

## JE REAKCE KARDIOSTIMULÁTORU ŘÍZENÉHO CENTRÁLNÍ ŽILNÍ TEPLOTOU FYZIOLOGICKÁ?

NOVÁK M., SMOLA M., PŠENIČKA M., STANĚK F.

## IS THE RESPONSE OF CENTRAL VENOUS BLOOD TEMPERATURE-DRIVEN PACEMAKER PHYSIOLOGICAL?

Rate responsive cardiac pacemakers are capable of adapting their pacing rate according to metabolic demands in the physical effort and some of the sensors in use even according to such physiological stimuli in which the level of metabolism remains unchanged. Central blood temperature (CVT) could possibly represent a much-needed and searched ideal sensor, which truly reflects physiological processes. In order to verify the response of the thermistor sensor under various physiological conditions, 10 single-chamber VVIR pacemakers Thermos M 02 (Biotronik) were implanted since 1993 through 1995. Our group of patients consisted of 9 men and 1 woman. 8 patients had chronic atrial fibrillation with bradycardia and ventricular chronotropic incompetence, 2 patients suffered from the 3rd degree atrioventricular block. The mean age at the time of implant was 62.4 (52—72) years, the mean follow-up period has amounted to 23 (2—32) months. The CVT response to physical exercise was proportional and smooth, especially in the strenuous physical effort. In contrast to some other sensors, CVT exhibited the physiological reaction also in situations in which the metabolic level did not change. It displayed a physiological circadian fluctuation of the pacing rate. Nevertheless, a markedly prolonged reaction time at the onset of physical exercise in the patients who were still "cold" was a shortcoming of this principle. The special sensor lead is a must and only the ventricular pacing is possible. Isolated CVT is not the ideal sensor but it be combined with fast sensors. It will undoubtedly be one of the sensors within the automatic multisensor pacemaker in the foreseeable future. (*Tab. 1, Fig. 1, Ref. 15.*)

**Key words:** pacemaker, ventricular pacing, central venous blood temperature, heart rate, physical effort.

*Bratisl Lek Listy 1997; 98: 613–615*

Kardiostimulátory s frekvenční reakcí dovedou řídit stimulační frekvenci podle metabolických požadavků organismu při tělesné zátěži a některé z nich i podle fyziologických požadavků, při kterých sa hladina metabolismu nemění. Centrální žilní teplota (CVT) by případně mohla být senzorem, který věrně odráží fyziologické procesy a mohla by se přiblížit požadovanému a usilovně hledanému ideálnímu senzoru. Abychom si ověřili reakci termistorového čidla na různé fyziologické podněty, implantovali jsme v letech 1993—1995 celkem 10 jednodutinových kardiostimulátorů Thermos M 02 (Biotronik) pracujících v režimu VVIR. Soubor tvořilo 9 mužů a 1 žena – 8 nemocných mělo chronickou fibrilaci síní s bradykardií a komorovou chronotropní inkompetencí, 2 nemocní měli úplnou síňokomorovou blokádu. Průměrný věk v době implantace byl 62,4 (52—72) let, průměrná doba sledování je 23 (2—32) měsíců. Reakce CVT na tělesnou zátěž je proporcionální a plynulá jako u ostatních metabolických senzorů, zvláště pak při velké námaze. Na rozdíl od většiny ostatních senzorů reaguje CVT fyziologicky také na podněty, při nichž se nemění metabolické požadavky a zajistí fyziologické cirkadiánní kolísání stimulační frekvence. Nevýhodou je značně opožděná frekvenční reakce na začátku tělesné námahy u ještě nezačítých osob. Kardiostimulátor vyžaduje senzorovou elektrodu a je vhodný jen pro komorovou stimulaci.

Samostatná CVT není zcela ideálním senzorem, ale uplatní se v kombinaci s rychlým senzorem. Bude též jedním ze senzorů v multisenzorovém automatickém pacemakeru. (*Tab. 1, obr. 1, lit. 15.*)

**Klíčová slova:** kardiostimulátor, komorová stimulace, centrální žilní teplota, srdeční frekvence, tělesná zátěž.

*Bratisl Lek Listy 98, 1997, č. 11, s. 613–615*

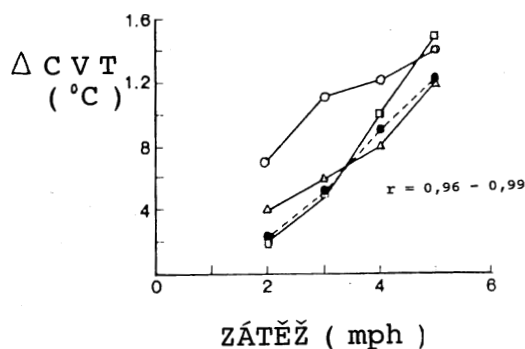
II. interní klinika 1. Lékařské fakulty University Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

2nd Medical Department, 1st Medical School, University Hospital, Charles University, Prague

**Address for correspondence:** M. Novák, MD, II. interní klinika 1. LFUK, U nemocnice 2, 128 08 Praha 2, Česká republika.

Phone: +420.2.2496 2375, Fax: +420.2.290 609

Kardiostimulátory s frekvenční reakcí dovedou řídit stimulační frekvenci podle metabolických požadavků organismu při tělesné zátěži a některé z nich i podle fyziologických požadavků, při kterých sa hladina metabolismu nemění. Jejich klíčovou součástí je biosenzor, který reaguje na některý z fyzikálních nebo fyziologických parametrů souvisejících se srdeční frekvencí. Signály ze



Obr. 1. Změna teploty centrální žilní krve (CVT) ve vztahu k pracovní zátěži u 4 psů na běhátku. Podle Griffina a spol. (1983).

Fig. 1. The change in temperature of central venous blood (CVT) in relation to physical stress in 4 dogs on a treadmill According to Griffin et al. (1983).

senzorů jsou zesíleny, filtrovány a pomocí vhodného algoritmu pak převedeny na změny stimulační frekvence (Novák, 1996).

Teplota centrální žilní krve (CVT) je fyzikální veličinou, která je se srdeční frekvencí spjata velice úzce (Weisswange a spol., 1978; Griffin a spol., 1983); při usilovné námaze ještě těsněji než saturace smíšené žilní krve kyslíkem, frekvence dýchání (Rossi a spol., 1983) nebo minutová ventilace (Lewalter a spol., 1995). Obrázek 1 ukazuje vztah teploty smíšené žilní krve k pracovní zátěži u psů (Griffin a spol., 1985).

Uvedené poznatky posloužily jako podklad pro konstrukci kardiostimulátoru řízeného centrální žilní teplotou (Sugiura a spol., 1983; Laczkovics, 1984; Alt a spol., 1985; Schaldach, 1988). CVT je snímána termistorem umístěným na stimulačním katetru 3 cm od jeho hrotu, což odpovídá lokalizaci ve vtokovém traktu pravé komory nebo v trikuspidálním ústí. V pravé síni, kde žilní krev není ještě dostatečně promíšena, se tento princip neosvědčil. Termistor je citlivý na změnu teploty krve již o několik setin stupně.

Nejnápadnějším podnětem, který vede k výrazným změnám centrální žilní teploty — a souběžně s ní i ke změnám tepové frekvence — je tělesné cvičení se svou adrenergní složkou a s produkcí tepla v pracujících svalech. Změny CVT jsou však spjaty také s jinými fyziologickými ději: s duševním napětím při očekávání fyzické námahy, se změnou tělesné polohy, s horečkou, se změnou teploty zevního prostředí (Sellers a spol., 1985). Lze proto očekávat, že kardiostimulátor vybavený termistorem bude reagovat nejen na tělesnou námahu, která představuje zvýšenou úroveň metabolismu, ale i na takové podněty, při kterých se metabolické požadavky vcelku nemění. Z tohoto hlediska by centrální žilní teplota případně mohla být senzorem, který věrně odráží fyziologické procesy a mohla by se přiblížit požadovanému a usilovně hledanému ideálnímu senzoru.

#### Soubor nemocných a metodika

Abychom si ověřili reakci termistorového čidla na různé fyziologické podněty, implantovali jsme v letech 1993–1995 celkem 10 jednodutinových kardiostimulátorů Thermos M O2 firmy Biotronik pracujících v režimu SSIR (Novák a spol., 1994). Stimulátor jsme použili v komorové verzi se sensorovou elektrodou NPT, tedy v režimu VVIR. Soubor tvořilo 9 mužů a 1 žena. 8 ne-

Tab. 1. Porovnání reakční doby kardiostimulátoru Thermos u nezažhátých a zažhátých pacientů (viz text).

Tab. 1. The comparison of the reaction time of Thermos pacemaker in „cold“ and in „warm“ patients (see text).

Reakční doba Reaction time pacienti patients n = 9	
nezažhátí body temperature not elevated („cold“)	zažhátí elevated („warm“)
254±50 s	20±5 s

mocných mělo chronickou fibrilaci síní s bradykardií a komorovou chronotropní inkompetencí, 2 nemocní měli úplnou síňokomorovou blokádu. Průměrný věk v době implantace byl 62,4 (52–72) let, průměrná doba sledování je 23 (2–32) měsíců.

Po zhojení kapsy stimulátoru jsme nemocné vyšetřili (A) v tělesném klidu, kdy jim byl podán studený (8–10 °C) a poté horký (60 °C) nápoj, byli vyšetřeni v horké lázni (41 °C), při horečce a konečně za použití sklápěcího stolu ve svislé a ve vodorovné poloze, přičemž byl dopplerovsky měřen průtok krve ve v. femoralis, a (B) při bicyklové ergometrii, kdy byla použita jak kontinuální stupňovitá zátěž (po 50 W každé 3 minuty), tak přerušovaná zátěž. Reakci pacemakeru lze při uvedených testech dobře sledovat, neboť je schopen po dobu 24 hodin holterovsky zaznamenávat jak průběh CVT, tak průběh stimulační frekvence.

#### Výsledky

1. Po vypití studeného nápoje (10 °C) se přechodně snížila CVT o 0,2 °C, aniž by se změnila stimulační frekvence.

2. Po vypití horkého čaje (60 °C) došlo jak k elevaci centrální žilní teploty až o 0,5 °C, tak k dočasnému vzestupu stimulační frekvence až na 117 imp/min.

3. Koupel v horké lázni (41 °C), jež představuje výrazné zvýšení teploty zevního prostředí, způsobila vzestup CVT o 1,1 °C až na 38 °C, přičemž stimulační frekvence prudce vystoupila až na 150 imp/min.

4. Vzestup tělesné teploty při horečce s třesavkou reprezentoval změnu teploty vnitřního prostředí a byl provázen zvýšením CVT až na 38,5 °C a stimulační frekvence na 150 imp/min.

5. Kardiostimulátor odpovídal také na změnu tělesné polohy. Při pasivním sklopení pacienta do horizontální polohy CVT okamžitě klesla v průměru o 0,2 °C a současně poklesla i stimulační frekvence o 3–10 imp/min, přičemž se zvýšila rychlost krevního proudu měřená Dopplerovým přístrojem ve v. femoralis až na 6,3 cm/s.

6. Naopak při návratu do svislé polohy se zvýšila jak centrální žilní teplota (o 0,1–0,2 °C), tak stimulační frekvence (o 3–5 imp/min) a rychlost krve ve stehenní žíle poklesla na 1,6 cm/s.

7. Při stupňovité zátěži na bicyklovém ergometru po předchozím dlouhém tělesném klidu byla po úvodním poklesu CVT i poklesu stimulační frekvence reakční doba prodloužena na 3–4 minuty. Při opětovném cvičení po 10minutové přestávce došlo sice k přechodnému poklesu CVT i stimulační kmitočtu, ale reakční doba kardiostimulátoru u nemocných, kteří již byli „zažhátí“ předchozím cvičením, byla až desetkrát kratší (tab. 1).

8. Při stupňovité ergometrické zátěži byl vzestup stimulační frekvence úměrný zátěži a byl plynulý. Po ukončení cvičení stimulační frekvence plynule, ale jen velice zvolna, klesala; k výchozímu kmitočtu se vrátila až po 10 minutách.

9. Očekávání tělesné námahy vedlo k poklesu CVT, aniž se přitom změnila stimulační frekvence.

### Diskuse

Odpověď kardiostimulátoru Thermos na změnu tělesné polohy nemocného byla fyziologická. Snížení tepové frekvence vleže a její vzestup ve svislé pozici jsou běžné u zdravých osob, u kterých ovšem převládají jiné mechanismy, především reflexy vycházející z baroreceptorů v pravé síni. V případě kardiostimulátoru vedeného centrální žilní teplotou je žádoucí reakce způsobena přítokem chladnější žilní krve z dolních končetin, které představují velkou zásobárnu (pool) žilní krve (Laczkovics, 1984; Novák a spol., 1994; Novák, 1996).

Stejně tak na počátku svalové činnosti vedou svalové kontrakce ke zvýšenému přítoku chladné krve z periferie do srdce, což má za následek snížení centrální žilní teploty. Pokles CVT je přechodný a po 3–4 minutách je následován vzestupem CVT při přítoku již zvýšenými metabolickými pochody ohřáté krve z pracujících svalů. Ve srovnání s odpovědí sinusového uzlu je reakční doba kardiostimulátoru dlouhá a tedy nevýhodná. Konstruktivně je překlenuta tzv. startovací funkcí, která v tomto časovém úseku zvýší stimulační frekvenci na určitou arbitrární hodnotu. Jakmile se CVT začne při pokračujícím tělesném cvičení zvyšovat, ujme se vedení stimulační frekvence jiný algoritmus (Alt a spol., 1987; Schaldach, 1988), který zajišťuje její naprosto plynulý a proporcionální vzestup a který je schopen řídit stimulaci i při dlouhotrvající a náročné tělesné zátěži. Právě proportionalita, přesně definovaný vztah mezi stupněm zátěže a frekvenční odpovědí, je velikou předností tohoto senzoru.

V porovnání s dlouhou reakční dobou a fyziologickou proporcionální reakcí stimulatoru Thermos je odpověď kardiostimulátoru vybaveného akcelerometrem, tedy senzorem tělesné aktivity, naprosto odlišná. Hned na začátku chůze po rovině vykazují akcelerometr prudký vzestup stimulační frekvence a dále při neměnném rytmu chůze nepravidelné kolísání frekvence, která po zastavení poměrně rychle klesá (Novák, 1996).

Teplota smíšené žilní krve vykazuje v průběhu 24 hodin výkyvy až o 2 °C ve srovnání s pouhými několika desetiny stupně při klidových fyziologických podnětech anebo při tělesné zátěži. Kardiostimulátor je ovšem schopen odlišit okamžité rychlé změny CVT při podnětu z vnějšího nebo vnitřního prostředí od teploty referenční, kterou představují povlnné dlouhodobě kolísající trendy. Senzor je schopen zabezpečit dlouhodobě cirkadiánní fyziologické kolísání stimulační frekvence s jejím poklesem v nočních hodinách. To je další přednost CVT jakožto senzoru. Žádný jiný z dosud klinicky užitých senzorů to nedokáže.

Dosavadní klinické zkušenosti ukazují, že teplota centrální žilní krve je v mnoha ohledech skutečně fyziologickým senzorem. Značně dlouhá reakční doba na počátku tělesné aktivity však fyziologická není a předurčuje centrální žilní teplotu pro využití v kombinaci s jiným, rychlým senzorem, nejlépe s senzorem tělesné aktivity, tedy piezokrystalem, či akcelerometrem (Alt a spol., 1988), a pro zajištění cirkadiánního kolísání stimulační frekvence v automatickém stimulatoru (Nappholz, 1993). Jakožto samostatný senzor se CVT dnes již většinou opouští.

### Závěry

1. Reakce CVT na tělesnou zátěž je proporcionální a plynulá jako u ostatních metabolických senzorů, zvláště pak při velké námaze.
2. Na rozdíl od většiny ostatních senzorů reaguje CVT fyziologicky také na podněty, při nichž se nemění metabolické požadavky.
3. CVT zajistí fyziologické cirkadiánní kolísání stimulační frekvence.
4. Nevýhodou je značně opožděná frekvenční reakce na začátku tělesné námahy u ještě nezahřátých osob.
5. Kardiostimulátor vyžaduje senzorovou elektrodu a je vhodný jen pro komorovou stimulaci.
6. Samostatná CVT není zcela ideálním senzorem, ale uplatní se v kombinaci s rychlým senzorem. Bude též jedním ze senzorů v multisenzorovém automatickém pacemakeru.

### Literatura

**Alt E., Hirstetter C., Heinz M. a spol.:** Zentralvenöse Bluttemperatur als Regelgröße der Schrittmacherfrequenz. *Herzschrittmacher*, 5, 1985, s. 66–71.

**Alt E., Theres H., Völker R. a spol.:** Temperature-controlled rate responsive pacing with the aid of an optimized algorithm. *J. Electrophysiol.*, 1, 1987, s. 481–489.

**Alt E., Theres H., Heinz M. a spol.:** A new rate-modulated pacemaker system optimized by combination of two sensors. *Pace*, 11, 1988, s. 1119–1129.

**Csapó G., Weisswange A., Perach W. a spol.:** Autoregulation of pacemaker rate by blood temperature. S. 485. In: *Proc. VIII. World Congress of Cardiology*, Tokyo 1978.

**Griffin J.C., Jutzy K.R., Claude J.P. a spol.:** Central body temperature as a guide to optimal heart rate. *Pace*, 6, 1983, s. 498–501.

**Laczkovics A.:** The central venous blood temperature as a guide for rate control in pacemaker therapy. *Pace*, 7, 1984, s. 822–830.

**Lewalter T., MacCarter D., Jung W. a spol.:** The „low intensity treadmill exercise“ protocol for appropriate rate adaptive programming of minute ventilation controlled pacemaker. *Pace*, 18, 1995, s. 1374–1387.

**Nappholz T.A.:** Automatic pacemakers. S. 302–313. In: Alt E., Barold S.S., Stangl K. (Eds.): *Rate adaptive cardiac pacing*. Berlin—Heidelberg, Springer Verlag 1993.

**Novák M., Smola M., Pšenička M., Staněk F.:** How physiological is a central venous temperature driven pacemaker? *Cardiostimolazione*, 12, 1994, č. 3, s. 311.

**Novák M.:** Frekvenčně reagující kardiostimulace — předstupeň automatického kardiostimulátoru. *Noninvas. Cardiol.*, 5, 1996, č. 1, s. 35–44.

**Rossi P., Plicchi G., Canducci G. a spol.:** Respiratory rate as a determinant of optimal pacing rate. *Pace*, 6, 1983, s. 502–507.

**Schaldach M.:** Temperaturgesteuerte frequenzadaptive Stimulation. *Biomed. Technik*, 33, 1988, s. 286–294.

**Sellers T.D., Fearnot N., Johnson W. a spol.:** Central venous temperature profiles for a pacemaker algorithm. *Pace*, 8, 1985, s. 294.

**Sugiura T., Nakamura Y., Mizushi S. a spol.:** A temperature-sensitive cardiac pacemaker. *J. Med. Engl. Technol.*, 7, 1983, s. 21–23.

**Weisswange A., Csapó G., Perach W. a spol.:** Frequenzsteuerung von Schrittmachern durch Bluttemperatur. *Verh. Ges. Kreislaufforsch.*, 44, 1978, s. 152.

Do redakcie došlo 16.1.1996.