

# Vplyv TENS na hemodynamickú stabilitu pacientov počas operácie

MUDr. Teodor Bachleda, DESA<sup>1</sup>, doc. MUDr. Jozef Firment, PhD.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klinika anestéziológie, všeobecnej intenzívnej medicíny a liečby bolesti, Medizinische Universität Wien, Viedeň, Rakúsko

<sup>2</sup>I. klinika anestéziológie a intenzívnej medicíny UPJŠ LF a UN L. Pasteura, Košice

Cieľom tejto štúdie bolo porovnať vplyv transkutánnej elektrickej nervovej stimulácie (TENS) a konvenčnej opioidovej anestézie (OA) na hemodynamickú stabilitu pacientov počas kardiouchirurgických operácií.

V prospektívnej slepej porovnávacej štúdiu sme náhodne randomizovali 34 pacientov indikovaných na primárne elektívne kardiouchirurgické operácie chlopni alebo bypassu s použitím mimotelového obehu pre TENS alebo OA. V TENS skupine sme miesto konvenčnej analgézie až do cerkláže sterna elektricky bilaterálne stimulovali tri štandardizované akupunktúrne body bez akejkoľvek inej analgézie. V OA skupine bol podávaný kontinuálne sufentanil. Hemodynamické parametre (srdcová frekvencia, stredný artériový a stredný žilový tlak, srdcový výdaj) na začiatku anestézie, po sternotómii a na konci operácie, ako aj množstvá podaných katecholamínov (noradrenalin a adrenalin) boli štatisticky vyhodnotené neparametrickým Mann-Whitneyovým U-testom.

Medzi skupinami sme nezistili štatisticky významný rozdiel ani v jednom z meraných hemodynamických parametrov. V skupine s TENS sme dokázali signifikantne nižšiu potrebu noradrenalinu na konci operácie ( $p = 0,02$ ; medián 0 mcg/h pri TENS oproti 100 mcg/h pri OA). TENS sa zdá byť spoľahlivou metódou voľby z hľadiska hemodynamickej stability kardiouchirurgických pacientov.

**Kľúčové slová:** TENS, opioidová anestézia, hemodynamické parametre

## TENS effect on hemodynamic stability of patients during surgery

The aim of this trial was to compare transcutaneous electrical nervous stimulation anaesthesia (TENS) and conventional opioid-anaesthesia (OA) with regard to the haemodynamic stability following open heart surgery.

In prospective blinded control trial we randomly assigned 34 patients (TENS = 16; OA = 18) undergoing elective coronary artery bypass graft or valve surgery operation to receive either TENS or OA. The TENS group received electrostimulation bilateral at 3 international standardized acupuncture points until closure of thorax with no additional analgesia. In contrast, the OA group received continuous sufentanil infusion. Haemodynamic parameters (heart rate, mean arterial and venous pressure, cardiac output) measured at the beginning, after the sternotomy and at the end of the surgery as well as amounts of needed catecholamines (norepinephrine, epinephrine) were compared using non-parametric Mann-Whitney test.

There was no significant difference in any of measured haemodynamic parameters between the groups. Except of that, the TENS group showed significantly lower demand on norepinephrine at the end of the surgery ( $p = 0.02$ ; median 0 mcg/h in TENS versus 100 mcg/h in OA). TENS seems to be a reliable method in regard to haemodynamic stability in open heart surgery.

**Key words:** TENS, opioid anaesthesia, haemodynamic parameters

Anestéziol. intenzívna med., 2016; 5(1): 26–28

## Úvod

Transkutánná elektrická nervová stimulácia (TENS) je vo všeobecnosti prechod nízkovoltážneho elektrického prúdu tkanivom medzi elektródami umiestnenými na koži, respektíve v jej blízkosti. Prúd sa privádza zo stimulátora napojeného na zdroj jednosmerného elektrického prúdu (batériu). Frekvencia a intenzita použitého prúdu, rovnako ako aj miesto stimulácie sa volí podľa účelu a špecifických cieľov liečby. Najčastejšie sa TENS využíva na analgetické účely. Pri aplikácii elektrického prúdu nad akupunktúrnymi, respektíve trigger bodmi hovoríme aj o elektroakupunktúre.

V západnom svete je podľa dostupnej literatúry zadokumentovaná prvá akupunktúrna analgédia vo Viedni v marci 1972 počas vykonania tonzilektómie. V sedemdesiatych rokoch minulého storočia bola za pomoci stimulácie akupunktúr-

ných ihiel jednosmerným prúdom implementovaná elektrostimulačná analgédia ako analgédia voľby na mnohých nemeckých a rakúskych anestéziologických klinikách (1). Postupne sa kombinovala intraoperačne s celkovou anestéziou a endotracheálnou intubáciou ako tzv. elektroakupunktúrna anestézia (2). V Mníchove bol publikovaný najväčší súbor pacientov anestéziovaných touto metódou pri kardiouchirurgických operáciách (3). Počty takto vykonaných operačných elektroakupunktúrnych anestézií dosiahli v priebehu pár rokov len v Nemecku desaťtisíce (4). Na elektrostimuláciu sa používali špeciálne na tento účel vyhotovené a dodnes komerčne dostupné prístroje. Hlavnou výhodou pri kardiouchirurgických elektroakupunktúrnych anestéziách oproti konvenčnej endotracheálnej celkovej anestézii, ku ktorej v tom čase patrili neuroleptiká a halotan, bolo udržanie

stability kardiovaskulárneho systému, zvlášť u pacientov so zhoršenou srdcovou funkciou. Toto sa zmenilo neskôr s nástupom opioidov. Ďalšou veľkou výhodou bolo, že extubácia pacientov sa mohla vo väčšine prípadov zrealizovať už na operačnej sále, čo bolo na to obdobie nevídané a predznamenávalo súčasný trend v modernej kardiouchirurgii – fast track koncept.

Nedostatočná intraoperačná analgédia môže viesť v postoperačnom období cestou nedostatočného oslabenia stresovej odpovede k hemodynamickým (tachykardia, hypertenzia, vazokonstrikcia), metabolickým (zvýšený katabolizmus), imunologickým (oslabená imunitná odpoveď), hemostatickým (aktivácia trombocytov) a neuropsychickým (poruchy vigilancie, psychomotorická agitácia vo fáze respiračného weaningu, delírium) alteráciám pacientov. U kardiouchirurgických

pacientov je vo včasnom postoperačnom období nezriedka pozorovaná (elektrokardiograficky a echokardiograficky potvrdená) ischemia myokardu a je dokázané, že má aj priamy negatívny efekt na outcome (5). Intraoperačne dochádza k zvýšenému vyplaveniu katecholamínov (adrenalin a noradrenalin) počas začatia mimotelového obehu (MO), čo sa negatívne spolupodieľa na myokardiálnej ischemii. Pooperačná iritácia kardiálnych vlákien sympatikového nervového systému zasa priamo zhoršuje pomer medzi prietokom koronárneho riečiska a spotrebou kyslíka myokardom, a tým prehľbuje ischemiu myokardu (6).

Už v 80-tych rokoch boli publikované prvé randomizované štúdie, dokazujúce, že agresívne režimy na kontrolu pooperačnej bolesti u pacientov podstupujúcich operácie hrudníka a ciev (nie kardiologické – pozn. autora), majú benefit pre outcome pacientov a znižujú morbiditu a mortalitu (7, 8). V 90-tych rokoch sa objavili prvé randomizované štúdie u detských a dospelých kardiologických pacientov, porovnávajúce agresívne a konvenčné analgetické režimy (9, 10). Autori zhodne postulovali, že intenzívny analgetický režim, začatý ihneď po začiatku kardiologической operácie kontinuálnym intravenóznym podávaním opioidov je schopný po operácii plne potlačiť aktiváciu sympatikového systému, a tým vznik obehovej nestability s celým radom následných pozitívnych efektov pre pacientov – ako sú zásah do citlivosti trombocytov oproti adrenalínu, zásah do deja fibrinolýzy, zlepšenie ľavokomorovej funkcie srdca a znížená vazokonstrikcia koronárneho riečiska – všetky potenciálne smerujúce k zníženiu incidencie a intenzity ischemie myokardu (9).

U novorodencov po kardiologických operáciách s kontinuálnym podávaním opioidov sa dokázala znížená intenzita perioperačnej stresovej odpovede (hodnotená viacnásobnými odbermi stresových mediátorov), znížená perioperačná morbidita (hyperglykémia, laktátová acidóza, sepsa, metabolická acidóza, diseminovaná intravaskulárna koagulácia) a signifikantne nižšia mortalita ako v kontrolnej skupine (10). Nevýhodou pri väčšine štúdií s intenzívnym analgetickým režimom opioidmi je napriek ich jednoznačnému benefitu pre pacientov nemožnosť extubovať pacienta na operačnej sále, prípadne vo včasnom pooperačnom období. Oproti TENS však bola pri analgézií opioidmi zaistená kardiovaskulárna stabilita aj pri zhoršenej funkcii srdca. Toto prispelo asi najviac k zatlačeniu TENS do úzadia.

V našej štúdii sme sa zamerali na porovnanie hemodynamickej stability kardiologických pacientov liečených počas operácie metódou TENS (elektrickej stimulácie telových a aurikulárných akupunktúrnych bodov) v porovnaní

s kontrolnou skupinou liečenou intraoperačne intravenózne podávanými opioidmi.

## Metodika

Štúdiu sme realizovali ako post-hoc analýzu slepej, randomizovanej, porovnávacej štúdie paralelne vedenej na kardiologických pacientoch v rozpätí 12 mesiacov (marec 2009 až marec 2010) v kardiocentre v Mníchove (Nemecko). Jedna populácia pacientov bola liečená štandardným a všeobecne akceptovaným konvenčným postupom – opioidovou analgéziou, a slúžila ako referenčná skupina, druhá bola študovanou populáciou s použitím experimentálnej techniky – TENS akupunktúrnych bodov. Po štatistickom odhade pri signifikancii pre  $\alpha$ -chybu rovnú 0,05 malo byť v každej randomizovanej skupine minimálne 16 pacientov. Za hladinu štatistickej významnosti sme považovali  $p < 0,05$ .

Do štúdie sme zahrnuli pacientov od 18 do 75 rokov, u ktorých bola po prvý raz vykonaná kardiologická operácia na mimotelovom obehu cez mediálnu sternotómiu po podpísaní informovaného súhlasu a schválení miestnou etickou komisiou. Vylúčili sme pacientov s nasledujúcimi charakteristikami:

- obesitas permagna (BMI > 35),
- diabetes mellitus,
- kombinované alebo viacnásobné operačné výkony,
- vysokostupňová redukcia ejekčnej frakcie ľavej komory (EF LV < 30 %),
- vysokostupňová redukcia pľúcnych funkcií (FVC a FEV1 < 50 %),
- pacienti s anestéziologickou klasifikáciou rizika ASA IV a ASA V,
- pacienti, u ktorých bol problém s dorozumením sa (napríklad jazykový),
- pozitívna psychiatrická anamnéza, respektíve abúzus alkoholu a drog v anamnéze,
- nutnosť pooperačnej sedácie viac ako 24 hodín.

Referenčnej skupine pacientov bola podaná analgézia, ktorá sa pri podobných kardiologických operáciách štandardne používa – opioidová analgézia sufentanilom až do momentu založenia sternálnej cerkláže (OA skupina).

Experimentálnej skupine pacientov boli po štandardnom úvode do anestézie bilaterálne zavedené akupunktúrne ihly do miest akupunktúrnych bodov. Tieto ihly slúžili ako vpichové elektródy, prostredníctvom ktorých boli pacienti do založenia sternálnej cerkláže elektrostimulovaní asymetrickými bifázickými impulzmi s frekvenciou 8 – 15 Hz napätím až do 90 V (TENS skupina). Na stimuláciu sme použili čínsky akupunktúrny analgetický prístroj typu 71-3 s možnosťou si-

**Tabuľka 1.** Demografická charakteristika súboru

Spôsob anestézie	OA	TENS
Počet pacientov (n)	18	16
Pohlavie		
Muži	15 (83 %)	11 (69 %)
Ženy	3 (17 %)	5 (31 %)
Vek (roky)	60 ± 11	64 ± 8
Výška (cm)	174 ± 8	168 ± 7
Hmotnosť (kg)	82 ± 12	77 ± 8
EF (%)	57 ± 12	60 ± 10
NYHA	2,2 ± 0,8	2,1 ± 0,8

multánnej stimulácie štyroch párových kanálov, identický ako v štúdii Hollingerovej a Richtera. Metodiku elektrostimulácie sme prebrali zo štúdie Hollingerovej a Richtera (3). Stimulovali sme dva páry telových a jeden pár aurikulárných bodov.

- Si Du (Tb 9, voľný preklad „trojitý ohrievač 9“) – extenzorová strana na úrovni strednej a proximálnej tretiny predlaktia medzi kosťami ulna a radius.
- Shui Tu (St 10, „Žalúdok 10“) – mediálny okraj m. sternocleidomastoideus na úrovni cartilago thyroidea.
- Regióny Srdce (100) a Pľúca (101) – v cavum conchae smerom od antihelixu ku tragu.

Hemodynamické parametre (HR – frekvenciu srdca, MAP – stredný artériový tlak, CVP – stredný žilový tlak, CO – srdcový výdaj) sme merali štandardnou monitorovacou technikou, používanou pri týchto operáciách (EKG, artériový katéter, Swanov-Ganzov pľúcnicový katéter) po úvode do anestézie, po sternotómii a na záver operácie. Okrem toho sme porovnávali najvyššiu podanú dávku katecholamínov – adrenalínu a noradrenalínu – počas operácie, dávku potrebnú na konci operácie pred preložením na JIS a najvyššiu podanú dávku katecholamínov na JIS.

Na štatistické vyhodnotenie sme použili neparametrický Mann-Whitneyho U-test s programom IBM SPSS.

## Výsledky

Celkovo sme v rozpätí marca 2009 až marca 2010 zahrnuli do štúdie 34 pacientov (18 v referenčnej skupine s OA a 16 v experimentálnej s TENS). Z hľadiska demografického rozloženia, pohlavia, veku, výšky, hmotnosti, NYHA klasifikácie a ejekčnej frakcie nebol medzi študovanými skupinami zistený štatisticky významný rozdiel. Demografická charakteristika súboru je znázornená v tabuľke 1.

Rozloženie hemodynamických hodnôt na začiatku anestézie, po sternotómii a na konci operácie je prehľadne znázornené v tabuľke 2 (medián, 25. a 75. percentil).

Hodnoty srdcovej frekvencie sú udávané v počte úder/min., hodnoty tlaku (MAP, CVP) v mmHg a hodnoty srdcového výdaja (CO) v l/min.

**Tabuľka 2.** Rozloženie hemodynamických hodnôt na začiatku anestézie, po sternotómii a na konci operácie

	Anestézia s TENS			Anestézia s opioidmi		
	Medián	25. percentil	75. percentil	Medián	25. percentil	75. percentil
HR (úvod)	55	46	64	60	47	64
MAP (úvod)	72	65	79	74	70	80
CVP (úvod)	10	9	11	9	8	13
CO (úvod)	4,2	3,6	4,8	4,2	4,0	5,1
HR (sternotómia)	60	52	66	58	50	66
MAP (sternotómia)	81	74	84	76	70	85
CVP (sternotómia)	10	8	14	8	7	11
CO (sternotómia)	4,2	3,8	4,8	5,0	4,1	5,8
HF (koniec)	80,0	69,5	90,0	84,0	70,0	90,0
MAP (koniec)	85	81	88	80	74	85
CVP (koniec)	11	8	12	8	7	12
CO (koniec)	5,1	4,5	5,8	6,4	4,9	8,3

**Tabuľka 3.** Porovnanie hemodynamických hodnôt po štatistickej analýze pomocou hodnôt p

	HR	MAP	CVP	CO
Úvod	0,79	0,35	0,93	0,45
Sternotómia	0,68	0,63	0,27	0,12
Koniec	0,85	0,08	0,51	0,07

**Tabuľka 4.** Porovnanie dávky podaných katecholamínov po štatistickej analýze pomocou hodnôt p

	Max. dávka – op.	Dávka – koniec op.	Max. dávka – JIS
Noradrenálín	0,35	0,02	0,25
Adrenálín	0,96	0,83	0,80

V tabuľke 3 sú znázornené hodnoty p vy počítané neparametrickým štatistickým testom. Pri porovnaní obidvoch študovaných skupín sme nezistili žiaden štatisticky významný rozdiel.

Pri porovnaní maximálnej použitej dávky katecholamínov počas operácie, na konci operácie – pred prevozom na JIS, a počas pobytu na JIS sme zistili štatisticky významný rozdiel v použitej dávke noradrenálínu na konci operácie, ktorý bol u pacientov s TENS nižší (medián, 25. a 75. percentil): 0, 0, 0 mcg/h oproti 100, 0, 100 mcg/h pri OA.

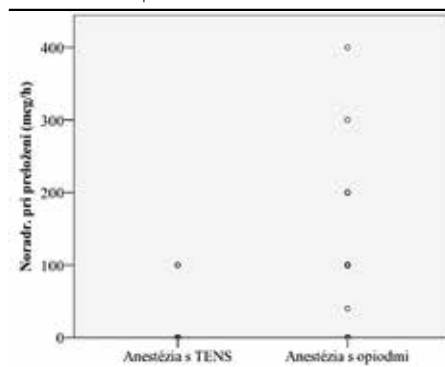
Hodnoty p sú znázornené v tabuľke 4 a prehľadné rozloženie hodnôt v grafe 1.

## Diskusia

Porovnanie našej štúdie so závermi štúdie Hollingerovej a Richtera (3), ktorí kombinovali elektroakupunktúru s neuroleptanestéziou, nie je vzhľadom na heterogenitu ich štatistických výpočtov (často len percentuálne porovnanie s priemerom a štandardnou odchýlkou) do dôsledkov možných. Z hľadiska veku, pohlavia, hmotnosti a štádia kardiovaskulárnych rezerv hodnotené podľa NYHA klasifikácie neboli dve študované skupiny, podobne ako v našej štúdiu, významne odlišné.

Z hľadiska hemodynamických parametrov získaných počas operácie (HR, MAP, CVP, CO) sa významný rozdiel medzi skupinami v našej štúdiu nepreukázal.

Hollingerová a Richter ďalej konštatujú vyššiu spotrebu objemových náhrad na udržanie stred-

**Graf 1.** Rozloženie hodnôt potreby noradrenálínu medzi skupinami

ného artériového tlaku u pacientov s neuroleptanestéziou. V našej štúdiu sme neanalyzovali množstvá podávaných objemových náhrad počas operácie. Avšak, aj v našej kontrolnej, t. j. opioidnej skupine, sme zistili štatisticky vyššiu potrebu vazopresorov na konci operácie. Pri preklade pacientov z operačnej sály na JIS bola dávka potrebného kontinuálne podávaného noradrenálínu u pacientov s TENS signifikantne nižšia ( $p = 0,02$ ; medián 0 mcg/h pri TENS verus 100 mcg/h pri OA). Hollingerová a Richter to zdôvodňovali vyššou vigilanciou a následne kratšími časmi nutnej pooperačnej ventilácie pri TENS.

Keďže sme sa v našej štúdiu pokúšali v novodobých podmienkach a so súčasnými modernými anestetikami pokiaľ možno čo najvernejšie napodobniť vyššie spomínanú pilotnú štúdiu Hollingerovej a Richtera, ktorá napriek jej rozsahu (800 pacientov) nebola z hľadiska hemodynamiky v posledných desaťročiach citovaná, a súčasne v dostupnej odbornej literatúre chýba v súvislosti s TENS zameranie na hemodynamiku (s výnimkou prác publikovaných v čínskych periodikách v čínštine) (11), nemôžeme sa erudovane vyjadriť ani k porovnaniu našich výsledkov s dostupnou literatúrou. V experimentálnych prácach publikovaných po klinických experimentoch na zvieratách sa podarilo dokázať protektívne účinky TENS na funkciu myokardu a zlepšenie srdcovej funkcie na princípe remodelácie inhibíciou sympatoexcitácie (12, 13).

Z tohto hľadiska je práca, ako aj jej realizácia na danom pracovisku jedinečná.

## Záver

V našej štúdiu sa nám podarilo potvrdiť, že TENS analgézia môže byť spoľahlivou metódou voľby u kardiochirurgických pacientov, a že s jej použitím nedochádza ku zhoršeniu hemodynamických parametrov pacientov oproti iným, ktorým je podávaná dnes štandardná opioidová analgézia voľby.

TENS pacienti zároveň vyžadujú nižšie množstvá podávaných vazopresorov.

## Literatúra

1. Doenicke A, Kampik G, Praetorius B, Pitterling P, Gob E, Matuszczyk U. Electrical stimulation anaesthesia in abdominal surgery in special consideration of selective proximal vagotomy (author's transl). *Der Anaesthesist*. 1976;25(5):248–256.
2. Herget HF, L'Allemand H, Kalweit K, Walter P, Hehrlein FW, Schlepper M. Combined acupuncture analgesia and controlled respiration. A new modified method of anesthesia in open heart surgery (author's transl). *Der Anaesthesist*. 1976;25(5):223–230.
3. Hollinger I, Richter JA, Pongratz W, Baum M. Acupuncture anesthesia for open heart surgery: a report of 800 cases. *Am J Chin Med*. 1979;7(1):77–90.
4. Herget HF. *Gegenwärtiger Stand der Elektrostimulationsanalogie*. XVI. Tagung der Deutschen, Schweizerischen und Österreichischen Gesellschaften für Anästhesiologie, Reanimation und Intensivtherapie; 5. 9.1979. Innsbruck: 1979.
5. Smith RC, Leung JM, Mangano DT. Postoperative myocardial ischemia in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. S.PI. Research Group. *Anesthesiology*. 1991;74(3):464–473.
6. Liu S, Carpenter RL, Neal JM. Epidural anesthesia and analgesia. Their role in postoperative outcome. *Anesthesiology*. 1995;82(6):1474–1506.
7. Tuman KJ, McCarthy RJ, March RJ, DeLaria GA, Patel RV, Ivankovich AD. Effects of epidural anesthesia and analgesia on coagulation and outcome after major vascular surgery. *Anesthesia and analgesia*. 1991;73(6):696–704.
8. Yeager MP, Glass DD, Neff RK, Brinck-Johnsen T. Epidural anesthesia and analgesia in high-risk surgical patients. *Anesthesiology*. 1987;66(6):729–736.
9. Mangano DT, Siliciano D, Hollenberg M, et al. Postoperative myocardial ischemia. Therapeutic trials using intensive analgesia following surgery. The Study of Perioperative Ischemia (SPI) Research Group. *Anesthesiology*. 1992;76(3):342–353.
10. Anand KJ, Hickey PR. Halothane-morphine compared with high-dose sufentanil for anesthesia and postoperative analgesia in neonatal cardiac surgery. *The New England journal of medicine*. 1992;326(1):1–9.
11. Chi H, Zhou WX, Wu YY, et al. Electroacupuncture intervention combined with general anesthesia for 80 cases of heart valve replacement surgery under cardiopulmonary bypass. *Zhen ci yan jiu = Acupuncture research/Zhongguo yi xue ke xue yuan Yi xue qing bao yan jiu suo bian ji*. 2014;39(1):1–6.
12. Ma L, Cui B, Shao Y, et al. Electroacupuncture improves cardiac function and remodeling by inhibition of sympathoexcitation in chronic heart failure rats. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*. 2014;306(10):H1464–1471.
13. Zhang HH, Chen J, Xia CM, et al. Protective effects of electroacupuncture on cardiac function in rats subjected to thoracic surgery trauma. *Brain research bulletin*. 2012;89(1–2):71–78.

**Doc. MUDr. Jozef Firment, PhD.**

Klinika anestéziológie a intenzívnej medicíny UPJŠ LF a UN L. Pasteura  
Trieda SNP 1, 040 66 Košice  
jozef.firment@upjs.sk