

9 Diagnostika s měřením srdeční frekvence

V současné době hraje měření srdeční frekvence při řízení tréninku důležitou roli. Aby tomu tak mohlo být, bylo zapotřebí vyřešit některé technologické problémy, které se při praktickém měření objevovaly. Vývoj vedl také k diferenciaci měřících zařízení pro jednotlivé sporty. Původně pro běžce vyvinutý finský měřič byl později doplněn cyklocomputerem s celou řadou užitečných funkcí. V současné době je na trhu poměrně velký výběr přístrojů, z nichž většina má již tolik funkcí, že se ani všechny při běžném používání neuplatní.

9.1 Práce se sportesterem

V dynamickém vývoji technologie měření srdeční frekvence je doposud stále nejdále finská firma Polar Electro. Již v roce 1982 přišla na trh s prvním bezdrátovým zařízením pro měření srdeční frekvence. Měnicí se napětí srdečního svalu při zatížení bylo snímáno elektrodami umístěnými na prsou a pomocí vysílače bezdrátově vysíláno do přijímače na zápěstí – do „hodinek“. Dříve bylo možné přesné měření srdeční frekvence (EKG) pouze v laboratoři nebo pomocí nákladného telemetrického systému. S možností průběžného měření srdeční frekvence v tréninku a závodě se otevřely nové dimenze řízení a kontroly zatížení.

V moderním vytrvalostním tréninku zaujímají přenosné měřiče srdeční frekvence – sportestery – neodmyslitelné místo. Jejich další vývoj se orientuje na potřeby různých cílových skupin a přináší mnoho užitečných funkcí. Praktické testy prokázaly, že tyto přístroje spolehlivě měří rychlost, nadmořskou výšku, srdeční frekvenci a další parametry. Výběr sportesteru by se měl řídit jeho zamýšleným využitím, rekreačním sportovcům je určen jiný přístroj než vrcholovým sportovcům nebo pacientům. Nejjednodušší přístroj na displeji zobrazuje průběžně hodnotu srdeční frekvence a jeho cena se pohybuje zhruba kolem 1500 Kč. Složitější přístroje s možností počítačového vyhodnocování naměřených dat jsou pochopitelně dražší a stojí minimálně 5000 Kč. Při výběru zařízení je nezbytná odborná rada kvalifikovaného prodáváče.



Obr. 110 Sportester firmy Polar

Správné tréninkové zatížení je základním předpokladem pro dosažení vytyčených osobních cílů. Často se to nepodaří, protože tréninkové zatížení neodpovídá individuální výkonnosti a trénink je buď příliš, nebo naopak nedostatečně intenzivní. Sportovci používající sportestery mají průběžnou zpětnou vazbu o zatížení srdečně-oběhového systému. Pro komplexní posouzení tréninku ale jen měření srdeční frekvence samo o sobě nestačí.

Funkce sportesterů

- ◆ Přepínání na tréninkový i denní čas.
- ◆ Jedna nebo více nastavitelných horních a spodních hodnot srdeční frekvence s vestavěným alarmem (pro řízení srdeční frekvence v cílových zónách).
- ◆ Funkce měření jednoho i více časů zároveň (např. intervalový trénink).

- ◆ Automatický výpočet a zobrazení průměrné srdeční frekvence, srdeční frekvence v zotavení, doby zotavení a maximální srdeční frekvence (pro řízení zatížení).
- ◆ Ukládání mezičasů s odpovídající srdeční frekvencí do paměti (pro analýzu zatížení).
- ◆ Ukládání srdeční frekvence do paměti s 5sekundovými, 15sekundovými nebo 60sekundovými intervaly. Kapacita paměti se v závislosti na intervalu ukládání dat pohybuje v rozmezí 5-60 hodin, resp. jedné nebo více tréninkových jednotek (pro analýzu tréninku a závodu).
- ◆ Měření srdeční frekvence po jednotlivých tepech a určení její variability, kapacita paměti přibližně 40 min s možností vyhodnocení dat v počítači při jejich přenosu přes interface-kabel nebo akustický signál (Sonis Link) pro analýzu tréninku nebo závodu.
- ◆ Funkce pro cyklistiku (počet ujetých kilometrů za den nebo celkem, frekvence šlapání, rychlost).
- ◆ Měření uběhnuté vzdálenosti a rychlosti běhu.
- ◆ Měření nadmořské výšky.
- ◆ Výpočet energetického výdeje.
- ◆ Určení optimálního tréninkového pásma, resp zóny (Own-Zone).
- ◆ Určení obecné kondice (Polar-Fitness-Test).

Před tréninkem je zapotřebí sportester na plánovanou tréninkovou jednotku naprogramovat, to znamená nastavit individuální zóny srdeční frekvence (zadat horní a spodní hranice). Pokud při tréninku dojde k překročení hraniční hodnoty, nebo naopak je-li intenzita zatížení příliš nízká, varují sportovce akustické signály.

Displej sportesteru zobrazuje aktuální hodnoty srdeční frekvence, paměťové funkce navíc umožňují i zpětnou kontrolu. Data mohou být odečtena z displeje hodinek nebo – po přenesení pomocí interface s patřičným softwarem – uchovávána a vyhodnocována v osobním počítači. Hodnoty srdeční frekvence jsou zdrojem užitečných informací pro efektivní řízení zatížení. Pomocí sportesterů se kontrolovaně realizují tréninkové programy. Používání sportesterů ovšem vyžaduje určité základní fyziologické znalosti (viz kap. 71).

V další části této kapitoly uvedeme zásady správného používání sportesterů ve sportovní praxi. V této souvislosti budeme hovořit i o nejdůležitějších metodách vytrvalostního tréninku.



Obr. 111 Měření srdeční frekvence. Pás s vysílačem musí být připevněn pod srdečním svalem tak, aby nedocházelo k jeho posunutí a zároveň aby neztěžoval dýchání.

9.2 Metodika zatěžování (tréninkové formy)

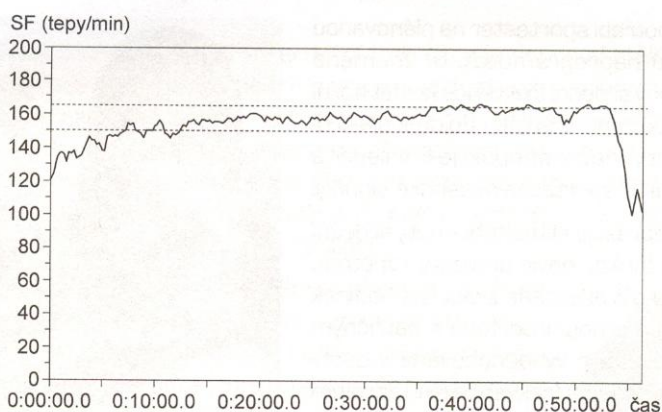
9.2.1 Souvislý trénink

Tato metoda je využívána především pro rozvoj základní vytrvalosti. V tomto případě se jedná o zatížení s minimální délkou 30 minut absolvované ve střední intenzitě (70-85 % SF_{max}) (kap. 71). Souvislá metoda se dále dělí na souvislý trénink se stejnou nebo střídavou intenzitou a na fartlek.

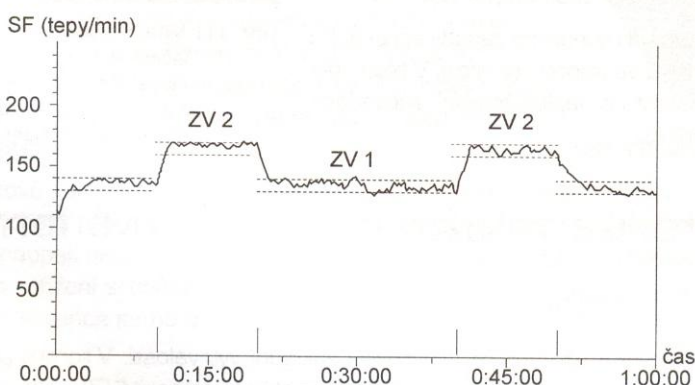
Souvislý trénink se stejnou intenzitou

Charakteristickým znakem této metody je stejná intenzita zatížení. Trénink ve všech sportovních odvětvích je možné řídit pomocí měření srdeční frekvence sportestrem se zadáním její horní a spodní hranice. Jakmile se srdeční frekvence dostane mimo nastavený interval, ozve se akustický signál. U této metody se řídí rychlost tréninku podle srdeční frekvence.

Na profilované trati musí sportovec měnit rychlost, aby se nedostal mimo požadovaný interval srdeční frekvence. V tomto případě je tedy výhodnější zvolit širší rozpětí srdeční frekvence. Na rovné trati problémy s udržení intervalu srdeční frekvence nevznikají [obr. 112], přitom je ovšem potřeba mít na paměti, že se srdeční frekvence s rostoucí délkou trati i při udržení stejné rychlosti pomalu zvyšuje. Příčinou je svalová únava, která vyžaduje vyšší biologické nasazení. Pokud je za únavy udržováno stále stejné tempo, zvyšuje se zatížení organismu a tím i srdeční frekvence. Nárůst srdeční frekvence za únavy znamená při stejné rychlosti, resp. výkonu, přibližně deset tepů za minutu při jednoduhodnovém zatížení.



Obr. 112 Průběh srdeční frekvence při souvislém běhu se stejnou intenzitou v nastaveném rozmezí



Obr. 113 Souvislý běžecký trénink se střídavou intenzitou. Horní pásmo srdeční frekvence (160–170 tepů za minutu) slouží k rozvoji základní vytrvalosti 2 a dolní (130–140 tepů za minutu) k rozvoji základní vytrvalosti 1.

Souvislý trénink se střídavou intenzitou

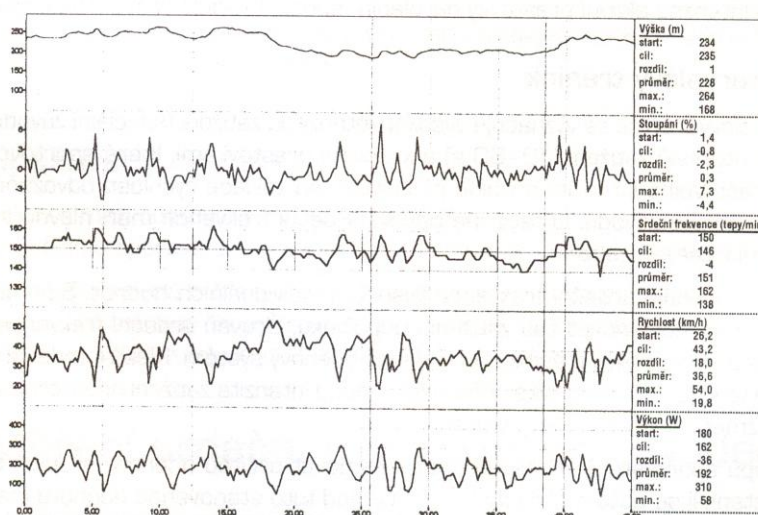
Pro trénink podle této metody je potřeba naprogramovat dvě pásma srdeční frekvence. Dolní interval je určen např. pro rozvoj základní vytrvalosti 1 a horní pro základní vytrvalost 2 nebo speciální závodní vytrvalosti. Prakticky se potom oba intervaly střídají. *Obrázek 113* tento postup představuje na vybrané běžecké tréninkové jednotce. Při vyhodnocení je důležité vědět, že průměrná srdeční frekvence v tomto případě absolvované zatížení správně necharakterizuje. Hodnoty srdeční frekvence je potřeba vyhodnocovat podle jejich četnosti. Vyhodnocovací software „Precision Performance“ (Polar Electro) k tomu disponuje speciální funkcí. V uvedeném příkladu sportovec běžel přibližně 32 min [53 %] se srdeční frekvencí mezi 130 a 140 tepy za minutu a 18 min [30 %] mezi 170 a 180 tepy za minutu.

Fartlek

Fartlek je zvláštní formou souvislé metody, při které trénink probíhá bez přestávky s různou rychlostí na různých úsecích tratě. Na určitých úsecích nebo během daných časových intervalů sportovec dosahuje různých rychlostí a různých hodnot srdeční frekvence. Mnoho sportovců fartlek dopředu neplánuje. Intenzitu přizpůsobuje subjektivním pocitům a profilu tratě. Metodicky se jedná o „hru s rychlostí“ – švédsky nazývanou jako „fartleg“. Určování pásem srdeční frekvence je u této metody zbytečné, výjimkou je jen horní hranice srdeční frekvence, která varuje před přetížením. V cyklistickém tréninku je fartlek vlivem většiny profilovaných tratí velmi často používanou metodou (*obr. 114*).

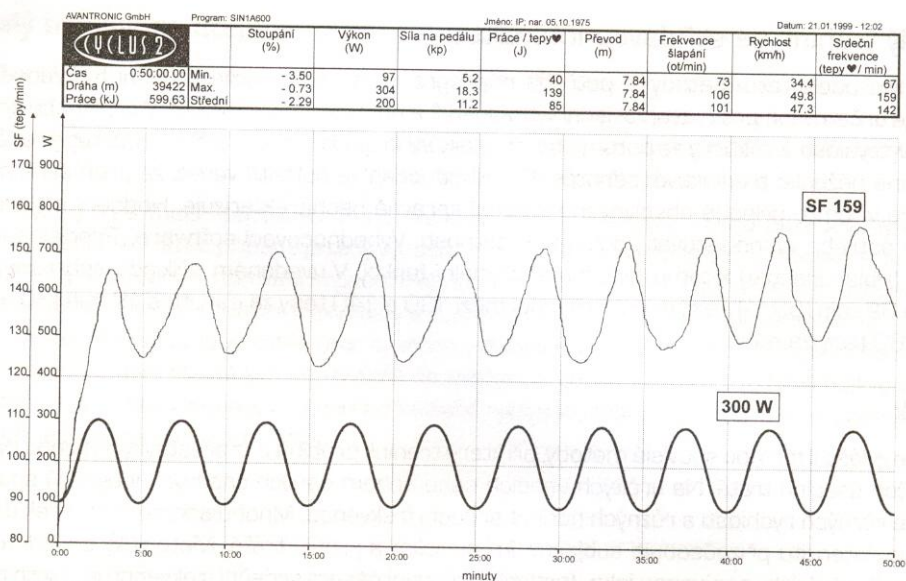
9.2.2 Intervalový trénink

Pro intervalový trénink je v rámci jedné tréninkové jednotky typické střídání zatížení a odpočinku, přičemž fáze odpočinku nevedou k úplné regeneraci sportovce. U intervalové metody hovoříme o extenzivním a intenzivním tréninku.



Obr. 114 Cyklistický fartlek s měřením profilu tratě (výškových rozdílů), srdeční frekvence a rychlosti jízdy (graf HACtronic)

Diagnostika s měřením srdeční frekvence



Obr. 115 Příklad průběhu srdeční frekvence při cyklistickém extenzivním intervalovém tréninku. Sinusové průběhy zatížení a srdeční frekvence byly zaznamenány na novém systému Cyclus 2 firmy Avantronic.

Extenzivní intervalový trénink

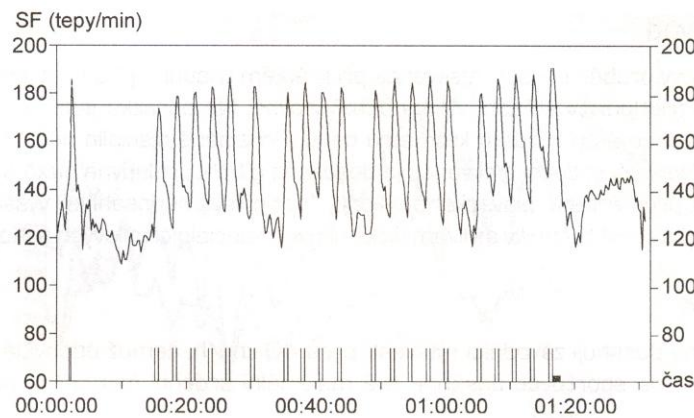
Charakteristickým rysem této metody je střední intenzita zatížení (základní vytrvalost 2) a střední až dlouhé intervaly zatížení (1 až 10 min). Délka jednotlivých přestávek je dána délkou zatížení. Základní pravidlo počítá s přestávkami v délce 50 % intervalu zatížení, přestávka má přitom zpravidla aktivní charakter. S pomocí sportesteru lze kontrolovat intenzitu intervalového zatížení zadáním horní hranice a intenzitu aktivní přestávky navolením spodní hranice srdeční frekvence (obr. 115).

Intenzivní intervalový trénink

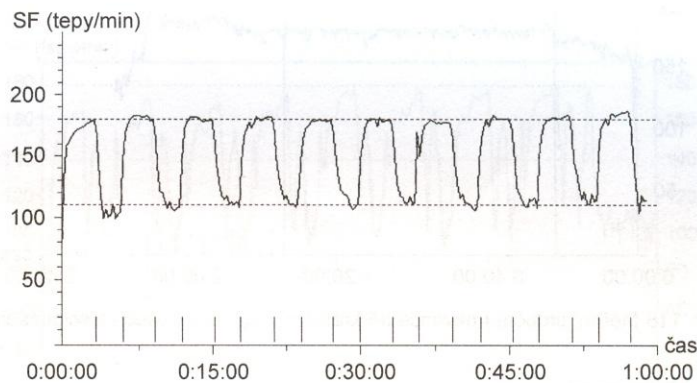
Intenzivní intervalový trénink se vyznačuje vysokou intenzitou zatížení (speciální závodní vytrvalost), krátkou délkou intervalů zatížení (10–60 s) a krátkými přestávkami, které sportovci neumožňují úplnou regeneraci. Volba intenzity probíhá především na základě rychlosti odvozené z terénního testu nebo kontrolního závodu. U této metody se srdeční frekvence měří hlavně v přestávkách mezi jednotlivými intervaly zatížení.

Během zatížení dosahuje srdeční frekvence vysokých individuálních hodnot. S pomocí vhodného sportesteru lze naprogramovat čas zatížení i odpočinku. Úroveň srdeční frekvence v přestávce při odpočinku informuje o vlivu tréninku na srdečně-oběhový systém. Klesá-li srdeční frekvence od intervalu k intervalu, je buď přestávka příliš krátká, nebo intenzita zatížení neúměrně vysoká, pak je nutné provést změnu tréninkového programu.

U některých typů sportesterů je možné naprogramovat určitou hodnotu srdeční frekvence při odpočinku. Dostane-li se potom srdeční frekvence pod tuto stanovenou hodnotu (např. 120 tepů za minutu), zazní akustický signál. Délka přestávky se řídí podle strmosti poklesu srdeční frekvence, je variabilní a prodlužuje se s přibývajícím počtem zatížení, resp. s nárůstem únavy. Tak lze úspěšně předejít případnému přetížení.



Obr. 116 Příklad běžeckého tréninku podle intenzivní intervalové metody (20× 200 m)



Obr. 117 Opakovaný trénink – běh (10× 1000 m). Příklad průběhu srdeční frekvence při opakovaném tréninku.

9.2.3 Opakovaný trénink

U této metodiky se mezi opakovaná zatížení zařazují takové přestávky, které vedou téměř k úplné regeneraci organismu sportovce. V praxi se metoda používá k rozvoji speciální závodní vytrvalosti.

Při opakovaném tréninku má měření srdeční frekvence velký význam. Podobně jako u intervalového tréninku je důležitá zejména úroveň srdeční frekvence ve fázích odpočinku, výjimkou jsou opakovaná zatížení v délce několika minut, při kterých je úroveň srdeční frekvence také podstatná.

9.3 Měření srdeční frekvence při závodech

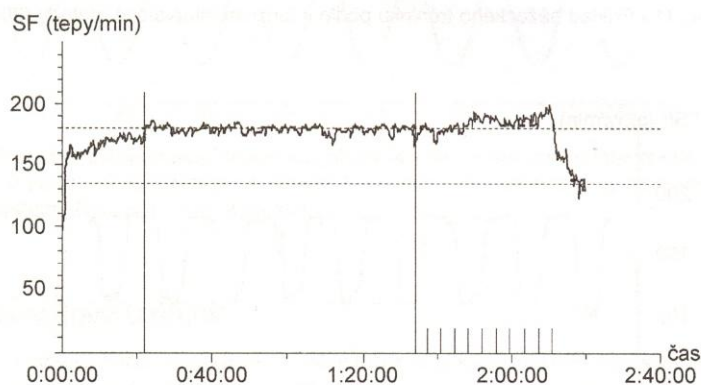
Měření srdeční frekvence při vytrvalostním závodě je cenným zdrojem informací o jeho průběhu, o práci srdečně-oběhového systému a o stabilitě výkonu. Jak ukazují následující příklady, dají se z rozboru křivky srdeční frekvence vyvodit i další důležité závěry.

Triatlonový závod

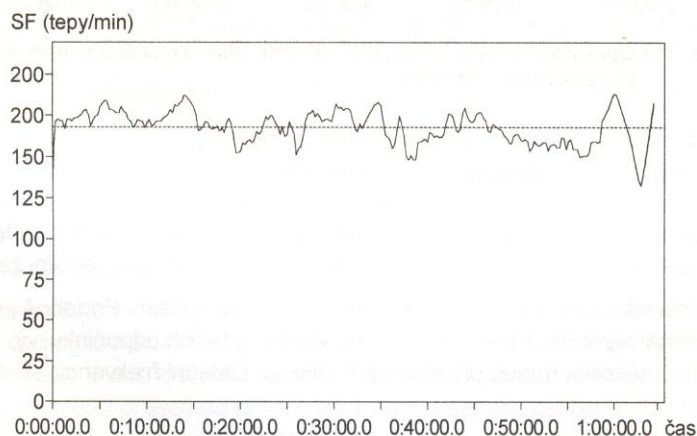
Znázorněn je časový průběh srdeční frekvence při krátkém triatlonu (1,5 km plavání, 40 km cyklistika, 10 km běh) triatlonisty střední výkonnostní úrovně. Na obrázku jsou vyznačeny mezičasy po plavání, po cyklistice a po každém kilometru běhu. Při změně disciplín nedochází k poklesu srdeční frekvence. Nejvyšší srdeční frekvence je dosažena u běhu, relativně nízká srdeční frekvence u plavání vyplývá z průměrného plaveckého výkonu. Triatlonista nedosáhl její vyšší hodnoty z důvodu nedostatečné plavecké techniky a vlivem nízké úrovně speciálních silových schopností (*obr. 118*).

Inline maraton

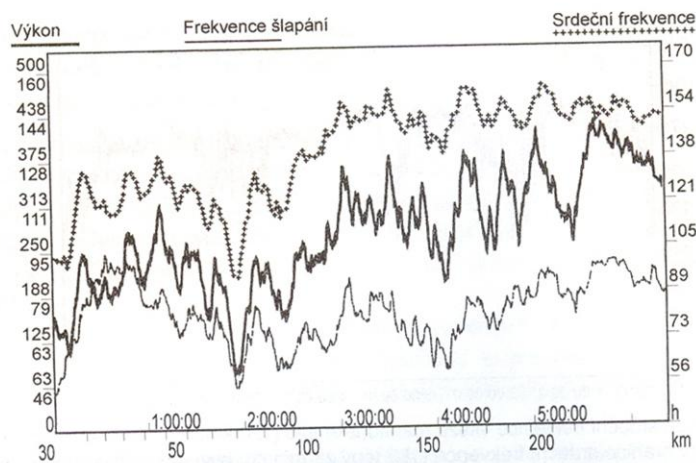
Při inline maratonu dosahují závodníci rychlostí přes 40 km/h, čemuž odpovídá i vysoká srdeční frekvence. O tom, zda sportovec dosáhne své maximální srdeční frekvence, rozhoduje průběh závodu.



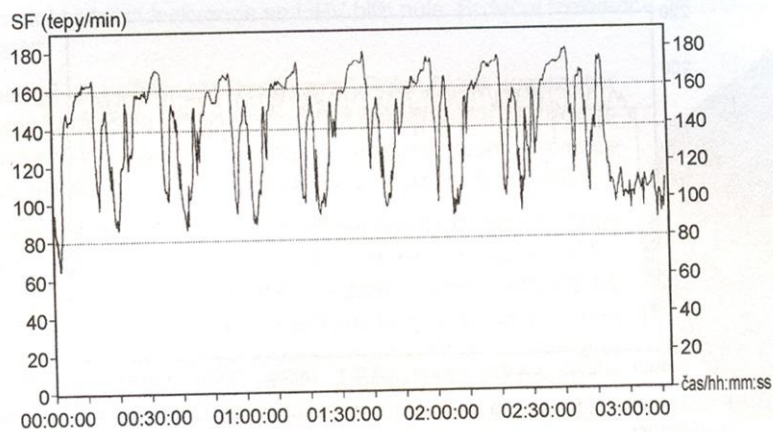
Obr. 118 Měření srdeční frekvence při krátkém triatlonu ve všech disciplínách



Obr. 119 Průběh srdeční frekvence špičkového bruslaře při Engadinerském inline maratonu (s časem 1:00:38 h). Při průměrné závodní rychlosti 42 km/h kolísala jeho srdeční frekvence v rozmezí ± 20 tepů za minutu kolem průměru 169 tepů za minutu. Při závěrečném spurtu dosáhl sportovec maximální srdeční frekvenci 189 tepů za minutu, což vypovídá o jeho dobré psychické a motorické schopnosti mobilizovat síly v závěru závodu.



Obr. 120 Synchronní průběh srdeční frekvence (horní křivka), výkonu (prostřední křivka) a frekvence šlapání (spodní křivka). Měřící systém Schoberer (SRM).

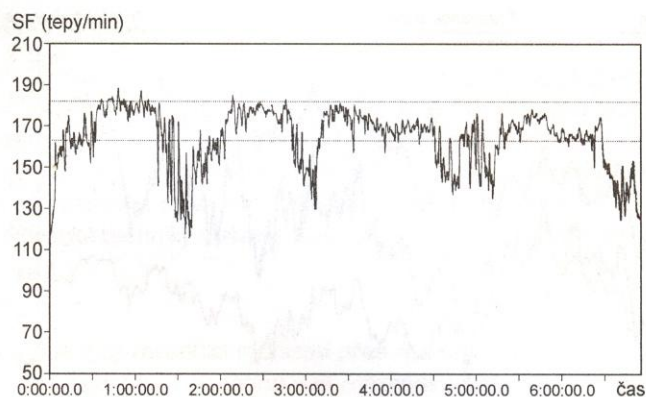


Obr. 121 Srdeční frekvence během cyklistického závodu na 104 km na výrazně profilované trati. Sportovec musel opakovaně překonávat stoupání s následnými sjezdy. V průběhu celého závodu se srdeční frekvence pomalu zvyšovala, a to i na rovině. Naprogramovaný interval srdeční frekvence představoval 80 až 160 tepů za minutu.

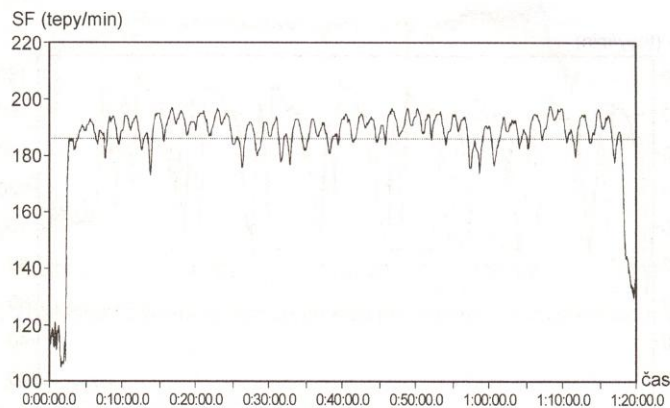
Cyklistika

Při cyklistickém závodě je srdeční frekvence do značné míry závislá na profilu tratě, navíc s rostoucí únavou se její hodnota pomalu zvyšuje. Nastavením hranice srdeční frekvence může sportovec během závodu kontrolovat svoji zatěžovatelnost.

Na obrázku 120 jsou křivky srdeční frekvence, výkonu a frekvence šlapání vítěze B. R. při závodě „Amstel-Gold-Race“ na 226 km. Křivky jsou charakteristické pro silničního cyklistu, který se v průběhu trati vyrovnává se stále se měnícím zatížením a taktickými manévry soupeřů. Na obrázku 121 je srdeční frekvence při cyklistickém závodě na 104 km s výrazně profilovanou trati. Sportovec musel opakovaně překonávat stoupání s následnými sjezdy. V průběhu celého závodu se srdeční frekvence pomalu zvyšovala, a to i na rovině.



Obr. 122 Průběh srdeční frekvence vítěze maratonské trati (120 km) na „Bike Festival Gardasee“. Horní hranice srdeční frekvence (182 tepy za minutu) byla jen krátkodobě překročena. Při celkovém času závodu 6:50 h sportovec dosáhl průměrné srdeční frekvence 163 tepy za minutu, což vypovídá o celkově extrémním zatížení organismu.



Obr. 123 Průběh srdeční frekvence špičkového jezdce při závodu horských kol na krátkou vzdálenost

9.4 Variabilita srdeční frekvence

Srdeční frekvence znamená počet srdečních stahů za minutu, přičemž srdce netepe v klidu stále se stejnou frekvencí. Hlavní hnací impulsy vycházejí ze srdečních sinusových uzlů a podléhají vlivům vegetativního (autonomního) nervového systému. Vegetativní nervový systém tvoří pohánějící sympatikus a brzdicí parasympatikus (vagus). Podle toho, které vlivy převládají, tepe srdce rychleji nebo pomaleji, a to v klidu i při zatížení (jen do určité míry).

Pro rozdílnou dobu mezi jednotlivými srdečními stahy se na EKG křivce také používá název R-R interval. Dlouhý R-R interval znamená převahu vagu a krátký sympatiku. Neustálé změny srdečního intervalu (délky srdeční periody) se nazývají **variabilita srdeční frekvence** (heart rate variability – HRV). Vliv vagu a sympatiku se netýká pouze činnosti srdce, ale také dýchání, krevního tlaku a dalších tělesných funkcí. Srdeční frekvence není ovlivněna jen vegetativním nervovým systémem, ale také různými receptory, které zaznamenávají změny teploty, tlaku apod.

Pravidelně trénující sportovec má vyšší variabilitu srdeční frekvence (HRV) než nesportující osoba. Podle výzkumů *Berbalka (1999)* lze na základě měření HRV ve výkonnostním sportu dojít k následujícím informacím a závěrům:

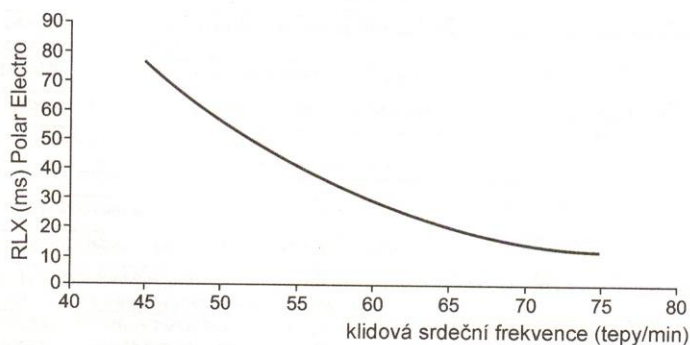
1. Informace o rovnováze mezi sympatickým a parasympatickým nervovým systémem. Zvýšený parasympatikus způsobuje pokles srdeční frekvence a přírůstek HRV.
2. Hodnocení dýchání. Při výdechu srdeční frekvence klesá a při nádechu roste.
3. Věk ovlivňuje HRV. Děti mají vyšší HRV než dospělí. S přibývajícím věkem HRV klesá.
4. Vliv denního rytmu. Ráno je srdeční frekvence nejnižší (klidová srdeční frekvence) a současně nejvyšší HRV.
5. Změna polohy těla. Stoj zvyšuje srdeční frekvenci a snižuje HRV.
6. Psychofyzický stav. Při vysokém mentálním zatížení, které přechází do částečného nebo celkového stresu, klesá HRV. Tyto stavy se ve vrcholovém sportu vyskytují často a musejí být včas rozpoznány.
7. Tréninkem podmíněný pokles klidové srdeční frekvence zároveň zvyšuje HRV.
8. Při nedostatečné regeneraci je HRV snížena. Tento fakt je velmi důležitý pro řízení tréninku.
9. S vyšším zatížením roste srdeční frekvence a tím v důsledku převahy sympatického nervového systému HRV klesá. Počínaje intenzitou zatížení nad 50 % maximální spotřeby kyslíku nebo 60 % maximální srdeční frekvence se HRV blíží nule. Srdeční frekvence při zatížení je čím dál více „strnulější“.

Díky nové technologii lze HRV měřit „hodinkami“ Polar. Např. sportester S 810 (firma Polar Electro) je schopen uložit do paměti až 4000 jednotlivých srdečních stahů a následně vypočítat variabilitu srdeční frekvence i úroveň relaxace (RLX). Na displeji přístroje se zobrazuje HRV a RLX.

Při používání tohoto přístroje sportovec dostává bezprostřední zpětnou vazbu vypovídající o jeho funkčním stavu. V klidu se RLX pohybuje od 20 do 100 ms (milisekund). Pokud sportovec zná svoje normální rozpětí, lze v rámci tohoto intervalu posuzovat individuální odchylky. Krátkodobé výkyvy HRV a RLX v průběhu 1–2 dnů jsou důsledkem normálních změn vegetativního nervového systému, naopak snížení variability srdeční frekvence po dobu více dnů je znamením nedostatečné regenerace nebo blížícího se přetížení a následného přetrénování (*kap. 10*). RLX klesá, pokud se zvyšuje klidová srdeční frekvence (*obr. 125*).

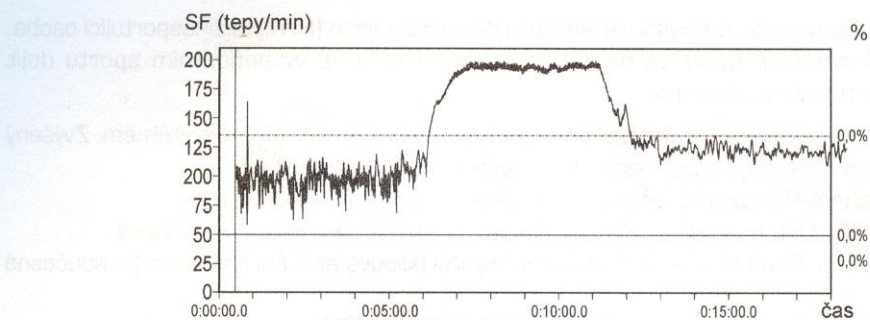


Obr. 124 Sportester S 810 firmy Polar

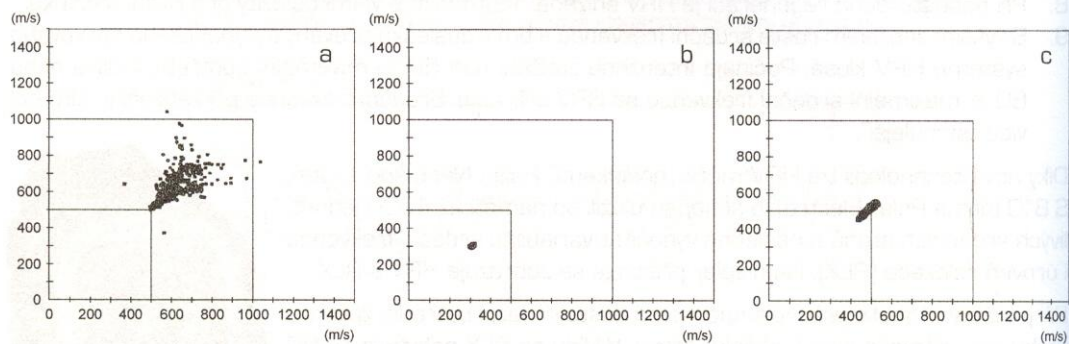


Obr. 125 Úroveň relaxace – RLX. Vztah RLX a klidové srdeční frekvence. 150 dní trvajících měření u vybraného cyklisty prokázala, že s přírůstkem RLX klidová srdeční frekvence poklesla a s jejím zvýšením poklesla hodnota RLX (vysoká zatížení). Modifikace podle *Berbalka (1999)*.

Diagnostika s měřením srdeční frekvence



Obr. 126 Křivka srdeční frekvence (R-R měření). Kolísání srdeční frekvence v klidu, při zatížení a ve fázi zotavení.



Obr. 127 Rozptyl srdeční frekvence – klid (a), zatížení (b), odpočinek (c)