

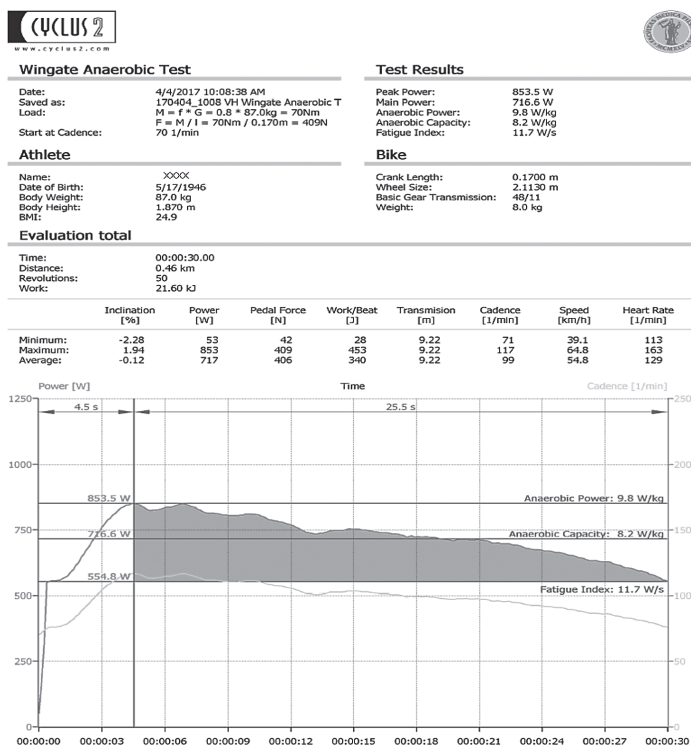
JEDNA Z NOVÝCH MOŽNOSTÍ VYHODNOCENÍ WINGATE TESTU V 3D

M. Štork¹, J. Novák²

¹ Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací FEL ZČU v Plzni,

² Ústav tělovýchovného lékařství LF UK v Plzni

Stanovení anaerobní kapacity je jedním z důležitých markerů výkonnosti u mnoha sportů, u nichž anaerobní mechanismus krytí metabolických nároků hraje důležitou roli. Výsledky testů, charakterizujících schopnosti využívat anaerobní kapacitu, poskytují informaci o výkonových předpokladech především u rychlostních a rychlostně vytrvalostních výkonů. Stejně jako u aerobní kapacity dochází i u anaerobní kapacity k postupnému



Obr. 1 Příklad standardního vyhodnocení Wingate anaerobního testu

věkovému poklesu. Ve vyšších decenníích může nízká úroveň anaerobních schopností představovat významný zdravotní handicap, související často se zdravotní křehkostí a nesoběstačností (1). Jednou z metodik diagnostiky anaerobní kapacity je použití tzv. Wingate testu na bicyklovém ergometru, umožňující opakovatelné, přesně měřitelné nastavení zátěže a vyhodnocení výsledků obvykle ve formě výkonových tabulek a dvoudimenzionálních grafů (např. na ose X čas, na ose Y výkon, frekvence šlapání apod.). Výsledky je ale možno zobrazit ve formě 3D grafů (třídimeznionálních grafů).

METODIKA

Wingate test je nejčastěji používanou metodikou hodnocení tzv. anaerobní laktátové kapacity (2–6). Test spočívá v podání maximálního výkonu bicyklovém ergometru po dobu 30 s proti vysoké brzdě síle. Během testu se zaznamenává řada parametrů, např.: maximální výkon, střední výkon, výkon na konci zátěže, index únavy a další (7). Výsledky se zobrazují ve formě tabulek a 2D grafů. Na obr. 1 je příklad standardního vyhodnocení Wingate anaerobního testu.

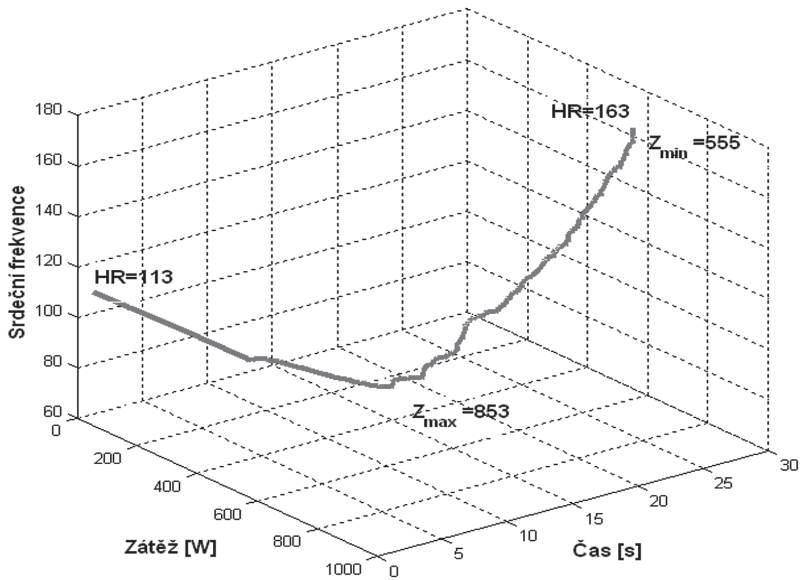
Zároveň se pravidelně po 0,125 s zaznamenávají do paměti počítače následující hodnoty:

- čas,
- ujetá vzdálenost,
- výkon,
- srdeční frekvence,
- kadence (frekvence šlapání),
- rychlost.

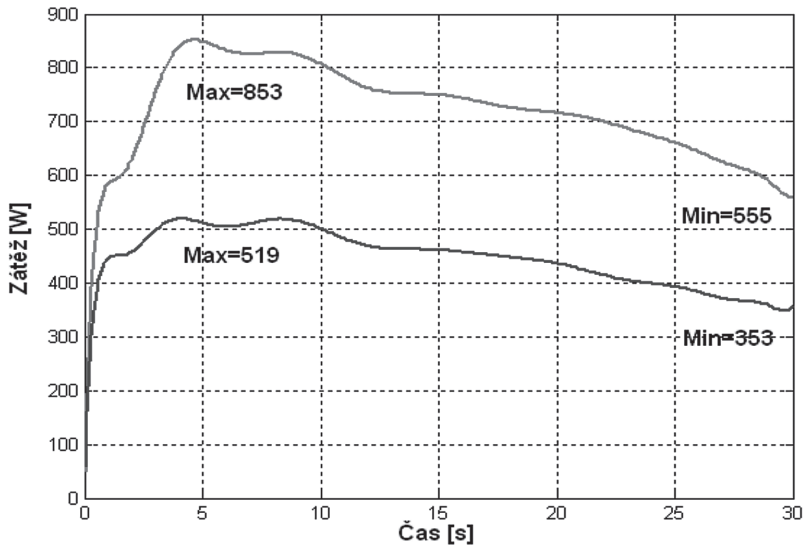
Tyto údaje lze použít pro zobrazení výsledků v 3D grafech, např.: osa X – čas, osa Y – zátěž, osa Z – srdeční frekvence.

VÝSLEDKY

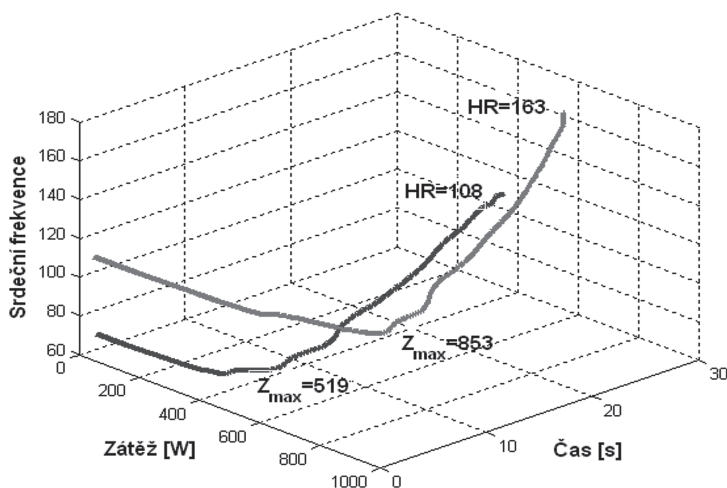
Zaznamenaná data z jednotlivých vyšetření umožňují zobrazení naměřených hodnot v 3D grafech. Na obr. 2 je příklad zobrazení průběhu Wingate testu v 3D souřadnicích. Je možno zobrazit jedno vyšetření, případně dvě a více vyšetření současně pro rychlé porovnání, např. opakovaného vyšetření jedné osoby nebo porovnání vyšetření několika osob. Na obr. 3 jsou v 2D grafu znázorněné grafy výkonu dvou sportovců, na obr. 4 pak porovnání výsledků Wingate testů dvou osob v 3D zobrazení. Data lze dále filtrovat a stanovit případně matematický model vyšetřované osoby. Toto je uvedeno na obr. 5, kde jsou vyneseny naměřené časové závislosti srdečních frekvencí na čas, zároveň jsou vypočteny aproximační polynomy 4. řádu a jsou též zobrazeny křivky vypočtené z těchto polynomů.



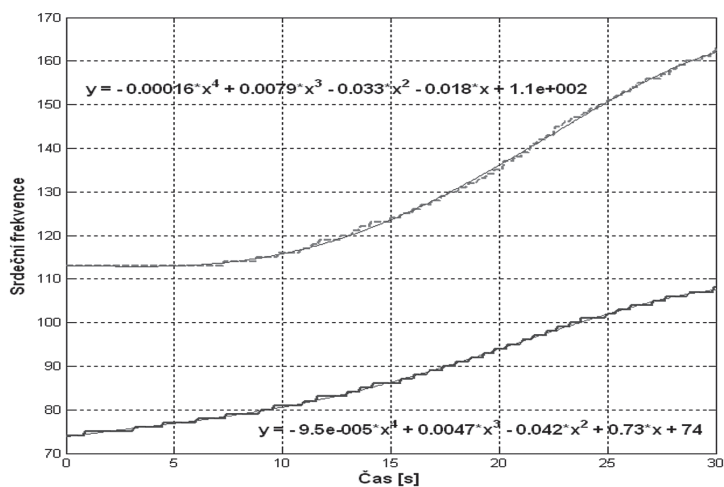
Obr. 2 Příklad zobrazení průběhu Wingate testu v 3D souřadnicích



Obr. 3 Grafy výkonu dvou osob v průběhu Wingate testu: vyznačeny maximální hodnoty výkonu (maximální anaerobní síla) a minimální hodnoty výkonu v průběhu 30s zátěže maximálním úsilím



Obr. 4 Porovnání výsledků Wingate testů dvou osob v 3D zobrazení: zaznamenány hodnoty dosažené zátěže (W), srdeční frekvence (tepy/min) a času (s)

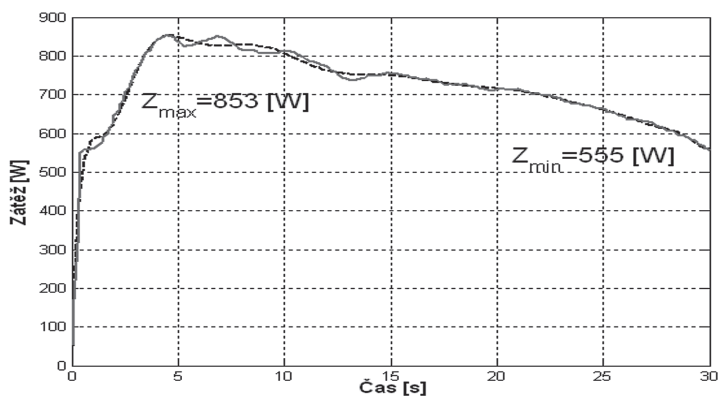


Obr. 5 Graf závislosti srdečních frekvencí na čase pro dvě osoby v průběhu Wingate testu. Naměřené průběhy jsou aproximovány polynomy 4. řádu. Rovnice jsou též zobrazeny

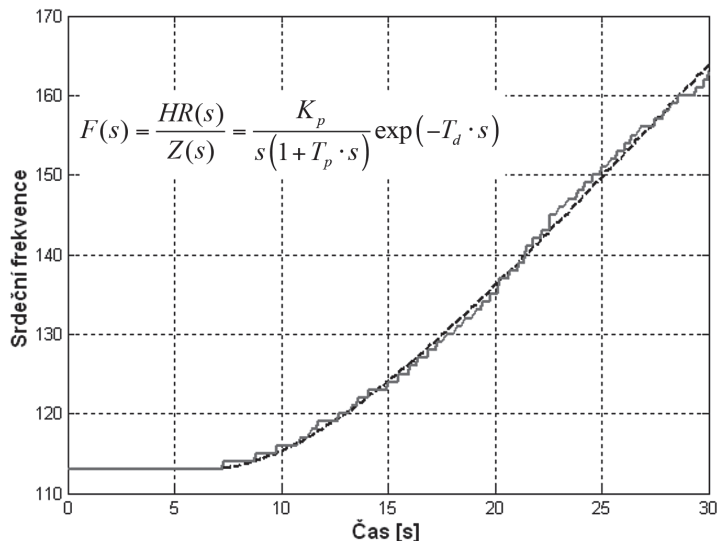
Na obr. 6 je graf naměřených hodnot závislosti zátěže na čase a aproximace grafu (černá, čárkovaná křivka). Na základě měřených hodnot zátěže a srdeční frekvence je odvozen matematický model vyšetřované osoby (8–10) ve tvaru přenosové funkce v Laplaceově transformaci:

$$F(s) = \frac{HR(s)}{Z(s)} = \frac{K_p}{s(1+T_p \cdot s)} \exp(-T_d \cdot s) \quad (1)$$

kde $K_p = 0,00434$, $T_p = 8,58$ a $T_d = 1,713$. Tento model druhého řádu s dopravním zpožděním platí pro nulové počáteční podmínky a při výpočtu srdeční frekvence pomocí tohoto modelu je nutno připočítat počáteční hodnotu (klidovou srdeční frekvenci). Výsledek je



Obr. 6 Graf naměřených hodnot závislosti zátěže na čase (plná křivka) a aproximace grafu (čárkovaná křivka)



Obr. 7 Naměřený časový průběh srdeční frekvence a simulace srdeční frekvence testované osoby na základě matematického modelu. Graf naměřených hodnot srdeční frekvence na čase (plná křivka) a srdeční frekvence generovaná matematickým modelem (čárkovaná křivka)

znázorněn na obr. 7, kde je zobrazen jednak skutečný časový průběh srdeční frekvence a pro porovnání časová simulace tepové frekvence testované osoby pro zátěž dle obr. 6 na základě matematického modelu dle vztahu (1).

ZÁVĚR

Byl vytvořen program, který umožňuje 3D zobrazení výsledků měření, zobrazení kombinace různých vzájemných závislostí a odhad matematického modelu testované osoby. Uvedená zobrazení názorněji ukazují rozdíly mezi parametry anaerobní kapacity jednotlivých probandů (např. hráčů jednoho týmu) a tím umožňují trenérovi individuálně zaměřit tréninkové prostředky. Současně tak lze u téhož probanda kontrolovat, jakým směrem se vyvíjejí tyto parametry v důsledku adaptačních změn v průběhu tréninkového procesu.

SOUHRN

Wingate anaerobní test (WAT) je celosvětově považován za standardní test anaerobního pohybového výkonu. Vyšetření spočívá ve výkonu na stacionárním bicyklovém ergometru při maximální intenzitě po dobu 30 sekund proti vysoké brzdě síle (zátěži). Tato zátěž zůstává po celou dobu testu konstantní, ale vzhledem k vysoké intenzitě zátěže testovaná osoba neudrží počáteční dosažený výkon déle než několik vteřin, než projeví akutní únava a výkon zeslábne. Výsledky WAT testu jsou hodnoceny podle maximálního dosaženého výkonu, podle středního (průměrného) výkonu a podle indexu únavy. Úroveň laktátové a laktátové složky anaerobní kapacity lze vyhodnotit podle dosažené hladiny kyseliny mléčné a podle rychlé komponenty kyslíkového dluhu, měřeného přímou spotřebou kyslíku v období zotavení po výkonu. Nové typy ergometrů umožňují průběžnou registraci intenzity zatížení a dalších sledovaných údajů během testu. Poté je možné využít je k získání jednak dalších informací o reakci vyšetřovaného na tento typ zátěže, jednak využít dalších možností grafického zobrazení výsledků. V tomto příspěvku jsou popsány některé nové možnosti hodnocení WAT, např. zobrazení jednoho nebo více vyšetření v jednom dvourozměrném grafu, zobrazení jednoho nebo více vyšetření v jednom trojrozměrném grafu atd. Lze také nalézt matematický model testované osoby, tedy např. závislost srdeční frekvence na zatížení.

New method of Wingate test evaluation by 3D projection

SUMMARY

The Wingate Anaerobic test (WAT) is used world-wide and is considered the most popular test of anaerobic physical performance. The test is based on biking performance at maximal intensity, for 30 seconds duration, against a high braking force. This force

remains constant throughout the test but, because it is so high, the subject cannot maintain the initial velocity for more than a few seconds, before starting to slow down. Mechanical power is measured during whole 30 seconds. The test is used for evaluation of anaerobic lactate capacity. Generally accepted performance indices of WAT are peak power, mean power and fatigue index. Lactic and alactic anaerobic energy outputs could be calculated from net lactate production and the fast component of the kinetics of post-exercise oxygen uptake. Some new devices also enable fast sampling of workload intensity and measured data and therefore enable to obtain more information from test. In this paper the some new possibilities of evaluation of WAT are described, e.g. display of one or more examinations in one two-dimensional graph, display of one or more examinations in one three-dimensional graph etc. Also mathematical model of the data obtained from examined person, e.g. heart rate versus load, was found.

LITERATURA

1. Novák J., Zeman V., Štork M.: K čemu potřebujeme anaerobní kapacitu. *Plzeň. lék. Sborn.*, Suppl. 87, 2017: 93–101. – 2. Vandewalle D., Gilbert P., Monod H.: Standard anaerobic tests. *Sports Med.* 4, 1987: 268–289. – 3. Bar-Or O.: The Wingate anaerobic test: an update on methodology, reliability and validity. *Sports Med.* 4, 1987: 381–394. – 4. Tossavainen M., Nummela A., Paavolainen L. et al.: Comparison of two maximal anaerobic cycling tests. *Int. J. Sports Med.* 17, 1996: 120–124. – 5. Nummela A., Alberts M., Rjintjes R. P. et al.: Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. *Int. J. Sports Med.* 17, 1996: 97–102. – 6. Franklin L.: Accurate assessment of work done and power during a Wingate anaerobic test. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 32, 2007: 223–25. – 7. <http://www.cyclus2.com/en/home.htm>, Available: 2018. – 8. Bai E.: Decoupling the linear and non-linear parts in Hammerstein model identification. *Automatica* 40, 2004: 671–676. – 9. Goethals I., Pelckmans K., Suykens J. et al.: Moor: Identification of mimo Hammerstein models using least squares support vector machines. *Automatica* 41, 2005: 1263–1272. – 10. Su S., Wang L., Celler B. et al.: Estimation of oxygen consumption for moderate exercises by using a Hammerstein model. *Proc. 28th Annual Int. Conf. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS)*. New York, Sep. 2006: 3427–3430.

Adresa autora: M. Š., T. G. Masaryka 19, 301 00 Plzeň