



Endovasküler Yolla Tedavi Edilen İnme Hastalarında Başvuru Anındaki Kan Gazı Değerlerinin Hastalık Prognozu Üzerine Etkisi

The Effect Of Blood Gas Values On The Prognosis Of Stroke Patients Treated With Endovascular Therapy

Nihat Şengeze¹, Semih Giray², Sedat Yaşın²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye.

²Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı, Gaziantep, Türkiye.

Özet

Amaç: Endovasküler tedavi serebral damar oklüzyonlarının tedavisinde sık olarak tercih edilen bir tedavi yöntemidir. Burada endovasküler yolla tedavi edilen inme hastalarında, başvuru anındaki kan gazı değerlerinin tedavi sonrası hastalık prognozu üzerine etkisinin araştırılması amaçlandı.

Materyal-Metot: Ocak 2016-Nisan 2019 yılları arasında inme kliniği ile hastaneye başvuran endovasküler yolla tedavi edilen, ilk başvuru anında kan gazı incelemesi yapılan 86 hasta çalışmaya dahil edildi. Arteriyel kan gazı analizinde hipoksemi, hiperkapni ve bikarbonat düşüklüğü PaO₂<60 mmHg, PaCO₂>44 mmHg ve HCO₃<21 mg/dL, Asidoz pH<7,36 ve alkaloz ise pH>7,44 olarak değerlendirildi. Hastalarda solunum yetmezliğine neden olabilecek (KOA, astım, interstisyel akciğer hastalığı gibi) hastalığı olanlar çalışma dışı bırakıldı. Çalışma sonucunda kan gazı parametreleri ile üçüncü aydaki fonksiyonel sonlanımı ve mortalite oranları değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmaya dahil edilen 86 hastanın 40 (%46,5)'i kadındı. Tüm hastaların yaş ortalaması 64,3±13,4 idi. Hastaların NIHSS skoru ortalaması 16,1±4,8, ASPECT skoru ortalaması 8,8±1,2 idi. Hastaların 68 (%79,1)'inde büyük damar oklüzyonu mevcuttu ve 78 (%90,7)'i en az TIC1 2b ve üzerinde rekanalizasyon başarısı sağlanmıştı. Çalışmaya alınan hastalarda, ilk başvuru sırasında kan gazında pO₂ daha düşük olanlarda, üçüncü aydaki mRS≥3 ile kötü klinik sonlanım ve mortalite gelişimi anlamlı oranda daha yüksekti (sırasıyla p=0,026 ve p=0,037). Yine çalışmamızda büyük damar oklüzyonu olan hastalarda pCO₂ ve bikarbonat düzeylerinin anlamlı oranda daha düşük olduğu saptanmıştır (sırasıyla p=0,017 ve p=0,015).

Sonuç: Çalışmamızda inme hastalarında ilk başvuru anında kan gazında saptanan hipoksi ile üçüncü ay sonunda kötü klinik sonlanım ve mortalite gelişimi arasında istatistik olarak anlamlı oranda artış görülmüştür. Bununla birlikte çalışmamız sonuçlarına göre inme hastalarında ek oksijen tedavisi ile ilgili randomize kontrollü daha büyük hasta sayısı içeren çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Endovasküler Tedavi, İnme, Kan Gazı Değerleri, Fonksiyonel Sonlanım, İnmede Prognostik Faktörler.

Abstract

Objective: Endovascular therapy is a frequently preferred treatment modality in the treatment of cerebral vascular occlusions. We aimed to investigate the effect of blood gas values at admission of stroke on prognosis treated with endovascular therapy.

Material-Method: Eighty-six patients admitting to the hospital between January 2016 and April 2019, who were treated by endovascular therapy and had blood gas examination at admission, were included in the study. Parameters were defined as Hypoxaemia, hypercapnia and low bicarbonate PaO₂<60 mmHg, PaO₂>44 mmHg, and HCO₃<21 mg/dL, Acidosis as pH<7.36, alkalosis as pH>7.44. Patients with disease that could cause respiratory failure (COPD, asthma, interstitial lung disease) were excluded from the study. At the end, blood gas parameters at admission were compared with functional outcome and mortality rates at the third month.

Results: Of the 86 patients included in the study, 40 (46.5%) were female. The mean age of all patients was 64.3±13.4 years. The mean NIHSS score was 16.1±4.8 and ASPECT score was 8.8±1.2. Of the 68 (79.1%) patients had large vessel occlusion and 78 (90.7%) had recanalization success at least TIC1 2b and above. In the patients with lower pO₂ were significantly high in the development of poor clinical outcome (mRS≥3) and mortality at the end of third month (p=0.026 and p=0.037). In our study, pCO₂ and bicarbonate levels were significantly lower in patients who had major vessel occlusion at admission (p=0.017 and p=0.015).

Conclusions: In our study, poor clinical outcome and mortality were significantly increased in patients with hypoxia, after 3 months. According to results, more studies involving in a larger number of randomized controlled patients related to additional oxygen therapy in stroke patients are needed.

Keywords: Endovascular Treatment, Stroke, Blood Gas Values, Functional Outcome, Prognostic Factors in Stroke.

Giriş

İnme hastalarında en sık ölüm nedenlerinden biri de solunumsal problemlerdir. İnme kliniği olan hastalarda solunum paterninde değışiklikler, ventilasyon fonksiyonunda azalma gibi solunum problemleri eşlik edebilmektedir (1). Solunum problemleri hem kardiyovasküler hastalıklar hem de inme için uzun dönemde mortalite gelişiminde önemli bir risk faktörüdür (2). Acil şartlarda solunum zorluğu olan kişilerde arteriyel oksijenizasyon bozulu ve bu bozukluklar kan gazı incelemesi ile değerlendirilebilir (3). Arteriyel kan gazının hastalıkların prognostik değerleri üzerine literatürde az sayıda çalışma mevcuttur (4).

Burada endovasküler yolla tedavi edilen inme hastalarında, başvuru anındaki kan gazı değerlerinin tedavi sonrası hastalık prognozu üzerine etkisinin üçüncü aydaki mortalite ve fonksiyonel sonlanım ile araştırılması amaçlandı.

Materyal-Metot

Ocak 2016- Nisan 2019 yılları arasında inme kliniği ile hastaneye başvuran endovasküler yolla tedavi edilen, ilk başvuru anında kan gazı incelemesi yapılan 86 hasta çalışmaya dahil edildi. Çalışma sonucunda hastaların ilk başvuru anındaki kan gazı parametreleri ile üçüncü aydaki fonksiyonel sonlanımı ve mortalite oranları değerlendirildi. Hastalarda solunum yetmezliğine neden olabilecek (KOA, astım, interstisyel akciğer hastalığı gibi) hastalığı olanlar çalışma dışı bırakıldı. Çalışmaya dahil edilme kriterleri inme nedeniyle Gaziantep Üniversitesi Acil servisine başvurup akut inme tanısı almış olmak, endovasküler yolla tedavi edilmiş olmak, ilk 6 saat içinde endovasküler tedaviye alınmış olmaktı.

Çalışmaya alınan bütün olguların hemogram, rutin biyokimyasal inceleme (açlık kan şekeri, üre, kreatinin, BUN), sedimentasyon değeri, protrombin zamanı (PT), aPTT, INR değerleri incelendi. Yine hastaların kan gazında pH, CO₂, O₂, bikarbonat (HCO₃), baz açığı, laktat değerleri incelendi.

Arteriyel kan gazı analizinde hipoksemi, hiperkapni ve bikarbonat düşüklüğü PaO₂<60 mmHg, PaCO₂>44 mmHg ve HCO₃<21 mg/dL olarak değerlendirildi. Asidoz pH<7,36 ve alkaloz ise pH>7,44 olarak değerlendirildi.

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizinde SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Windows 23 paket programı kullanıldı. Çalışmaya ait normal dağılıma uymayan veriler non-parametrik testler ile, normal dağılıma uyan veriler ise parametrik testler ile karşılaştırıldı. Gruplanmış veriler ki-

kare yöntemi ile karşılaştırıldı. Veriler ortalama±SD (normal dağılan veriler, ortalama-range normal dağılmayan veriler) ve yüzde (%) olarak verildi. Sürekli değışkenler arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ve parametrik olmayan değışkenler için Spearman analizi ile test edildi. Sonuçlar %95'lik güven aralığında, anlamlılık p<0,05 düzeyinde değerlendirildi. Çalışma için Gaziantep Üniversitesi klinik araştırmalar ve etik kurulundan 2019/157 nolu etik kurul onayı alındı.

Bulgular

Çalışmaya dahil edilen 86 hastanın 40 (%46,5)'ı kadındı. Tüm hastaların yaş ortalaması 64,3±13,4 idi. Hastaların başvuru anında NIHSS skoru ortalaması 16,1±4,8, bilgisayarlı beyin tomografisinde (BBT) ASPECT skoru ortalaması 8,8±1,2 idi. Hastaların 68 (%79,1)'inde büyük damar oklüzyonu mevcuttu. Tüm hastaların 77 (%89)'sinde ön sistem, 9 (%11)'unda arka sistem oklüzyonu saptandı ve 78 (%90,7)'inde en az TIC1 2b ve üzerinde rekanalizasyon başarısı sağlanmıştı. Hastaların üçüncü ay sonunda 25 (%29,1)'inde mortalite gerçekleşmişti ve üçüncü ay sonunda mRS 0-2 arasında olan 25 (%29,1) hasta vardı. Arka sistem oklüzyonu olan hastalarda ataksik ve apnöstik solunum daha sık görülürken, büyük damar oklüzyonu ve ön sistem oklüzyonu olan hastalarda santral hiperventilasyon ve cheyne-stokes tipi solunum daha sık görülmüştür.

Çalışmaya alınan tüm hastalarda inme risk faktörleri, klinik veriler, kan gazı ve diğer laboratuvar verileri ile üçüncü ay sonunda fonksiyonel sonlanım (mRS) ve mortalite gelişiminin karşılaştırılması Tablo 1'de gösterilmiştir.

Çalışmaya alınan tüm hastalarda yaş ortalaması daha küçük olanlarda, BBT ASPECT skoru daha iyi olanlarda ve başvuru anında daha düşük NIHSS skoru olanlarda, üçüncü ay sonunda mRS 0-2 arasında iyi klinik sonlanım oranı anlamlı oranda daha yüksekti (sırasıyla p=0,011, p=0,003 ve p=0,001).

Çalışmamızda başarılı rekanalizasyon oranı düşük olan ve ilk başvuru anında yüksek NIHSS skoru olan hastalarda, üçüncü ayda mortalite gelişimi anlamlı oranda daha yüksek olarak bulundu (sırasıyla p=0,003 ve p=0,001).

Yine çalışmaya alınan tüm hastalarda, ilk başvuru sırasında kan gazında parsiyel oksijen basıncı (pO₂) daha düşük olanlarda, üçüncü aydaki mRS≥3 ile kötü klinik sonlanım ve mortalite gelişimi anlamlı oranda daha yüksekti (sırasıyla p=0,026 ve p=0,037).

Tablo 2. Hastalarda büyük damar oklüzyonu ile kan gazı ve klinik verilerin karşılaştırılması

İnme risk faktörleri, kan gazı, klinik ve diğer laboratuvar verileri	Büyük damar oklüzyonu		
	Hayır	Evet	p*
pH	7,38 [7,35-7,44]	7,40 [7,37-7,45]	0,210
pCO ₂	42,7 [35,3-47,6]	36,3 [32,4-41]	0,017**
pO ₂	61,9 [50,9-89,6]	80,7 [54,8-107,6]	0,293
Baz açığı	2,3 [1,0-4,4]	2,55 [1,0-4,8]	0,609
Bikarbonat	24,8 [22,4-25,7]	22,7 [19,9-24,4]	0,015**
Laktat	2,29 [1,7-2,9]	1,79 [1,38-2,43]	0,159
COhb	0,9 [0,8-1,3]	0,8 [0,55-1,2]	0,368

**Mann-whitney U test

Tablo 1. Hastalarda üçüncü ay sonunda mRS (fonksiyonel sonlanım) ve mortalite ile inme risk faktörleri, klinik, kan gazı ve diğer laboratuvar verilerinin karşılaştırılması

İnme risk faktörleri, kan gazı, klinik ve diğer laboratuvar verileri	Üçüncü ay sonu mRS			Üçüncü ay sonu mortalite		
	mRS 0-2	mRS ≥3	p*	Hayır	Evet	p*
	N (%)	N (%)		N (%)	N (%)	
Cinsiyet (kadın)	13 (%32,5)	27 (%67,5)	0,514	35 (%76,1)	11 (%29,3)	0,259
İnme tarafı (sağ)	12 (%27,3)	32 (%72,7)	0,826	31 (%72,7)	13 (%27,3)	0,450
Büyük damar oklüzyonu	20 (%29,4)	48 (%70,6)	0,892	47 (%69,1)	21 (%30,9)	0,472
Kontrol BBT kanama	6 (%20)	24 (%80)	0,175	18 (%60)	12 (%40)	0,102
Hipertansiyon	15 (%28,8)	37 (%71,2)	0,955	33 (%63,5)	19 (%36,5)	0,059
Atriyal fibrilasyon	6 (%20,7)	23 (%79,3)	0,222	21 (%72,4)	8 (%27,6)	0,829
Siğara kullanımı olan	7 (%29,2)	17 (%70,8)	0,990	16 (%66,7)	8 (%33,3)	0,588
Diyabet olan	8 (%21,6)	29 (%78,4)	0,186	22 (%59,5)	15 (%40,5)	0,042
Geçirilmiş bypass	1 (%16,7)	5 (%83,3)	0,488	4 (%66,7)	2 (%33,3)	0,812
Koroner arter Hastalığı	4 (%19)	17 (%81)	0,245	16 (%76,2)	5 (%23,8)	0,541
Geçirilmiş inme	2 (%20)	8 (%80)	0,502	6 (%60)	4 (%40)	0,418
Başarılı rekanalizasyon (TICI≥2b)	25 (%32,1)	53 (%67,9)	0,057	59 (%75,6)	19 (%24,4)	0,003*
	Median [25-75]	Median [25-75]	P**	Median [25-75]	Median [25-75]	P**
Yaş	58 [48-68]	70 [60-75]	0,011**	67 [55-75]	68 [60-73]	0,725
BBT ASPECT skoru	10 [9-10]	9 [8-9]	0,003**	9 [8-10]	9 [8-9]	0,190
Geliş NIHSS skoru	13 [9-15]	17 [14-21]	0,001**	14 [12-18]	19 [17-24]	0,001**
pH	7,4 [7,36-7,45]	7,40 [7,36-7,44]	0,879	7,40 [7,36-7,44]	7,4 [7,37-7,45]	0,808
pCO ₂	35,2 [30,6-39,7]	38 [32,9-43]	0,144	37,2 [32,5-43]	38 [32,6-41,7]	0,598
pO ₂	92,3[68,8-124,6]	68,1 [48-99,6]	0,026**	82,3 [56,8-124,6]	68,1[46,6-89,6]	0,037**
Baz açığı	2,8 [1,2-5,4]	2,25 [0,85-4,65]	0,300	2,20 [0,8-4,7]	2,8 [1,4-4,5]	0,538
Bikarbonat	21,6 [19-24,4]	23,1 [20,9-25,3]	0,134	22,8 [20,5-24,8]	23,1 [21-25,3]	0,433
Laktat	1,73 [1,38-2,41]	1,95 [1,41-2,74]	0,460	1,79 [1,38-2,41]	2,11 [1,7-3,12]	0,126
COhb	0,8 [0,6-1,2]	0,9 [0,7-1,2]	0,463	0,9 [0,7-1,3]	0,8 [0,5-1]	0,253
Glukoz	132 [101-177]	147 [122-193]	0,201	137 [118-177]	163 [144-282]	0,051
Lökosit	9700 [8350-11400]	11310 [8930-14210]	0,058	10360 [8630-12800]	11490 [9870-14420]	0,189
Platelet	276 [217-316]	237 [189-308]	0,129	241 [208-310]	261 [198-316]	0,683

*Ki-kare testi, ** Mann-whitney U test, COhb: karboksı hemoglobin, pCO₂: parsiyel karbondioksit basıncı, pO₂: parsiyel oksijen basıncı

Çalışmaya alınan tüm hastalarda klinik değerlendirme skorları ve kan gazı verileri ile büyük damar oklüzyonunun karşılaştırıldığı sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir.

Çalışmamızda büyük damar oklüzyonu olan hastalarda başvuru anındaki arteriyel kan gazında parsiyel karbondioksit basıncının (pCO₂) ve bikarbonat düzeylerinin anlamlı oranda daha düşük olduğu saptanmıştır (sırasıyla p=0,017 ve p=0,015).

Tartışma

Çalışmamız sonuçlarına göre endovasküler tedavi uygulanan ve ilk başvuru anında kan gazı düzeyleri incelenen hastalarda literatürdeki veriler ile uyumlu olarak yaş ortalaması daha küçük olanlarda, BBT ASPECT skoru daha iyi olanlarda ve başvuru anında daha düşük NIHSS skoru olanlarda, üçüncü ay sonunda mRS 0-2 arasında iyi klinik sonlanım oranı yüksekti (5).

Literatürde inme hastalarında arteriyel kan gazı incelemesi ile klinik sonlanım ve mortalite gelişimi üzerine az sayıda

çalışma bulunmaktadır. Literatürde çeşitli nedenlerle serebral hasarlanma gelişen hastalarda (intracerebral hemoraji, kafa travması ve karotis endarterektomi cerrahisi sonrası) kan gazı parametreleri arasındaki ilişkiyi inceleyen bazı çalışmalar vardır. Bu çalışmalardan birinde Soyombo ve ark. intrakranial kanama geçiren hastalarda arteriyel kan gazı sonuçlarını değerlendirmişler, asit baz dengesizliği olan hastalarda glaskow koma skalası düşüklüğünün daha fazla olduğunu belirtmişlerdir (6).

Yine kan gazı analizi ile ilgili ilk klinik çalışmalardan biri sayılabilecek Mohr ve ark. çalışmasında karotis endarterektomi uygulanan vakalarda arteriyel kan gazını değerlendirmişlerdir. Karotis endarterektomi sırasında genel anestezi alan ve kan gazı hiperkarbik olan hastalarda inme riskinin anlamlı oranda arttığını bildirmişlerdir (7).

Bazzazi ve ark. ise çalışmalarında kafa travması ile başvuran 70 hastada arteriyel kan gazı analizi ile hastaların klinik sonlanımı arasındaki ilişkiyi değerlendirmiş, başvuru anındaki arteriyel kan gazının hastaların klinik sonlanımı için

öngördürücü bir parametre olamayacağını belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada pO_2 değeri daha yüksek olan hastalarda hayatta kalma oranının daha yüksek olduğunu ancak istatistiksel olarak anlamlı derecede yükseklik bulunmadığını ($p=0,08$) belirtmişlerdir (8). Benzer şekilde Valaka ve ark. beyin dokusundaki pO_2 değerinin kafa travması sonrası kritik olduğunu, pO_2 düşüklüğü olan hastalarda mortalitenin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (9).

Çalışmamız sonuçlarına göre ilk başvuru sırasında kan gazında parsiyel oksijen basıncı (pO_2) daha düşük olanlarda, hem üçüncü aydaki mRS ≥ 3 ile kötü klinik sonlanım hem de üçüncü ay sonunda mortalite gelişimi anlamlı oranda daha yüksek saptandı. İnme hastalığında, hastaların semptomlarının ortaya çıktığı dönemde hipoksemi gelişiminin hastalardaki mortalite oranını artırdığına yönelik benzer çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin; Rowat ve ark. çalışmalarında inme sırasındaki hipokseminin ölüm riskini artırdığını ve bu nedenle hipoksinin olumsuz etkisinin engellenmesi için gerekli önlemlerin (hava yolunun açıklığı, oksijen desteği vb.) alınması gerektiğini belirtmişlerdir (10). Yine Rowat ve ark., Tyson ve ark. çalışmalarında kas gücü defisiti olan akut inme hastalarında hasta yatış pozisyonunun oksijen saturasyonunu etkilediğini ve böylelikle klinik sonlanım üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir (11, 12).

Çalışmamızda büyük damar oklüzyonu olan hastalarda kan gazı parametreleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde ise, parsiyel karbondioksit basıncının (pCO_2) ve bikarbonat düzeylerinin anlamlı oranda daha düşük olduğu ancak pO_2 değerleri açısından anlamlı bir farklılık olmadığı saptanmıştır. Bu durumu büyük damar oklüzyonlarında gelişebilen hiperventilasyon ve takipne sonucunda solunum frekansının daha fazla oluşu ile pCO_2 düşüklüğü, solunumsal alkaloz ve buna kompanzatuvar olarak gelişen bikarbonat düşüklüğü ile açıklayabiliriz.

Sonuç olarak hipoksi inme sonrasında sık görülen bir durumdur ve kötü klinik sonlanım ile ilişkilidir. İnme kliniğini takiben hipoksi durumu; pnömoni, aspirasyon ve solunum kaslarının disfonksiyonu, uyku apne sendromu, pulmoner emboli ve kardiyak yetmezlik gibi nedenlere bağlı olarak gelişebilmektedir. Ek oksijen desteği vermek ile ilgili kanıtlar şu anda yetersiz olmakla birlikte, akut inme hastalarında tüm hipoksi nedenlerini belirlemek ve hızlı bir şekilde tedavi etmenin hayati önem sahip olduğu görülmektedir (13).

Sonuç

Çalışmamızda inme hastalarında ilk başvuru anında kan gazında saptanan hipoksi ile üçüncü ay sonunda kötü klinik sonlanım ve mortalite gelişimi arasında istatistik olarak anlamlı oranda artış görülmüştür. Bununla birlikte çalışmamız

sonuçlarına göre inme hastalarında ek oksijen tedavisi ile ilgili randomize kontrollü daha büyük hasta sayısı içeren çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Kaynaklar

1. Menezes KK, Nascimento LR, Avelino PR, Alvarenga MTM, Teixeira-Salmela LF. Efficacy of Interventions to Improve Respiratory Function After Stroke. *Respir Care* 2018; 63(7): 920-33.
2. Frostad A, Soyseth V, Haldorsen T, Andersen A, Gulsvik A. Respiratory symptoms and long-term cardiovascular mortality. *Respir Med* 2007; 101(11): 2289-96.
3. Martin GS. Fluid balance and colloid osmotic pressure in acute respiratory failure: emerging clinical evidence. *Crit Care* 2000; 4 Suppl 2: S21-5.
4. Park JJ, Choi DJ, Yoon CH, Oh IY, Lee JH, Ahn S, Yoo BS, Kang SM, Kim JJ, Baek SH, Cho MC, Jeon ES, Chae SC, Ryu KH, Oh BH; KorHF Registry. The prognostic value of arterial blood gas analysis in high-risk acute heart failure patients: an analysis of the Korean Heart Failure (KorHF) registry. *Eur J Heart Fail* 2015; 17(6): 601-11.
5. Yoon W, Kim SK, Park MS, Baek BH, Lee YY. Predictive Factors for Good Outcome and Mortality After Stent-Retriever Thrombectomy in Patients With Acute Anterior Circulation Stroke. *J Stroke* 2017; 19(1): 97-103.
6. Soyombo O, Ganbold L. Arterial blood gas and acid base disbalance in intracranial hemorrhage. *Mong Med Sci J* 2013; 166(4): 27-31.
7. Mohr LL, Smith LL, Hinshaw DB. Blood gas and carotid pressure: factors in stroke risk. *Ann Surg* 1976; 184(6): 723-7.
8. Bazzazi A, Hasanloei MA, Mahoori A, Gholamnejad M, Tarverdipour H. Correlation between arterial blood gas analysis and outcome in patients with severe head trauma. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2014; 20(4): 236-40.
9. Valadka AB, Gopinath SP, Contant CF, Uzura M, Robertson CS. Relationship of brain tissue PO2 to outcome after severe head injury. *Crit Care Med* 1998; 26: 1576-81.
10. Rowat AM, Dennis MS, Wardlaw JM. Hypoxaemia in acute stroke is frequent and worsens outcome. *Cerebrovasc Dis* 2006; 21(3): 166-72.
11. Rowat AM, Wardlaw JM, Dennis MS, Warlow CP. Patient positioning influences oxygen saturation in the acute phase of stroke. *Cerebrovasc Dis* 2001; 12(1): 66-72.
12. Tyson SF, Nightingale P. The effects of position on oxygen saturation in acute stroke: a systematic review. *Clin Rehabil* 2004; 18(8): 863-71.
13. Ferdinand P, Roffe C. Hypoxia after stroke: a review of experimental and clinical evidence. *Exp Transl Stroke Med* 2016; 7: 8:9.