

Pnömatik Tüp Taşıma Sisteminin Hemoliz Üzerine Etkisi: Klinik Olarak Anlamlı mı?

Effect of Pneumatic Tube Delivery System on Hemolysis: Is it Clinically Significant?

Dilara Karacan*

Özlem Gürsoy Doruk*
Pınar Tuncel*

Yavuz Doğan**

* Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, İZMİR, Türkiye

** Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İZMİR, Türkiye

Başvuru Tarihi: 18 Haziran 2020

Kabul Tarihi: 10 Ağustos 2020

ÖZET

Amaç: Hastanelerde laboratuvara örnek taşınması için kullanılan pnömatik tüp sistemi elle taşımaya göre daha hızlı, otomatize bir yöntemdir. Ancak, taşınan örneklerde sistemin yapısına ve hızına bağlı olarak hemoliz oluşabilir. Bu çalışmada, Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi'nde kurulu olan pnömatik tüp sisteminin hemolize neden olup olmadığını ve sonuçlar arasında hemolize bağlı fark varsa bunun klinik olarak anlamlılığını araştırmayı hedefledik.

Gereç ve yöntem: 100 sağlıklı donörden alınan kanlar 5 mL'lik 6 jelli tüpe konuldu. Beş tanesi 3-4 mL kanla doldurulup birisi kontrol grubu olarak elle, diğer dördü ise hastanenin farklı uzaklıktaki birimlerinden pnömatik tüp sistemi ile laboratuvara ulaştırıldı. Altıncı tüp ise tam doldurularak en uzun mesafeden gönderildi. Tüm örneklerde aspartat aminotransferaz, laktat dehidrogenaz, potasyumun serum seviyeleri ölçüldü. Bu farkın klinik olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirilmesi Dr. Fraser'ın biyolojik varyasyonu temel alan tekrarlanabilirlik/bias formülü kullanıldı.

Bulgular: LDH düzeyleri, tüm birimlerden pnömatik tüp sistemi ile gönderilen ve tamamen dolu olmayan numunelerde anlamlı olarak yüksek bulundu. Tam dolu gönderilen numunelerde ise anlamlı fark bulunmadı. AST ve potasyum düzeylerinin ameliyathanelerden gelen örneklerde yüksek, tam dolu tüpte ise kontrolden daha düşük, poliklinik kan alma biriminden gelen örneklerde anlamlı bir fark olmadığı görüldü. Oluşan hemolizin sonuçlar üzerine etkisinin klinik olarak anlamlı olup olmadığı değerlendirildiğinde, potasyumda tüm birimlerden gönderilen örnekte anlamlı fark olan sonuç sayısı %5'i geçmezken, AST'de %5 – 10 arasında, LDH'da ise tüm rotalarda %30 ve üzerindedi.

Sonuç: Hastanelerde kullanılan pnömatik tüp sistemleri, hız, mesafe ve taşıyıcılar içindeki tüplerin hareketine ve çarpmasına bağlı olarak hemolize neden olmaktadır. Örneklerin uygun şekilde paketlenmesi, taşıyıcılar içinde sünger kullanılması ve tüplerin tam doldurularak çalkalanma oranının azaltılması hemolizi azaltmaktadır.

Anahtar kelimeler: pnömatik tüp sistemi, hemoliz, klinik anlamlılık

Dilara Karacan : 0000-0001-7266-1447,
Özlem Gürsoy Doruk : 0000-0002-1312-3777,
Yavuz Doğan : 0000-0002-5814-3042,
Pınar Tuncel : 0000-0002-3807-3008

Yazışma adresi: Dilara Karacan
Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı,
İZMİR, Türkiye
e-mail: karacan-91@hotmail.com

Etik onay: Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu (Karar no:2018/14-46).

Bu çalışma, 5th EFLM-UEMS European Joint Congress in Laboratory Medicine (10-13 October, 2018)'de sözlü olarak sunulmuştur.

ABSTRACT

Purpose: A parameter associated with the result of a measurement that characterises the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand is defined as measurement uncertainty (U). Measurement uncertainty is very important for the clinician to provide medical judgement, diagnosis and treatment. The aim of this study was to determine the measurement uncertainty of fT4, fT3 and TSH parameters in our laboratory.

Material and Methods: In this study, measurement uncertainty calculation was done using Nordtest guide model. Standard, combined and expanded uncertainty values were calculated with this model.

Results: Expanded uncertainty was calculated 17.93% for TSH. We found measurement uncertainty of fT4 and fT3 were % 8.83 and %9.13, respectively. Expanded uncertainty of fT4 was found to be higher when compared to %TEa values of Westgard.

Conclusion: All changes may affect the uncertainty in the laboratory. Therefore, it must be constantly monitored and uncertainty estimates should be improved by adding more data.

Key Words: Thyroid stimulating hormone, free thyroxine, free triiodothyronine, uncertainty.

GİRİŞ

Klinik laboratuvarlarda, laboratuvar hatalarının yaklaşık %70'ini preanalitik evre oluşturmaktadır (1). ISO 15189'a göre preanalitik evre, "Klinik tedavi uzmanının istemi ile başlayan, kronolojik olarak, analiz isteği, hastanın tanımlanması ve hazırlanması, birincil numunelerin alınması ile laboratuvara ve laboratuvarıda taşınması dâhil, çözümlenme analizinin başlamasıyla biten işlemler" olarak tanımlanmıştır (2). Preanalitik evrenin bir bölümü de laboratuvar dışında gerçekleştiğinden toplam test sürecinin en kontrol edilmesi güç aşamasıdır. Numunelerin laboratuvara taşınması preanalitik evrede yer alan önemli bir aşamadır ve doğru koşullarda taşınmayan numuneler hem test sonuçlarının hatalı çıkmasına hem de gecikmeli çıkmasına neden olmaktadır.

Hastanelerde laboratuvara örnekler, pnömatik tüp sistemi (PTS) ile veya personel tarafından elle taşınarak ulaşmaktadır. PTS ile laboratuvarlara, eczanelere, hemşire istasyonlarına, kan bankalarına ve acil servise ilaçlar, tıbbi ve hasta raporları, röntgen filmleri, doku örnekleri ve kan örnekleri taşınabilmektedir (3). PTS ile taşıma, elle taşımaya göre daha hızlı, otomatize ve maliyet etkin bir yöntemdir. Laboratuvar kalite göstergelerinden olan sonuç verme süresini de kısaltmaktadır (4). Buna ek olarak taşıyıcı personel gereksinimini azaltıp onun yerine hasta bakım faaliyetlerine odaklanılarak

hastanenin hizmet kalitesini artırmaktadır (5). Ancak, taşınan örnekler sistemin yapısına ve hızına bağlı olarak ani hızlanma / yavaşlamalara, yüksek hıza, vakum sistemi tarafından üretilen hava basıncındaki değişikliklere maruz kalabilirler. Bu kuvvetler, eritrositlerin parçalanmasına yol açarak test sürecinin preanalitik fazında çok karşılaştığımız hata olan hemolize yol açabilir. İn vitro hemoliz, numunelerin kalitelerini etkileyerek AST, LDH, K gibi bazı biyokimyasal parametrelerin sonuçlarında artışa neden olabilmektedir (6-8). Buna bağlı olarak doğru olmayan test sonuçları, hastalara yanlış tanı konması ve hastaların yanlış tedavi alması gibi hasta güvenliğini riske sokacak uygulamalara yol açabilmektedir.

Bir hastanın aynı örneğinde tekrar çalışılan sonuçlar arasındaki farkın klinik olarak anlamlı olup olmadığı rutin çalışmada önemlidir. İki sonuç ile istatistiksel bir analiz yapılamayacak olmasına rağmen bu sonuçlar arasındaki farkın klinik olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirilmesi gerekir. Değerlendirmenin objektif olarak yapılabilmesi için total kabul edilebilir hata (TEa), SD kullanılabileceği gibi biyolojik varyasyon verisinin baz alındığı ölçütler de kullanılabilir (9).

Biz de bu çalışmada, Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ) Hastanesi'nde kurulu olan PTS'lerin hemolize neden olup olmadığını ve sonuçlar arasındaki farkın klinik olarak anlamlılığını araştırmayı hedefledik.

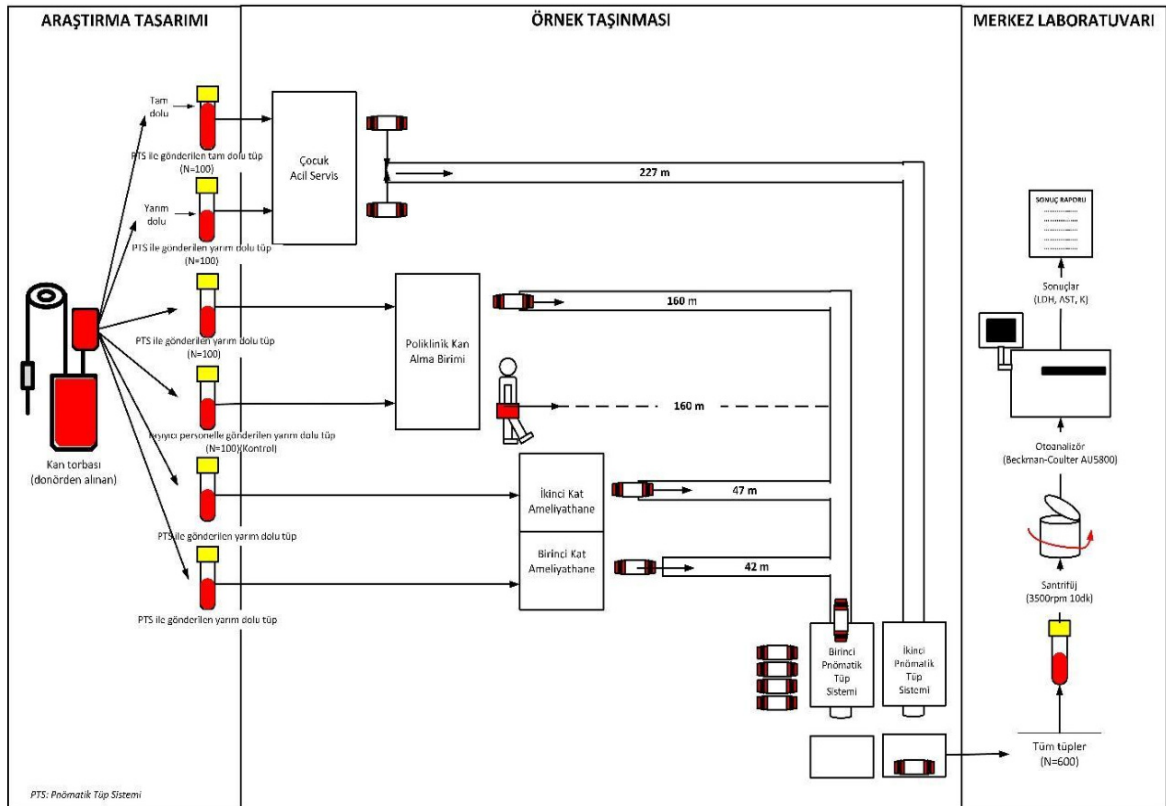
GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmamızda DEÜ Hastanesi Kan Bankası'na gönüllü kan bağışında bulunan 100 hastanın örnekleri kullanıldı. Çalışmanın etik onayı, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'ndan alındı (karar no:2018/14-46). Rutin işleyiş sırasında donörlerden kan torbasına kan alınmadan önce torbanın üst kısmında yer alan ve "numune torbası" adı verilen ayrı bir kısma serolojik tetkikler için kan alınmaktadır. Rutin serolojik tetkikleri çalışıldıktan sonra torbada kalan fazla kan 6 ayrı 5 mL'lik antikoagülsüz jelli tüpe paylaştırıldı. Bu tüplerin 5 tanesi 3-4 mL kanla doldurulup 1'i elden, diğer 4'ü ise farklı mesafelerde yer alan çocuk acil servisi (227m), 1.kat ameliyathane (42m), 2.kat ameliyathane (47m), poliklinik kan alma (160m) birimlerinden PTS ile laboratuvara gönderildi. Ayrıca tüpün tam dolu olup olmamasının hemolize etkisini değerlendire-

bilmek için tam dolu olan 6.tüp en uzun mesafe olan çocuk acil servisinden laboratuvara gönderildi. Araştırma tasarımı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Laboratuvara ulaşan tüm örnekler 3500 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edildi. 600 örneğin AST, LDH, K düzeyleri Beckman Coulter AU5800 otoanalizöründe ölçüldü. Elle taşınarak laboratuvara ulaştırılan tüp "kontrol" kabul edilerek, PTS ile gelen tüplerin sonuçları bu grup ile karşılaştırıldı.

Kullanılan PTS (Swisslog Pnömatik Sistem), 330 mm x 150 mm çapında, kristal niteliğinde polikarbonattan yapılmış, açılma ve sızıntıyı engelleyici koruma kapağı olan taşıyıcı tüplere sahiptir. Sistem 3 m/saniye hızında çalışmakta, taşıyıcı laboratuvardaki istasyona ulaştığında, hava basıncı ile yavaşlatılarak yavaşça sepete düşmesi sağlanmaktadır.



Şekil 1. Araştırma tasarımı

Hemolize bağlı değişimin klinik olarak anlamlı olup olmadığının değerlendirilmesi Dr. Fraser'ın biyolojik varyasyonu temel alan tekrarlanabilirlik/bias formülü kullanılarak yapıldı [9]. Sonuçlar arasındaki % bias hesaplandı. Bu değer formül ile hesaplanan değerden yüksek ise anlamlı kabul edildi. Anlamlı fark olan sonuç sayısı toplam sonuç sayısının yüzdesi olarak tanımlandı.

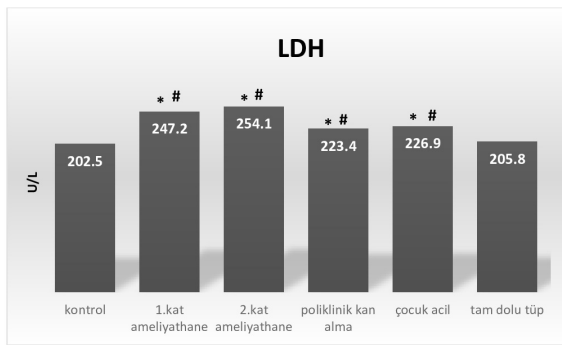
$$2.33(0.5*CV_i) + 0.250\sqrt{(CV_i^2 + CV_d^2)}$$

İstatistiksel analizler SPSS 18.0 programı ile yapıldı. 2 grup arasındaki farkın anlamlılığı paired t-test kullanılarak analiz edildi. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi.

BULGULAR

Bu çalışmamızda elle taşınan grubun (kontrol grubu) sonuçlarıyla PTS ile gönderilen grupların sonuçları arasındaki fark araştırıldı. Numunenin PTS'de katettiği mesafeye ve tüp içindeki kanın miktarına bağlı olarak ortaya çıkan etki değerlendirildi.

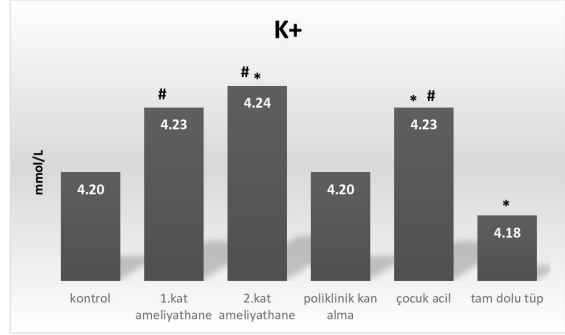
LDH'nin hemolizden en çok etkilenen parametre olduğu saptandı. LDH düzeyleri, tüm birimlerden PTS ile gönderilen tamamen dolu olmayan numunelerde anlamlı olarak yüksek bulundu. Tam olarak doldurularak PTS ile gönderilen numunelerde ise anlamlı sonuç saptanmadı ($p > 0.05$) (Şekil 2).



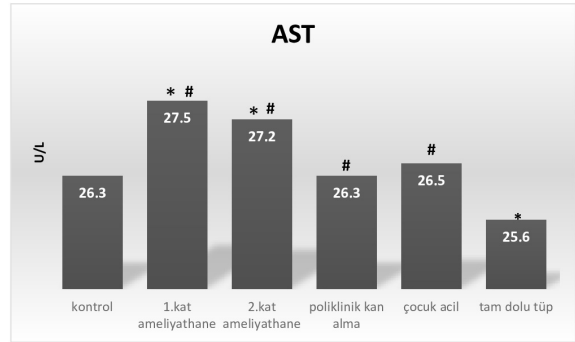
Şekil 2. Elle ve PTS ile taşınan örneklerde LDH düzeylerinin karşılaştırılması *kontrolle karşılaştırıldığında ($p < 0.05$) # tam dolu tüp ile karşılaştırıldığında ($p < 0.05$)

AST ve potasyum düzeyleri ise ilginç olarak tam dolu tüpte kontrole göre anlamlı olarak

daha düşüktü ($p < 0.05$). Bu testlerde poliklinik kan alma biriminden PTS ile gönderilen numunelerde anlamlı bir fark bulunmadı ($p > 0.05$) (Şekil 3-4).



Şekil 3. Elle ve PTS ile taşınan örneklerde K+ düzeylerinin karşılaştırılması *kontrolle karşılaştırıldığında ($p < 0.05$) # tam dolu tüp ile karşılaştırıldığında ($p < 0.05$)



Şekil 4. Elle ve PTS ile taşınan örneklerde AST düzeylerinin karşılaştırılması *kontrolle karşılaştırıldığında ($p < 0.05$) # tam dolu tüp ile karşılaştırıldığında ($p < 0.05$)

TARTIŞMA

Pnömatik tüp sistemi, hat uzunluğuna ve transfer hızına bağlı olarak, eritrositleri yüksek hızlara, akselerasyon ve deselerasyona, vakum sistemi tarafından üretilen hava basıncındaki değişikliklere maruz bırakıp membran basıncını artırarak hemolize neden olabilir (6). Bunun sonucu olarak da test sonuçlarının kalitesi ve sonuçları etkilebilir.

Hastanemizde PTS, 1.kat ameliyathaneden 2 viraj, diğer birimlerden ise 4 viraj ile laboratuvara ulaşmakta ve tüm birimlerden aynı

hızla gelmektedir. Ameliyathaneler yaklaşık 45 m uzaklıkta iken poliklinik kan alma birimi bunların 3 katı, çocuk acil ise 4 katı uzaklığa sahiptir. LDH tüm birimlerden gelen kanlarda elle taşınan gruba göre yüksek; AST ameliyathanelerden gelen numunelerde yüksek, en uzun mesafeler olan poliklinik kan alma ve çocuk acilden gelen numunelerde ise elle taşınan grup ile benzer düzeyde saptandı. K ise sadece 1 ameliyathanedeki gelen ve çocuk acil biriminden gelen numunelerde yüksek saptandı. AST ve K poliklinik kan alma biriminden gelen numunelerde yüksek değildi. Koessler ve ark. da çalışmalarında hem yavaş hem de hızlı taşıyıcı sistem ile taşınan kanlarda el ile taşınan örneklerle karşılaştırıldığında sadece LDH'da anlamlı yüksek sonuçlar bulmuşlar, AST ve K'da farkın anlamlı olmadığını saptamışlardır (10). Tiwari ve ark. kısa mesafe ve hızlı PTS'de sadece LDH'ı yüksek saptarken, uzun mesafe ve hızlı PTS'de hem K, hem de LDH'ın yüksek olduğunu saptamışlardır (11). Lee ve ark. yaptığı bir çalışmada 56 hastanın örnekleri karşılaştırılmış, kan alma odası ile laboratuvar arası mesafe 106 metrede kurulu, transport hızı 10 m/s olan PTS ile gönderilen numunelerde elle taşınan gruba göre LDH ve AST'de anlamlı fark olduğu görülmüştür. Sonuçların ortalamasının %95 güven aralığı içinde olmasından dolayı kritik klinik karar üzerinde bir etkisi olmayacağını belirtmişlerdir. K'da ise anlamlı fark bulunmamıştır (12). Kara ve ark. yaptıkları bir çalışmada, PTS ile acil servisten 80 metre mesafede bulunan merkez laboratuvarına taşınan numunelerin tamamında hemoliz olduğunu, LDH, AST, potasyum değerlerinin anlamlı olarak daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Bu durumu pnömatik tüp sisteminin yüksek taşıma hızı, taşıma yönündeki ani değişimler ve taşıyıcı sistemin numuneler üzerine yarattığı basınç nedeniyle ortaya çıktığını belirtmişlerdir (13).

Çalışmamızda LDH'nin hemolizden en çok etkilenen parametre olduğu saptandı. Mesafe, hız, gönderilen birimden bağımsız olarak tüm örneklerde yüksekti. LDH'nin eritrosit içi konsantrasyonu plazmadakinin 160, AST'nin 40, K'un ise 23 katıdır (14-15).

LDH'nin hücre içi konsantrasyonunun diğer parametrelere göre çok yüksek olmasından dolayı az hemolizde dahi plazma düzeyinin diğer parametrelere göre daha fazla yükseldiği düşünüldü. Küme ve ark. hemoliz düzeyi ile biyokimyasal test sonuçlarının hemolize bağlı %değişimini araştırdıkları çalışmada, hemolizden ilk etkilenen parametrenin LDH olduğunu, daha sonra sırası ile AST ve K'daki % değişimin anlamlı hale geldiğini saptamışlardır (16). En kısa mesafeye sahip ameliyathanelerden gelen numunelerde AST ve K'un yüksek olup onlardan 3 katı kadar uzaklıkta olan kan poliklinik kan alma biriminden gelen örneklerde her iki parametre için bu yüksekliğin saptanmaması örneğin gönderilme biçimi ile ilgili olduğunu düşündürmektedir. Poliklinik kan alma merkez laboratuvara bağlı, personeli merkez laboratuvarı tarafından sağlanan bir birimdir. Bu birim laboratuvarın bir parçası olduğundan farkındalığın yüksek, çalışanların bu konuda daha eğitilmiş olduğu ve taşıyıcı tüplerin içine sünger konarak gönderme işleminin yapılmasına bağlı olduğu düşünüldü. Li-heparin üzerine alınmış örneklerin balonlu naylon ambalaj malzemesine sarılarak gönderilmesinin sarılmadan gönderilenlere göre LDH düzeylerindeki artışı önlediği de gösterilmiştir (17). Bu nedenle uzaklık ve hız dışındaki örneğin paketlenmesi, tüplerin tam doldurulması gibi başka faktörlerin de hemoliz üzerine etkisi olmaktadır.

Tam dolu tüplerde, PTS ile gönderilmesine rağmen LDH sonuçları elde taşınanlardan farklı değildi. AST ve K'da ise elle taşınan numunelere göre fark vardı, ancak ilginç olarak tam dolu tüp sonuçları daha düşüktü. Yani elle taşınmada bile gerçekleşen hemoliz tüp tam dolu olduğunda meydana gelmiyordu. Bunun nedeni olarak ise tüp içerisinde hava boşluğu bulunmadığı için transport sırasında meydana gelen ani hız değişiklikleri, virajlardaki ani yön değişiklikleri sonucu oluşabilecek çalkalanmanın minimum olması olabilir. Mullins ve ark. yaptıkları bir çalışmada, tam olarak doldurulmayan tüplerde taşıma sırasında PTS içinde çalkalanmaya bağlı hava kabarcıkları oluştuğu ve

bunun da hemolize neden olduğu, tüpün tam olarak doldurulmasıyla kabarcık oluşumunun önlenmesi ve kanı PTS ile indüklenen hemolizden tamamen koruduğunu bildirmişlerdir (18). Yayımlanan bir derlemede de tam doldurulmayan tüplerin PTS ile taşınmada daha sıklıkla hemolize neden olduğu belirtilmektedir (19). Bizim çalışmamızda tam olarak doldurulan tüplerde hemolizin olmaması bu çalışmaların bulgularını desteklemektedir.

Bir hastanın aynı örneğinde tekrar çalışılan sonuçlar arasındaki farkın klinik olarak anlamlı olup olmadığı rutin çalışmada önemlidir. Sadece 2 sonuç bulunduğundan bir istatistiksel değerlendirme yapılamamasına rağmen bu değerlendirmenin yine de objektif bir veriye dayanarak yapılması gerekir. Çalışmamızda Dr. Fraser'ın biyolojik varyasyonu temel alan formülü kullanılarak iki sonuç arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı objektif olarak değerlendirildi. Her PTS ile örnek gönderilen rota için anlamlı fark olan sonuç sayısı toplamın %'si olarak ifade edildi. K için iki sonuç arasında klinik olarak anlamlı fark olan sonuç sayısı tüm rotalarda %5'in altındaydı (poliklinik kan almadan gelen örneklerde %1, ameliyathaneden gelen örneklerde %4). AST'de bu fark ameliyathanelerden gelen örneklerde %10 civarında (%9 ve %12), diğer rotalarda ise %5'in

altındaydı (poliklinik kan almadan gelen örneklerde %1). LDH'da ise bu oran tüm rotalarda %30'un üzerindeydi, ameliyathanelerden gelen numunelerde %62 ve %75, poliklinik kan almadan gelen örneklerde ise %38 idi. Bu sonuçlara göre değerlendirildiğinde K ve AST için hemoliz oranı kabul edilebilir oranlar olsa da LDH için çok yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. Her 3 parametre için de bu oranın özellikle uygun koşullarda gönderilmeyen örneklerde daha da attığı izlenmektedir. Tüpler tam doldurulduğunda ve paketlenmesi uygun şekilde yapıldığında bu sayıların göz ardı edilebilecek düzeylere inebileceği kabul edilebilir.

Her hastanenin farklı özellikte (hız, tüp çapı, hat uzunluğu vb.) PTS kullandığı göz önünde bulundurulduğunda, hastanelerin kendi PTS'lerini, hemolize neden olup olmaması açısından değerlendirmeleri faydalı olacaktır. Taşıyıcılar içindeki tüplerin hareketini ve çarpmasını önlemek amacıyla mutlaka sünger kullanılmalı ve tüplerin tam doldurularak çalkalanması azaltılmalı ve bu şekilde doğru sonuçlara ulaşılması ve hasta güvenliği sağlanmalıdır.

TEŞEKKÜR

Makalenin yazımı aşamasında desteğinden dolayı Doç. Dr. Tuncay KÜME'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Plebani M. Errors in clinical laboratories or errors in laboratory medicine? Clin Chem Lab Med 2006; 44(6):750-759
2. ISO 15189:2013 Tıbbi laboratuvarlar - Kalite ve yeterlilik için şartlar. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 2013
3. Shibani W, Zulkafli M, Basuno B. Methods of transport technologies: a review on using tube/tunnel systems. Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2016; 160:1-9.
4. Guss DA, Chan TC, Killeen JP. The impact of a pneumatic tube and computerized physician order management on laboratory turnaround time. Ann Emerg Med 2008;51(2):181-5.
5. Kapoula GV, Kontou PI and Bagos PG. The impact of pneumatic tube system on routine laboratory parameters: a systematic review and meta-analysis. Clin Chem Lab Med 2017; 55(12): 1834-1844
6. A. Kratz, R.O. Salem, E.M. Van Cott, Effects of a pneumatic tube system on routine and novel hematology and coagulation parameters in healthy volunteers, Arch. Pathol. Lab. Med. 2007; 131(2): 293-296.
7. H. Steige, J.D. Jones, Evaluation of pneumatic-tube system for delivery of blood specimens. Clin Chem 1971; 17(12):1160-1164.
8. Sodi R, Darn SM, Stott A. Pneumatic tube system induced haemolysis: assessing sample type susceptibility to haemolysis, Ann Clin Biochem. 2004;41(3):237-240.
9. Fraser C. Biological Variation: From Principles to Practice. AACCPress; 2001. p.67-90.
10. Koessler J, Kobsar AL, Brunner K, Stolz H, Dossler B, Walter U et.al. The preanalytical influence of two different mechanical transport systems on laboratory analysis, Clin Chem Lab Med. 2011;49(8): 1379-1382

11. Tiwari AK, Pandey P, Dixit S, Raina V. Speed of sample transportation by a pneumatic tube system can influence the degree of hemolysis. *Clin Chem Lab Med.* 2011;50(3):471-4.
12. Lee AJ, Suh HS, Jeon CH, Kim SG. Effects of one directional pneumatic tube system on routine hematology and chemistry parameters: A validation study at a tertiary care hospital. *Pract Lab Med.* 2017; 9:12-17
13. Kara H, Bayir A, Ak A, Degirmenci S, Akinci M, Agacayak A, et al. Hemolysis associated with pneumatic tube system transport for blood samples. *Pak J Med Sci* 2014;30(1):50-53
14. Vassault A, Wahlefeld AW, Denekc U. Lactatedehydrogenase. In: Bergmeyer HU, Bergmeyer J, Grassl M, eds. *Methods of Enzymatic Analysis.* Weinheim: Verlag-Chemie; 1983, p.118-138
15. Rej R and Horder M. Aspartate aminotransferase. In: Bergmeyer HU, Bergmeyer J, Grassl M, eds. *Methods of Enzymatic Analysis.* Weinheim: Verlag-Chemie; 1983, p.416-433.
16. Ünlü B, Küme T, Emek M, Örmen M, Doğan Y, Şişman AR, Ergör G, Çoker C. Effect of Blood Cell Subtypes Lysis on Routine Biochemical Tests. *J Med Biochem.* 2018;37:67-77
17. Strubi-Vuillaume I, Carlier V, Obeuf C, Vasseur F, Maury JC, Maboudou P et.al. Gentle blood aspiration and tube cushioning reduce pneumatic tube system interference in lactate dehydrogenase assays. *Ann Clin Biochem.* 2016;53(2):295-297
18. Mullins GR, Bruns DE. Air bubbles and hemolysis of blood samples during transport by pneumatic tube systems. *Clinica Chimica Acta* 473 (2017) 9-13.
19. Heiremana L, van Geelb P, Musgera L, Heylena E, Uyttenbroeck W, Mahieua B. Causes, consequences and management of sample hemolysis in the clinical laboratory. *Clin Biochem.* 2017;50(18):1317-1322.