

# UTJECAJ SPOLA I INDEKSA TJELESNE MASE NA DISTRIBUCIJU VENTILACIJE IZMJERENU ELEKTRIČNOM IMPEDANCIJSKOM TOMOGRAFIJOM TIJEKOM SPONTANOG DISANJA U LEŽEĆEM POLOŽAJU

ANDREJ ŠRIBAR<sup>1,2</sup>, VLASTA MERC<sup>1</sup>, ZORAN PERŠEC<sup>3,4</sup>, ZRINKA ŠAFARIĆ OREMUŠ<sup>1</sup>,  
NATAŠA GOCIĆ PERIĆ<sup>5</sup> i JASMINKA PERŠEC<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Klinička bolnica Dubrava, Klinika za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivnu medicinu, Zagreb, <sup>2</sup>Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet, Zagreb, <sup>3</sup>Klinička bolnica Dubrava, Zavod za urologiju, Zagreb, <sup>4</sup>Sveučilište Sjever, Varaždin, Hrvatska i <sup>5</sup>Klinički centar Vojvodine, Urgentni centar, Novi Sad, Srbija

**Cilj:** Procijeniti korelaciju pokazatelja regionalne ventilacije pluća izmjerene električnom impedancijskom tomografijom (EIT) spontano dišućih bolesnika u ležećem položaju indeksom tjelesne mase (BMI) i tjelesnom površinom te usporediti izmjerene pokazatelje između bolesnika s  $MBI \leq 30 \text{ kg/m}^2$  s bolesnicima kojima je  $BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$ . **Bolesnici i metode:** Trideset i dva bolesnika zakazana za elektivni urološki zahvat uključena su u ovo istraživanje. Prije uvida u anesteziju uzorkovana je arterijska krv za plinske analize te je napravljena EIT snimka. Izmjerene su vrijednosti impedancije pluća na kraju inspirija (ETI) i na kraju ekspirija (EELI) te vrijednosti centra ventilacije i indeksa inhomogenosti. Izmjereni podatci izvedeni su pomoću računalnog programa *Dräger EIT data analysis tool v 6.3* te dalje analizirani pomoću računalnog programa Microsoft Excel. Koeficijent korelacije izračunat je pomoću Pearsonovog ili Spearmanovog testa, ovisno o distribuciji, a razlike u kontinuiranim varijablama između skupina testirane su Studentovim t-testom ili Mann-Whitneyevim U-testom. Statistička analiza i vizualizacija podataka provedene su pomoću programa jamovi i PAST. **Rezultati:** Značajna negativna korelacija nađena je između BMI i ETI i EELI u svih bolesnika (EELI-BMI  $\rho = -0,35$ ,  $p = 0,047$ ; ETI-BMI  $\rho = -0,35$ ,  $p = 0,046$ ), a koeficijent korelacije bio je još izraženiji u pretilih bolesnika ( $\rho = -0,83$ ,  $p = 0,050$ ). Dokazana je i značajna negativna korelacija između dobi i Horovitzovog kvocijenta ( $r = -0,36$ ,  $p = 0,044$ ). Nisu dokazane statistički značajne razlike u pokazateljima izmjerenima pomoću EIT između pretilih bolesnika i bolesnika koji ne pripadaju pretiloj populaciji. **Diskusija:** Iako je dokazana značajna negativna korelacija između impedancije pluća i BMI, kao i smanjena površina ventiliranog područja uprosječenog tomograma u pretilih bolesnika, nisu dokazane razlike u izmjerenim pokazateljima između skupina. No, s obzirom da je vrijednost koeficijenta korelacije značajno viša u pretilih bolesnika, izostanak statističke značajnosti treba pripisati asimetriji u distribuciji bolesnika između skupina (26 vs 6). Izostanak statistički značajnih razlika u Horovitzovom kvocijentu treba pripisati mehanizmu hipoksične plućne vazokonstrukcije te očuvanom funkcionalnom rezidualnom kapacitetu tijekom spontanog disanja. Navedeno je potrebno uzeti u obzir u interpretaciji rezultata jer je gubitak FRC zajedno s brзом desaturacijom arterijske krvi nakon uvida u opću anesteziju dobro dokumentiran i dokazan. **Zaključak:** Pad ETI i EELI u spontano dišućih bolesnika u ležećem položaju korelira s porastom BMI, no nisu dokazane statistički značajne razlike u navedenim pokazateljima i vrijednostima Horovitzovog kvocijenta između pretilih bolesnika i bolesnika koje ne ubrajamo u pretilu populaciju. Potrebne su daljnje studije koje će utvrditi promjene u EIT izmjerenim pokazateljima tijekom samog uvida u opću anesteziju.

**Ključne riječi:** pretilost, respiracija, električna impedancijska tomografija

**Adresa za dopisivanje:** Doc. dr. sc. prim. Jasminka Peršec, dr. med.  
Klinika za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivnu medicinu  
Klinička bolnica Dubrava  
Avenija Gojka Šuška 6  
10 000 Zagreb, Hrvatska  
E-pošta: anestezija.predstojnica@kbd.hr

## UVOD

Pretilost je važan javnozdravstveni problem u 21. stoljeću. Izravno utječe na pojavnost arterijske hipertenzije, šećerne bolesti tipa II, kardio- i cerebrovaskularnih bolesti, dislipidemije i osteoartritisa (1). Zabilježena pojavnost pretilosti prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) varira u rasponu 2 % - 30 %, uz veću pojavnost u razvijenijim državama u odnosu na države u razvoju, te tendenciju povećanja pojavnosti u mlađih generacija (1,2). U Republici Hrvatskoj oko 25 % muškaraca i 34 % žena smatra se pretilima (3). U spektru poremećaja prekomjerne tjelesne težine potrebno je razlikovati prekomjernu težinu (engl. *overweight*) u kojoj je indeks tjelesne mase (engl. *body mass index*), izračunat po formuli

$$\text{BMI} = \frac{\text{masa (kg)}}{[\text{visina (m)}]^2}$$

između 25 i 30 kg/m<sup>2</sup> od pretilosti (engl. *obesity*) u kojoj je indeks tjelesne mase veći od 30 kg/m<sup>2</sup> (a ako je iznad 40 kg/m<sup>2</sup> bolesnike se smatra morbidno pretilima) (4).

Uz ranije navedene zdravstvene rizike uzrokovane pretilosti, povećana masa koja pritišće prsni koš, kao i smanjena popustljivost samih pluća uzrokom su hipoventilacije koja je opisana još prije 40 godina te su navedene promjene opisane kao „sindrom hipoventilacije pretilih“, koji je često udružen sa sindromom opstruktivne apneje spavanja (4), smanjenom osjetljivošću na hiperkapniju i hipoksemiju te poremećajem funkcije respiracijske muskulature (5).

Pretili osobe s obzirom na smanjenu popustljivost respiratornog sustava (dominantno uzrokovanu smanjenom popustljivošću prsnog koša) i smanjenu učinkovitost respiracijske muskulature obično dišu plitko i brzo, što dovodi do porasta efektivnog mrtvog prostora, a sama masa abdominalnih organa udružena s padom popustljivosti dovodi do smanjenja funkcionalnog rezidualnog kapaciteta (FRC) i pada volumena ekspiratorne rezerve (ERV), pogotovo u supinacijskom ležećem položaju (6). Zbog navedenih promjena udruženih s otežanim osiguranjem dišnog puta, pretili osobe smatraju se iznimno respiratorno rizičnima za opću anesteziju.

Električna impedancijska tomografija (EIT) neinvazivna je slikovna metoda koja korištenjem pojasa elektroda kroz koje prolazi visokofrekventna izmjenična struja niske amplitude mjeri razlike u impedanciji u različitim tkivima (7), te kasnije računalnim algoritmima rekonstruira sliku tkiva ili organa. U eksperimentalnim uvjetima koristi se za vizualizaciju raznih organskih sustava, no u kliničkoj praksi zaživjela je električna impedancijska tomografija pluća. Zbog

svoje neinvazivnosti, dostupnosti uz bolesničku postelju, visoke temporalne rezolucije i činjenice da je validirana kao jednako pouzdana metoda razlučivanja ventiliranih od neventiliranih regija pluća kao i kompjuterizirana tomografija ubrzo je našla mjesto kako u jedinicama intenzivne medicine kao sredstvo procjene ventilacije kritično oboljelih bolesnika (8,9), tako i u operacijskim dvoranama za intraoperacijsku optimizaciju ventilacije (10).

Cilj ovog istraživanja je utvrditi postoje li razlike u EIT izmjerenim pokazateljima te u plinskim analizama arterijske krvi u ležećem položaju između bolesnika koji su pretili i bolesnika koje ne ubrajamo u pretilu populaciju.

## ISPITANICI, MATERIJALI I METODE

Trideset i dva ispitanika zakazana za elektivnu urološku operaciju u kojoj je potrebno invazivno mjerenje arterijskog tlaka potpisala su informirani pristanak za sudjelovanje u istraživanju te im je nakon odlaska u operacijsku dvoranu postavljen remen od 16 elektroda na razinu 5. interkostalnog prostora, koji je onda spojen na monitor za mjerenje električne impedancijske tomografije pluća (Pulmovista 500, Dräger, Lübeck, Njemačka).

U ležećem položaju, prije uvida u opću anesteziju, snimljena je EIT sekvenca od 60 sekundi koja je potom analizirana u računalnom programu *Dräger EIT analysis tool v 6.3* (Dräger, Lübeck, Njemačka). Iz navedenog programa izvedene su uprosječene tomografske matrice efektivno ventiliranih plućnih regija (tj. regija u kojima postoji razlika u vrijednostima impedancije između inspirija i ekspirija) rezolucije 32x32 piksela u format CSV (*comma separated values*).

Tomografske matrice u CSV formatu analizirane su u računalnom programu *Microsoft Excel 2016* (Microsoft Corporation, Redmond, SAD) te su izmjereni parametri centra ventilacije (CoV) prema formuli

$$\text{CoV} = \frac{\sum(y_i \times I_i)}{\sum I_i} \times 100\% \text{ u kojoj } y_i$$

odgovara visini piksela  $i$  skaliranoj tako da najventralniji redak ima vrijednost od 0 %, a najdorzalniji redak 100 % (11). Osim centra ventilacije mjeren je i indeks inhomogenosti ventilacije, parametar koji kvantificira nejednakosti ventilacije različitih regija, izračunat prema formuli

$$\text{GI} = \frac{\sum |I_i - \text{Median}(I_{\text{pluća}})|}{\sum I_i} \text{ gdje } I_i$$

obilježava vrijednosti impedancije za svaki individualni piksel (12). Vrijednosti CoV i GI izražene su u postotcima.

Osim tomograma izmjerenih iz efektivne ventilacije zabilježene su i apsolutne vrijednosti impedancije na kraju inspirija (ETI) i na kraju ekspirija (EELI) – izraženi u jedinicama specifičnim za sam monitor (engl. *arbitrary unit* - AU).

Iz kanile postavljene u radijalnu arteriju nedominantne ruke uzorkovana je krv, izmjerene su plinske analize arterijske krvi te su izračunati alveolo-arterijski gradijent prema formuli

$$A - a = \left( FiO_2 \times (pAtm - 6.27) - \frac{PaCO_2}{0.8} \right) - PaO_2$$

te  $PaO_2/FiO_2$  omjer (Carricov indeks odnosno Horovitzov kvocijent) izražen u mm Hg.

Zabilježeni su dob, spol, tjelesna visina i tjelesna masa ispitanika iz čega su izračunati indeks tjelesne mase prema formuli

$$BMI = \frac{masa (kg)}{[visina (m)]^2}$$

te tjelesna površina ispitanika izračunata prema Mostellerovoj formuli

$$BSA (m^2) = \sqrt{visina (cm) \times masa (kg) \times 3600}$$

## STATISTIČKA ANALIZA I VIZUALIZACIJA PODATAKA

Podatci su prikazani tablično i grafički. Distribucija podataka testirana je Shapiro-Wilkovim testom. Kontinuirane varijable prikazane su kao aritmetička sredina i standardna devijacija u slučaju normalne distribucije odnosno kao medijan i interkvartilni raspon u slučaju da nije zabilježena normalna distribucija.

Razina korelacije između kontinuiranih varijabli mjerena je Pearsonovim r testom u slučaju normalne distribucije, odnosno Spearmanovim  $\rho$  testom ako distribucija izmjerenih vrijednosti ne prati Gaussovu krivulju.

Razlike u izmjerenim pokazateljima između spolova testirane su T testom za neovisne uzorke u slučaju normalne distribucije, odnosno Mann Whitneyevim U testom ako nije zabilježena normalna distribucija.

Za potrebe vizualizacije tomograma uprosječene su matrice inspirija veličine 32x32 svih bolesnika po skupinama, te je korištenjem srednjih vrijednosti impedancije svakog piksela generiran tomogram koji pokazuje prosječnu distribuciju ventilacije za svaku skupinu.

Za statističku obradu i vizualizaciju podataka korišteni su računalni programi jamovi v. 1.1.7 (13) i PAST v. 3.2 (14). P vrijednosti  $\leq 0,05$  smatraju se statistički značajnima.

## REZULTATI

U ispitivanje je uvršteno 32 ispitanika, 10 žena i 22 muškarca. Šest ispitanika pripadalo je u skupinu pretilih ( $BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$ ), a 26 je imalo  $BMI < 30 \text{ kg/m}^2$ .

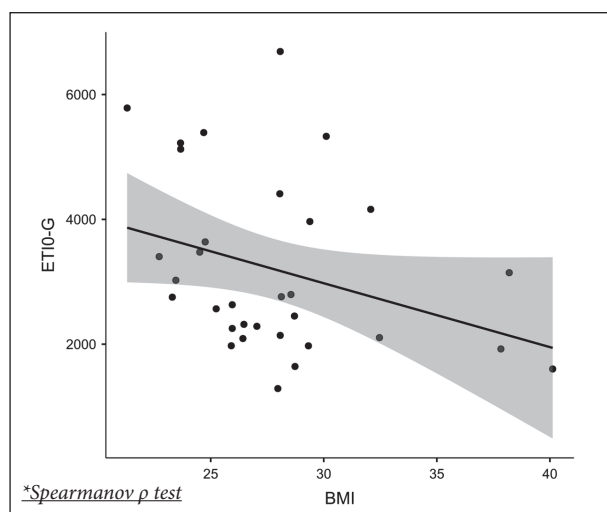
Ispitanice su imale značajno veće vrijednosti BMI ( $30,7 \pm 6,5 \text{ kg/m}^2$ ) u odnosu na muškarce ( $26,6 \pm 2,3 \text{ kg/m}^2$ ),  $p=0,01$ . Nije zabilježena statistički značajna razlika između spolova i dobi i BSA; EIT izmjerenim pokazateljima: CoV, GI, EELI, ETI te pokazateljima izračunatima iz plinskih analiza arterijske krvi:  $paO_2/FiO_2$  omjeru i a-A gradijentu (tablica 1).

Tablica 1.  
Razlike u izmjerenim pokazateljima između muškaraca i žena

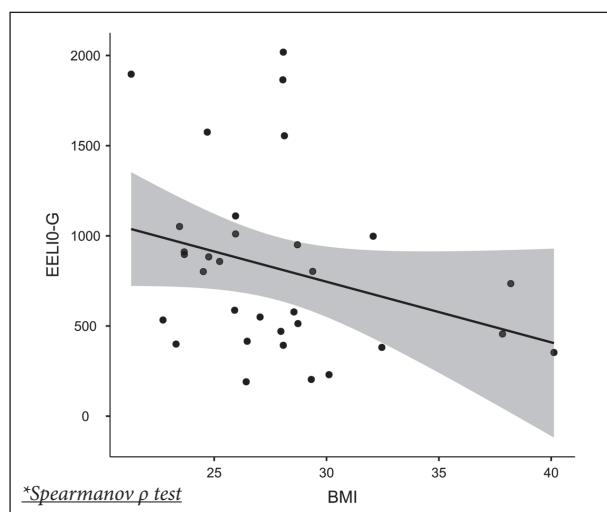
Parametar	Žene	Muškarci	P
BMI ( $\text{kg/m}^2$ )	$30,7 \pm 6,5$	$26,6 \pm 2,3$	<b>0,01*</b>
BSA ( $\text{m}^2$ )	$1,9 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,2$	0,20
Dob (g)	$63,8 \pm 11,3$	$61,3 \pm 14,1$	0,63
EELI (AU)	555 [400-786]	870 [481-1038]	0,27
ETI (AU)	2970 [2142-3824]	2692 [2177-4030]	0,95
CoV (%)	51,9 [48,8-57,3]	48,3 [45,2-50,9]	0,09
GI (%)	51,7 [43,7-67,5]	53,5 [45,1-70,2]	0,75
$paO_2/FiO_2$ (mmHg)	$365,9 \pm 74,7$	$361,5 \pm 59,7$	0,86
a-A (kPa)	$3,5 \pm 1,7$	$3,8 \pm 1,9$	0,65

\*Studentov t-test, odnosno Mann Whitneyev test, ovisno o distribuciji.

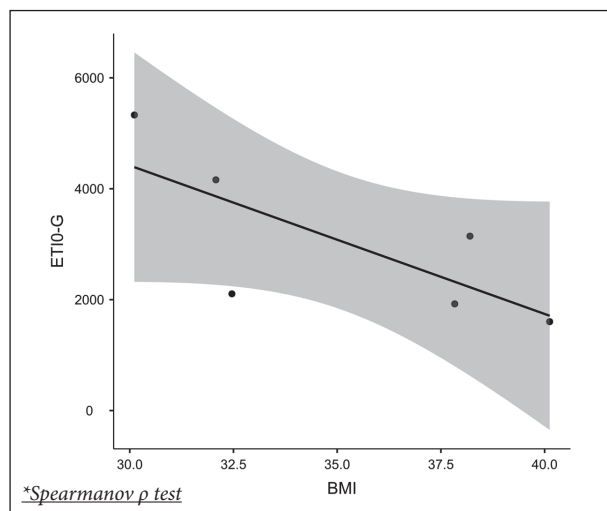
Dokazana je blaga no statistički značajna negativna korelacija između vrijednosti indeksa tjelesne mase s vrijednostima impedancije pluća na kraju inspirija i na kraju ekspirija (EELI-BMI  $\rho=-0,35$ ,  $p=0,047$ ; ETI-BMI  $\rho=-0,35$ ,  $p=0,046$ ; sl. 1 i 2), te između dobi i  $paO_2/FiO_2$  ( $r=-0,36$ ,  $p=0,044$ ). Ako se izdvoje samo bolesnici koji pripadaju u pretilu populaciju (6 ispitanika,  $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ ), koeficijent korelacije između ETI i BMI vrlo je izražen ( $\rho=-0,83$ ,  $p=0,05$ ; sl.3).



Sl. 1. Prikaz korelacije između impedancije na kraju inspirija (ETI) i indeksa tjelesne mase (BMI).



Sl. 2. Prikaz korelacije između impedancije na kraju ekspirija (EELI) i indeksa tjelesne mase (BMI).



Sl. 3. Prikaz korelacije između impedancije na kraju inspirija (ETI) i indeksa tjelesne mase (BMI) u pretilih bolesnika.

Nije dokazana statistički značajna razlika u vrijednostima parametara izmjerenim EIT te plinskim analizama arterijske krvi između bolesnika kojima je BMI  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup> u odnosu na bolesnike kojima je  $< 30$  kg/m<sup>2</sup> (tablica 2).

Tablica 2.

Razlika u izmjerenim pokazateljima između pretilih (BMI  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>) i ispitanika koji ne pripadaju pretiloj populaciji (BMI  $< 30$  kg/m<sup>2</sup>).

Parametar	BMI $\geq 30$ kg/m <sup>2</sup>	BMI $< 30$ kg/m <sup>2</sup>	P
BSA (m <sup>2</sup> )	2,1 $\pm$ 0,2	2,0 $\pm$ 0,2	0,20
Dob (g)	63,7 $\pm$ 13,3	61,7 $\pm$ 13,4	0,75
EELI (AU)	418 [360-665]	831 [518-1041]	0,07
ETI (AU)	2625 [1969-3907]	2757 [2260-3883]	0,62
CoV (%)	49,1 [48,5-51,9]	49,2 [45,7-55,8]	0,85
GI (%)	45,9 [42,8-65,1]	54,6 [45,5-70,2]	0,36
paO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (mmHg)	354,8 $\pm$ 55,5	364,8 $\pm$ 66,1	0,74
a-A (kPa)	3,7 $\pm$ 1,1	3,7 $\pm$ 1,9	0,96

\*Studentov t-test, odnosno Mann Whitneyev test, ovisno o distribuciji.

## DISKUSIJA

Iako je gubitak funkcionalnog rezidualnog kapaciteta u ležećem položaju dobro dokumentirano patofiziološko zbivanje u pretilih bolesnika (6,15), rezultati ovog istraživanja pokazali su da vrijednosti impedancije na kraju ekspirija, vrijednosti koja izravno korelira s volumenom rezidualnog zraka u alveolama (16) nisu značajno različite između bolesnika koji su pretili i onih koji nisu.

Individualnom procjenom uprosječenih EIT tomograma postoje razlike u efektivno ventiliranoj površini pluća (sl. 4 i 5 – inspiracijski tomogram pretilih i nepretilih ispitanika), no parametri koji su dobiveni matematičkom analizom izmjerenih podataka nisu statistički značajno različiti između skupina, no dokazana je negativna korelacija u vrijednostima EELI i ETI s indeksom tjelesne mase. Iako bismo zbog navedenog mogli očekivati značajne razlike između skupina, one nisu dobivene (iako je u vrijednostima EELI zabilježeno granično statističko značenje sa  $p=0,07$ ), no navedeno se može objasniti asimetrijom u broju pretilih i nepretilih bolesnika (6 i 26).



Sl. 4. Uprosječeni tomogram (6 ispitanika) efektivno ventilirane površine pluća u bolesnika kojima je  $BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$



Sl. 5. Uprosječeni tomogram (26 ispitanika) kojima je  $BMI < 30 \text{ kg/m}^2$

Vrijednosti GI indeksa nisu statistički značajne između bolesnika, što se može objasniti samim načinom izračuna navedenog indeksa. Iz matrice dobivenih vrijednosti impedancije ventiliranih regija pluća na kraju inspirija računaju se vrijednosti piksela s najvećim odstupanjem od medijana pluća (7). S obzirom da se radi o populaciji bez postojećih bolesti pluća, smanjena je ukupna ventilirana površina pluća, ali sama varijabilnost između impedancija ventiliranih regija nije povećana.

Istraživanje Erlandssona i sur. dokazalo je da u mehanički ventiliranih morbidno pretelih bolesnika postoji značajna korelacija između funkcionalnog rezidualnog kapaciteta i EELI, no bez ukupnog utjecaja na  $paO_2/FiO_2$ . Navedeni rezultati odgovaraju rezultatima

izmjenjenima u ovom istraživanju ( $paO_2/FiO_2$   $347 \pm 110 \text{ mm Hg}$  kod Erlandssona i sur. vs  $366 \pm 75 \text{ mm Hg}$  u ovom istraživanju), a objašnjavaju se održanim mehanizmom hipoksične plućne vazokonstrikcije (HPV), fiziološkim homeostatskim mehanizmom u kojem mitohondrijski proteini glatkog mišićja plućnog krvožilja na detektiranu hipoksiju reaguju porastom koncentracije unutarstaničnog kalcija što doводи do vazokonstrikcije i smanjenja udjela mimotoka (engl. *shunt*) u arterijskoj krvi (17,18).

U odnosu na gore navedeno istraživanje u kojem nisu računati koeficijenti korelacije ovisno o EIT izmjenjenim pokazateljima i indeksu tjelesne mase, naše istraživanje pokazalo statistički značajnu korelaciju između BMI i gubitka impedancije pluća. Uzevši u obzir otprije dokazanu korelaciju funkcionalnog rezidualnog kapaciteta i volumena pluća na kraju izdisaja s EIT izmjenjenim pokazateljima EIT se pokazuje kao valjana metoda za procjenu rizika od desaturacije pretelih bolesnika tijekom uvoda u anesteziju.

Sam gubitak EELI s porastom indeksa tjelesne mase ne utječe značajno na izmjerene plinske analize arterijske krvi tijekom budnog i spontanog disanja, no vrlo brzo formiranje atelektaza u dorzalnim i bazalnim regijama pluća nakon uvoda u anesteziju (19) (već tijekom prve minute nakon administriranja neuromišićnog relaksansa) doводи do značajnog pada zasićenosti kisika u arterijskoj krvi, iako sami intravenski anestetici korišteni u uvodu u anesteziju nemaju toliko izražen utjecaj na HPV kao inhalacijski anestetici ili neki antihipertenzivi (20).

Izražena negativna korelacija između izmjerene ETI i BMI koja je puno značajnija kod pretelih bolesnika nego u općoj populaciji, s obzirom na povezanost ETI i inspiratornog volumena (21) odgovara rezultatima Chlifa i sur. (22). Iz navedenog važno je uzeti u obzir da je u pretelih bolesnika povećan omjer između frekvencije disanja i inspiratornog volumena, što povećava rad disanja i vjerojatnost respiracijske insuficijencije nakon ekstubacije (23). EIT mjerenje regionalnog kašnjenja u ventilaciji tijekom testova spontanog disanja u bolesnika koji se odvajaju od respiratora pokazalo se kao dobar prediktor rizika za poslije-ekstubacijsku respiracijsku insuficijenciju (24).

Najvažniji nedostaci ovog istraživanja su asimetrija u broju ispitanika po skupinama i činjenica da svjesnom odlukom ispitivača nisu rađena EIT snimanja u razdoblju uvoda u anesteziju tijekom kojeg su bolesnici ventilirani na masku, a prije endotrahealne intubacije. U navedenom razdoblju jasno bi bilo vidljivo formiranje atelektaza kao što su pokazali Wrigge i sur. (19), no s obzirom na potrebu što brže intubacije u slučajevima otežane ventilacije na masku (što je čest slučaj u preti-

lih bolesnika (4)) zbog sigurnosti pacijenta odlučeno je da navedena snimanja neće biti učinjena.

Nosne kanile s visokim protokom kisika (engl. *high flow nasal oxygen* – HFNO) metoda su suplementacije kisika koja dostavlja zagrijanu ovlaženu smjesu kisika i zraka (s volumnim udjelom kisika koji varira od 21 % do 100 %) u protocima većima od 20 L/min. U kliničkim uvjetima najčešće se koriste protoci veći od 35 L/min koji uspijevaju generirati male razine PEEP (2-3 mbar) (25) što usporava stvaranje atelektaza tijekom uvida u opću anesteziju. Korištenje HFNO u indukciji u anesteziju moglo bi u budućnosti osigurati mirne uvjete za vizualizaciju formiranja atelektaza tijekom uvida u anesteziju bez ugrožavanja sigurnosti bolesnika (26).

## ZAKLJUČAK

Impedancija pluća na kraju inspiriraja i na kraju ekspiriraja ima negativnu korelaciju s indeksom tjelesne mase, a povezanost impedancije pluća na kraju inspiriraja s indeksom tjelesne mase značajnije je izražena u pretilih bolesnika. Tijekom spontanog disanja ne postoji značajna razlika u pokazateljima oksigenacije arterijske krvi između skupina, što se može objasniti fiziološkim mehanizmom hipoksične plućne vazokonstrikcije koji sprječava perfuziju atelektatičnih regija pluća te smanjuje udio mimotoka. S obzirom na činjenicu da je formiranje atelektaza tijekom uvida u anesteziju ključno u gubitku funkcionalnog rezidualnog kapaciteta očekujemo da će korištenje EIT uz HFNO omogućiti vizualizaciju formiranja atelektaza tijekom apnoičke faze uvida u anesteziju.

## L I T E R A T U R A

1. National Task Force on the Prevention and Treatment of Obesity. Overweight, obesity, and health risk. *Arch Intern Med* 2000; 160(7): 898-904. doi:10.1001/archinte.160.7.898
2. Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults--The Evidence Report National Institutes of Health. *Obes Res* 1998; 6 Suppl 2: 51S-209S.
3. Medanić D, Pucarín-Cvetković J. Pretilost – javnozdravstveni problem i izazov. *Acta Med Croat* 2012; 66: 347-55.
4. Klarić V, Šribar A, Milić M, Merc V, Zajc I, Peršec J. Identification of Respiratory Risk Parameters in Obese Oral Surgical Patients *Acta Med Croat* 2017; 71: 249-54.
5. Luce JM. Respiratory complications of obesity. *Chest* 1980; 78(4): 626-31. doi:10.1378/chest.78.4.626
6. Parameswaran K, Todd DC, Soth M. Altered respiratory physiology in obesity. *Can Respir J J Can Thorac Soc* 2006; 13(4): 203-10.

7. Frerichs I, Amato MBP, van Kaam AH i sur. Chest electrical impedance tomography examination, data analysis, terminology, clinical use and recommendations: consensus statement of the TRanslational EIT developmeNt stuDY group. *Thorax* 2017; 72(1): 83-93. doi:10.1136/thoraxjnl-2016-208357

8. Davies P, Yasin S, Gates S, Bird D, Silvestre C. Clinical Scenarios of the Application of Electrical Impedance Tomography in Paediatric Intensive Care. *Sci Rep* 2019; 9(1): 5362. doi:10.1038/s41598-019-41774-1

9. Costa ELV, Borges JB, Melo A i sur. Bedside estimation of recruitable alveolar collapse and hyperdistension by electrical impedance tomography. *Intensive Care Med* 2009; 35(6): 1132-37. doi:10.1007/s00134-009-1447-y

10. Šribar A, Merc V, Peršec Z, Peršec J, Milas I, Husedžinović S. Influence of different PEEP levels on electrical impedance tomography findings in patients under general anesthesia ventilated in the lateral decubitus position. *J Clin Monit Comput* May 2019. doi:10.1007/s10877-019-00318-8

11. He X, Jiang J, Liu Y i sur. Electrical Impedance Tomography-guided PEEP Titration in Patients Undergoing Laparoscopic Abdominal Surgery. *Medicine (Baltimore)* 2016; 95(14). doi:10.1097/MD.0000000000003306

12. Zhao Z, Pulletz S, Frerichs I, Müller-Lisse U, Möller K. The EIT-based global inhomogeneity index is highly correlated with regional lung opening in patients with acute respiratory distress syndrome. *BMC Res Notes* 2014; 7(1): 82. doi:10.1186/1756-0500-7-82

13. The jamovi project. Jamovi, [www.jamovi.org](http://www.jamovi.org); 2019. [www.jamovi.org](http://www.jamovi.org).

14. Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontol Electron* 2001; 4(1): 9.

15. Erlandsson K, Odenstedt H, Lundin S, Stenqvist O. Positive end-expiratory pressure optimization using electric impedance tomography in morbidly obese patients during laparoscopic gastric bypass surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006; 50(7): 833-9. doi:10.1111/j.1399-6576.2006.01079.x

16. Hinz J, Hahn G, Neumann P i sur. End-expiratory lung impedance change enables bedside monitoring of end-expiratory lung volume change. *Intensive Care Med* 2003; 29(1): 37-43. doi:10.1007/s00134-002-1555-4

17. Dunham-Snary KJ, Wu D, Sykes EA i sur. Hypoxic Pulmonary Vasoconstriction. *Chest* 2017; 151(1): 181-92. doi:10.1016/j.chest.2016.09.001

18. McLoughlin P. Obesity and lung disease: a toxic mix. *Acta Physiol Oxf Engl* 2015; 213(4): 756-7. doi:10.1111/apha.12462

19. Wrigge H, Gırrbach F, Hempel G. Detection of patient-ventilator asynchrony should be improved: and then what? *J Thorac Dis* 2016; 8(12): E1661-E1664. doi:10.21037/jtd.2016.12.101

20. Lumb AB, Slinger P. Hypoxic pulmonary vasoconstriction: physiology and anesthetic implications. *Anesthesiology* 2015; 122(4): 932-946 doi:10.1097/ALN.0000000000000569

21. Shono A, Kotani T. Clinical implication of monitoring

regional ventilation using electrical impedance tomography. J Intensive Care 2019; 7(1). doi:10.1186/s40560-019-0358-4

22. Chlif M, Keochkerian D, Choquet D, Vaidie A, Ahmaidi S. Effects of obesity on breathing pattern, ventilatory neural drive and mechanics. Respir Physiol Neurobiol 2009; 168(3): 198-202. doi:10.1016/j.resp.2009.06.012

23. Mahul M, Jung B, Galia F *et al.* Spontaneous breathing trial and post-extubation work of breathing in morbidly obese critically ill patients. Crit Care Lond Engl 2016; 20(1): 346. doi:10.1186/s13054-016-1457-4

24. Bickenbach J, Czaplik M, Polier M, Marx G, Marx N, Dreher M. Electrical impedance tomography for predicting fa-

ilure of spontaneous breathing trials in patients with prolonged weaning. Crit Care 2017; 21(1): 177. doi:10.1186/s13054-017-1758-2

25. Dres M, Demoule A. What every intensivist should know about using high-flow nasal oxygen for critically ill patients. Rev Bras Ter Intensiva 2017; 29(4): 399-403. doi:10.5935/0103-507X.20170060

26. Vourc'h M, Baud G, Feuillet F *i sur.* High-flow Nasal Cannulae Versus Non-invasive Ventilation for Preoxygenation of Obese Patients: The PREOPTIPOP Randomized Trial. EClinical Medicine 2019; 13: 112-19. doi:10.1016/j.ecclinm.2019.05.014

## SUMMARY

### EFFECT OF GENDER AND BODY MASS INDEX ON ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY FINDINGS DURING SPONTANEOUS BREATHING IN SUPINE POSITION

A. ŠRIBAR<sup>1,2</sup>, V. MERC<sup>1</sup>, Z. PERŠEC<sup>3,4</sup>, Z. ŠAFARIĆ OREMUŠ<sup>1</sup>, N. GOCIĆ PERIĆ<sup>5</sup> and J. PERŠEC<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Dubrava University Hospital, Department of Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care Medicine, Zagreb, <sup>2</sup>University of Zagreb, School of Dental Medicine, Zagreb, <sup>3</sup>Dubrava University Hospital, Department of Urology, Zagreb, <sup>4</sup>North University, Varaždin, Croatia and <sup>5</sup>Clinical Center of Voivodina, Urgent Center, Novi Sad, Serbia

**Aim:** To assess correlation of electrical impedance tomography (EIT) findings in obese patients spontaneously breathing in supine position with body mass index (BMI) and body surface area and to compare measurements in obese patients (BMI  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>) with those recorded in patients with BMI  $< 30$  kg/m<sup>2</sup>. **Patients and Methods:** Thirty-two patients scheduled for elective urologic procedure were included in this study. Arterial blood was sampled and EIT recording was made before induction of anesthesia. End tidal (ETI) and end expiratory (EELI) lung impedance were measured, as well as center of ventilation and global inhomogeneity index. Data were exported using the Dräger EIT data analysis tool v. 6.3 and further analyzed in Microsoft Excel. Correlation coefficient was calculated using the Pearson or Spearman test of correlation and continuous variables were tested for statistical significance using Student's t-test or Mann Whitney U test, depending on the normality of distribution. Statistical analysis and data visualization were performed using software packages jamovi and PAST. **Results:** A significant negative correlation was found between BMI and both ETI and EELI in all patients (EELI-BMI  $\rho = -0.35$ ,  $p = 0.047$ ; ETI-BMI  $\rho = -0.35$ ,  $p = 0.046$ ), and the correlation coefficient was even more pronounced between ETI and BMI in the obese population ( $\rho = -0.83$ ,  $p = 0.050$ ). There was also a significant negative correlation between age and Horowitz quotient ( $r = -0.36$ ,  $p = 0.044$ ). No significant differences in EIT measured parameters and arterial blood gas analyses were found between obese and non-obese patients. **Discussion:** Although there was a significant negative correlation between lung impedances and BMI, as well as markedly increased ventilated area in the averaged tomogram in the non-obese group, no difference was found between obese and non-obese patients (with BMI  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup> as a differentiator according to the WHO). However, since the correlation coefficient was much more pronounced in the obese group, the asymmetry between the groups (26 vs. 6 patients) could explain this discrepancy. There was no significant difference in Horowitz quotient between the groups either, which could be attributed to preserved hypoxic pulmonary vasoconstriction and preserved functional residual capacity in the awake state. These facts should be taken into consideration when interpreting the data, as the loss of functional residual capacity coupled with rapid desaturation of arterial blood after induction of general anesthesia has been well documented and measured. **Conclusion:** End-tidal and end-expiratory lung impedance loss correlates well with an increase of BMI in spontaneously breathing patients, but no significant differences were found between obese and non-obese patients either in EIT findings or on arterial blood gas analyses. Further studies are needed to assess EIT measured differences in obese patients after induction of anesthesia.

**Key words:** obesity, respiration, electrical impedance tomography