

Kan gazları, Biyokimya ve kan sayım cihazlarında ölçülen sodyum, potasyum ve hemoglobin değerlerinin total izin verilen hata sınırlarına göre değerlendirilmesi

EVALUATION OF SODIUM, POTASSIUM AND HEMOGLOBIN VALUES MEASURED IN BLOOD GASES, BIOCHEMISTRY AND BLOOD COUNTING DEVICES ACCORDING TO THE TOTAL ALLOWABLE ERROR LIMITS

 Kaan KUZU¹,  Serap UYSAL¹,  Giray BOZKAYA¹

¹Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İzmir Bozyaka Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Tıbbi Biyokimya Laboratuvarı, İzmir, Türkiye

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İzmir Tıp Fakültesi, Bozyaka Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Tıbbi Biyokimya Laboratuvarı, İzmir, Türkiye

ÖZ

Amaç: Çalışmamızda biyokimya, kan sayım ve kan gazı cihazlarında eş zamanlı ölçülen sodyum, potasyum ve hemoglobin değerlerinin %95 güven aralığının hesaplanması ve toplam izin verilen hata sınırları ile karşılaştırılması amaçlandı.

Gereç ve Yöntem: Hastanemize başvuran 2341 hastanın sodyum, potasyum ve hemoglobin değerleri retrospektif olarak incelendi. Kan gazı cihazlarından eş zamanlı elde edilen sonuçlar, biyokimya ve kan sayım cihazından elde edilen veriler ile karşılaştırıldı. Sodyum ve potasyum testleri kan gazı cihazlarında direkt iyon seçici elektrot yöntemiyle, biyokimya cihazında indirekt iyon seçici elektrot yöntemiyle ölçüldü. Sodyum testi, hiponatremi, normonatremi ve hipernatremi olacak şekilde, potasyum testi ise hipopotasemi, normopotasemi, hiperpotasemi olacak şekilde gruplandırıldı. Hemoglobin testi hem kan gazı cihazında hem de kan sayım cihazında fotometrik yöntem ile ölçüldü, kadın ve erkekler için Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği değerlere göre gruplandırıldı. Her bir alt grup için %95 güven aralığı hesaplandı ve toplam izin verilen hata sınırları ile karşılaştırıldı.

Bulgular: Sodyumun tüm düzeyleri ile hemoglobinin sadece yüksek düzeylerinin %95 güven aralığı değerleri, toplam izin verilen hata sınırları dışında bulunduğu için uyumlu olmadığı görüldü.

Sonuç: Elde edilen %95 güven aralığı değerleri, sodyum ve hemoglobin sonuçlarının hastanın klinik durumuna göre değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir. Ayrıca hastaların takibinde farklı cihaz sonuçlarının karşılaştırılmaması gerektiği de unutulmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Hemoglobin, Elektrolitler, Kan Gazı Analizi

Kaan KUZU

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İzmir Bozyaka Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Tıbbi Biyokimya Laboratuvarı, İzmir, Türkiye
E-posta: kaan_kuzu_2042@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0888-9177>

ABSTRACT

Objective: In our study, we aimed to calculate the 95% confidence intervals of sodium, potassium and hemoglobin values measured simultaneously in biochemistry, blood count and blood gas devices and to compare them with the total allowable error limits.

Materials and Methods: Sodium, potassium and hemoglobin values of 2341 patients admitted to our hospital were analyzed retrospectively. Simultaneous results obtained from blood gas devices were compared with data obtained from biochemistry and blood counters. Sodium and potassium tests were measured by direct ion selective electrode method in blood gas devices and indirect ion selective electrode method in biochemistry device. Sodium test was grouped as hyponatremia, normonatremia and hypernatremia and potassium test was grouped as hypopotassemia, normopotassemia and hyperpotassemia. Haemoglobin test was measured by photometric method in both blood gas device and blood counting device and grouped according to the values determined by the World Health Organisation for men and women. For each subgroup, 95% confidence intervals were calculated and compared with the total allowable error limits.

Results: All levels of sodium test and only high levels of hemoglobin were found to be incompatible because the 95% confidence interval value was outside the allowable error limits.

Conclusion: The obtained 95% confidence interval values showed that sodium and hemoglobin results should be evaluated according to the clinical condition of the patient. It should also be kept in mind that different device results should not be compared in the follow-up of patients.

Keywords: Hemoglobin, Electrolytes, Blood Gas Analysis

Acil ve yatan hasta servislerinde eş zamanlı olarak kan gazı, biyokimya ve kan sayım tetkikleri istenebilmektedir. Kan gazı cihazları elektrolit, asit-baz dengesi, hemoglobin (Hgb) gibi önemli bilgileri çok kısa sürede sağlayan cihazlardır (1). Kan gazı tetkikinde bulunan sodyum (Na), potasyum (K) gibi elektrolitler başta olmak üzere bazı tetkikler biyokimya isteminde de yer almaktadır (2). Elektrolit tayini için hem kan gazı cihazında hem de otoanalizörlerde yaygın kullanılan metot iyon selektif elektrot metodudur (3). Ancak kan gazı analizörleri direkt iyon selektif elektrot (ISE) yöntemini kullanarak heparinle dilüe edilmiş arter kan örneği kullanırken; biyokimya otoanalizörleri indirekt ISE yöntemini kullanarak dilüe edilmiş venöz serum örneğini kullanır (4). Kan gazı cihazlarında olduğu gibi tam kan örneği kullanmak kanın pıhtılaşmasını beklemeye gerek

kalmadığından dolayı sonucun çıkma süresini kısaltır (3).

Kan sayım cihazları, kan gazı analizörlerinden birtakım farklılıklarla Hgb konsantrasyonunu ölçmektedir. İki cihaz da fotometrik yöntem ile Hgb konsantrasyonunu ölçmelerine rağmen Hgb'yi hücre dışına çıkarmak (hemolizasyon) için farklı yöntemler kullanmaktadırlar. Kan gazı analizörleri bu işlem için ultrasonik hemolizasyon kullanırken, kan sayım cihazları siyanür içermeyen bir reaktif de dahil olmak üzere bir dizi kimyasal yöntem kullanılabilir (5).

Elektrolit ve asit baz dengesi bozukluklarını değerlendirmek için test sonuçlarının hızlı kullanılabilirliği klinik durumun yönetimi için ön koşuldur. Otoanalizörlerden ilerlemiş biyomühendisliğe rağmen sonuç elde edilmesi kan örneklerinin toplanması ve

transportu dışında yaklaşık 30 dakika zaman almaktadır (6).

Klinisyenler şok, kardiyak arrest gibi bazı durumlarda hastaya hızlı müdahale etmek zorunda kalabilir. Bu gibi durumlarda birkaç dakika içinde kan gazı cihazından elde edilen sonuçlar tedavinin başlanmasında diğer cihaz ölçümlerine alternatif olmaktadır (7). Ancak aynı testlerin farklı cihazlar ve farklı metotlarla ölçülmesi farklı sonuçların çıkmasına neden olabilmektedir (8).

Çalışmamızda biyokimya, kan sayım ve kan gazı cihazlarında eş zamanlı ölçülen Na, K ve Hgb testlerinin %95 güven aralığının hesaplanması ve total izin verilen hata sınırları ile karşılaştırılması amaçlandı.

GEREÇ VE YÖNTEM

Sağlık Bilimleri Üniversitesi İzmir Bozyaka Eğitim ve Araştırma Hastanesine 2021 Eylül, Ekim ve Kasım aylarında başvuran 18 yaş ve üstü 2341 hastanın Na, K ve Hgb değerleri, etik kurul onayı (Karar No: 2021/150, Tarih:25/08/2021) alındıktan sonra Hastane Bilgi Yönetim Sisteminden alınarak retrospektif olarak incelendi.

Klinik Laboratuvar Standartları Ulusal Komitesi (National Committee for Clinical Laboratory Standards – NCCLS), laboratuvar testlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini değerlendirmek için standart yöntemler geliştiren bir kuruluştur. NCCLS, metot karşılaştırmada kullanılan minimum kişi sayısını belirlemek için EP9-A isimli bir kılavuz yayınlamıştır. Bu kılavuza göre, iki metot arasındaki farkı saptamak için en az 40 farklı hasta örneği kullanılmalıdır (9).

Sodyum ve potasyum tetkikleri, biyokimya cihazında (Roche Diagnostics®, Mannheim, Almanya) indirekt ISE ile; kan gazı analizöründe (ABL Flex 800, Radiometer Medical ApS, Bronshoj, Danimarka) direkt ISE yöntemleri ile ölçüldü. Sodyum testi, 136 mmol/L'nin altındaki değerleri için hiponatremi, 136-145 mmol/L değerleri için normonatremi, 145 mmol/L'nin üzerindeki değerler için hipernatremi olacak şekilde gruplandırıldı. Potasyum testi, 3,5 mmol/L'nin altındaki değerleri için hipopotasemi, 3,5-5,1 mmol/L değerleri için normopotasemi, 5,1 mmol/L'nin üzerindeki değerler için hiperpotasemi olacak şekilde gruplandırıldı (3). Hemoglobin tetkiki kan sayım cihazında

(Sysmex XN-1000 Hematolgy Analyzer, Norderstedt, Almanya) ve kan gazı analizöründe fotometrik yöntem kullanılarak ölçüldü. Hemoglobin değerleri için kan sayım cihazından elde edilen sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü'nün kadın ve erkekler belirlediği referans aralıkları doğrultusunda alt gruplara ayrıldı. Kadınlarda hemoglobin testi, 12 g/dL'nin altındaki değerleri için anemi, 12-15 değerleri için normal, 15 g/dL'nin üzerindeki değerleri için polisitemi olacak şekilde gruplandırıldı. Erkeklerde ise hemoglobin testi, 13 g/dL'nin altındaki değerleri için anemi, 13-17 değerleri için normal, 17 g/dL'nin üzerindeki değerleri için polisitemi olacak şekilde gruplandırıldı (10). Tüm hastaların venöz kanındaki Na, K, Hgb değerleri ile arteriyel kanındaki Na, K, Hgb değerleri ile karşılaştırıldı. Çıkan sonuçlar ek olarak yaş aralıklarına göre değerlendirildi.

Her numunenin iki ölçümü arasındaki farkın mutlak değeri, ölçümlerin ortalamasına oranlandı. Çıkan sonucun yüzde değeri bulundu. Elde edilen yüzde değerlerin ortalaması alınarak ortalama %bias elde edildi. Daha sonra her bir test grubuna ait ortalama %biasın, %95 Güven Aralığı (GA) hesaplandı.

Verilerimiz için %95 GA hesaplanırken Westgard ve ark.'nın önerdiği şu formül kullanıldı (11):

$$\%95 \text{ GA} = \bar{x} + Z \times s / \sqrt{n}$$

Burada Z değeri, Z olasılık tablosunda %95 olasılık düzeyinde çift yönlü Z değeridir ve 1,96'ya karşılık gelir. \bar{x} değeri ise ortalama %Bias'a denk gelmektedir. Standart sapmanın (s), veri sayısının (n) kareköküne bölünmesi ise ortalamanın standart hatası (SeM) değerine karşılık gelmektedir (%95 GA = %Bias + 1.96 x SeM). Ortalamanın standart hatası, MedCalc® Statistical Software sürüm 19.7.4 (MedCalc Software Ltd, Ostend, Belçika) kullanılarak hesaplandı. Daha sonra, elde edilen %95 GA değeri, izin verilen toplam hata (TEa) sınırları ile karşılaştırıldı. Eğer çıkan sonuç TEa'dan büyük ise iki ölçüm yöntemi arasındaki farkın anlamlı olduğuna karar verildi. Analitlerimiz için %95 GA ve TEa oranları Tablo I'de gösterildi.

Tablo 1. Analitlerimizin %95 Güven Aralığı Değerleri ve İzin Verilen Toplam Hata Limitleri

Analit	Grup/ Subgrup	n	Ortalama %Bias	SeM* (%)	%95 GA**	%TEa***	
Sodyum (mmol/L)	Tümü	2341	1,42	0,02	1,5	0,73	
	<136	753	1,55	0,04	1,6	0,73	
	136-145	1494	1,32	0,03	1,4	0,73	
	>145	94	1,91	0,13	2,2	0,73	
Potasyum (mmol/L)	Tümü	2341	3,24	0,05	3,4	5,61	
	<3,5	233	4,26	0,11	4,5	5,61	
	3,5-5,1	2005	3,14	0,10	3,3	5,61	
Hemoglobin (g/dL)	Tümü	2341	3,41	0,05	3,5	4,19	
	Kadınlar	Tümü	1158	3,36	0,08	3,5	4,19
		<12	594	3,38	0,11	3,6	4,19
12-15		539	3,34	0,10	3,5	4,19	
Erkekler	>15	25	3,46	0,44	4,3	4,19	
	Tümü	1183	3,41	0,05	3,5	4,19	
	<13	484	3,61	0,13	3,9	4,19	
	13-17	672	3,32	0,09	3,5	4,19	
	>17	27	4,42	0,35	5,1	4,19	

*Ortalamanın Standart Hatası

**Güven Aralığı

***Toplam İzin Verilen Hata Sınırı

Dar bir analitik aralığı kapsayan sodyum veya potasyum gibi karşılaştırma sonuçları için, genellikle sonuçlar arasındaki ortalama farkın hesaplanması ve TEa ile karşılaştırılması en iyisidir. Ancak yöntemin kabul edilebilirliğini değerlendirmek yerine, veri aralığının eğim ve kesişimi için iyi tahminler sağlayacak kadar geniş olup olmadığını belirlemek amacıyla korelasyon katsayısı (r) da hesaplanabilir (12).

Korelasyon testi için, veriler Microsoft Excel®'e aktarıldı. Sonuçlarımız Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) sürüm 26.0 (IBM®, Armonk, New York, ABD, 2019) kullanılarak analiz edildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov Testi ile kontrol edildi. Hemoglobinin yüksek değerlerinin normal dağılıma uygunluğu, veri sayısı 30'un altında kaldığı için Shapiro Wilk Testi ile değerlendirildi. Normal dağılım gösteren erkek cinsiyetteki hemoglobinin yüksek değerleri Pearson korelasyon analizi ile, normal dağılıma uymayan testler

Spearman korelasyon analizi ile değerlendirildi. Korelasyon sınıflaması Westgard ve ark.'nın belirlediği korelasyon gücü tablosuna göre yapılmıştır (13). İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak alındı.

BULGULAR

Çalışmada 1158 kadın ve 1183 erkek hastanın venöz ve arteriyel numuneleri vardı. Tüm grubun yaş ortalaması 56 idi (18-97).

Toplam 2341 sonuçtan potasyum testinin tüm alt grupları ile hemoglobinin düşük ve normal değerleri için hesaplanan %95 GA değeri, TEa içerisindeydi. Sodyum testi ve Hgb'nin yüksek değerleri için hesaplanan %95 GA değerinin ise TEa sınırlarının üzerinde olduğu bulundu (Tablo 1). Ayrıca tüm alt gruplar yaş aralıklarına göre incelendiğinde de aynı sonuçlar elde edildi.

Arteriyel ve venöz örnekler arasındaki korelasyon sonucu değerlendirildiğinde, normonatremi grubunda ve hemoglobinin cinsiyete bağlı yüksek değerlerinde orta

düzye korelasyon saptandı. Sodyumun diğer altgruplarında ise yüksek düzye korelasyon gözlemlendi (Tablo 2).

Tablo 2. Analitlerin Arteriyel ve Venöz Sonuçlarının Arasındaki Korelasyon Katsayıları

	Arteriyel	Korelasyon Katsayısı (r)	Korelasyon Gücü	Venöz	
Sodyum (mmol/L)	Tümü	0,77	Yüksek	Tümü	
	<136	0,74	Yüksek	<136	
	136-145	0,51	Orta	136-145	
	>145	0,80	Yüksek	>145	
Potasyum (mmol/L)	Tümü	0,95	Çok yüksek	Tümü	
	<3,5	0,73	Yüksek	<3,5	
	3,5-5,1	0,92	Çok yüksek	3,5-5,1	
	>5,1	0,85	Yüksek	>5,1	
(g/dL)	Tümü	0,98	Çok yüksek	Tümü	
	Tümü	0,97	Çok yüksek	Tümü	
	Kadın	<12	0,95	Çok yüksek	<12
		12-15	0,84	Yüksek	12-15
		>15	0,54	Orta	>15
Hemoglobin	Tümü	0,98*	Çok Yüksek	Tümü	
	Erkek	<13	0,96	Çok yüksek	<13
		13-17	0,90	Çok yüksek	13-17
		>17	0,63**	Orta	>17

*Normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk Testi ile değerlendirilmiştir.

**Shapiro Wilk testine göre normal dağılıma uyduğu görüldüğü için Pearson testi ile değerlendirilmiştir.

TARTIŞMA

Kan gazı cihazları en hızlı sonuç veren cihazlardan biri olduğu için bu cihazlardan elde edilen Na, K ve Hgb sonuçlarının en kısa sürede çıkması hastaya müdahale açısından büyük avantaj sağlamaktadır (14). Kan gazı cihazı ile biyokimya ve kan sayım cihazında kullanılan numune ve ölçüm yöntem farklılıkları ayrıca preanalitik süreçteki değişkenler, tetkiklerdeki aynı parametreler için

kabul edilebilir sınırlar içinde olmayan farklı değerlerin ölçülmesine neden olabilir (5,6,15).

Çalışmamızda, 2341 sonuçtan sodyum analitinin tüm alt gruplarında hesaplanan %95 GA değeri, TEa'nın üstündeydi (Tablo 1). Sodyum için CLIA tarafından belirlenen TEa sınırı %0,73'tür (16). Bu değer, 160 mmol/L çıkan bir sonuçta 1,168 mmol/L'lik fark demektir. Bu küçük fark düşünülecek olursa, sodyumun TEa sınırı tekrardan gözden geçirilmelidir. Ancak bu verilere rağmen iki farklı

ölçüm yöntemi arasında anlamlı farklılık bulunması nedeni ile elde edilen sonuçların birbiri yerine kullanılması, özellikle tedavi sırasında yanlış uygulamalara neden olabilir.

Budak ve ark.'nın 2557 hasta ile yaptıkları çalışmada kan gazı ve otoanalizörden elde edilen Na değerleri hiponatremi, normonatremi ve hipernatremi olarak 3 alt grup halinde incelenmiştir. İki farklı cihaz karşılaştırıldığında venöz ve arteriyel kan sonuçları arasında farklılık olduğu saptanmıştır. Arteriyel ve venöz sodyum değerleri arasında yapılan Spearman korelasyon testi sonucunda elde edilen korelasyon katsayısı 0.9 idi (17). Sodyum alt gruplarında anlamlı farklılıklar saptanan diğer çalışmalar da iki farklı ölçüm yöntemi ile elde edilen Na değerlerinin birbiri yerine kullanılamayacağı yönünden çalışmamızı desteklemekteydi (2,14).

Bu farklılıkların nedeni direkt ve indirekt ISE yöntemlerinin ölçüm prensibinden kaynaklanabilir. Direkt ISE yöntemlerinde numune seyreltilmeden elektrot yüzeyine uygulanır ve ilgili iyonun aktivitesi doğrudan tam kandan ölçülür. İndirekt ISE yöntemlerinde ise numuneler belirli bir oranda seyreltilerek düşük numune hacimleriyle ölçüm yapılması ve ölçülebilir konsantrasyon aralığının genişletilmesi sağlanır. Numunenin seyreltilmesi, plazmanın katı bileşeninin arttığı durumlarda 'elektrolit dışlama etkisi' adı verilen önemli bir etkiye neden olur. Bu da genellikle sodyum seviyelerinin yanlışlıkla düşük ölçülmesine yol açar. Bu durum aşırı hiperproteinemi veya hiperlipidemi gibi durumlarda daha sık görülür (18). Bunun tam tersi olarak hipoalbuminemi veya hipoproteinemi durumlarında sodyum seviyeleri yanlışlıkla yüksek ölçülmektedir (19). Ayrıca literatürde, yüksek glukoz seviyelerinde indirekt ISE yöntemiyle ölçülen sodyum seviyelerinin direkt ISE yöntemiyle ölçülen sodyum seviyelerinden daha düşük olduğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (20).

Jain ve ark., kan gazı analizöründe ölçülen potasyum ile biyokimya otoanalizörü ile ölçülen potasyum arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gözlemlediler. Arteriyel ve venöz potasyum değerleri arasında yapılan korelasyon testi sonucunda elde edilen korelasyon katsayısı 0.72 idi (2). Potasyum testinin %95 GA

değerinin TEa'nın ötesine geçmediğini gösteren çalışmamız diğer çalışmalar tarafından da desteklenir nitelikteydi (8,21).

Araştırmamız, arteriyel ve venöz Hgb'nin düşük ve normal değerlerinin (Tablo 1) %95 GA değerlerinin TEa'yı aşmadığını göstermiştir. Hemoglobinin yüksek değerlerinde hem kadınlarda hem de erkeklerde arteriyel ve venöz kanlar karşılaştırıldığında %95 GA değeri TEa'yı aştığı görüldü. Bu nedenle elde edilen sonuçların birbiri yerine kullanılması, özellikle tedavi sırasında yanlış uygulamalara neden olabilir. Eşleştirilmiş 9389 örneğin analiz edildiği bir çalışmada da farklı ölçüm yöntemleri ile elde edilen Hgb sonuçlarından yüksek değerlerinin birbiri yerine kullanılmaması gerektiğinin vurgulanmış olması bu görüşümüzü desteklemektedir (8).

Hemoglobinin yüksek değerlerinde, her iki cinsiyette de kan gazı cihazında ölçülen hemoglobin değerlerinin ortalamasının, hemogram cihazında ölçülen değerlerin ortalamasından daha yüksek olduğu görüldü. Bunun sebebi olarak yüksek hemoglobin düzeylerinde, kan gazı cihazında hemoglobini hücre dışına çıkarmada kullanılan ultrasonik yöntemin, hemogram cihazında kullanılan kimyasal yöntemden daha etkili olduğu düşünülebilir.

Çalışmamızda da görüldüğü gibi farklı cihaz ve ölçüm yöntemleri ile elde edilen aynı parametrelere ait sonuçlar eşdeğer olduğu varsayımıyla birbiri yerine tam anlamıyla kullanılmamalıdır. Hekimlerin potansiyel yanlış teşhisten ve gereksiz tedaviden kaçınmak için testler arasındaki farklılıkların ve hastaların klinik durumu göz önünde bulundurulması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Lee EJ, Do Shin S, Song KJ, Kim SC, Cho JS, Lee SC et al. A point-of-care chemistry test for reduction of turnaround and clinical decision time. The American journal of emergency medicine 2011;29(5):489-495.
2. Jain A, Subhan I, Joshi M. Comparison of the point-of-care blood gas analyzer versus the laboratory auto-analyzer for the measurement of

- electrolytes. *International journal of emergency medicine* 2009;2(2):117-120.
3. Rifai N, Horvath AR, Wittwer CT. *Analytes*. Tietz textbook of clinical chemistry and molecular diagnostics. 6th ed. St. Louis: Elsevier; 2018. p.604-606.
 4. Pungor E. Working mechanism of ionhselective electrodes. *Pure and applied chemistry* 1992;64(4):503-507.
 5. Gehring H, Hornberger C, Dibbelt L, Roth-Isigkeit A, Gerlach K, Schumacher J et al. Accuracy of point-of-care-testing (POCT) for determining hemoglobin concentrations: *Acta Anaesthesiologica Scandinavica* 2002;46(8):980-986.
 6. Nanda SK, Ray L, Dinakaran A. Agreement of arterial sodium and arterial potassium levels with venous sodium and venous potassium in patients admitted to intensive care unit. *Journal of clinical and diagnostic research* 2015;9(2):28.
 7. Altunok I, Aksel G, Eroğlu SE. Correlation between sodium, potassium, hemoglobin, hematocrit, and glucose values as measured by a laboratory autoanalyzer and a blood gas analyzer. *The American Journal of Emergency Medicine* 2019;37(6):1048-1053.
 8. Prakash S, Bihari S, Lim ZY, Verghese S, Kulkarni H, Bersten AD. Concordance between point-of-care blood gas analysis and laboratory autoanalyzer in measurement of hemoglobin and electrolytes in critically ill patients. *Journal of Clinical Laboratory Analysis* 2019;32(6):224-225.
 9. NCCLS. Method comparison and bias estimation using patient samples; Approved guideline. National Committee for Clinical Laboratory Standards documents EP9-A. NCCLS, Wayne, PA, 1995.
 10. WHO. Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity. Vitamin and Mineral Nutrition Information System. WHO/NMH/NHD/MNM/11.1. Geneva: World Health Organization; 2011 [Erişim Tarihi: 02 Eylül 2023]. Erişim Adresi: <http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin.pdf>
 11. Westgard JO, Carey RN, Wold S. Criteria for judging precision and accuracy in method development and evaluation. *Clinical chemistry* 1974;20(7):825-833.
 12. Westgard JO, Hunt MR. Use and interpretation of common statistical tests in method-comparison studies. *Clinical Chemistry* 1973;19:49-57.
 13. Westgard JO, Barry PL, Quam EF, Ehrmeyer SS. Basic method validation: training in analytical quality management for healthcare laboratories. Westgard Quality Corporation, Inc., Madison, WI, 2008.
 14. Prichard JS, French JS, Alvar N. Clinical evaluation of the ABL-77 for point-of-care analysis in the cardiovascular operating room. *The Journal of extra-corporeal technology* 2006;38(2):128.
 15. Gupta S, Gupta AK, Singh K, Verma M. Are sodium and potassium results on arterial blood gas analyzer equivalent to those on electrolyte analyzer? *Indian journal of critical care medicine: peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine* 2016;20(4):233.
 16. CMS, HSS. Clinical Laboratory Improvement Amendments of 1988 (CLIA) Proficiency Testing Regulations Related to Analytes and Acceptable Performance. *Federal Register* 2019; 84:1536-1567.
 17. Budak Y, Huysal K, Polat M. Use of a blood gas analyzer and a laboratory autoanalyzer in routine practice to measure electrolytes in intensive care unit patients. *BMC Anesthesiology* 2012;12(1):1-7
 18. Chopra P, Datta SK. Discrepancies in electrolyte measurements by direct and indirect ion selective electrodes due to interferences by proteins and lipids. *Journal of Laboratory Physicians* 2020;12(2):84-91.
 19. Gohel M, Makadia JS, Chakrabarti C. Effect of hypoproteinemia on electrolyte measurement by direct and indirect ion selective electrode methods. *Journal of Laboratory Physicians* 2021;13(2):144-147.
 20. Goyal B, Datta SK, Mir AA, Ikkurthi S, Prasad R, Pal A. Increasing glucose concentrations interfere

with estimation of electrolytes by indirect ion selective electrode method. Indian Journal of Clinical Biochemistry, 2016;31:224-230.

21. Hohmann C, Pfister R, Kuhr K, Merkle J, Hinzmann J, Michels G. Determination of Electrolytes in Critical Illness Patients at Different pH Ranges. Whom Shall We Believe, the Blood Gas analysis or the Laboratory Autoanalyzer? Critical Care Research and Practice 2019.