

Ölçüm Yerine Göre Kan Şekeri Değerleri

Blood Glucose Levels Changes in Different Sampling Sites

Dr. İbrahim KURT,^a
Dr. Mediha AYHAN,^b
Dr. Şevket Şenol AYHAN,^c
Dr. Aslıhan KARUL,^d
Dr. Engin GÜNEY,^e
Dr. Meryem Nil KAAAN,^a
Mevlüt TÜRE^f

^aAnesteziyoloji ve Reanimasyon AD,

^bTıbbi Biyokimya AD,

^cEndokrinoloji ve Metabolizma Hastalıkları BD,

^dBiyostatistik AD,

Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi,

^eEndokrinoloji ve Metabolizma Hastalıkları Kliniği,

^fAnesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Aydın Devlet Hastanesi, Aydın

Geliş Tarihi/Received: 09.02.2011

Kabul Tarihi/Accepted: 11.02.2011

Yazışma Adresi/Correspondence:

Dr. İbrahim KURT

Adnan Menderes Üniversitesi

Tıp Fakültesi,

Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD,

Aydın,

TÜRKİYE/TURKEY

ikurt@adu.edu.tr

ÖZET Amaç: Kan şekeri düzeyinin yakından izlenmesi ve sıkı kontrolü yoğun bakım ünitelerinde giderek önem kazanmaktadır. Bu nedenle kan şekeri düzeylerinin doğru ve sık olarak ölçülmesi gereklidir. Hastane laboratuvarlarında kan şekeri düzeyi bakılması tedavide aksamaya yol açabilecek kadar uzun sürdüğü için, glukometre ile yatak başı ölçüm sık olarak yapılmaktadır. Ancak, bu yöntemin diğer ölçüm yöntemleriyle korelasyonunu inceleyen araştırmalar azdır. Çalışmamızın amacı kan şekeri düzeylerini farklı yerlerden ve farklı yöntemlerle ölçmenin sonuçları etkilemediğini saptamaktır. **Gereç ve yöntemler:** Sürekli glukoz ölçüm sistemi (CGMS) takılan 5 erişkin hastada 5 gün süreyle, eş zamanlı olarak 4 saat ara ile glukometre (GM) ile parmak ucu kapiller kan, arteriyel, santral ve periferik venöz kandan şekeri ölçümü yapılmıştır. Ayrıca arteriyel, santral ve periferik venöz kan örnekleri Biyokimya Laboratuvarına (BK) gönderilerek otoanalizörlerle kan şekeri bakılmıştır. Ölçüm yöntem ve yerlerinin değerlerinin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile, bir birleri ile karşılaştırması Wilcoxon T testi ile, birbirleriyle olan ilişkileri Pearson korelasyon katsayısı ile incelenmiştir. En küçük varyanslı kan şekeri ölçüm yöntem ve yeri ile diğer ölçüm yöntem ve yerlerinin varyansları Levene testi ile karşılaştırılmıştır. p değeri 0.05 altında olan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. **Bulgular:** Kan şekeri değerlerinin ölçüm yöntem ve yerleri arasında pozitif korelasyon saptanmıştır. En yüksek ilişki santral venöz BK ile santral venöz GM ve parmak ucu GM ile periferik GM arasında bulunmuştur. Kan şekeri değerleri dağılımı incelendiğinde en homojen dağılımın periferik BK ve en heterojen ve çarpık dağılım ise yöntemle bakılmaksızın arterden alınan kanlarda olduğu izlenmiştir. En küçük varyanslı olan periferik BK ile diğer değişkenlerin varyansları karşılaştırıldığında, CGMS, santral venöz GM, periferik GM, parmak ucu GM ve GCMS arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamış ($p>0.05$), santral venöz BK, arteriyel GM ve arteriyel BK arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.01$). **Sonuç:** İstatistiksel olarak en küçük varyans değerinin periferik venlerden alınıp biyokimya laboratuvarında ölçüm yapılan örneklerde olduğu saptanmıştır. Kısa sürede sonuç alınabilme, ucuzluk ve doğru sonuç alınabilme gibi özelliklerine bakıldığında parmak ucundan alınan kan ile yatak başı glukometre kullanımı şu an için en uygun seçenek gibi görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kan şekeri; yoğun bakım; hipoglisemi

ABSTRACT Objective: Blood glucose monitoring and close follow-up has gradually become crucial in intensive care units, therefore blood glucose levels should be accurately and frequently measured. Since this analysis in biochemistry laboratories takes considerably longer time to cause delays in treatment, bedside measurements by glucometer are often performed. However, there are few studies investigating the correlation of this method with others. This study is aimed to determine whether blood glucose measurements from different sites and different methods affects the results or not. **Material and Methods:** Blood glucose measurements has been carried out for five days with four-hours intervals simultaneously from finger tip capillary, arterial, central, and peripheral venous blood on five adult patients whom Continuous Glucose Measurement System (CGMS) was subcutaneously inserted. While all samples from four sites were analyzed by glucometer, arterial, central, and peripheral venous blood samples were also studied by auto analyzers in biochemistry laboratory. The normal distribution of measurement methods and sites was analyzed by Kolmogorov-Smirnov test, their comparison by Wilcoxon T test, and their relation with each other by Pearson correlation coefficient. The minimum variance of blood glucose measurement methods and sites and variances of other measurement methods and sites were compared by Levene test. A p value under 0.05 was accepted as statistically significant. **Results:** There is positive correlation between the measurement methods and sites of blood glucose levels. The highest relation was found between central venous BK and GM and finger tip GM and peripheral GM values. When blood glucose value distribution was investigated, the most homogenous distribution was found in peripheral BK and the most heterogeneous and skew distribution was observed in arterial blood samples independent from the method. When the least variances peripheral BK and variances of other methods were compared, no significant difference between CGMS, central venous GM, peripheral GM, finger tip GM and GMCS was found ($p>0.05$), while there was significant difference between central venous BK, arterial GM and arterial BK ($p<0.01$). **Conclusion:** The least variance value was found to be obtained from peripheral venous samples analyzed in biochemistry laboratory. Finger tip blood and bedside glucometry recently seems to be the most proper choice in terms of early and accurate results and low cost.

Key Words: Blood glucose; intensive care; hypoglycaemia

Türkiye Klinikleri J Anest Reanim 2011;9(3):190-5

Yoğun bakım hastalarında hiperglisemi sık görülen bir durumdur. Bunda glukoz metabolizmasının bozulması, insülin direnci gelişimi, ilaçların (ör. Kortikosteroid) kullanımı gibi çeşitli nedenler ileri sürülmektedir.¹ Hiperglisemi nedeniyle insülin sık olarak kullanılmakta bu da tam tersi hipoglisemiye yol açmaktadır. van den Berghe ve ark.nın sıkı insülin tedavisinin mortaliteyi azalttığını bildirdikleri çalışmadan itibaren kan şekeri düzeyinin yakından izlenmesi ve sıkı kontrolü yoğun bakım ünitelerinde giderek önem kazanmaktadır.²

Kan şekeri ölçümleri arteriyel, venöz (santral, periferik veya arteriyelize) veya kapiller olarak alınan örneklerden, biyokimya laboratuvarlarında elle veya otomatik cihazlarla, kan gazı cihazları, taşınabilir glukometreler, spektrofotometrik sistemler veya noninvaziv monitörlerde her birinde diğerlerinden farklı yöntemlerle yapılmaktadır.

Hastane laboratuvarlarında kan şekeri düzeyi bakılması tedavide aksamaya yol açabilecek kadar uzun sürdüğü için, glukometre ile yatak başı ölçüm sık olarak yapılmaktadır. Ancak, ölçüm yöntemlerinin korelasyonunu inceleyen araştırmalar azdır.

Çalışmamızın amacı kan şekeri düzeylerini farklı yer ve yöntemlerle ölçmenin, sonuçları etkileyip etkilemediğini ve yöntemler arasındaki korelasyonu saptamaktır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışma Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu izni ile hasta yakınlarından bildirilmiş olur alınarak yapılmıştır. Yoğun bakım ünitesinde arteriyel ve santral venöz kateteri bulunan, Hemogloblin (Hb) değeri 14 g/dL üzerinde olan, bilinen Diyabetes Mellitus (DM) ve koagülöpatisi olmayan hastalar çalışmaya alınmıştır.

Beş erişkin hastaya 5 gün süre ile sürekli glukoz ölçüm sistemi (CGMS) sabah saat 09.00'da takılmıştır. Bu 5 gün içinde 4 saat ara ile parmak ucu kapiller kan şekeri ölçümü glukometre (GM) ile yapılmıştır. Eş zamanlı olarak arter ve santral venlerden kateter aracılığı ile, periferik venlerden ise doğrudan 4.2 mL kan alınmıştır. Alınan kanların 0,2 mL'si ile yatak başında GM ile kan şekeri ölçümü

yapılmış, kalan kan tüpe konularak Biyokimya (BK) laboratuvarına gönderilmiştir. Çalışmanın her gününde hastaların kan şekeri ölçüm düzeyleri, hemodinamik parametreleri ve tam kan sayımlarının kaydedileceği bir form doldurulmuştur.

KULLANILAN CİHAZLAR

Sürekli Glukoz Ölçüm Sistemi (CGMS)

Karın bölgesine subkütan olarak yerleştirilen bir sensör aracılığıyla glukoz oksidaz yöntemi kullanılarak kan şekeri 10 saniyede bir ölçerek 5 dakikada bir ortalama kan şekeri düzeyini kaydeden bir cihazdır (CGMS System Gold, Medtronic Minimed, Northridge USA). Elde edilen veriler özel bir bilgisayar programı yardımı ile okunmuştur.

Accu Check Active Glukometre

Fotometrik yöntemle, taze kapiller, heparinli venöz ve arteriyel kanda glukoz tayini yapmaktadır. Glukoz boya oksido redüktaz medyatör reaksiyonu sistemi ile çalışmaktadır.(Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Germany)

Biyokimyasal Analiz

Kan şekeri analizi, hasta kanı 1500 devir.dk⁻¹'da 10 dk süreyle santrifüje edildikten sonra Architect C8000 Autoanalyser'de Abbott Diagnostics kits (Cat No:3L82-21 ve 3L82-40, Abbott Laboratories, USA) kullanılarak yapılmıştır. Yöntemin temeli adenzin trifosfat (ATP) ve magnezyum iyonları varlığında Glukoz-6-fosfat (G-6-P) ve adenzin difosfat (ADP) yapımı ile glukozun heksokinaz (HK) tarafından glukoz fosforilasyonudur. Glukoz-6-fosfat dehidrogenaz (G-6-PDH) özellikle G-6-P'ı 6-fosfoglukonata okside ederken eş zamanlı olarak nikotinamid adenin dinükleotidde (NAD) indirgenmiş nikotinamid adenin dinükleotide (NADH) indirgenir. Glukozun her bir mikromolünün tüketiminde bir mikromolekül NADH yapılır. NADH yapımı 340 nm'de ışığı absorbe eder ve absorpsiyonunun artışı spektrofotometrik olarak saptanır.³

İSTATİSTİK YÖNTEM

İstatistiksel analizler, SPSS 15.0 (SPSS, Inc, Chicago, IL, USA) programı kullanılarak yapılmıştır. Kan şekeri değerlerinin normal dağılıma uygun-

luğu Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiştir. Elde edilen değerler normal dağılmadığı için tanımlayıcı istatistikler, medyan (%25-%75) olarak gösterilmiş ve kan şekeri ölçüm yöntem ve yerlerinin bir birleri ile karşılaştırmasında Wilcoxon T testi kullanılmıştır. Kan şekeri ölçüm yöntem ve yerlerinin birbirleriyle olan ilişkileri Pearson korelasyon katsayısı ile incelenmiştir. En küçük varyanslı kan şekeri ölçüm yöntem ve yeri ile diğer ölçüm yöntem ve yerlerinin varyansları Levene testi ile karşılaştırılmıştır. p değeri 0,05 altında olan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR

Çalışmaya alınan hastalarda çalışma sırasında hemodinamik ve solunumsal verilerde değişiklik görülmemiş ve Hb değeri 10 g/dL altına düşmemiştir.

Kan şekeri değerleri, 1050 kan örneğinden alınan ve bilgisayardan okunan eş zamanlı 150 CGMS verisi ile toplam 1200 veriden oluşmuştur.

Ölçülen en düşük değer 21 mg/dL ile arteriyel GM verisi, en yüksek değer ise 382 mg/dL ile arteriyel BK verisi olarak saptanmış ancak bu veriler diğer yerlerden alınan örneklerle onaylanmamıştır. Kan şekeri 70 mg/dL altında ve 300 mg/dL üzerinde yedişer veri gözlenmiştir.

Kan şekeri değerlerinin ölçüm yöntem ve yerleri arasında pozitif korelasyon saptanmıştır (Tablo 1). En yüksek ilişki santral venöz BK ile santral venöz GM ve parmak ucu GM ile periferik GM arasında bulunmuştur.

Kan şekeri değerleri dağılımı (Şekil 1) incelendiğinde en homojen dağılımın periferik BK ile elde edildiği görülmüştür. En heterojen ve çarpık dağılım ise yöntem bakımından arterden alınan kanlarda olduğu izlenmiştir.

En küçük varyanslı olan periferik BK ile diğer değişkenlerin varyansları karşılaştırıldığında, CGMS, santral venöz GM, periferik GM, parmak ucu GM ve GCMS arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamış ($p>0,05$), santral venöz BK, arteriyel GM ve arteriyel BK arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,01$, Tablo 2).

TARTIŞMA

Çalışmamızda Yoğun Bakımda yatan hastaların kan şekeri ölçümlerinin örneğin alındığı yer ve ölçüm yöntemleri arasında korelasyonun olmasına karşın, en küçük varyans değerinin periferik venlerden alınıp biyokimya laboratuvarında ölçüm yapılan örneklerde olduğu saptanmıştır. Bu örneklerle karşılaştırıldığında santral venöz GM, periferik GM ve parmak ucu GM arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Arteriyel kan örneklerinde ise diğer yöntemlere göre ortalamadan sapmanın ve ekstrem verilerin daha çok olduğu gözlenmiştir. Dikkat çeken bir başka bulgu ise CGMS ile elde edilen sonuçların düzgün dağılım göstermesi olmuştur.

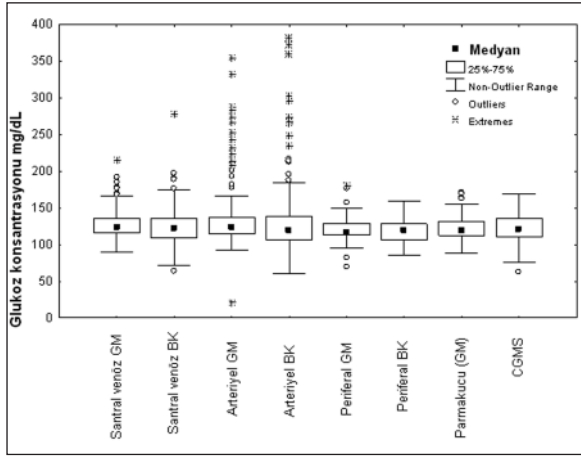
Günlük uygulamada hastanelerde venöz kandan biyokimyasal olarak çalışılan kan şekeri izlemi, diyabetik hastaların evde kullanımları için kapiller

TABLO 1: Ölçüm yöntem ve yerlerinin birbirleri arasındaki korelasyonları.

	Santral venöz GM	Santral venöz BK	Arteriyel GM	Arteriyel BK	Periferik GM	Periferik BK
Santral venöz BK	,823(*)					
Arteriyel GM	,354(*)	,303(*)				
Arteriyel BK	,463(*)	,507(*)	,739(*)			
Periferik GM	,652(*)	,596(*)	,250(*)	,637(*)		
Periferik BK	,574(*)	,617(*)	,763(*)	,777(*)	,755(*)	
Parmak ucu GM	,709(*)	,586(*)	,431(*)	,532(*)	,808(*)	,678(*)
CGMS	,466(*)	,469(*)	,405(*)	,481(*)	,598(*)	,638(*)

*: $p<0,01$

Kısaltmalar: GM: Glukometre, BK: Biyokimya GCMS: Sürekli Glukoz Ölçüm Sistemi.



ŞEKİL 1: Kan şekeri değerlerinin ölçüm yöntemlerine göre dağılım grafiği . Kısaltmalar: GM: Glukometre, BK: Biyokimya GCMS: Sürekli Glukoz Ölçüm Sistemi.

TABLO 2: Periferel BK ile diğer değişkenlerin varyanslarının karşılaştırılması.

	Standart Sapma	Varyans	p
Santral venöz GM	18,976	360,08	0,315
Santral venöz BK	26,404	697,16	0,005
Arteriyel GM	44,980	2023,66	<0,001
Arteriyel BK	54,508	2971,14	<0,001
Periferel GM	15,678	245,81	0,581
Periferel BK	15,424	237,91	****
Parmak ucu GM	15,903	252,92	0,753
GCMS	17,456	304,85	0,229

Kısaltmalar: GM: Glukometre, BK: Biyokimya GCMS: Sürekli Glukoz Ölçüm Sistemi.

örneklerde çalışan glukometrelerle sürdürülmektedir. Ancak glukometreler kısa sürede sonuç vermeleri nedeniyle hastanelerde de giderek daha sık kullanılmaktadırlar.

Ray ve ark. yatak başı ölçüm cihazlarının laboratuvar sonuçlarına son derece yakın olduğunu bildirmektedirler.⁴

Lacara ve ark. çalışmasında yatak başı yöntemler arasında fark saptanmazken, kateterlerden alınan örneklerin karbondioksit ve hematokrit değerlerini daha iyi yansıttığını bildirmişlerdir.⁵

Glukometrelerle örneğin ön kol venleri gibi parmak ucu dışındaki yerlerden bakılan kan şekeri değerleri güvenilir olmakla birlikte, kapiller Hb ve hematokrit (Htc) değerleri diğerlerinden daha yüksek çıkabileceği bildirilmiştir.⁶

van den Berghe'in yoğun bakımlarda tartışma başlatan Yoğun bakım hastalarında sıkı İnsülin tedavisi çalışmasında kan şekeri ölçümü dilüe edilmiş arteriyel kandan tam kan glukozunun ölçülmesi yöntemi ile yapılmıştır.² Sepsis Sağkalım Kampanyasının 2008 kılavuzunda arteriyel kan gazı örneğinden alınan kan glukoz değerlerinin kullanılması önerilmektedir.⁷

Tartışmalı NICE-SUGAR çalışmasının kan şekeri örneklerinin alınma yeri olarak kapiller kan şekeri sonuçlarının tatmin edici olmaması nedeniyle arteriyel kateter varsa oradan alınması önerilmiştir.⁸ Bu çalışmadaki ölçüm yöntemi ise kliniğe bırakılmış ve hasta başı strip ile, kan gazı cihazında veya biyokimyasal ölçümler kullanılmıştır.

Çalışmamızın zayıf yönlerinden birisi çalışmalarda sık kullanılan kan gazı cihazlarındaki heparinize tam kandan kan şekeri bakılmamasıdır. Bunun nedeni planlama ve çalışmanın yapıldığı süre boyunca ünitemizde kullanılan kan gazı ölçüm cihazının kan şekeri ölçme özelliğinin bulunmamasıdır. Ancak bu konuda değişik yayınlarda farklı görüşler belirtilmektedir. Örneğin Dungan ve ark. derlemelerinde arteriyel kan gazı cihazlarının daha güvenilir olduğunu bildirmektedirler.⁹

Kulkarni ve ark. ise arteriyel kan örnekleri ile parmak ucu glukometre kan şekeri sonuçları arasında fark saptanmamıştır.¹ Ancak hastalarda hipotansiyon nedeniyle yüksek doz inotrop kullanıldığında iki teknikte de hipogliseminin saptanmasında zorluk gözlenmiştir.

Bizim çalışmamızda arteriyel kan örneklerinde diğer yöntemlere göre ortalamadan sapmanın ve ekstrem verilerin daha çok olduğu gözlenmiştir. Lacara ve ark. bizim bulgularımıza ters olarak arteriyel kateterlerden alınan örneklerin daha kullanılabilir olduğunu belirtmektedir.⁵ Bizim çalışmamızda örnek alınan kateterlerler farklı amaçlar için kullanılmaktaydı. Santral venöz kateterlerin örnek alınan ucu infüzyon için kullanılırken arteriyel kateterler monitörizasyonda kullanılmaktaydı. Arteriyel kateterden heparinize kanın uzaklaştırılması sırasında hata olduğu kabul edilse bile beklenen kan şekerinin sıklıkla düşük olacak şe-

kilde ekstrem sonuç vermesi beklenirken, bulgular hiperglisemik verilerinde sık olduğunu göstermektedir. Bu sonucu açıklamak zor olsa bile hem GM hem de BK sonuçlarının benzer olması kan gazı cihazı ile ölçüm dışında arteriyel kateterin kullanılmasının uygun olmadığı sonucunu işaret etmektedir.

Hastalardan biyokimyasal yöntemler için sıklıkla 5 mL kan alınmaktadır. En az 4 mL kan gerekmektedir. Bizim çalışmamızda her hastadan günde 6, toplamda 30 kez kan örneği alınmıştır. Biyokimyasal olarak incelenmesi planlanan 3 örnek olduğundan hastalardan 4,2 mL kan alınmış, biyokimya laboratuvarına gönderilmeden stripe damlatılarak glukometrik yöntem tamamlanmıştır. Bu çalışma için bir hastadan ortalama 1 üniteye yakın kan alınmıştır. Çalışma 5 günle sınırlandırıldığı için hiçbir hastamızda Hb değeri 10 g/dL altına düşmemiştir. Ancak uzun süre yatan hastalarda günlük örnek sayısı ve yatış süresi artabileceğinden ve biyokimyasal yöntemler için alınan kan anemi açısından sorun yaratabilir.⁴

Çalışma sırasında hastalarda kateter takılı olduğu için periferik ven ve parmak ucundan alınan örnekler dışında invaziv işlem yapılmamıştır. CGMS ilk takıldığında minimal invaziv bir işlem sayılabilecek karın bölgesine subkütan olarak yerleştirilmektedir. Bu işlemlerin invaziv olması nedeniyle ağrı yapabileceği unutulmamalıdır.¹⁰

Fineberg ve ark. Tip diabet hastalarında yaptıkları çalışmada parmak ucu dışından kan alan otomatik invaziv yöntemlerin sinir ucundan uzak olması nedeniyle daha ağrıya yol açtığını bildirmişlerdir.¹¹

Subkütan CGMS verileri ile elde edilen sonuçlar periferik BK değerlerine en yakın sonuçlardan olmasına karşın anlık sonuç elde edilememesi ne-

deniyle Corstjens ve ark.nın da belirttiği gibi şu anda günlük klinik kullanıma uygun değildir.¹² Günümüzde kızılaltı ve kızılötesi spektrofotometrik, radyo dalgalı empedans ve polarize ışığın optik rotasyonu gibi teknikleri kullanan non-invaziv cihazlar üzerinde çalışılmaktadır. Yakın gelecekte gerçek zamanlı monitörizasyona olanak verecek bu tip cihazların ticari modellerinin günlük uygulamada önemli yer tutacağı öngörülebilir.¹⁰

Bütün bunların yanında ölçüm maliyeti göz ardı edilmemesi gereken bir faktör olmaktadır. Ücretlendirme değişik zamanlarda farklı yöntem lehine değişebilmektedir. Bu yüzden her Yoğun Bakım Ünitesi kendi maliyet analizleri yaparak, maliyet-yarar oranını belirleyip ona göre kullanacağı kan şekeri ölçüm yöntemine ekonomik olarak ta karar vermelidir.

SONUÇ

Çalışmamızın sonucuna göre istatistiksel olarak en küçük varyans değerinin periferik venlerden alınıp biyokimya laboratuvarında ölçüm yapılan örneklerde olduğu saptanmıştır. Periferik venlerden alınan örneklerle karşılaştırıldığında santral venöz GM, periferik GM ve parmak ucu GM arasında anlamlı bir fark bulunmamışken, arteriyel kan örneklerinde diğer yöntemlere göre ortalamadan sapmanın ve ekstrem verilerin daha çok olduğu gözlenmiştir. CGMS gerçek zamanlı monitörizasyona izin vermediği için günlük kullanıma uygun değildir. Kısa sürede sonuç alınabilme, ucuzluk ve doğru sonuç alabilme gibi özelliklerine bakıldığında parmak ucundan alınan kan ile yatak başı glukometre kullanımı şu an için en uygun seçenek gibi görülmektedir. Bu ve benzeri çalışmalarda elde edilen verilerin birbirinden farklı olması nedeniyle çok merkezli çalışmaların yapılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Kulkarni A, Saxena M, Price G, O'Leary MJ, Jacques T, Myburgh JA. Analysis of blood glucose measurements using capillary and arterial blood samples in intensive care patients. *Intensive Care Med* 2005;31(1):142-5.
2. van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, Verwaest C, Bruyninckx F, Schetz M, et al. Intensive insulin therapy in the critically ill patients. *N Engl J Med* 2001;345(19):1359-67.
3. Sacks DB, Bruns DE, Goldstein DE, Maclaren NK, McDonald JM, Parrott M. Guidelines and recommendations for laboratory analysis in the diagnosis and management of diabetes mellitus. *Clin Chem* 2002;48(3):436-72.

4. Ray JG, Hamielec C, Mastracci T. Pilot study of the accuracy of bedside glucometry in the intensive care unit. *Crit Care Med* 2001; 29(11):2205-7.
5. Lacara T, Domagtoy C, Lickliter D, Quattrocchi K, Snipes L, Kuszaj J, et al. Comparison of point-of-care and laboratory glucose analysis in critically ill patients. *Am J Crit Care* 2007; 16(4):336-46.
6. Lock JP, Szuts EZ, Malomo KJ, Anagnostopoulos A. Whole-blood glucose testing at alternate sites: glucose values and hematocrit of capillary blood drawn from fingertip and forearm. *Diabetes Care* 2002;25(2):337-41.
7. Dellinger RP, Levy MM, Carlet JM, Bion J, Parker MM, Jaeschke R, et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock: 2008. *Crit Care Med* 2008;36(1):296-327.
8. NICE-SUGAR Study Investigators, Finfer S, Chittock DR, Su SY, Blair D, Foster D, Dhingra V, et al. Intensive versus conventional glucose control in critically ill patients. *N Engl J Med* 2009;360(13):1283-97.
9. Dungan K, Chapman J, Braithwaite SS, Buse J. Glucose measurement: confounding issues in setting targets for inpatient management. *Diabetes Care* 2007;30(2):403-9.
10. Lewandrowski K, Lee-Lewandrowski E. Capillary blood glucose testing at the point of care: Clinical applications and the evolution of diagnostic technologies. *Business Briefing: Global Healthcare Issue 3*. London: Business Briefings; 2002. p.76-9.
11. Fineberg SE, Bergenstal RM, Bernstein RM, Laffel LM, Schwartz SL. Use of an automated device for alternative site blood glucose monitoring. *Diabetes Care* 2001; 24(7):1217-20.
12. Corstjens AM, Ligtenberg JJ, van der Horst IC, Spanjersberg R, Lind JS, Tulleken JE, et al. Accuracy and feasibility of point-of-care and continuous blood glucose analysis in critically ill ICU patients. *Crit Care* 2006;10(5):R135.