

## Aktuální přístupy k problematice intermitentního (přerušovaného) zatížení

### Current approaches to problems of intermittent load

Marek Stockinger

Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, Praha

#### Abstrakt:

*Tato souhrnná práce by měla mapovat současný stav poznání v oblasti intermitentního (přerušovaného) zatížení. Jedná se o poměrně nový přístup ke klasifikaci zátěže převážně ve sportovních hrách (fotbal, hokej, basketbal, atd.) a naprostá většina studií zabývajících se touto problematikou je realizována v zahraničí a následně publikována v tamních vědeckých časopisech.*

*Článek vznikl dlouhodobým sledováním a překladem těchto studií a bude se nejdříve věnovat samotné charakteristice intermitentního zatížení z hlediska fyziologie a následně i jeho diagnostice a trénovatelnosti. Za typický sport charakteristický intermitentním zatížením je považován fotbal, a proto se i většina těchto studií věnuje právě hráčům, případně rozhodčím ve fotbalu.*

#### Abstract:

*This summary work should be map the current state of knowledge in the field of intermittent load. It is a relatively new approach to the classification of load mostly in sports games (football, hockey, basketball, etc.) and absolute majority of studies dealing with this problem is realized and then published in foreign scientific journals.*

*This article created a long-term monitoring and translation of these studies and will soon devote itself intermittent load characteristics in terms of physiology and, consequently, its diagnosis and influence training. For a typical sport characteristic of intermittent load is considered to football and therefore also most of the studies dedicated to the players or the referees in football.*

**Klíčová slova:** *Intermitentní zatížení, sportovní hry, energetické zabezpečení, diagnostika*

**Key words:** *Intermittent load, sports games, energy refund, diagnostics*

*Studie byla podpořena ze specifického vysokoškolského výzkumu SVV 2012-265603.*

#### Úvod

Sportovní hry, v našem případě fotbal, jsou charakteristické střídavým (intermitentním) pohybovým zatížením. Jednotlivé herní úseky vyskytující se v utkání, které jsou prováděny maximální nebo submaximální intenzitou v trvání od 2 s do 10 s (např. sprinty, změny směrů, střelba) jsou prokládány herními úseky s nižší intenzitou pohybu nebo klidu, v době trvání do 60 s, úseky, které slouží převážně k obnově energetických zdrojů.

Intervaly nižších intenzit převažují nad maximálními či submaximálními v poměru 1:7 až 1:14 (Bangsbo, 1994), což fotbal odlišuje od dalších sportů typických svým intervalovým charakterem (např. tenis a squash), kde je tento poměr 1:1 až 1:5 (Glaister, 2005).

Z výše zmíněných důvodů získaly sportovní hry ve sportovní fyziologii označení sporty s mnohonásobnými sprinty (multiple sprint sports) nebo intermitentní sporty (intermittent sports) (Williams, 1990, MacLoad et al., 1993).

#### 1. Intermitentní zatížení

V současné době se uznává, že pohybový výkon v intermitentním vysoce intenzivním cvičení je podložen komplikovanou souhrou různých energetických systémů (Glaister, 2005). Mezi hlavní determinanty schopnosti opakovaně vykonávat krátkodobou činnost maximální intenzity se považuje maximální

anaerobní výkon (Gaitanos et al., 1993) a anaerobní kapacita, včetně nárazníkové kapacity svalové tkáně pro vodíkové ionty (Bishop et al., 2004). Štěpení kreatinfosfátu (CP), anaerobní glykolýza a glykogenolýza se ukázaly jako hlavní metabolické mechanismy pro produkci adenosintrifosfátu (ATP) během opakovaných sprintů na bicyklovém ergometru (Gaitanos et al., 1993). Předpokládá se, že větší nárazníková kapacita svalové tkáně by mohla pozitivně ovlivnit výkon v opakovaných sprintech tím, že usnadňuje vyšší intenzitu resyntézy CP a snižuje inhibici glykogenolytických a glykolytických enzymů (Bishop et al., 2004, Jenkins et al., 1994).

Maximální aerobní výkon je rovněž uvažován jako klíčový faktor metabolického zotavení po anaerobní práci během krátkodobých intervalů zotavení mezi jednotlivými sprinty. Konkrétně se jedná o doplnění zásob kyslíku v tkáních, resyntézu CP, metabolismus laktátu či odstranění anorganického fosfátu uvnitř buněk (Brown et al., 2007, Bishop a Spencer, 2004, Glaister, 2005). Studie zkoumající efekty různých fyziologických typů tréninku na výkon v intermitentním vysoce intenzivním cvičení naznačují, že tento typ výkonu může být zlepšen v důsledku vysoce intenzivního anaerobního tréninku (Dawson et al., 1995, Jenkins et al., 1994), či anaerobně aerobního tréninku (Krustrup a Bangsbo, 2001) a aerobního tréninku (Gaiga a Docherty, 1995).

Při intermitentní vysoce intenzivní činnosti se dosahuje lepších výkonů při vyšší maximální spotřebě kyslíku ( $VO_2\max$ ) jedince. Důvodem je, že vyšší  $VO_2\max$  podmiňuje vyšší aerobní odpověď organismu na intermitentní vysoce intenzivní cvičení (Brown et al., 2007, Tomlin a Wenger, 2002). Navíc, vyšší  $VO_2\max$  i umožňuje lepší odstraňování laktátu ze svalové tkáně (Bishop et al., 2004).

## 2. Diagnostika intermitentního výkonu

Samotná diagnostika intermitentního výkonu je velice různorodá. V podstatě v každé studii se setkáváme s jiným typem testování, ať již se liší formou pohybu, časem trvání pohybu, počtem opakování či dobou odpočinku.

Hlavním indikátorem společným pro všechny druhy testů je přerušovaný několikanásobný pohybový výkon, většinou prováděný maximální intenzitou, u kterého se posuzuje tzv. odolnost vůči únavě, jinak řečeno schopnost podávat co nejvyšší výkon po co nejdélejší dobu, respektive po co nejvyšší počet opakování jednotlivých výkonů.

Nejvíce užívanými testy pro zjišťování intermitentní výkonnosti jsou tzv. JO-JO testy. V běžecké formě se nejčastěji užívají 10 či 20metrové úseky ohraničené fotobuňkami, které jedinec opakovaně probíhá s daným časem pro odpočinek.

Vzdálenosti, počet opakování či doba odpočinku jsou variabilní a liší se dle jednotlivých autorů, např. (Krustrup et al., 2003), (Bangsbo et al., 2008), (Castagna et al., 2005).

Jiným druhem testů jsou opakované sprinty na bicyklovém ergometru, příkladem je intermitentní test prováděný na UK FTVS. Jedná se o počítačem řízený anaerobní test 10 opakování 5s maximálních výkonů, které jsou přerušovány 30s pauzami (Heller, Psotta, 2000).

## 3. Trénovatelnost v intermitentním výkonu

Jak vyplývá z výše uvedeného souboru poznatků o fyziologických determinantách intermitentního výkonu, k jeho zlepšení by teoreticky měl vést trénink zaměřený na zvýšení maximálního anaerobního výkonu, anaerobní nárazníkové kapacity a schopnosti využívat kyslíku pro rychlou fázi metabolického zotavení po výkonu (udávaná jako hodnota  $VO_2\max$ ). Nicméně empirických poznatků o efektech tréninku pro maximální výkon v intermitentním zatížení doposud existuje velmi málo.

Podle studie Jenkins et al. (1994) 3týdenní trénink s počtem 3 tréninkových jednotek týdně, které obsahují opakované 6s sprinty na bicyklovém ergometru u pohybově aktivních dospělých jedinců, může přinést zlepšení mechanického výkonu v opakovaných sprintech i zvýšení maximálního anaerobního výkonu.

Dawson et al. (1998) použil podobný model anaerobního tréninku běžeckého typu u pohybově aktivních mužů po dobu 6 týdnů a našel podobné výsledky, navíc ještě zvýšené hodnoty  $VO_2\max$ .

Další studie byla provedena u adolescentních hráčů fotbalu a spočívala v aplikaci 2 tréninkových jednotek týdně po dobu 8 týdnů. Každá jednotka obsahovala čtyři 4minutové intervaly běhu v intenzitě 90–95 % maximální tepové frekvence, s 3minutovými intervaly odpočinku. Po skončení testu byly zjištěny vyšší hodnoty  $\text{VO}_2\text{max}$  a vyšší spotřeba kyslíku na úrovni anaerobního prahu. Zároveň došlo ke zlepšení ekonomiky běhu a zvýšení pohybové aktivity hráčů ve sledovaných zápasech – vyšší překonaná vzdálenost, vyšší počet sprintů i činností s míčem (Helgerud et al., 2001).

Studie Krustrupa a Bangsba (2001) se zabývala aplikací 12týdenního tréninku na fotbalové rozhodčí, s četností 3-4 anaerobně-aerobních tréninkových jednotek v týdnu. Každá jednotka se sestávala z běžeckých cvičení 4x4 minuty a 16x1 minuta nebo 8x2 minuty a 24x30 sekund, vždy v intenzitách nad 95 % maximální tepové frekvence. Po skončení tréninkového programu byla zjištěna nižší hodnota tepové frekvence a koncentrace laktátu v submaximálním zatížení bez výraznějších změn v hodnotách  $\text{VO}_2\text{max}$  a spotřeby kyslíku v submaximálním zatížení. Současně byla zaznamenána i vyšší aktivita ve sledovaných zápasech – vyšší překonaná vzdálenost ve vysoce intenzivním běhu a vyšší četnost intervalů tohoto běhu.

Studie Gaiga a Dochertyho (1995) sledovala efekt 9týdenního anaerobně-aerobního tréninku se 3 tréninkovými jednotkami v týdnu u pohybově aktivních mužů. Tréninky se skládaly ze cvičení na bicyklovém ergometru s intervaly zatížení a odpočinku po 3 minutách v intenzitě pod 90 %  $\text{VO}_2\text{max}$ . Zjištěny byly vyšší hodnoty  $\text{VO}_2\text{max}$  a vyšší mechanický výkon v průběhu opakovaných 30s sprintů na bicyklovém ergometru včetně zvýšeného anaerobního výkonu v prvních 10 sekundách každého sprintu.

Ve studii Tabata et al. (1996) prováděné na bicyklovém ergometru se sledovala účinnost vytrvalostního tréninku mírné intenzity (70 %  $\text{VO}_2\text{max}$ ) a intermitentního vysoce intenzivního tréninku (170 %  $\text{VO}_2\text{max}$ ) na maximální spotřebu kyslíku ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) a na anaerobní kapacitu (maximální akumulovaný kyslíkový deficit). Jednalo se o 6týdenní tréninkovou intervenci, která v prvním případě obsahovala 5 tréninkových jednotek týdně po 60 minutách a v druhém případě se jednalo o 5 TJ týdně, které se skládaly ze 7–8 serií 20s intervalů práce s 10s odpočinkem. U vytrvalostního tréninku došlo ke zvýšení hodnot  $\text{VO}_2\text{max}$  z  $53 \pm 5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  až na  $58 \pm 3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , ale anaerobní kapacita se nezvýšila významně. Naproti tomu u intermitentního tréninku došlo ke zvýšení  $\text{VO}_2\text{max}$  o  $7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , společně se zvýšením anaerobní kapacity o 28 %.

V jiné studii se Tabata et al. (1997) zaměřili na srovnání dvou typů dlouhodobého intermitentního tréninku u cyklistů. První skupina se věnovala tréninku, který se skládal ze 6–7 serií 20s zatížení na úrovni 170 %  $\text{VO}_2\text{max}$  s 10s pauzami na odpočinek. Trénink druhé skupiny se sestával ze 4–5 serií 30s zatížení na úrovni 200 %  $\text{VO}_2\text{max}$  s 2min. odpočinkem mezi opakováními. Na základě porovnání maximálního a jednotlivého akumulovaného kyslíkového deficitu se prokázalo, že první typ intervence téměř maximálně zatěžuje aerobní i anaerobní energetický systém, což ho pro trénink činí výhodnějším.

## Závěr

Problematice intermitentního zatížení se zejména v poslední době dostává zvýšeného zájmu výzkumných studií, ale pořád je jich oproti ostatním druhům výkonu a tréninku ve sportu výrazně méně, a to zejména v našem sportovním prostředí. Naprostou většinu informací získáváme ze zahraničních odborných studií.

Několik málo studií, které u nás vznikly, se zabývá zejména testováním dospělých jedinců, takže hodnoty v těchto studiích získané se dají jen obtížně aplikovat do tréninku nebo testování dětí či pubescentů.

## Literatura

- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer. *Acta Physiol. Scand*, vol. 151, suppl. 619.
- Bangsbo, J., Iaia, F.M., Krustrup, P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: A Useful Tool for Evaluation of Physical Performance in Intermittent Sports. *Sports Medicine*, vol. 38, p. 37-51.
- Bishop, D., Edge, J., Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *J. Appl Physiol*, vol. 92, p. 540-7.

- Bishop, D., Spencer, M. (2004). Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *J. Sports Med Phys Fitness*, vol. 44, p. 1-7.
- Brown, P.I., Hughes, M.G. & Tong, R.J. (2007). Relationship between VO<sub>2</sub>max and repeated sprint ability using non-motorised treadmill ergometry. *J Sports Med Phys Fitness*, vol. 47(2), p. 186-190.
- Castagna, C., Abt, G., D'Ottavio, S. (2005). Competitive-Level Differences in Yo-Yo Intermittent Recovery and Twelve Minute Run Test Performance in Soccer Referees. *J Strength Cond Res*, vol. 19, p. 805-809.
- Dawson, B., Cutler, M., Moody, A., Lawrence, S., Goodman, C., Randall, N. (1995). Effects of oral creatine loading on single and repeated maximal short sprints. *J. Sci Med Sport*, vol. 27, p. 56-61.
- Dawson, B., Fitzsimons, M., Green, S. et al. (1998). Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *Eur J Appl Physiol*, vol. 78(2), p. 163-169.
- Gaiga, M.C., Docherty D. (1995). The effect of an aerobic interval training program on intermittent anaerobic performance. *J. Appl Physiol*, vol. 20, p. 450-464.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work. *Sports Med*, vol. 35, No. 9, p. 757-777.
- Heller, J., Psotta, R. (2000). Anaerobic capacity in football players evaluated by an intermittent anaerobic test. *J. Sports Sci*, vol. 18, No. 7, p. 513-514.
- Helgerud, J., Engen, L.C., Wisloff, U. et al. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, vol. 33(11), p. 1925-1931.
- Jenkins, D. G., Brooks, S., Williams, C. (1994). Improvements in multiple sprint ability with three weeks of training. *J. Sports Med*, vol. 22, No.1, p. 2-5.
- Krustrup, P., Bangsbo, J. (2001). Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J. Sports Sci*, vol. 19, No. 11, p. 881-891.
- Krustrup, P., Mohr, M., Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J. Sports Sci*, vol. 21, No. 7, p. 519-528.
- Macload, D.A.D., Maughan, R.J., Williams, C. et al. (Eds). (1993). *Intermittent high intensity exercise. Preparation, stresses and damage limitation*. London: E & FN Spon.
- Psotta, R. a kol. *Fotbal – kondiční trénink*. Praha: Grada, 2006, 220 s.
- Tabata, I., Irisawa, K., Kouzaki, M., Nishimura, K., Ogita F., Miyachi, M. (1997). Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*, vol. 29(3), p. 390-395.
- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita F., Miyachi, M., Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub>max. *Med Sci Sports Exerc*, vol. 28(10), p. 1327-1330.
- Tomlin, D.L., Wenger, H.A. (2002). The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. *J Sci Med Sport*, vol. 5, p. 194-203.
- Williams, C. Metabolic aspects of exercise. (1990). In Reilly, T. et al. (Eds.). *Physiology of sports* (pp.3-40). London: E & FN Spon.