

橈骨動脈と上腕動脈における収縮期血圧の差を 利用した中心静脈血酸素飽和度の推定

堺市立総合医療センター 集中治療科 熊澤淳史

キーワード：モニタリング，観血的動脈血圧，非観血的動脈血圧，中心静脈酸素飽和度，ショック，感度，特異度

連絡先：熊澤淳史

〒593-8304 大阪府堺市西区家原寺町1-1-1

Tel : 072-272-1199

Fax : 072-272-9911

E-mail : jkumakumakuma@hotmail.com

要旨

背景：観血的動脈血圧（Arterial Blood Pressure: ABP）と非観血的動脈圧（Non-Invasively measured Blood Pressure: NIBP）の差（ Δ BP）を利用して中心静脈血酸素飽和度（Central-venous oxygen saturation: ScvO₂）を推定できることを報告した。本稿では先行研究の結果を踏まえてABPとNIBPの差を用いたScvO₂の推定診断精度について報告する。

方法：集中治療室に入室した時点でABPによる収縮期血圧（Systolic Arterial Blood Pressure: ABPs）が90mmHg以下であった成人患者を対象とした。NIBPはABPと同側の上腕にてオシロメトリ法を用いて測定した。ScvO₂は中心静脈カテーテルより血液を採取し測定した。なお、ABP、NIBP、ScvO₂は全て同一時点での測定された値を使用した。ABPsとNIBPsによる収縮期血圧（Systolic Non-Invasively measured Blood Pressure: NIBPs）の差を Δ BPと定義し、ScvO₂が70%未満であるかどうかを診断するためのROC curveを作成しAUCを計算した。

結果：研究期間中に175人がICU入室時点で血圧90mmHg以下であった。このうち64人はScvO₂が未測定のため解析から除外され111人が解析対象となった。ScvO₂が70%未満であるかどうかを診断するための Δ BPのAUCは0.81（95%CI, 0.73, 0.89）であった。 Δ BPのカットオフ値を0mmHgとしたとき、感度、特異度はそれぞれ、65.7%（95%CI, 53.1, 76.8）、97.7%（95%CI, 88.0, 99.8）であった。

結論：本研究の結果より Δ BPを用いて精度よくScvO₂を推定可能である。

本研究結果はJournal of Critical Care 33 (2016) 257-61に掲載された。

背景

中心静脈血酸素飽和度（Central-venous oxygen saturation: ScvO₂）は重症患者を管理する際の血行動態指標として広く用いられてきた¹⁾。近年行われた敗血症症例を対象としたランダム化比較試

験において、ScvO₂ガイド下の管理は予後を改善しないと報告されたが^{2,4)}、重症患者の管理において、ScvO₂は重要な予後予測マーカーであり、70%未満であれば予後不良であると複数の研究で報告されている。また、近年行われたランダム

化比較試験ではScvO₂ガイド下の周術期管理が合併症のリスクを低下させたと報告しており、ScvO₂は依然、重要な循環動態指標の一つと考えられている^{5,8)}。

ScvO₂を測定するためには、中心静脈カテーテル (Central venous catheter : CVC) からの繰り返しの採血が必要であり、その煩雑さと感染症のリスクがScvO₂測定の障壁となっているとの報告もあり⁹⁾、より簡便で非侵襲的な測定方法が必要と考えられている¹⁰⁾。そこで、より簡便で非侵襲的なScvO₂測定方法を先に報告した研究結果¹¹⁾を踏まえて報告する。

集中治療室で一般的に行われる血圧測定方法として橈骨動脈などに動脈圧ラインを留置して測定する観血的動脈血圧 (invasively measured arterial blood pressure: ABP) とカフを用いたオシロメトリック法による非観血的動脈血圧 (non-invasively measured arterial blood pressure: NIBP) がある^{12,13)}。臨床上、ABPとNIBPの間に解離を認めることは多いが、先行研究でも敗血症性ショックや全身麻酔下においてこの解離が認められる事が報告されている¹⁴⁻²¹⁾。これまで、ABPとNIBPの解離とScvO₂の関連に着目した報告はなかったが、我々は、第44回米国集中治療医学会においてABPの収縮期血圧 (systolic ABP: ABPs) とNIBPの収縮期血圧 (systolic NIBP: NIBPs) の差 (Δ BP) とScvO₂の間に負の相関関係があることを報告した。もし、この関連が強ければ Δ BPを用いてScvO₂を予測できる可能性があると考えられる。本研究では、ABPsとNIBPsを用いてその差 Δ BPの値によりScvO₂が70%未満であることを推定可能であるか、その推定精度求めることを目的とした。

方 法

本研究は堺市立総合医療センター集中治療室で行われた横断研究である。2013年7月～2015年6月までの間に当ICUに入室し下記の基準を満たした患者を対象とした。

適格基準：

- ・18歳以上

- ・ICU入室時点でABPsが90mmHg未満
- ・ABPs、NIBPsおよびScvO₂が同一時点で測定されている。

測定方法：

ABPは橈骨に20Gの動脈用カテーテルを留置しダンピングデバイスを用いない圧トランスデューサーに接続して生体モニター (IntelliVue MX800, Phillips, US) にて測定した。測定時は、仰臥位にて中腋窩線にて0点校正を行った。NIBPsはABPsと同側の上腕動脈にて測定を行った。

ScvO₂はCVCより採取した血液を用いて血液ガス分析機 (GEM Premier 3000 血液ガス解析器) を用いて測定した。

ABPs、NIBPsおよびScvO₂は同一時点において測定された。ABPsとNIBPsの差(ABPs-NIBPs)を Δ BPと定義した。

このほかに、患者背景として、年齢、性別、入院理由、心泊数、血圧、人工呼吸器使用有無、APACHE IIスコア、SOFAスコア、ヘモグロビン値、動脈血酸素飽和度、乳酸値を記録した。背景因子はカルテレビューを行い抽出した。

統計解析：

正規性のある連續変数は平均値と標準偏差で表示し、検定にはt検定を用いた。正規性のない連續変数は中央値と四分位範囲を用いて表示し検定にはMann-Whitney U検定を用いた。名義変数は対象数と割合を用いて表示し検定にはカイ2乗検定を用いた。

Δ BPを用いてScvO₂が70%未満、65%未満であることを診断する診断精度を求めるためROCカーブを描き、AUCを算出した。また、複数のカットオフ値において感度、特異度を算出した。解析には統計ソフトSTATA13 (STATA, College Station, TX) を用いた。すべての検定において両側検定とし、0.05を有意水準と定めた。

結 果

研究期間中にABPsが90未満であった患者は175人であり、そのうち64人においてScvO₂が欠測しており111人が解析対象となった。表1に解

表1 Information on all adults admitted to the ICU with hypotension (ABPs < 90 mm Hg) between July 2013 and June 2015

	Included in this study (with ScvO ₂ data) n = 111	Not included in this study (without ScvO ₂ data) n = 64	P value
Age in years	72 [57, 81]	67 [57, 78]	0.25
Percent who were male	59.5	59.3	> 0.99
Body Mass Index (SD)	22.1 (3.9)	21.5 (3.9)	0.36
Comorbidity			
Diabetes	29.7	17.2	0.07
Hypertension	44.1	29.7	0.07
Dyslipidemia	17.1	12.5	0.52
Cause of ICU admission			
Percent surgical	5.4	68.8	< 0.0001
Percent infection	61.3	70.3	0.25
Pneumonia	28/68	7/45	
Urinary	11/68	0	
Hepatic and GI	6/68	1/45	
Peritonitis	3/68	29/45	
Others	9/68	1/45	
Unknown	11/68	7/45	
Percent cardiac	18.0	4.7	0.01
Heart failure	10/20	2/3	
Arrhythmia	4/20	1/3	
ACS	2/20	0	
Others	4/20	0	
Percent GI bleeding	4.5	7.8	0.5
Percent Others	16.2	17.2	> 0.99
ABPs, mm Hg	82 [75, 87]	83 [79, 88]	0.20
ABPd, mm Hg	46 [40, 53]	48 [42, 54]	0.29
ABPm, mm Hg	59 [52, 63]	60 [55, 64]	0.13
NIBPs, mm Hg	83 [75, 92]	90 [80, 95]	0.007
NIBPd, mm Hg	50 [43, 55]	50 [45, 59]	0.23
NIBPm, mm Hg	61 [56, 67]	64 [57, 71]	0.04
ΔBP, mm Hg	-4 [-11, 6]	-7.5 [-12, -1]	0.06
HR, bpm	99 [85, 110]	96 [81, 113]	0.61
% ScvO ₂	67.0 [60.9, 73.9]	-	-
Hemoglobin, g/dL	10.8 [9.3, 12.4]	10.6 [9.1, 12.3]	0.31
% SaO ₂	96.4 [94.6, 98.0]	98.0 [96.4, 98.7]	<0.0001
Lactate, mmol/L	2.1 [1.2, 4.1]	1.7 [0.9, 2.6]	0.01
Dosage of vasoactive and inotrope agents			
Norepinephrine (μg/kg/min)	0.09 [0.05, 0.18]	0.07 [0, 0.19]	0.06
^{a)} Dopamine (μg/kg/min)	0 [0, 10.8]	0 [0, 5.1]	0.21
^{a)} Vasopressin (IU/min)	0 [0, 0.04]	0 [0, 0.05]	0.12
^{a)} Dobutamine (μg/kg/min)	0 [0, 14.2]	0 [0, 6.4]	0.05
^{a)} Milrinone (μg/kg/min)	0 [0, 0.53]	0 [0, 0.30]	0.0005
APACHE II score	26 [20, 32]	17 [13, 25]	< 0.0001
SOFA score	11 [9, 14]	7 [5, 11]	<0.0001
% on ventilator	77.5	76.6	> 0.99

GI: gastrointestinal; ACS: acute coronary syndrome; ABPs: systolic invasive blood pressure; ABPd: diastolic invasive blood pressure; ABPm: mean invasive blood pressure; NIBPs: systolic non-invasive blood pressure; NIBPd: diastolic non-invasive blood pressure; NIBPm: mean non-invasive blood pressure
 a): These data are presented as median, minimum and maximum values because first and third quartile values are zero.

表2 Information on all patients included in this study

	Patients with ScvO ₂ ≥70 n = 44	Patients with ScvO ₂ < 70 n = 67	P value
Age in years	60 [50, 78]	75 [63, 83]	0.003
Percent who were male	61.4	58.2	0.74
Body Mass Index (SD)	22.4 (4.2)	21.8 (3.7)	0.43
Comorbidity			
Diabetes	22.7	34.3	0.19
Hypertension	38.6	47.8	0.34
Dyslipidemia	13.6	19.4	0.43
Cause of ICU admission			
Percent surgical	2.3	7.5	0.24
Percent infection	77.3	50.8	0.005
Pneumonia	14/44	14/67	
Urinary	7/44	4/67	
Hepatic and GI	3/44	6/67	
Peritonitis	1/44	2/67	
Others	11/44	38/67	
Unknown	8/44	3/67	
Percent cardiac	6.8	25.4	0.01
Heart failure	1/3	9/17	
Arrhythmia	0/3	4/17	
ACS	1/3	1/17	
Others	1/3	3/17	
Percent GI bleeding	2.3	6.0	0.36
Percent Others	13.6	17.8	0.80
ABPs, mm Hg	79.5 [75, 87]	84 [76, 87]	0.09
ABPd, mm Hg	45 [39, 53]	47 [40, 53]	0.41
ABPm, mm Hg	58 [51, 62]	60 [53, 63]	0.25
NIBPs, mm Hg	89 [84, 96]	79 [73, 85]	<0.0001
NIBPd, mm Hg	52 [44, 56]	50 [43, 54]	0.47
NIBPm, mm Hg	64 [58, 68]	59 [55, 65]	0.01
ΔBP, mm Hg	-9 [-14, -5]	4 [-7, 9]	<0.0001
HR, bpm	104 [91, 125]	94 [80, 107]	0.003
Hemoglobin, g/dL	11.4 [9.2, 13.0]	10.6 [9.3, 12.2]	0.23
% SaO ₂	96.5 [94.7, 98.0]	96.3 [94.5, 98.0]	0.82
Lactate, mmol/L	2.4 [1.2, 4.4]	2.0 [1.3, 4.1]	0.71
Dosage of vasoactive and inotrope agents			
Norepinephrine(μg/kg/min)	0.10 [0.06, 0.19]	0.09 [0.05, 0.17]	0.28
^{a)} Dopamine (μg/kg/min)	0 [0, 10.1]	0 [0, 10.8]	0.48
^{a)} Vasopressin (IU/min)	0 [0, 0.03]	0 [0, 0.04]	0.09
^{a)} Dobutamine (μg/kg/min)	0 [0, 13.9]	0 [0, 14.2]	0.85
^{a)} Milrinone (μg/kg/min)	0 [0, 0.50]	0 [0, 0.53]	0.02
APACHE II score	28 [22, 33]	26 [20, 31]	0.36
SOFA score	13 [10, 16]	11 [8, 13]	0.01
% on ventilator	75.0	79.1	0.61

GI: gastrointestinal; ACS: acute coronary syndrome; ABPs: systolic invasive blood pressure; ABPs: diastolic invasive blood pressure; ABPm: mean invasive blood pressure; NIBPs: systolic non-invasive blood pressure; NIBPd: diastolic non-invasive blood pressure; NIBPm: mean non-invasive blood pressure

a): These data are presented as median, minimum and maximum values because first and third quartile values are zero.

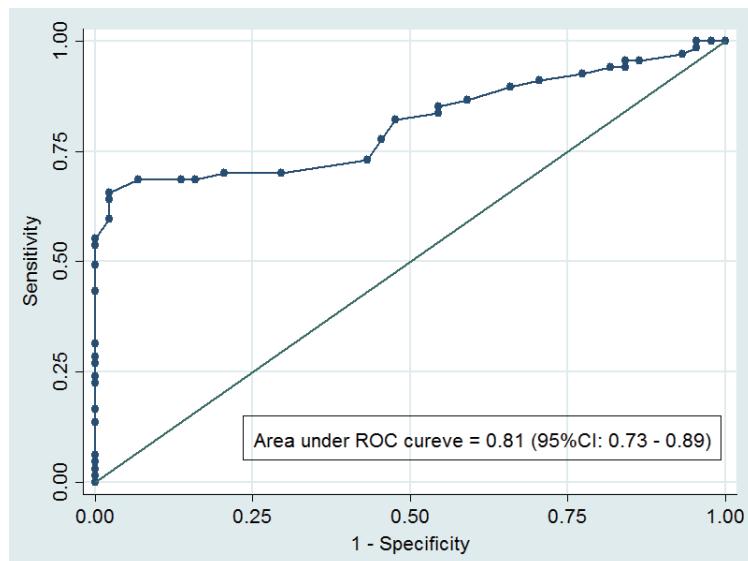


図1 Receiver operating characteristic curve of Δ BP as an indicator of $\text{ScvO}_2 < 70\%$

表3 Sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value at 9 cutoff points of Δ BP as an indicator of $\text{ScvO}_2 < 70\%$

Cutoff point of Δ BP	Sensitivity	Specificity	Positive predictive value	Negative predictive value
-20	95.5 (87.5 – 99.1)	15.9 (6.60 – 30.1)	63.4 (53.2 – 72.7)	70.0 (34.8 – 93.3)
-15	94.0 (85.4 – 98.3)	18.2 (8.20 – 32.7)	63.6 (53.4 – 73.1)	66.7 (34.9 – 90.1)
-10	85.1 (74.3 – 92.6)	45.5 (30.4 – 61.2)	70.4 (59.2 – 80.0)	66.7 (47.2 – 82.7)
-5	70.1 (57.7 – 80.7)	70.5 (54.8 – 83.2)	78.3 (65.8 – 87.9)	60.8 (46.1 – 74.2)
0	65.7 (53.1 – 76.8)	97.7 (88.0 – 99.9)	97.8 (88.2 – 99.9)	65.2 (52.4 – 76.5)
5	49.3 (36.8 – 61.8)	100 (92.0 – 100)	100 (89.4 – 100)	56.4 (44.7 – 67.6)
10	23.9 (14.3 – 35.9)	100 (92.0 – 100)	100 (79.4 – 100)	46.3 (36.0 – 56.8)
15	4.50 (0.93 – 12.5)	100 (92.0 – 100)	100 (29.2 – 100)	40.7 (31.4 – 50.6)
20	1.50 (0.04 – 8.00)	100 (92.0 – 100)	100 (2.50 – 100)	40.0 (30.8 – 49.8)

Δ BP: invasively measured systolic blood pressure minus non-invasively measured systolic blood pressure

析対象となった111人と除外された64人の背景を示す。

表2に ScvO_2 が70%以上の患者と70%未満の患者の背景を示す。111人中67人が $\text{ScvO}_2 < 70\%$ であり、 Δ BPは中央値4mmHg、四分位範囲[-7, 9]であった。 $\text{ScvO}_2 \geq 70\%$ であった患者は44人であり、 Δ BPの中央値-9mmHg、四分位範囲[-14, -5]であった。

図1に $\text{ScvO}_2 < 70\%$ であることを診断するためのROCカーブを示す。そのAUCは0.81(95%CI, 0.73 – 0.89)であった。表3にカットオフ値を変化させたときの感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率を示す。カットオフ値を0mmHgとした時の感度65.7% (95%CI, 53.1 – 76.8)、特異度

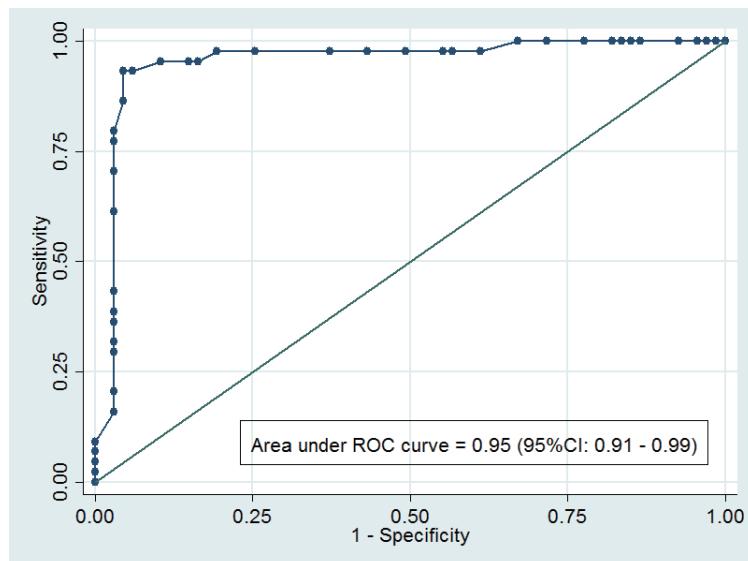
97.7% (95%CI, 88.0 – 99.8)、陽性的中率97.8% (95%CI, 88.2 – 99.9)、陰性的中率65.2% (95%CI, 52.4 – 76.5) であった。

同様の解析を $\text{ScvO}_2 < 65\%$ をカットオフとして行った。 Δ BPのカットオフ値を0mmHgとするとき、感度93%、特異度94%であった(図2、表4)。

考 察

本研究の結果より、橈骨動脈における観血的動脈圧90mmHg未満の患者において非観血的動脈圧との差が0以上、つまり、観血的動脈血圧の方が高い場合に ScvO_2 が70%未満であることが、精度よく診断可能である。

これまでに ScvO_2 と Δ BPの関連に着目した研

図2 Receiver operating characteristic curve of Δ BP as an indicator of $\text{ScvO}_2 < 65\%$ 表4 Sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value at 9 cutoff points of Δ BP as an indicator of $\text{ScvO}_2 < 65\%$

Cutoff point of Δ BP	Sensitivity	Specificity	Positive predictive value	Negative predictive value
-20	100 (92.0 - 100)	14.9 (7.40 - 25.7)	43.6 (33.7 - 53.8)	100 (69.2 - 100)
-15	100 (92.0 - 100)	17.9 (9.61 - 29.2)	44.4 (34.5 - 54.8)	100 (73.5 - 100)
-10	97.7 (88.0 - 99.9)	43.3 (31.2 - 56.0)	53.1 (41.7 - 64.3)	96.7 (82.8 - 100)
-5	97.7 (88.0 - 99.9)	74.6 (62.5 - 84.5)	71.7 (58.6 - 82.5)	98.0 (89.6 - 100)
0	93.2 (81.3 - 98.6)	94.0 (85.4 - 98.3)	91.1 (78.8 - 97.5)	95.5 (87.3 - 99.1)
5	70.5 (54.8 - 83.2)	97.0 (89.6 - 99.6)	93.9 (79.8 - 99.3)	83.3 (73.2 - 90.8)
10	31.8 (18.6 - 47.6)	97.0 (89.6 - 99.6)	87.5 (61.7 - 98.4)	68.4 (58.1 - 77.6)
15	6.82 (1.43 - 18.7)	100 (94.6 - 100)	100 (29.2 - 100)	62.0 (52.2 - 71.2)
20	2.27 (0.06 - 12.0)	100 (94.6 - 100)	100 (2.50 - 100)	60.9 (51.1 - 70.1)

Δ BP: invasively measured systolic blood pressure minus non-invasively measured systolic blood pressure

究報告はない。いわゆる敗血症などによるwarm shockでは ScvO_2 が正常から上昇している事が多く、出血性ショックや心原性ショックなどのcold shockでは、 ScvO_2 が低下している事が多いことを考えると、本研究結果は、敗血症性ショックの時にNIBPs>ABPsとなり、出血性ショックの時にABPs>NIBPsとなる先行研究と合致する^{19, 21, 22}。

本研究結果の生理学的根拠を示すことは難しい。我々は、橈骨動脈におけるレジスタンスが関与していると推察している。Richらは心臓外科手術中の血管抵抗の変化に伴う、中心動脈から橈骨動脈への血圧差の変化について報告している。血管抵抗が上昇すると、橈骨動脈は中心動脈より

高くなる一方で、血管抵抗が低下すると中心動脈より橈骨動脈が低くなることを報告している²³。

本研究には、いくつかの限界がある。1. 本研究は後ろ向き観察研究であり、データはカルテレビューより抽出されているため、血圧測定値の信頼性について疑問が残る。通常、呼気終末に血圧測定を行うように統一されいるため呼吸変動などに伴う大きなばらつきは避けられていると思われるが、検証が必要である。2. サンプルサイズが小さいためAUCの95%信頼区間が大きくなっている。より大きなサンプルサイズでの検証が必要である。3. 血圧低下患者の中で ScvO_2 測定がされていない患者があり、本研究の解析から除外されている。表1から、 ScvO_2 が欠測している患者

はより軽症である傾向があり、選択バイアスが存在すると思われる。

これらの限界点を解決するために著者は多施設前向き観察研究において本研究の結果の妥当性検証を行うことを計画し進めている。2種類の血圧測定のみでScvO₂を推測可能となれば今後、重症患者の血行動態モニタリングとして使用可能となるかもしれません、今後の検証を進めたい。

結 論

観血的動脈血圧の収縮期血圧と非観血的動脈血圧の収縮期血圧の差を利用してScvO₂が70%未満であることを診断可能である。その差が0以上の時、ScvO₂<70%である可能性が示唆される。

文 献

- 1) Rivers E, Nguyen B, Havstad S, et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *The New England journal of medicine* 2001;345(19):1368-77.
- 2) Yealy DM, Kellum JA, Huang DT, et al. A randomized trial of protocol-based care for early septic shock. *The New England journal of medicine* 2014;370(18):1683-93.
- 3) Peake SL, Delaney A, Bailey M, et al. Goal-directed resuscitation for patients with early septic shock. *The New England journal of medicine* 2014;371(16):1496-506.
- 4) Mouncey PR, Osborn TM, Power GS, et al. Trial of early, goal-directed resuscitation for septic shock. *The New England journal of medicine* 2015;372(14):1301-11.
- 5) Mikor A, Trásy D, Németh MF, et al. Continuous central venous oxygen saturation assisted intraoperative hemodynamic management during major abdominal surgery: a randomized, controlled trial. *BMC Anesthesiol* 2015;15:82.
- 6) Pearse R, Dawson D, Fawcett J, et al. Changes in central venous saturation after major surgery, and association with outcome. *Critical care (London, England)* 2005; 9(6):R694-9.
- 7) Monitoring CSGoPS. Multicentre study on peri- and postoperative central venous oxygen saturation in high-risk surgical patients. *Critical care (London, England)* 2006; 10(6):R158.
- 8) Di Filippo A, Gonnelli C, Perretta L, et al. Low central venous saturation predicts poor outcome in patients with brain injury after major trauma: a prospective observational study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2009;17:23.
- 9) Wilson RF, Gibson D. The use of arterial-central venous oxygen differences to calculate cardiac output and oxygen consumption in critically ill surgical patients. *Surgery* 1978;84(3):362-9.
- 10) Carlbom DJ, Rubenfeld GD. Barriers to implementing protocol-based sepsis resuscitation in the emergency department - Results of a national survey. *Critical care medicine* 2007;35(11):2525-32.
- 11) Kumasawa J, Ohara A, Kohata H, et al. Detecting central-venous oxygen desaturation without a central-venous catheter: Utility of the difference between invasively and non-invasively measured blood pressure. *Journal of critical care* 2016;33:257-61.
- 12) Antonelli M, Levy M, Andrews PJ, et al. Hemodynamic monitoring in shock and implications for management. International Consensus Conference, Paris, France, 27-28 April 2006. *Intensive Care Med* 2007;33(4): 575-90.
- 13) Lakhal K, Ehrmann S, Runge I, et al. Tracking hypotension and dynamic changes in arterial blood pressure with brachial cuff measurements. *Anesthesia and analgesia* 2009;109(2):494-501.

- 14) Bur A, Herkner H, Vlcek M, et al. Factors influencing the accuracy of oscillometric blood pressure measurement in critically ill patients. *Critical care medicine* 2003;31(3):793-9.
- 15) Ursino M, Cristalli C. A mathematical study of some biomechanical factors affecting the oscillometric blood pressure measurement. *IEEE transactions on bio-medical engineering* 1996;43(8):761-78.
- 16) Bur A, Hirschl MM, Herkner H, et al. Accuracy of oscillometric blood pressure measurement according to the relation between cuff size and upper-arm circumference in critically ill patients. *Critical care medicine* 2000;28(2):371-6.
- 17) Araghi A, Bander JJ, Guzman JA. Arterial blood pressure monitoring in overweight critically ill patients: invasive or noninvasive? *Critical care (London, England)* 2006;10(2):R64.
- 18) Loubser PG. Comparison of intra-arterial and automated oscillometric blood pressure measurement methods in postoperative hypertensive patients. *Medical instrumentation* 1986;20(5):255-9.
- 19) Pytte M, Dybwik K, Sexton J, et al. Oscillo-
metric brachial mean artery pressures are higher than intra-radial mean artery pressures in intensive care unit patients receiving norepinephrine. *Acta anaesthesiologica Scandinavica* 2006;50(6):718-21.
- 20) Manios E, Vemmos K, Tsivgoulis G, et al. Comparison of noninvasive oscillometric and intra-arterial blood pressure measurements in hyperacute stroke. *Blood pressure monitoring* 2007;12(3):149-56.
- 21) Wax DB, Lin HM, Leibowitz AB. Invasive and concomitant noninvasive intraoperative blood pressure monitoring: observed differences in measurements and associated therapeutic interventions. *Anesthesiology* 2011;115(5):973-8.
- 22) Drynan EA, Raisis AL. Comparison of invasive versus noninvasive blood pressure measurements before and after hemorrhage in anesthetized greyhounds using the Surgivet V9203. *Journal of veterinary emergency and critical care (San Antonio, Tex : 2001)* 2013;23(5):523-31.
- 23) Rich GF, Lubanski RE, Jr., McLoughlin TM. Differences between aortic and radial artery pressure associated with cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 1992;77(1):63-6.