdílům v metodách kvantifikace tréninkové intenzity, všechny výše uvedené studie vykazují pozoruhodnou konzistenci ve vzoru tréninkové distribuce vybraném úspěšnými vytrvalostními sportovci.   Přibližně 80% tréninků se provádí zcela nebo převážně v intenzitách pod prvním bodem ventilačního obratu nebo koncentrací krve a laktátu  2mM. Zbývajících ~ 20% relací je rozděleno mezi trénink na tradičním laktátovém prahu nebo v jeho blízkosti (zóna 2) a trénink v intenzitách v rozmezí 90-100% VO 2maximální rozsah, obvykle jako intervalový trénink (zóna 3). Výcvik elitního sportovce 10-12 krát týdně proto pravděpodobně věnuje 1-3 sezení týdně tréninku v intenzitách při nebo nad maximálním ustáleným stavem laktátu. Toto pravidlo se shoduje se studiemi, které dokazují účinnost přidávání dvou intervalových relací týdně do tréninkového programu (Billat et al., 1999; Lindsay et al., 1996; Weston et al., 1997) . Seiler a Kjerland (2006) v minulosti, pokud jde o to, že optimální rozložení intenzity aproximovalo „polarizovanou distribuci“ s 75-80% tréninků v zóně 1, 5% v zóně 2 a 15–20% v zóně 3. Nicméně je zde značné variace v tom, jak sportovci soutěžící v různých sportech a délkách událostí rozdělují svou intenzitu tréninku do zón 2 a 3.  Proč se tento vzdělávací model objevil?  Nemáme dostatek výzkumů, abychom na tuto otázku odpověděli, ale můžeme učinit nějaké rozumné odhady. Jedna skupina faktorů by zahrnovala potenciál této distribuce co nejlépe stimulovat konstelaci tréninkových adaptací potřebných pro maximální vytrvalostní výkon. Například velké objemy tréninku při nízké intenzitě mohou být optimální pro maximalizaci periferních adaptací, zatímco relativně malé objemy školení s vysokou intenzitou splňují potřebu optimalizace signalizace pro zvýšenou srdeční funkci a kapacitu vyrovnávací paměti. Technicky, mnoho tréninků s nízkou intenzitou může být efektivní tím, že umožní spoustě opakování, aby se docílily správné vzory motorů. Na druhé straně adaptační stresové rovnice je napětí vyvolané tréninkem.(Seiler et al., 2007) . Zajímavé je, že Foster a jeho kolegové ohlásili velmi podobné rozložení intenzity profesionálních cyklistů během 3 a 80+ závodních hodin velkých turné, jako je Tour de France. Možná, že toto rozdělení představuje formu stimulace, která se objevuje během měsíců elitního tréninku (Foster et al., 2005) .  „Nízká intenzita“ - mezi 50% VO 2 max a právě pod prvním laktátovým otočným bodem - představuje široký rozsah intenzity u vytrvalostních sportovců. Tam je pravděpodobně značná individuální variace v kde uvnitř tohoto rozsahu atleti hromadí většinu z jejich nízké intenzity tréninkový objem. Technikové úvahy mohou hrát: sportovci musí trénovat na dostatečně vysoké intenzitě, aby umožnili správnou techniku. Například norský olympijský zlatý medailista z olympijského kajaku Eric Verås Larsen vysvětlil, že důvodem, proč většina jeho tréninku nepřetržité vytrvalosti v Zóně 1 má tendenci být blíže k jeho prahové hodnotě pro laktát, než je obvyklé, bylo to, že nemohl pádit s konkurenční technikou při nižších intenzitách ( Verås Larsen, osobní komunikace).  Tyto kvalifikace stranou, docházíme k závěru, že velká část tréninku v této zóně je prováděna při ~ 60-65% VO 2 max, Všimli jsme si, že tato intenzita je o intenzitě spojené s maximálním využitím tuku u vyškolených subjektů (Achten a Jeukendrup) , 2003) , ale není jasné, proč by pro sportovce soutěžící v průběhu 3-15 minut bylo důležité optimalizovat využití tuku.  **Vzdělávací svazek sportovců Elite**  Je zřejmé, že *rozložení intenzity* školení a *objem* školení společně určí dopad školení. Sportovci Elite trénují *hodně* , ale abych byl konkrétnější, potřebuje nějakou společnou metriku pro srovnání sportovců v různých sportech. Běžci a cyklisté počítají kilometry, plavci počítají tisíce metrů a veslaři a běžkaři počítají tréninkové hodiny.   S několika rozumnými předpoklady můžeme tato čísla převést na roční hodiny školení.   Tato fyziologická metrika je vhodná, protože tělo je citlivé na trvání stresu.  Vzdělávací objem se zvyšuje s věkem u vysoce výkonných umělců, většinou prostřednictvím zvýšení tréninkové frekvence ve sportu, jako je běh a běh na lyžích, ale také zvýšením průměrného trvání sezení, zejména v cyklistice. Talentovaný trénink mladistvých cyklistů pět dní v týdnu se může hromadit 10-15 h.wk -1 . Profesionální cyklista z Itálie provádějící 1000 km tréninkový týden bude pravděpodobně na kole mezi 25 a 30 hodinami.  Cyklistika 30-35,000 kilometrů za rok, řekněme ~ 35 km.h -1 s občasnými sezeními silového tréninku, doplní ~ 1000 hy -1 .   Elitní mužský marathoner by pravděpodobně nikdy nevydržel více než 15 hodin týdně. Při průměrné rychlosti 15 km.h -1 by to bylo nejvýše 225 km.   Bývalý světový rekordman v 5 km, 10 km a maratonu [Ingrid Kristiansen](http://en.wikipedia.org/wiki/Ingrid_Kristiansen)trénovala 550 hy -1, když běžela (Espen Tønnessen, nepublikovaná data). V mladším věku, když soutěžila na olympijských hrách pro Norsko jako běžec na lyžích, trénovala 150 dalších hy -1 . [Bente Skari](http://en.wikipedia.org/wiki/Bente_Skari), jedna z nejúspěšnějších žen na lyžích, zaznamenala nejvyšší roční tréninkové zatížení 800 hy -1 (Espen Tønnessen, nepublikovaná data). Roční objem tréninku měřený v hodinách je kolem 1000 mezi veslaři světové třídy. Například [Olaf Tufte](http://en.wikipedia.org/wiki/Olaf_Tufte)zaznamenal 1100 tréninkových hodin v roce 2004, když on vzal jeho první zlatou medaili v jediné lebce událost (Aasen, 2008) . Jeho měsíční tréninkový objem pro tento rok je znázorněn na obr. 5. Z těchto hodin bylo asi 92% vytrvalostních tréninků, přičemž zbytek byl primárně silový trénink. Olympijský šampion plavec jako [Michael Phelps](http://en.wikipedia.org/wiki/Michael_Phelps)může zaznamenávat ještě vyšší roční tréninkové objemy, možná až 1300 h (rozumný odhad založený na tréninku ostatních plaveckých medailistů).     |  | | --- | | Obrázek 5. Roční rozložení intenzity výcviku a objem olympijského šampiona šampionů. Níže uvedená data jsou pro dvojnásobného zlatého medailistu Olafa Tufteho v tréninkové sezóně 2003-2004. Olympijská soutěž se konala v srpnu. Data převzata z Aasen (2008) . Tréninkové zóny jsou popsány v tabulce 1. | | http://www.sportsci.org/2009/ss_files/image025.gif |     Keňský maratón, italský cyklista, norský veslař a americký plavec jsou na vrcholu svého sportu, ale když měříme jejich tréninkový objem v hodinách, zdají se docela odlišní, s mezinárodním úspěchem dosahovaným dvojnásobným nebo větším rozsahem. hodin (obr. 6). Co může tento rozdíl vysvětlit?  Jedním z vysvětlení je to, že napětí ve svalech, šlachách a kloubech různých pohybů se dramaticky mění. Běh představuje silné balistické zatížení, které není přítomno při jízdě na kole nebo plavání. Zdá se, že existuje silný inverzní vztah mezi tolerovaným objemem tréninku a mírou excentrického nebo balistického stresu sportu. Plavání, veslování a běh na lyžích jsou všechny vysoce technické akce s pohybovými vzory, které nevyužívají geneticky předprogramované motorické dráhy běhu.  Proto mohou být velké objemy školení pro technické zvládnutí stejně důležité jako pro fyziologické adaptace v těchto disciplínách. Veslaři a rychlostní bruslaři dělají méně pohybu-specifický trénink než většina jiných atletů, ale oni hromadí značné další hodiny síly trénink a jiné formy vytrvalostního tréninku.     |  | | --- | | Obrázek 6. Reprezentativní roční roční objemy tréninku pro sportovce z různých sportů. Rozdíly mohou přispět k balistickým a excentrickým rozdílům zatížení, požadavkům na technické strhávání a nespecifickému objemu tréninku. | | http://www.sportsci.org/2009/ss_files/image027.gif |     **Studie intenzivnějšího vzdělávání**  Je distribuce intenzity tréninku „80:20“ pozorována pro úspěšné sportovce opravdu optimální, nebo by přerozdělení intenzity tréninku směrem k vyššímu prahu a intenzivnímu intervalovému tréninku a méně dlouhému pomalému tréninku na dálku stimulovalo lepší zisky a vyšší výkon? Zástanci velkých objemů intervalového tréninku mohou vyvolat slavný [pareto princip](http://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_principle)a navrhují, aby v souladu s tímto „pravidlem“ účinků a příčin dosáhli tito atleti 80% svých adaptačních zisků s 20% svého tréninku a plýtváním cennou tréninkovou energií. V posledních 10 letech bylo publikováno několik studií, které se zabývají touto otázkou.  Evertsen a kol. (1997; 1999; 2001) vydali první ze tří článků ze studie zahrnující intenzifikaci výcviku ve 20 dobře vyškolených juniorských běžcích na národní nebo mezinárodní úrovni. Všichni učitelé pravidelně cvičili a soutěžili 4-5 let. V průběhu dvou měsíců před zahájení studie, 84% z přípravy se provádí při teplotě 60 až 70% VO 2 max, se zbytkem na 80 až 90% VO 2 max.   Poté byly randomizovány do střední intenzity (MOD) nebo do tréninkové skupiny s vysokou intenzitou (HIGH). MOD udržoval v podstatě stejnou distribuci intenzity tréninku, jakou dříve používali, ale objem tréninku se zvýšil z 10 na 16 h.wk -1. HIGH změnily své základní rozložení intenzity tak, že 83% z tréninkového času se provádí při teplotě 80 až 90% VO 2 max, s pouze 17% se provádí jako trénink nízké intenzity.   Tato skupina vyškolila 12 h.wk -1 . Výcvikový zásah trval pět měsíců. Kontrola intenzity byla dosažena monitorováním srdeční frekvence a vzorkováním krve a laktátu.  Navzdory o 60% většímu objemu tréninku v MOD a možná o 400% více tréninku na laktátovém prahu nebo vyšším v HIGH, byly fyziologické a výkonnostní změny v obou skupinách již dobře trénovaných sportovců mírné. Zjištění ze tří příspěvků jsou shrnuta v tabulce 4.     |  |  |  | | --- | --- | --- | | Tabulka 4. Shrnutí 5 měsíční studijní intenzifikační studie s dobře vyškolenými běžkařy (Evertsen et al., 1997; Evertsen a kol., 1999; Evertsen et al., 2001) . | | | |  | Vysoká  intenzita  (n = 10) | Mírná intenzita (n = 10) | | VO 2 max |  |  | | Rychlost laktátového prahu | ↑ 3% |  | | 20-minutový běh při 9% stupni | ↑ 3,8% | ↑ 1,9% | | Typ vlákna |  |  | | Enzymové aktivity | | | | MCT 1 transportér |  |  12% | | MCT 4 transportér |  |  | | Citrát syntáza |  |  | | Sukcinátdehydrogenáza | ↑ 6% |  |     Gaskill a kol. (1999) uvedli výsledky dvouletého projektu, do něhož bylo zapojeno 14 běžkařů ve stejném klubu, kteří byli ochotni sledovat a manipulovat s jejich výcvikem. Design byl zajímavý a prakticky relevantní. Během prvního roku se všichni sportovci učili podobně, průměrně 660 tréninkových hodin s 16% na laktátovém prahu nebo vyšším (nominální distribuce sezení). Výsledky fyziologických testů a výkony závodů v průběhu prvního roku byly použity k identifikaci sedmi sportovců, kteří dobře reagovali na trénink a sedmi, kteří ukázali špatnou VO 2.a progresi laktátového prahu a výsledky rasy. Ve druhém roce pokračovali pozitivní respondenti pomocí zavedeného vzdělávacího programu. Neodpovídající provedli výrazně intenzivnější tréninkový program s mírným zkrácením tréninkových hodin. Nereagující z roku 1 vykazovali výrazná zlepšení v intenzifikovaném programu v roce 2 (VO 2 max, prahová hodnota pro laktát, závodní body). Pozitivní respondenti z roku 1 vykazovali podobný vývoj v roce 2 jako v roce 1.  V této souvislosti je zajímavé poukázat na to, že mnoho elitních sportovců nyní prodlužuje   periodizaci svého tréninku na 4-y olympijský cyklus. První rok po olympijských hrách je „oživovací sezónou“, po níž následuje stavební sezóna, pak sezóna velmi vysokého tréninkového objemu, která vyvrcholí olympijskou sezónou, kde se snižuje tréninkový objem a více se zdůrazňuje soutěžní specifičnost.   Variace ve vzoru tréninku mohou být důležité pro maximální rozvoj, ale tyto rozsáhlé rytmy tréninku nebyly studovány.  Esteve-Lanao a kol. (2007) randomizovali 12 sub-elitních běžců do jedné ze dvou tréninkových skupin (Z1 a Z2), které byly pečlivě sledovány po dobu pěti měsíců. Vycházeli z rozložení intenzity tréninku na 3-zónovém modelu popsaném dříve a určili z testování běžeckého pásu. Na základě monitorování srdeční frekvence v zóně provedla Z1 81, 12 a 8% tréninku v zónách 1, 2 a 3. Z2 provedl více tréninků s 67, 25 a 8% tréninku ve třech příslušných zónách. To znamená, že skupina Z2 prováděla dvakrát více tréninku na prahu laktátu nebo v jeho blízkosti. V osobní komunikaci autoři uvedli, že v pilotním úsilí nebyli schopni dosáhnout podstatného zvýšení celkového času stráveného v zóně 3, protože to bylo příliš těžké pro sportovce. Celková tréninková zátěž byla mezi skupinami shodná.(-157 ± 13 vs -122 ± 7 s).  V poslední době Ingham et al. (2008) byli schopni randomizovat 18 zkušených národních standardních mužských veslařů z Velké Británie do jedné ze dvou tréninkových skupin, které byly původně ekvivalentní na základě výkonu a fyziologického testování. Všichni veslaři dokončili 25-d po skončení sezóny bez tréninku těsně před základním testováním. Jedna skupina provedla „100%“ všech tréninků s intenzitami nižšími než 75% VO 2 max (LOW). Druhá skupina provedla 70% trénink při stejných nízkých intenzitách a 30% tréninku při intenzitě 50% mezi výkonem na prahu laktátu a výkonem při VO 2 max (MIX). V praxi prováděla MIX intenzivní trénink na 3 d.wk -1. Celý trénink byl prováděn na veslovacím ergometru nad 12 týdnů. Tyto dvě skupiny provedly prakticky identické objemy tréninku (~ 1140 km na ergometru), přičemž ± 10% individuální variace umožňovaly přizpůsobit se odchylkám ve standardu sportovce. Výsledky studie jsou shrnuty v tabulce 5.     |  |  |  | | --- | --- | --- | | Tabulka 5. Shrnutí fyziologických a výkonnostních změn v tréninku veslařských veslařů na 12 týdnů při nízké intenzitě nebo smíšené intenzitě (70% nízká, 30% vysoká) (Ingham et al., 2008) . | | | |  | Nízká  (n = 9) | Smíšené (n = 9) | | 2000 m rychlost | ↑ 2% | ↑ 1,4% | | VO 2 max | ↑ 11% | ↑ 10% | | Napájení 2mM laktátu | ↑ 10% | ↑ 2% | | Výkon při 4mM laktátu | ↑ 14% | ↑ 5% | | Různé VO 2 kinetika |  |  |     Šestnáct z 18 subjektů na konci studie nastavilo nové osobní testy pro ergometrický test o délce 2000 m. Autoři dospěli k závěru, že trénink LOW a MIX má podobné pozitivní účinky na výkon a maximální spotřebu kyslíku. Zdá se, že LOW trénink vyvolává větší posun v profilu krev-laktát během sub-maximálního cvičení, což se neprojevilo výrazně vyšším ziskem. Pokud trénink MIX zvýší nebo zachová anaerobní kapacitu více než LOW, může to kompenzovat pozorované rozdíly v profilu krev-laktát.  **Intenzita rekreačních sportovců**  Elite vytrvalostní sportovci trénují 10-12 sezení a 15-30 h každý týden.   Je vzorec 80% pod a 20% nad prahem pro laktát vhodný pro rekreace sportovního tréninku 4-5 krát a 6-10 hodin týdně?   Neexistují téměř žádné publikované údaje zabývající se touto otázkou. Nedávno Esteve-Lanao (osobní komunikace) dokončila zajímavou studii o rekreačních běžcích, která porovnávala program, který byl navržen tak, aby reprodukoval polarizovaný trénink úspěšných vytrvalostních sportovců a porovnával ho s programem, který je postaven na mnohem vyšším prahu tréninku v souladu s pokyny ACSM cvičení.  Plánovaná distribuce intenzity pro obě tréninkové skupiny byla: Polarizovaná 77-3-20% a ACSM 46-35-19% pro zóny 1, 2 a 3. Nicméně monitorování srdeční frekvence ukázalo, že skutečná distribuce byla: Polarizovaná 65 -21-14% a ACSM 31-56-13%.  Porovnání zamýšlených a dosažených distribucí upozorňuje na typickou chybu v tréninku rekreačních sportovců.   Můžeme říkat, že spadá do tréninkové intenzity „černá díra“.   Je těžké udržet trénink rekreačních lidí 45-60 min denně 3-5 dnů v týdnu od hromadění tréninkového času na jejich laktátovém prahu. Výcvik, který má být delší a pomalejší, se stává příliš rychlým a kratším v trvání a intervalový trénink nedosáhne požadované intenzity. Výsledkem je, že většina tréninků skončí při stejné prahové intenzitě. Foster a kol. (2001b) také zjistili, že sportovci mají tendenci běžet tvrději na lehké dny a snadněji v těžkých dnech ve srovnání s tréninkovými plány trenérů.  Esteve Lanao se podařilo dostat dvě skupiny rozdělit intenzitu velmi odlišně. Skupina, která vyškolila více polarizovanou, s větším časem tréninku při nižší intenzitě, ve skutečnosti zvýšila výkonnost 10 km podstatně více na 7 a 11 týdnů. Takže rekreační sportovci mohou také těžit z udržení nízké a vysoké intenzity sezení při zamýšlené intenzitě.  Intervalový trénink může být účinně prováděn s mnoha kombinacemi pracovní doby, doby odpočinku a intenzity. Zjistili jsme, že když subjekty volí běžnou rychlost na základě standardního předpisu, doba trvání 4 min a doba zotavení 2 min jsou spojeny tak, aby poskytly nejvyšší fyziologickou odezvu a udrženou rychlost (Seiler a Sjursen, 2004; Seiler a Hetlelid, 2005 ) . Rozdíly ve vnímání a fyziologické odpovědi napříč typickým spektrem práce a obnovy jsou však poměrně malé a rozdíly v zlepšení výkonu jsou v nejlepším případě nejasné. Někteří výzkumníci navrhli, že specifické intervalové režimy (např. 4 × 4 min při 95% VO 2 max) mohou být lepší pro dosažení adaptivních zisků (Helgerud et al., 2007; Wisloff et al., 2007), ale další výzkumné studie a naše pozorování sportovců ukazují, že pro dlouhodobý rozvoj jsou účinné různé kombinace práce a doby odpočinku. Tabulka 6 ukazuje typické kombinace intenzity a efektivního trvání, které používají elitní vytrvalostní sportovci pro tréninky v různých aerobních tréninkových zónách popsaných výše. Všechny příklady jsou převzaty z tréninkových deníků elitních interpretů. Účinné doby trvání různých zón jsou využívány vysoce vyškolenými sportovci. Pro ty, kteří nemají stejnou tréninkovou základnu, by se prováděla podobná cvičení, ale s kratším celkovým efektivním trváním.     |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Tabulka 6. Typická tréninková cvičení vysoce trénovaných atletů v pěti intenzivních zónách (Aasen, 2008) . | | | | | Pásmo | VO2 (% max) | Příklady školení | Zvládnutelné  trvání a | | 1 | 45-65 | Neustálé záchvaty | 60-360 min | | 2 | 66-80 | Neustálé záchvaty | 60-180 min | | 3 | 81-87 | 6 x 15 min, 2 min  2 x 25 min, 3 min  5 x 10 min, 2 min  8 x 8 min, 2 min  LT 40-60 min  50 x 1 min, 20 s rec | 50-90 min | | 4 | 88-93 | 10 x 6 min, 2-3 min  8 x 5 min, 3 min  15 x 3 min, 1 min  40 x 1 min, 30 s rec  10 x (5 x 40 s, 20 s rec),     2 až 3 minuty přestávky  30-40 min ustálený stav | 30-60 min | | 5 | 94-100 | 6 x 5 min, 3 až 4 min  6 x 4 min, 4 min  8 x 3 min, 2 min  5 x (5 x 1 min, 30 s rec),    2 až 3 minuty přestávky | 24-30 min | | a Zahrnutí a doba odpočinku v intervalových zápasech nejsou zahrnuty. LT, prah laktátu (max. Ustálený stav); rec, zpětné získávání. | | | |     **Případové studie manipulace s tréninkem**  Případové studie jsou nejslabší formou vědeckých důkazů. Pro trenéry a vysoce výkonné týmy pro podporu sportovců je však každý elitní sportovec případovou studií.   Představujeme zde tedy dvě případové studie, o kterých si myslíme, že jsou poučné při prokazování potenciálního fyziologického dopadu úspěšné manipulace s  proměnnými distribučního objemu a intenzity distribuce na individuální úrovni. Oba případy se týkají norských atletů, kteří byli pozorně sledováni jedním z autorů (Tønnessen).   Obě by byly považovány za vysoce kvalifikované před reorganizací školení.  Případ 1 – Od Fotbal Pro k Elite Cyklista  Knut Anders Fostervold byl profesionální fotbalista v norské elitní lize od roku 1994 do roku 2002.   Zranění kolena ukončilo svou kariéru ve věku 30 let a rozhodl se přejít na cyklistiku.   Knut měl velmi vysokou přirozenou vytrvalostní kapacitu a běžel 5 km v 17:24 ve věku 12 let.   Po 15 letech fotbalového tréninku na elitní úrovni přijal velmi intenzivní tréninkový režim pro cyklistiku, který byl zaměřen na trénink těsně pod jeho hranicemi. práh laktátu a blízkoVO 2 max ; například 2-3 týdenní školení 4-5 x 4 minuty při 95% VO 2 max.   Týdenní trénink nepřesáhl 10 hodin.  Po 2,5 letech tohoto intenzivního školení s nízkou intenzitou zahájil Fostervold spolupráci s Norským olympijským centrem a jeho výcvikový program byl radikálně reorganizován.   Týdenní tréninkový objem byl zdvojnásoben z 8-10 h na 18-20.   Objem tréninku v zóně 2 byl dramaticky snížen a nahrazen větším objemem tréninku v zóně 1.   Trénink v zóně 5 byl nahrazen zónami 3 a 4, takže celkový objem tréninku při intenzitách na nebo nad prahem laktátu byl zhruba zdvojnásoben bez přetížení sportovec. Typické účinné trvání intervalového sezení vzrostlo z ~ 20 min na ~ 60 min (například 8x8 min při 85-90% HRmax s 2minutovými výtěžky).  Zóny intenzity byly zpočátku založeny na srdeční frekvenci, ale později byly upraveny vzhledem k měření laktátu a výkonu na poli.   Tabulka 7 ukazuje rozložení intenzity tréninku a objemové zatížení sportovce v průběhu sezóny před změnou tréninku a po něm na velkoobjemový program.   Tabulka 8 ukazuje výsledek.     |  |  |  | | --- | --- | --- | | Tabulka 7. Srovnání týdenní distribuce intenzity školení a celkového objemu v sezóně 2004 a 2005 - Případ 1. | | | | Zóna intenzity  (% HRmax) | Sezóna 2004  (h: min) | Sezóna 2005  (h: min) | | 5 (95-100%) | 0:45 (8,5%) | 0:05 (0,5%) | | 4 (90-95%) | - | 0:40 (4,0%) | | 3 (85-90%) | 0:30 (5,5%) | 1:00 (5,5%) | | 2 (75-85%) | 3:05 (36%) | 1:00 (5,5%) | | 1 (55-75%) | 4:20 (50%) | 15:20 (85%) | | Týdenní součet a | 8:40 | 18:05 | | Roční úhrn a | 420: 00 | 850: 00 | | HRmax: maximální tepová frekvence.  A Odhady na základě deníků na první 18 WK. | | |      |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Tabulka 8.   Fyziologické vyšetření před a po reorganizaci tréninku - Případ 1. | | | | | |  | Před | Do 8 týdnů po | 18. týden   po | Změna 0-18 wk | | BW (kg) | 84 | 81 | 84 | 0% | | VO 2 max (ml  kg –1min –1 ) | 81 | 90 | 88 | 11% | | VO 2 max ( L  min –1 ) | 6.8 | 7.3 | 7.3 | 7% | | Výkon LT (W) | 375 | 420 | 440 | 14% | | Výkon LT (W  kg -1 ) | 4.5 | 5.2 | 5.2 | 15% |     Sportovec dobře reagoval na zesílení a reorganizaci tréninkového zatížení.  Během sezóny 2005, po 2,5-ti minutovém programu s malým objemem, vysokou intenzitou, vyústil v sezonním tréninku s vyšším objemem a nižší průměrnou intenzitou výrazné zlepšení fyziologie a výkonu. Ačkoli trénink sportovce de-zdůrazňoval jak trénink blízko jeho intenzity laktátového prahu a trénink u blízko VO 2 max, oba těchto fyziologických kotev značně se zlepšil.  Fostervold získal bronzovou medaili v norském mistrovství světa v časových zkouškách, několik vteřin za bývalými světovými šampiony pod 23 letami a vítězi Tour de France Thor Hushovd a Kurt Asle Arvesen.   Jeho neschopnost plnit ještě lépe, vzhledem ke svému mimořádně vysokému VO 2 max, bylo připsáno nižší cyklické účinnosti a aerodynamice a nižšímu zlomkovému využití na laktátovém prahu ve srovnání s nejlepšími profesionály s dlouholetým specifickým výcvikem. V letech 2006 a 2007 zastupoval Norsko v časovém testu mistrovství světa.   Jeho absolutní VO 2 max v roce 2005 byl roven nejvyššímu vůbec měřenému v        norském sportovci.  Případ 2 - Od moderního Pentathleta k Runnerovi  Prior k 2003, Øystein Sylta byl vojenský pentathlete (evropský šampion v roce 2003).   Na podzim roku 2003 se rozhodl zaměřit se na dálkový běh a je nyní celostátně konkurenceschopný, s osobními zájmy na 3000 m steeplechase, 5000 m a 10000 m 8:31, 14:04 a 29:12.   Jeho případ je zajímavý díky dramatické změně v objemu tréninku a intenzitě distribuce, kterou podnikl v letech 2003 až 2004 a souvisejícím změnám ve výsledcích fyziologických testů.  Prior k 2003, Sylta cvičil používat vysoce-intenzita, low-volume tréninková struktura.   Když souhlasil s pokusem o nový přístup, důraz byl kladen na zvyšování objemu tréninku s nízkou intenzitou sezení a na změnu jeho intervalového tréninku.   Buď trénoval dlouhé pomalé vzdálenosti nebo dlouhé intenzivní intervalové sezení. Jeho celková tréninková vzdálenost při intenzitách nad prahem laktátu byla však snížena a redistribuována.   Od roku 2002/2003 do roku 2003/2004 zvýšil celkovou jízdní vzdálenost z 3 500 na 5 900 km.   Snížil také svůj silový trénink ze 100 ročních hodin na 50.   Tabulka 9 ukazuje typický týden tvrdého tréninku na podzim roku 2003 a na podzim roku 2004 a tabulka 10 shrnuje probíhající specifické školení.  Jeho fyziologická adaptace na první rok restrukturalizovaného vzdělávání je dokumentována v Tabulce 11.     |  |  |  | | --- | --- | --- | | Tabulka 9. Porovnání aktuálního tréninkového složení během těžkého tréninkového týdne, podzim 2003 a podzim 2004 –Case 2. | | | | **Den** | **Podzim 2003** | **Podzim 2004** | | Po | 60 min, Z1-2 | S1: 50-minutový běh, Z1  S2: běh 65 min, Z1 | | Úterý | 7x1000 m, regenerace  90 s   , Z4 | S 1: 45 min, Z1  S2: 12 x 5 min, regenerace 1 min, Z3 | | St | S 1: 40 min, Z1  S2: 50 min, Z1-2 + 45 min | S 1: 45 min, Z1  S2: 75 min, Z1 | | Thur | 17x300 m, 52 s, 40 s, Z5 | S1: 45-minutový běh, Z1  S 2: 12 x 3 min,  1-min rec, Z4 | | Pá | 55min, Z1 | 45 minutový provoz Z1 | | So | S1: 40-minutový běh Z1 + 30-minutová síla  S2: 4 x 7-minutové intervaly, 2-minutové zotavení, Z3 | S 1: 45 min, Z1  S2: 60 min, Z1 | | slunce | 100 minutový provoz Z1 | 150 minutový provoz Z1 | | Intervalové sezení předcházelo a skončilo 15-20 min.   V obou sezonách byly sjezdy zakončeny s 5-8 x 100 m kroky.  Zóny intenzity (Z) jsou uvedeny v tabulce 7. | | |      |  |  |  | | --- | --- | --- | | Tabulka 10.   Roční objem školení a rozložení intenzity v letech 2003 a 2004 - Případ 2. | | | | Zóna intenzity | Sezóna 2003 | 2004 sezóna | | 5 (95-100%) | 3% (8 h) | 0,5% (2 h) | | 4 (90-95%) | 12% (33 h) | 2,5% (13 h) | | 3 (85-90%) | 13% (36 h) | 10% (50 h) | | 2 (75-85%) | 18% (49 h) | 4% (20 h) | | 1 (55-75%) | 54% (149 h) | 83% (412 h) | | Celkem za rok a. \ T | 275 hodin | 497 h | | A 100 h silového tréninku v roce 2003 a 50 h v roce 2004 nejsou zahrnuty v součtech. | | |      |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Tabulka 11.   Fyziologické vyšetření před a po reorganizaci tréninku - Případ 2. | | | | |  | Září 03 | 4. února | Změna | | Hmotnost karoserie (kg) | 74 | 71 | -4% | | VO 2 max (ml  kg –1 min –1 ) | 76 | 83 | 9% | | VO 2 max (L  min –1 ) | 5.6 | 5.9 | 5% | | Prahová hodnota laktátu (km.h -1 ) | 16,9 | 17.7 | 5% |     Od roku 2003 do roku 2009 se Sylta zvýšila z 16,9 na 19,5 km.h -1 . Od roku 2002 do roku 2009 se   jeho 10 km čas zlepšil z 31:44 na 29:12 a 3000 m steeplechase z 9:11 na 8:31.   V prvních pěti měsících tréninkové reorganizace se jeho 3000m věže zlepšila o 30s.  Obě tyto případové studie dokazují, že i v již dobře vyškolených atletech může dojít k významnému zlepšení výsledků fyziologických testů a výkonu s odpovídající intenzitou tréninku a objemovou manipulací.   Oba sportovci prokázali jednoznačné zlepšení fyziologického testování i přes snížení tréninku HIT.   Zdálo se, že oba reagují pozitivně na zvýšení celkového tréninkového objemu a konkrétně na objem s nižší intenzitou.  **Platná srovnání tréninkových intervencí**  Zdá se, že v laboratoři je rozumné přizpůsobit výcvikové programy založené na celkové práci nebo spotřebě kyslíku.   Jak jsme uvedli dříve, toto je preferovaný způsob párování při porovnávání účinků kontinuálního a intervalového tréninku v kontrolovaných studiích. Bohužel to není realistické z pohledu sportovců sledujících maximální výkon. Tímto způsobem neporovnávají tréninky ani neupravují dobu tréninku na intenzitu. Klíčovou otázkou je zde nelineární dopad intenzity cvičení na zvládnutelnou akumulovanou dobu trvání občasného cvičení. Tento příklad jsme uvedli v tabulce 12 srovnáním některých typických tréninků od tréninku elitních sportovců.     |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Tabulka 12. Typické kombinace trvání a intenzity používané při tréninku elitních vytrvalostních sportovců. | | | | | |  | Trvání a (min) | Intenzita  (% VO 2max) | Celkem  VO 2 b (L) | Cvičné zatížení c  (RPE.min) | | Základní vytrvalost | 120 | 60 | 360 | 240-360 | | Mezní trénink (laktát   ~ 3-4 mM) | 60 (4x15) | 85 | 293 | 375 | | 90% intervaly (laktát   ~ 5-7 mM) | 40 (5x8) | 90 | 218 | 375-425 | | Intervaly VO 2 max (laktát   ~ 6-10 mM) | 24 (6x4) | 95 | 152 | 300-350 | | Warm-up není součástí dodávky.  b Výpočty spotřeby kyslíku založené na mužském sportovci s 5 L.min-1 VO 2 max a zahrnou 15 min zahřátí na 50% VO 2 max pro prahové a intervalové sezení. Příklady jsou založeny na zvládnutelném akumulovaném trvání v různých intenzitách intervalového tréninku a jsou čerpány z tréninkových deníků elitních sportovců.  c Hodnocení relace vnímané námahy x trvání(Foster et al., 1996; Seiler et al., 2007). | | | | |     Bod, který chceme udělat, je ten, že vnímání stresu sportovce 4 × 15 min při 85% VO 2 max je přibližně stejné jako u provedení 6 × 4 min při 95% VO 2 max. je velmi odlišná. Chceme-li odpovědět na otázku jako „ *je blízko intervalového tréninku* VO 2max *efektivnější pro dosažení výkonnostních zisků u sportovců než trénink v maximálním ustáleném stavu laktátu?*”, Pak sladění tréninkových záchvatů musí být realistické z pohledu vnímaného stresu a jak trénovat sportovce. Budoucí studie účinků intenzity výcviku na adaptaci a výkonnost by měly brát tuto otázku ekologické platnosti v úvahu.  **Závěry**  Optimalizace tréninkových metod je oblastí, o kterou mají vědci, sportovci a fitness nadšenci velký zájem. Výzvou pro sportovní vědce je přeložit výsledky krátkodobého tréninku intervence do dlouhodobého vývoje výkonnosti a organizace fitness tréninku. V současné době je velký zájem o intervalové tréninkové programy s vysokou intenzitou, s krátkou dobou trvání. Pečlivé vyhodnocení jak dostupného výzkumu, tak tréninkových metod úspěšných sportovců na vytrvalostních tratích však naznačuje, že bychom měli být opatrní, abychom nepředepisovali intenzivní intervalový trénink s vysokou intenzitou nebo nevyžadovali výhody intenzity po celou dobu trvání.  Zde jsou některé závěry, které se zdají být odůvodněny dostupnými údaji a zkušenostmi z pozorování elitních umělců:   * •       Existují rozumné důkazy o tom, že poměr tréninku s nízkou až vysokou intenzitou (80: 20) poskytuje vynikající dlouhodobé výsledky mezi tréninkem vytrvalostních sportovců denně. * •       Nízká intenzita (obvykle nižší než 2mM laktát v krvi), trénink s delší dobou trvání je účinný při stimulaci fyziologických adaptací a neměl by být považován za zbytečný čas tréninku. * •       Zvýšení celkového tréninkového objemu v širokém rozsahu dobře koreluje se zlepšením fyziologických proměnných a výkonu. * •       HIT by měl být součástí výcvikového programu všech cvičenců a vytrvalostních sportovců. Zdá se však, že asi dvě školení týdně využívající tuto modalitu jsou dostatečná pro dosažení výkonnostních zisků bez navození nadměrného stresu. * •       Účinky HIT na fyziologii a výkon jsou poměrně rychlé, ale pozorují se také rychlé plateau efekty.   Aby se předešlo předčasné stagnaci a zajistil se dlouhodobý rozvoj, měl by se objem vzdělávání zvyšovat systematicky. * •       Pokud *již dobře vyškolení sportovci* značně zintenzívňují trénink s více HIT než 12 až ~ 45 týdnů , dopad je nejednoznačný. * •       U sportovců, kteří mají zavedenou vytrvalostní základnu a toleranci k relativně vysokému tréninkovému zatížení, může intenzifikace tréninku přinést malé zvýšení výkonu při přijatelném riziku. * •       Zavedená vytrvalostní základna postavená na přiměřeně vysokém objemu školení může být důležitým předpokladem pro tolerování a rychlé reagování na podstatné zvýšení intenzity vzdělávání v krátkodobém horizontu. * •       Periodizace tréninku elitních sportovců se dosahuje snížením celkového objemu a mírným zvýšením objemu tréninku nad prahovou hodnotou laktátu. Celková *polarizace* intenzity tréninku charakterizuje přechod z přípravy do mezocyklů. Rozložení základní intenzity zůstává po celý rok podobné.   [Komentář recenzenta](http://www.sportsci.org/2009/sai.htm)  **Reference**  Aasen S (2008). Utholdenhettrening som gir resultater. Akilles Forlag: Oslo, Norsko  Acevedo EO, Goldfarb AH (1989). Zvýšené účinky intenzity tréninku na plazmatický laktát, ventilační práh a vytrvalost. Medicína a věda ve sportu a cvičení 21, 563-568  Achten J, Jeukendrup AE (2003). Maximální oxidace tuků během cvičení u trénovaných mužů. International Journal of Sports Medicine 24, 603-608  Ahmetov, II., Rogozkin VA (2009). Geny, stav a trénink sportovce - přehled. Medicína a sport Věda 54, 43-71  Åstrand I, Åstrand PO, Christiensen EH, Hedman R (1960). Přerušovaná svalová práce. Acta Physiolologica Scandinavica 48, 448-453  Åstrand I ÅP, Christiansen EH, Hedman R (1960). Myohemoglobin jako zásoba kyslíku u člověka. Acta Physiolologica Scandinavica 48, 454-460  Åstrand PO, Rodahl, KR (1986). Fyzický trénink. V: Učebnice pracovní fyziologie. McGraw-Hill: Singapur. 412-476  Beneke R, von Duvillard SP (1996). Stanovení maximální odezvy laktátu ve vybraných sportovních akcích. Medicína a věda ve sportu a cvičení 28, 241-246  Beneke R, Leithauser RM, Hutler M (2001). Závislost maximálního rovnovážného stavu laktátu na motorickém vzoru cvičení. British Journal of Sports Medicine 35, 192-196  Berger NJ, Tolfrey K, Williams AG, Jones AM (2006). Vliv kontinuálního a intervalového tréninku na kinetiku příjmu kyslíku. Medicína a věda ve sportu a cvičení 38, 504-512  Bhambhani Y, Singh M (1985). Účinky tří tréninkových intenzit na poměr VO2 max a VE / VO2. Canadian Journal of Applied Sport Sciences 10, 44-51  Billat V, Lepretre PM, Heugas AM, Laurence MH, Salim D, Koralsztein JP (2003). Tréninkové a bioenergetické vlastnosti u elitních mužských a ženských keňských běžců. Medicine and Science in Sports and Cvičení 35, 297-304; diskuse 305-296  Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein JP (1999). Intervalový trénink na VO2max: účinky na aerobní výkon a přetrénované markery. Medicína a věda ve sportu a cvičení 31, 156-163  Billat VL, Demarle A, Slawinski J, Paiva M, Koralsztein JP (2001). Fyzikální a tréninkové vlastnosti špičkových maratónských běžců. Medicína a věda ve sportu a cvičení 33, 2089-2097  Brigelius-Flohe R (2009). Komentář: přehodnocení oxidačního stresu. Genes and Nutrition 4, 161-163  Catalucci D, Latronico MV, Ellingsen O, Condorelli G (2008). Fyziologická hypertrofie myokardu: jak a proč? Frontiers in Bioscience 13, 312-324  Chakravarthy MV, Booth FW (2004). Jíst, cvičit, a “šetrný” genotypy: spojovat tečky k evolučnímu chápání moderních chronických nemocí. Journal of Applied Physiology 96, 3-10  Christensen EH (1960). Intervalová práce a intervalový trénink. Internationale Zeitschrift fur Angewandte Physiologie Einschliesslich Arbeitsphysiologie 18, 345-356  Christensen EH, Hedman R, Saltin B (1960). Přerušovaný a nepřetržitý provoz. Acta Physiolologica Scandinavica 50, 269-286  Cunningham DA, McCrimmon D, Vlach LF (1979). Kardiovaskulární odpověď na intervalové a kontinuální vzdělávání u žen. European Journal of Applied Physiology 41, 187-197  Daniels J, Scardina N (1984). Intervalový trénink a výkon. Sportovní medicína 1, 327-334  Daussin FN, Ponsot E, Dufour SP, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Geny B, Piquard F, Richard R (2007). Zlepšení VO2max kardiálním výstupem a adaptací kyslíkové extrakce během intermitentního versus kontinuálního tréninku. European Journal of Applied Physiology 101, 377-383  Daussin FN, Zoll J, Dufour SP, Ponsot E, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Mettauer B, Piquard F, Geny B, Richard R (2008a). Vliv intervalu versus kontinuální trénink na kardiorespirační a mitochondriální funkce: vztah ke zlepšení aerobního výkonu u sedavých subjektů. American Journal of Physiology 295, R264-272  Daussin FN, Zoll J, Ponsot E, Dufour SP, Doutreleau S, Lonsdorfer E, Ventura-Clapier R, Mettauer B, Piquard F, Geny B, Richard R (2008b). Výcvik při vysoké intenzitě cvičení podporuje kvalitativní adaptace mitochondriální funkce v lidském kosterním svalstvu. Journal of Applied Physiology 104, 1436-1441  Diaz F, Moraes CT (2008). Mitochondriální biogeneze a obrat. Cell Calcium 44, 24-35  Eddy DO, Sparks KL, Adelizi DA (1977). Účinky kontinuálního a intervalového tréninku u žen a mužů. European Journal of Applied Physiology 37, 83-92  Edge J, biskup D, Goodman C (2006). Účinky intenzity tréninku na svalovou pufrovací kapacitu u žen. European Journal of Applied Physiology 96, 97-105  Esteve-Lanao J, San Juan AF, Earnest CP, Foster C, Lucia A (2005). Jak vlastně vytrvalostní běžci trénují? Vztah k soutěžním výkonům. Medicína a věda ve sportu a cvičení 37, 496-504  Esteve-Lanao J, Foster C, Seiler S, Lucia A (2007). Vliv rozložení intenzity tréninku na výkonnost u vytrvalostních sportovců. Journal of Strength and Conditioning Research 21, 943-949  Evertsen F, Medbo JI, Jebens E, Nicolaysen K (1997). Tvrdý trénink na 5 m zvyšuje koncentraci Na (+) - K + v kosterním svalstvu běžkařů. American Journal of Physiology 272, R1417-1424  Evertsen F, Medbo JI, Jebens E, Gjovaag TF (1999). Vliv tréninku na aktivitu pěti svalových enzymů studoval na elitních běžkách. Acta Physiologica Scandinavica 167, 247-257  Evertsen F, Medbo JI, Bonen A (2001). Vliv intenzity tréninku na svalové laktátové transportéry a laktátový práh běžkařů. Acta Physiologica Scandinavica 173, 195-205  Pole RD (2006). Nervové impulsy regulují myelinaci prostřednictvím purinergní signalizace. Novartis Foundation Symposium 276, 148-158; diskuse 158-161, 233-147, 275-181  Fiskerstrand A, Seiler KS (2004). Tréninkové a výkonnostní charakteristiky norských mezinárodních veslařů 1970-2001. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports 14, 303-310  Foster C, Daines E, Hector L, Snyder AC, Welsh R (1996). Atletický výkon ve vztahu k tréninkovému zatížení. Wisconsin Medical Journal 95, 370-374  Foster C (1998). Sledování tréninku u sportovců s odkazem na syndrom přetrénování. Medicína a věda ve sportu a cvičení 30, 1164-1168  Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, Dodge C (2001a). Nový přístup k monitorování tréninku. Journal of Strength and Conditioning Research 15, 109-115  Foster C, Heiman KM, Esten PL, Brice G, Porcari J (2001b). Rozdíly ve vnímání tréninku trenéry a sportovci. Jižní africký žurnál sportovní medicíny 8, 3-7  Foster C, Hoyos J, Earnest C, Lucia A (2005). Regulace výdajů na energii při prodloužené sportovní soutěži. Medicína a věda ve sportu a cvičení 37, 670-675  Frank D, Kuhn C, Brors B, Hanselmann C, Ludde M, Katus HA, Frey N (2008). Vzor genové exprese v biomechanicky roztažených kardiomyocytech: důkaz genového programu specifického pro natažení. Hypertenze 51, 309-318  Fry AC, Schilling BK, Weiss LW, Chiu LZ (2006). downregulace beta2-adrenergního receptoru a snížení výkonu během přetrénování s vysokou intenzitou. Journal of Applied Physiology 101, 1664-1672  Gaskill SE, Serfass RC, Bacharach DW, Kelly JM (1999). Reakce na trénink v běžkách. Medicína a věda ve sportu a cvičení 31, 1211-1217  Gladden LB (2004). Laktátový metabolismus: nové paradigma třetího tisíciletí. Journal of Physiology 558, 5-30  Gledhill N, Cox D, Jamnik R (1994). Vytrvalostní objem sportovců není plateau: hlavní výhodou je diastolická funkce. Medicína a věda ve sportu a cvičení 26, 1116-1121  Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Romagnoli M, Arduini A, Borras C, Pallardo FV, Sastre J, Vina J (2008). Perorální podání vitaminu C snižuje svalovou mitochondriální biogenezi a brání adaptacím vyvolaným tréninkem ve vytrvalostním výkonu. American Journal of Clinical Nutrition 87, 142-149  Gorostiaga EM, Walter CB, Foster C, Hickson RC (1991). Jedinečnost intervalu a průběžného tréninku při stejné intenzitě cvičení. European Journal of Applied Physiology 63, 101-107  Gregory LW (1979). Vývoj aerobní kapacity: porovnání průběžného a intervalového tréninku. Research Quarterly 50, 199-206  Gullich A, Emrich E, Seiler S (2009). Výcvikové metody a rozložení intenzity mladých veslařů světové třídy. International Journal of Sport Physiology and Performance 4, In Press  Halson SL, Jeukendrup AE (2004). Existuje přetrénování? Analýza nadměrného a přetrénovaného výzkumu. Sportovní medicína 34, 967-981  Hansen AK, Fischer CP, Plomgaard P, Andersen JL, Saltin B, Pedersen BK (2005). Adaptace kosterního svalstva: trénink dvakrát každý druhý den vs. trénink jednou denně. Journal of Applied Physiology 98, 93-99  Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonsen T, Helgesen C, Hjorth N, Bach R, Hoff J (2007). Aerobní intervaly s vysokou intenzitou zlepšují VO2max více než střední trénink. Medicína a věda ve sportu a cvičení 39, 665-671  Henriksson J, Reitman JS (1976). Kvantitativní měření aktivity enzymů u svalových vláken typu I a typu II po tréninku. Acta Physiologica Scandinavica 97, 392-397  Hill AV, Long CNH, Lupton H (1924a). Svalové cvičení, kyselina mléčná a přísun a využití kyslíku. Části I-III. . Sborník královské společnosti Londýna. Série B: Biological Sciences 96, 438-475  Hill AV, Long CNH, Lupton H (1924b). Svalové cvičení, kyselina mléčná a přísun a využití kyslíku. Části IV-VI. Sborník královské společnosti Londýna. Série B: Biological Sciences 97, 84-138  Holloszy JO (2008). Regulace cvičení kosterního svalstva mitochondrií a GLUT4. Journal of Physiology and Pharmacology 59 Suppl 7, 5-18  Hoppeler H, Klossner S, Fluck M (2007). Exprese genů v pracovním kosterním svalstvu. Pokroky v experimentální medicíně a biologii 618, 245-254  Ingham SA, Carter H, Whyte GP, Doust JH (2008). Fyziologické a výkonové účinky veslařského tréninku s nízkou intenzitou smíšené intenzity. Medicína a věda ve sportu a cvičení 40, 579-584  Ishibashi T, Dakin KA, Stevens B, Lee PR, Kozlov SV, Stewart CL, Fields RD (2006). Astrocyty podporují myelinaci v reakci na elektrické impulsy. Neuron 49, 823-832  Joseph AM, Pilegaard H, Litvintsev A, Leick L, Hood DA (2006). Kontrola genové exprese a mitochondriální biogeneze ve svalové adaptaci na vytrvalostní cvičení. Eseje v biochemii 42, 13-29  Kamo M (2002). Výbojové chování motorických jednotek v extenzorech kolen v počáteční fázi izometrické kontrakce s konstantní silou při nízké úrovni síly. European Journal of Applied Physiology 86, 375-381  Laughlin MH, Roseguini B (2008). Mechanismy pro nácvik tréninků vyvolaných zvýšeným výkonem kosterního svalstva: rozdíly v tréninku intervalového sprintu oproti tréninku aerobní vytrvalosti. Journal of Physiology and Pharmacology 59 Suppl 7, 71-88  Lehmann MJ, Lormes W, Opitz-Gress A, Steinacker JM, Netzer N, Foster C, Gastmann U (1997). Trénink a přetrénování: přehled a experimentální výsledky ve vytrvalostních sportech. Žurnál sportovní medicíny a tělesné zdatnosti 37, 7-17  Lindsay FH, Hawley JA, Myburgh KH, Schomer HH, Noakes TD, Dennis SC (1996). Vylepšený atletický výkon u vysoce kvalifikovaných cyklistů po intervalovém tréninku. Medicína a věda ve sportu a cvičení 28, 1427-1434  Lucia A, Hoyos J, Carvajal A, Chicharro JL (1999). Reakce srdeční frekvence na profesionální silniční cyklistiku: Tour de France. International Journal of Sports Medicine 20, 167-172  Lucia A, Hoyos J, Santalla A, Earnest C, Chicharro JL (2003). Tour de France versus Vuelta a Espana: což je těžší? Medicína a věda ve sportu a cvičení 35, 872-878  MacDougall D, Sale D (1981). Kontinuální vs. intervalový trénink: přehled pro sportovce a trenéra. Canadian Journal of Applied Sport Sciences 6, 93-97  Marcuello A, Gonzalez-Alonso J, Calbet JA, Damsgaard R, Lopez-Perez MJ, Diez-Sanchez C (2005). Obsah mitochondriální DNA kosterního svalstva při cvičení lidí. Journal of Applied Physiology 99, 1372-1377  McConell GK, Lee-Young RS, Chen ZP, Stepto NK, Huynh NN, Stephens TJ, Canny BJ, Kemp BE (2005). Krátkodobý trénink cvičení u lidí snižuje AMPK signalizaci během dlouhodobého cvičení nezávisle na svalovém glykogenu. Journal of Physiology 568, 665-676  McPhee JS, Williams AG, Stewart C, Baar K, Schindler JP, Aldred S, Maffulli N, Sargeant AJ, Jones DA (2009). Výcvikový podnět, který zažívají svaly nohou při jízdě na kole u lidí. Experimentální fyziologie 94, 684-694  Mujika I, Chatard JC, Busso T, Geyssant A, Barale F, Lacoste L (1995). Vliv tréninku na výkon v soutěžním plavání. Canadian Journal of Applied Physiology 20, 395-406  Nordsborg N, Bangsbo J., Pilegaard H (2003). Vliv vysoce intenzivního tréninku na exprese genů specifických pro iontovou homeostázu a metabolismus. Journal of Applied Physiology 95, 1201-1206  Ojuka EO (2004). Úloha vápníku a AMP kinázy v regulaci mitochondriální biogeneze a hladin GLUT4 ve svalech. Sborník výživy společnosti 63, 275-278  Překonat TJ, Paterson DH, Cunningham DA (1992). Vliv intervalu a průběžného tréninku na aerobní parametry. Canadian Journal of Sport Sciences 17, 129-134  Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM, Maron BJ (1999). Fyziologická dilatace dutiny levé komory u elitních sportovců. Annals of Internal Medicine 130, 23-31  Poole DC, Gaesser GA (1985). Reakce ventilačních a laktátových prahů na kontinuální a intervalový trénink. Journal of Applied Physiology 58, 1115-1121  Ristow M, Zarse K, Oberbach A, Kloting N, Birringer M, Kiehntopf M, Stumvoll M, Kahn CR, Bluher M (2009). Antioxidanty zabraňují zdraví podporujícím účinkům tělesného cvičení u lidí. Sborník Národní akademie věd Spojených států amerických 106, 8665-8670  Robinson DM, Robinson SM, Hume PA, Hopkins WG (1991). Intenzita tréninku elitní mužské běžkyně. Medicína a věda ve sportu a cvičení 23, 1078-1082  Saltin B, Nazar K, Costill DL, Stein E, Jansson E, Essen B, Gollnick D (1976). Charakter reakce na školení; periferní a centrální adaptace jednoramenného cvičení. Acta Physiologica Scandinavica 96, 289-305  Schumacher YO, Mueller P (2002). 4000-m tým pronásleduje cyklistický světový rekord: teoretické a praktické aspekty. Medicína a věda ve sportu a cvičení 34, 1029-1036  Seiler KS, Kjerland GO (2006). Kvantifikace distribuce intenzity tréninku u elitních vytrvalostních sportovců: existuje důkaz pro "optimální" distribuci? Scandinavian Journal of Medicine a Science in Sports 16, 49-56  Seiler S, Sjursen JE (2004). Vliv doby trvání práce na fyziologickou a ratingovou stupnici vnímaných reakčních námah během vlastního intervalového tréninku. Scandinavian Journal of Medicine a Science in Sports 14, 318-325  Seiler S, Hetlelid KJ (2005). Vliv doby odpočinku na intenzitu práce a RPE během intervalového tréninku. Medicína a věda ve sportu a cvičení 37, 1601-1607  Seiler S, Haugen O, Kuffel E (2007). Autonomní zotavení po cvičení u cvičených sportovců: účinky intenzity a trvání. Medicína a věda ve sportu a cvičení 39, 1366-1373  Sheikh F, Raskin A, Chu PH, Lange S, Domenighetti AA, Zheng M, Liang X, Zhang T, Yajima T, Gu Y, Dalton ND, Mahata SK, Dorn GW, 2., Heller-Brown J, Peterson KL, Omens JH, McCulloch AD, Chen J (2008). Komplex obsahující FHL1 uvnitř sarkomu kardiomyocytů zprostředkovává hypertrofické biomechanické stresové reakce u myší. Journal of Clinical Investigation 118, 3870-3880  Steinacker JM, Lormes W, Lehmann M, Altenburg D (1998). Výcvik veslařů před mistrovstvím světa. Medicína a věda ve sportu a cvičení 30, 1158-1163  Stepto NK, Hawley JA, Dennis SC, Hopkins WG (1999). Účinky různých intervalových tréninkových programů na cyklický časový průběh. Medicína a věda ve sportu a cvičení 31, 736-741  Talanian JL, Galloway SD, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL (2007). Dva týdny tréninku aerobního intervalu s vysokou intenzitou zvyšují kapacitu pro oxidaci tuků během cvičení u žen. Journal of Applied Physiology 102, 1439-1447  Thompson P (2005). Prolomte překážku s "novým intervalovým tréninkem". Athletics Weekly 59, 62-63  Wenger HA, Macnab RB (1975). Výcvik vytrvalosti: účinky intenzity, celkové práce, trvání a počáteční způsobilosti. Žurnál sportovní medicíny a tělesné zdatnosti 15, 199-211  Weston AR, Myburgh KH, Lindsay FH, Dennis SC, Noakes TD, Hawley JA (1997). Kapacita vyrovnávacího systému kosterního svalstva a vytrvalostní výkon po intenzivním intervalovém tréninku dobře vyškolených cyklistů. European Journal of Applied Physiology 75, 7-13  Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo O, Haram PM, Tjonna AE, Helgerud J, Slordahl SA, Lee SJ, Videm V, Bye A, Smith GL, Najjar SM, Ellingsen O, Skjaerpe T (2007) . Vynikající kardiovaskulární účinek aerobního intervalového tréninku versus střední kontinuální trénink u pacientů se srdečním selháním: randomizovaná studie. Circulation 115, 3086-3094  Yan Z (2009). Cvičení, PGC-1alfa a metabolická adaptace v kosterním svalstvu. Aplikovaná fyziologie výživa a metabolismus 34, 424-427  Yeo WK, Paton CD, Garnham AP, Burke LM, Carey AL, Hawley JA (2008). Adaptace na kosterní svalstvo a výkonnostní reakce jednou denně versus dvakrát každý druhý tréninkový režim. Journal of Applied Physiology 105, 1462-1470  Zapico AG, Calderon FJ, Benito PJ, Gonzalez CB, Parisi A, Pigozzi F, Di Salvo V (2007). Vývoj fyziologických a hematologických parametrů s tréninkovou zátěží u elitních silničních cyklistů: longitudinální studie. Žurnál sportovní medicíny a tělesné zdatnosti 47, 191-196  Zhou B, Conlee RK, Jensen R, Fellingham GW, George JD, Fisher AG (2001). Zdvihový objem se při tříděném cvičení v elitní mužské běžecké dráze nenachází. Medicína a věda ve sportu a cvičení 33, 1849-1854 |