

PAPER DETAILS

TITLE: Static postural stability and fall risk in patients with lower limb amputation

AUTHORS: Nuray AKKAYA, Semih AKKAYA, Nilgün Simsir ATALAY, Fahir DEMIRKAN, Esat KITER, Füsun ARDIÇ

PAGES: 63-67

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/422474>

Alt ekstremitte amputé hastalarda statik postüral stabilite ve düşme riski*Static postural stability and fall risk in patients with lower limb amputation*

Nuray Akkaya*, Semih Akkaya**, Nilgün Şimşir Atalay*, Fahir Demirkan**, Esat Kiter**, Füsün Ardiç*

* Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon AD., Denizli

** Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji AD., Denizli

Özet

Amaç: Protez ile ambule olan alt ekstremitte amputé hastaların statik postüral stabilitelerinin kontrol grubuyla karşılaştırılması ve düşme risklerinin araştırılması amaçlandı.

Gereç ve yöntem: Unilateral transtibiyal amputé 15 hasta ile yaş-cins eşleştirilmiş 17 sağlıklı kontrolün demografik verileri ve amputé hastaların amputasyon ve protez kullanımıyla ilgili klinik verileri kaydedildi. Postüral denge, statik postürografi cihazı (Tetrax, Sunlight Medical Ltd, İsrail) ile değerlendirildi. Statik postürografi ölçümü için vakalardan ayaklarını, cihazdaki platformdaki alan üzerine ayakkabı olmaksızın yerleştirerek dik durmaları istendi. Ölçüm sonucunda yazılım tarafından sekiz farklı pozisyondaki salınım oranlarına göre hesaplanan düşme riski değerlendirildi.

Bulgular: Yaş ortalaması 39,3±11,9 yıl (20-65), ortalama amputasyon sonrası geçen süre 115,2±112,9 (8-360) ay, protez kullanım süresi 101,1±105,2 (6-340) ay olan 15 tek taraflı transtibiyal amputé hasta (1 kadın, 14 erkek) ile yaş ortalaması 39,5±13,2 (20-57) yıl olan, 17 kontrol vaka (1 kadın, 16 erkek) değerlendirildi. Gruplar arasında yaş, boy, kilo, cinsiyet açısından anlamlı fark yoktu ($p>0,05$). Düşme riski değerinin amputé grupta (84,1±27,1, 8-100) kontrol gruba göre (28,4±16,2, 8-52) anlamlı yüksek olduğu saptandı ($p<0,05$).

Sonuç: Protez kullanarak mobilize olan unilateral transtibiyal amputé hastaların düşme riskinin sağlıklı kontrollerden yüksek olduğu bulunmuştur. Alt ekstremitte amputasyonu olan hastaların rehabilitasyon programı planlanırken denge-koordinasyon egzersizlerine önem verilmesi düşme sonucu oluşabilecek ek travmaların önlenmesi için faydalı olacaktır.

Pam Tıp Derg 2012;5(2):63-67

Anahtar sözcükler: Alt ekstremitte amputasyonu, düşme riski, denge, postüral stabilite**Abstract**

Aim: In the present study, it is aimed to compare and search the static postural stability and fall risk between the patients with lower limb amputation and control group.

Materials and methods: Demographic data of 15 patients with unilateral transtibial amputation and 17 healthy controls, and clinical data about the amputation and prosthesis use of the amputee patients were recorded. Postural balance was measured by static posturography device (Tetrax, Sunlight Medical Ltd, Israel). Patients were asked to place the feet on the areas of the platform of device without shoes and to hold erect posture to examine the static posturography test. At the end of the measurement, fall risk which is calculated by the software of the device according to sway rates of 8 different positions was evaluated.

Results: Fifteen patients (1 female, 14 male) with unilateral transtibial amputation with the mean age of 39,3±11,9 years (20-65), mean time elapsed since amputation of 115,2±112,9 (8-360) months, and mean time of prosthesis use of 101,1±105,2 (6-340) months were evaluated together with the results of seventeen controls (1 female, 16 male) with the mean age of 39,5±13,2 (20-57) years. There were no significant differences between groups in terms of age, height, body mass, and gender ($p>0,05$). Significantly higher fall risk was detected in the amputee group (84,1±27,1, 8-100) than the control group (28,4±16,2, 8-52).

Conclusion: Fall risk of the unilateral transtibial amputee patients mobilising with prosthesis was detected higher than the healthy controls. When the rehabilitation programme is planned for the patients with lower limb amputation, keeping in mind the balance-coordination exercises will be beneficial for avoiding the adjunct traumas following falls.

Pam Med J 2012;5(2):63-67

Key words: Lower extremity amputation, fall risk, balance, postural stability

Nuray Akkaya

Yazışma Adresi: Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon AD., Denizli

e-mail: nrakkaya@gmail.com

Gönderilme tarihi: 16.03.2012

Kabul tarihi: 18.04.2012

Giriş

Ampütasyonla ilişkili hastane taburculuklarının Amerika verilerine göre %82'sinin vasküler, %16'sının travmatik nedenlerle ilişkili olduğu ve travmatik, tümör veya konjenital nedenli ampütasyonların büyük çoğunluğunun 30 yaş altında üretken çağdaki genç erişkinlerde görüldüğü bildirilmiştir [1]. Yüzyıllardır savaş alanlarında hayat kurtarıcı bir işlem olarak uygulanan transtibiyal ampütasyon, günümüzde vasküler nedenli ampütasyonlarda cerrahi tedavinin son noktası gibi görünmekle birlikte diğer açıdan bakıldığında protez ile yürümenin amaçlandığı rehabilitasyonun başlangıç noktasını oluşturmaktadır [2].

Alt ekstremitte ampütelerde alt ekstremiteden gelen somatosensoryal geribildirimlerin bozulması veya yok olması nedeniyle postüral salınımların arttığı öne sürülmüştür [3-6]. Kişinin vücut ağırlık merkezini minimal postüral salınımlar ile destek yüzeyi içinde tutabilme yeteneği olarak tanımlanan dengenin normal kontrolü için vestibuler, görsel ve somatosensoryal sistemden gelen geribildirimlerin kompleks etkileşimi gereklidir [3,7]. Toplumda düşme ve denge problemlerinin %20-30 oranında morbidite ve mortalite nedeni olduğu bildirilmiştir [8].

Bu çalışmada alt ekstremitte ampütasyonunun dengenin sağlanmasında gerekli bileşenlerden biri olan somatosensoryal uyarılarda eksiklik oluşturarak postüral performansta bozulma ile sonuçlanacağı hipotezi kurularak, protez ile ambule olan alt ekstremitte transtibiyal ampüte hastaların statik postüral stabilitelerinin kontrol grubuyla karşılaştırılması ve düşme risklerinin araştırılması amaçlandı.

Gereç ve yöntem

Ortopedik rehabilitasyon polikliniğimize başvuran alt ekstremitte ampüte hastalar kesitsel olarak değerlendirildi. Tek taraflı transtibiyal ampütasyonu olan, bilişsel fonksiyonları soruları yanıtlamak ve statik postürografi testine alınmak için yeterli olan, postürografi testi süresince desteksiz olarak ayakta durabilecek ve en az 6 aydır protez ile ambule olan hastalara çalışma hakkında bilgi verilerek, katılmayı kabul eden hastalardan yazılı onam formu alınarak çalışmaya dahil edildi.

Tek taraflı transtibiyal ampüte 15 hasta ile yaş-cins eşleştirilmiş 17 sağlıklı kontrol vaka değerlendirildi. Tüm vakaların yaş, cinsiyet, boy (cm), kilo (kg), eğitim, meslek, eşlik eden sistemik

hastalıklar, ampüte hastaların ise ampüte taraf (sağ/sol), ampütasyon nedeni kaydedildi (vasküler, travmatik neden), ampütasyondan sonra geçen süre (ay), protez kullanma süresi (ay) kaydedildi. Vakaların yürümeye yardımcı cihaz (baston/kanadyen, koltuk değneği) kullanıp kullanmadıkları sorgulandı. Hastaların protez liner tipi ve süspansiyon sistemi (pin kilitli/vakum) ve kullandıkları ayak tipi (solid ankle cushion heel=SACH ayak/karbon ayak) kaydedildi.

Ampüte hastaların K sınıflamasına göre fonksiyonel düzeyi belirlendi. Medicare K kodu sınıflandırmasına göre, K0; hareket yeteneği veya potansiyeli yok ya da yardımcı ya da yardımsız transfer olabiliyor ve protez hayat kalitesini veya mobilitayı değiştirmiyor, K1; sabit ritimde çeşitli yüzeylerde hareket veya transfer için protezi kullanma yeteneği veya potansiyeli var, sınırlı veya sınırsız ev içi ambulasyon, K2; Merdiven, basamak ve düz olmayan yüzeyler gibi düşük seviyeli çevre bariyerleriyle hareket potansiyeli ve yeteneğine sahip, tipik olarak sınırlı toplumsal ambulasyon, K3; Değişken ritimde hareket yeteneğine ya da potansiyeline sahip, tipik topluluk içinde hareket edenler, pek çok çevre bariyerleriyle hareket edebilir, mesleki, terapötik veya egzersiz aktivitesi için protez ihtiyacı vardır, K4; yüksek düzeyde etki, stres veya enerji seviyelerinde temel hareket yeteneği için protez ile ambulasyon ihtiyacı vardır, çocuk, atlet veya aktif erişkinler için tipik protez kullanımı gerekli [9].

Postüral denge, statik postürografi cihazı (Tetrax, Sunlight Medical Ltd, İsrail) ile değerlendirildi. Ampüte hastalar ve kontrol vakalara postürografik değerlendirme günün aynı saatinde (saat 11:00 civarı) yapıldı. Tetrax İnteraktif Denge Sistemi, her iki parmak ucundan ve her iki topuktan vertikal basınç değişimlerini ölçen dört farklı platform ve bu platformdan gelen verileri dijital olarak birleştirerek işlem yapan bir bilgisayardan oluşmaktadır. Statik postürografi ile denge ölçümünde kişiden ayaklarını, cihazdaki platformlarda belirtilmiş alan üzerine ayakkabı olmaksızın, yerleştirerek dik durması istenir (Postüral stabilite değerlendirilmesi için ampüte hastalardan da protezleri takılı iken, ayakkabısız olarak platforma çıkmaları istendi). Kişi dik duruş pozisyonunda gözler açık ve kapalı, yumuşak zeminde gözler açık ve kapalı, gözler kapalı iken baş sağa ve sola çevrili, baş öne ve arkaya eğik olmak üzere 8 farklı pozisyonun her birinde 32 saniye kalır [10]. Her vaka için postürografik yazılım tarafından salınım oranları dikkate alınarak hesaplanan düşme riski kaydedildi [11,12].

Statik postürografi ile elde edilen düşme riski, 0-100 arasında sayısal bir değerdir; 0-35, az, 36-57, orta, 58-100 yüksek düşme riskini işaret eder [13].

İstatistiksel değerlendirme Microsoft Office SPSS 17.0 programı kullanılarak yapıldı. Hastaların tanımlayıcı verileri için tanımlayıcı istatistik ve frekans analizleri kullanıldı. Gruplar arası sayısal verilerin karşılaştırılmasında Mann Whitney U testi, kategorik verilerin karşılaştırılmasında ki-kare testi uygulandı. Anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

Bulgular

Yaş ortalaması $39,3 \pm 11,9$ yıl (20-65), ortalama amputasyon sonrası geçen süre $115,2 \pm 112,9$ (8-360) ay, protez kullanım süresi $101,1 \pm 105,2$ (6-340) ay olan 15 unilateral transtibiyal amputasyon hasta (1 kadın, 14 erkek) değerlendirildi. Amputasyon hastalarının tamamı pin kilitli diz altı protez kullanmaktaydı. Amputasyon hastalarının amputasyon ve protez ile ilgili verileri Tablo 1'de sunuldu.

Yaş ortalaması $39,5 \pm 13,2$ (20-57) yıl olan, 17 sağlıklı kontrol vaka (1 kadın, 16 erkek) değerlendirildi. Kontrol grubundaki hastaların eşlik eden sistemik hastalık hikayesi yoktu. Gruplar arasında yaş, dominant ekstremite, cinsiyet, boy, kilo, eğitim düzeyi, meslek açısından anlamlı fark olmadığı saptandı ($p > 0,05$) (Tablo 2).

Düşme riski değerinin amputasyon grubunda ($84,1 \pm 27,1$, 8-100) kontrol grubuna göre ($28,4 \pm 16,2$, 8-52) anlamlı yüksek olduğu saptandı ($p = 0,001$).

Tartışma

Çalışmamızda protez kullanarak mobilize olan tek taraflı transtibiyal amputasyon hastalarının statik postürografi cihazı (Tetrax, Sunlight Medical Ltd, İsrail) ile ölçülen düşme riskinin yaş ve cins eşleştirilmiş sağlıklı kontrollerden yüksek olduğu bulunmuştur.

Tablo 1. Amputasyon hastalarının amputasyon ve protez kullanımıyla ilgili verileri

		Hasta sayısı (%)
Ampütasyon tarafı	Sağ	9 (%60)
	Sol	6 (%40)
Ampütasyon nedeni	Vasküler	4 (%26,7)
	Travmatik	11 (%73,3)
Sistemik hastalık hikayesi	Yok	10 (%66,7)
	Diabetes mellitus	3 (%20)
	Hipertansiyon ve diabetes mellitus	2 (%13,3)
Yürümeye yardımcı cihaz	Kullanmıyor	11 (%73,3)
	Baston/kanadyen	1 (%6,7)
	Koltuk değneği	3 (%20)
Liner tipi	Silikon	14 (%93,3)
	Poliüretan jel	1 (%6,7)
Protez ayak tipi	SACH ayak	12 (%80)
	Karbon ayak	3 (%20)
K0		0
K1		0
K2		3 (%20)
K3		11 (%73,3)
K4		1 (%6,7)
		Ortalama $\pm$ standart sapma
Amputasyon sonrası geçen süre (ay)		$115,2 \pm 112,9$ (8-360)
Protez kullanım süresi (ay)		$101,1 \pm 105,2$ (6-340)

SACH: Solid ankle cushion heel

K: Medicare K kodu sınıflaması

Tablo 2. Gruplar arasında yaş, boy, kilo, cinsiyet, eğitim düzeyi, meslek verilerinin karşılaştırılması

		Ampüte grup (n=15)	Kontrol grubu (n=17)	p
Yaş (yıl)		39,3±11,9 (20-65)	39,5±13,2 (20-57)	0,706
Boy (cm)		170,3±6,1 (155-180)	171,7±8,0 (160-185)	0,676
Kilo (kg)		74,8±15,0 (49-100)	77,0±11,6 (55-100)	0,608
Cinsiyet	Kadın	1 (%6,7)	1 (%5,9)	0,927
	Erkek	14 (%93,3)	16 (%94,1)	
Eğitim	İlk-ortaokul	9 (%60)	13 (%76,5)	0,316
	Lise-yüksekokul	6 (%40)	4 (%23,5)	
Meslek	İşçi	6 (%40)	11 (%64,7)	0,147
	Memur	2 (%13,3)	0	
	Öğrenci	1 (%6,7)	3 (%17,6)	
	Emekli	6 (%40)	3 (%17,6)	
Dominant	Sağ	13 (%86,7)	17 (%100)	0,120
ekstremit	Sol	2 (%13,3)		

Yaş ortalaması yaklaşık 26 yıl olan, yüksek aktivite düzeyine sahip 3'ü tek taraflı transtibiyal toplam 6 ampüte hastanın postüral salınım ve dengesinin araştırıldığı bir çalışmada, ampüte hastalar yaş ortalaması 25 yıl olan, 6 sağlıklı kontrol ile karşılaştırılmıştır [3]. Bu çalışmada ampüte hastaların hem statik hem de dinamik dengesinin sağlıklı kontrollerden bozuk olduğu, dinamik dengenin kontrolünde anteroposterior yönde denge kontrolünün mediolateral yönde daha kötü olduğu bildirilmiştir. Yazarlar, sagittal plandaki vücut hareketlerinin yürüme sırasında öncelikli hareketler olduğundan alt ekstremit ampütelerde özellikle yürüme sırasında denge problemlerinin ortaya çıkacağını ve dengenin sağlanmasında ayak bileği hareket eksikliğinin önemli olduğunu öne sürmüşlerdir [3]. Çalışmamızda ise daha homojen bir alt ekstremit ampüte hasta grubu oluşturulmaya çalışılarak sadece transtibiyal ampüte hastaların statik dengesi değerlendirilmiş ve düşme riskinin kontrol grubundan yüksek olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde çalışmamızdaki hastaların çoğunda ayak bileği hareketinin olmadığı protez ayak mevcuttu. Ancak çalışmamızda statik denge değerlendirildiği ve platformda eğim olmadığı için ayak bileği hareketlerinin katkısı çok fazla olmadığından statik dengede saptadığımız bu postüral performans bozukluğunun ayak bileği hareket eksikliğinden daha çok somatosensoriyal uyarıların eksikliğinden kaynaklandığı düşünüldü.

Buckley ve ark.'ları tarafından 6 ampüte hastanın postüral salınımları, statik ve dinamik

dengelerinin araştırıldığı çalışmada ampütelerin yaş ortalaması yaklaşık 26 yıl iken, ampüte hastalarda denge problemlerinin araştırıldığı diğer çalışmalarda hastaların yaş ortalamasının 60 yıl civarı olduğu bildirilmiştir [4-6, 14-16]. Daha önce yapılan çalışmalarda dengenin yaş arttıkça kötüleştiğinin, hareketsiz ve obez kişilerde de bozuk olduğu [17,18] gösterildiği için Buckley ve ark.'ları [3] genç ve fiziksel olarak aktif ampüteleri değerlendirdiklerini belirtmişlerdir. Çalışmamızda da boy ve kilo açısından sağlıklı kontrol vakalardan farklı olmayan, orta yaşta ampüte hastalar değerlendirildi.

Isakov ve ark.'ları tarafından diz altı ampütasyonu olan hastaların postüral salınımları sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmış ve protez rehabilitasyon uygulandıktan sonra tekrar değerlendirilmiştir [4]. Bu çalışmada ampütelerde sağlıklılara göre saptanan farkın propriyoseptif geribildirim eksikliğinden kaynaklandığı ve protez rehabilitasyon sonrası kompensasyon ve adaptasyon oluşarak ampüte hastaların postüral stabilitesinde anlamlı gelişme olduğu bildirilmiştir [4]. Çalışmamız ise kesitsel olduğu için rehabilitasyon programının postüral stabiliteye etkisi değerlendirilemedi. Hastalarımız eski ampüte hastalar olmasına rağmen protez rehabilitasyonu almamışlardı. Çünkü kliniğimizde hizmet vermeye başlayan Ampüte Rehabilitasyonu Ünitesi ilimizde yeni bir uygulama olduğu için ünitemize başvuran ampüte hastaların büyük kısmı uzun süredir protez kullanmakta olan eski ampüte hastalardı. Bu nedenle çalışmamızda protez rehabilitasyonu almamış ancak protez kullanmakta olan ampüte

hastaların düşme riskinin yüksek olduğu ortaya konmuştur.

Transtibiyal amputelerle sağlıklı kontrollerin dengesinin Romberg testi ile karşılaştırıldığı çalışmada amputelerin de sağlıklılar kadar stabil olduğu bildirilirken [15], Fernie ve ark.'ları tarafından amputelerde dik pozisyonun sağlanması için görsel girdilere bağımlılığın arttığı belirtilmiştir [14]. Alt ekstremite ampute hastaların statik ve dinamik dengelerinin rehabilitasyon öncesi ve sonrası sağlıklı kontrollerle karşılaştırıldığı çalışmada ise rehabilitasyon sonrası amputelerdeki görsel girdilere bağımlılığın azalarak somatosensoriyal reorganizasyonla postüral kontrolün geliştiği, ancak postüral asimetrisinin rehabilitasyon süresince sadece dinamik denge için devam ettiği bildirilmiştir [6]. Bu çalışmada ampute hastalarda alt ekstremite amputasyonu sonrası postüral kontrolün santral reorganizasyonu olduğu öne sürülmüştür [6]. Ampute hastalarda hem periferik hem de santral sinir sistemini değerlendirerek daha çok veri sağlayacak statik ve dinamik denge testlerinin uygulanmasıyla yapılacak ileri çalışmalar ampute hastaların rehabilitasyonunda izlenecek programlar için yol gösterici olacaktır.

Çalışmamızda sadece statik dengenin değerlendirilmiş olması, dinamik dengenin değerlendirilmemiş olması çalışmamızın kısıtlılıklarından birisidir. Ayrıca denge problemlerine neden olabilecek vestibüler sistem ve santral sinir sistemi ile ilgili verilerin değerlendirilmemesi ise diğer kısıtlılıklardır. Ampute hastaların ve sağlıklı kontrollerin aktivite düzeyleri veya fonksiyonel durumlarının değerlendirme parametreleri arasında yer almayışı ve bu değişkenlerin postüral stabilite ile ilişkisinin araştırılmamış olması çalışmamızın diğer bir kısıtlılığıdır. Ancak genç ve aktif amputelerin düşme riski yüksekliğini ortaya koyması açısından çalışmamızın sonuçları değerlidir.

Alt ekstremite amputasyonu olan hastaların rehabilitasyon programı planlanırken denge-koordinasyon egzersizlerine önem verilmesi düşme sonucu gelişebilecek ek travmaların önlenmesi için faydalı olacaktır.

Çıkar ilişkisi: Yazarlar çıkar ilişkilerinin olmadığını beyan etmiştir.

Kaynaklar

1. Gailey R, Allen K, Castles J, Kucharik J, Roeder M. Review of secondary physical conditions associated with lower-limb amputation and long-term prosthesis use. *J Rehabil Res Dev* 2008;45:15-30.
2. Arwert HJ, van Doorn-Loogman MH, Koning J, Terburg M, Rol MR, Roebroek ME. Residual-limb quality and functional mobility 1 year after transtibial amputation caused by vascular insufficiency. *J Reh Res Dev* 2007;44:717-722.
3. Buckley JG, O'Driscoll D, Bennett SJ. Postural sway and active balance performance in highly active lower-limb amputees. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81: 13-20.
4. Isakov E, Mizrahi J, Ring H, Susak Z, Hakim N. Standing sway and weight-bearing distribution in people with below-knee amputations. *Arch Phys Med Rehabil* 1992;73: 174-178.
5. Geurts ACH, Mulder TW, Nienhuis B, Rijken RA. Dual task assessment of postural control in persons with lower limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil* 1991; 72:1059-1064.
6. Geurts ACH, Mulder TW, Nienhuis B, Rijken RA. Postural reorganisation following lower limb amputation. *Scand J Rehabil Med* 1992;24:83-90.
7. Shumway-Cook A, Anson B, Haller S. Postural sway biofeedback: its effect in re-establishing stance stability in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1988;69:395-400.
8. Tyner T, Allen DD. Balance and fall risk. In: Cameron MH, Monroe LG, editors. *Physical rehabilitation, evidence based examination, evaluation, and intervention*, Philadelphia: Saunderson-Elsevier;2007, p.300-1.
9. Nelson VS, Flood KM, Bryant PR, Huang ME, Pasquina PF, Roberts TL. Limb deficiency and prosthetic management. 1. Decision making in prosthetic prescription and management. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87:S3-9.
10. Gstötnner M, Neher A, Millionig M, Lember S, Raschner C. Balance ability and muscle response of the preferred and nonpreferred leg in soccer players. *Motor Control* 2009;13:218-231.
11. Adam M, Leblebici B, Erkan AN, Bağış S, Akman MN. Ankilozan spondilit ve postüral denge. *Romatizma* 2008;23:87-90.
12. Oppenheim U, Kohen-Raz R, Alex D, Kohen-Raz A, Azarya M. Postural characteristics of diabetic neuropathy. *Diabetes Care* 1999;22:328-332.
13. Özdemir O, Gökçe Kutsal Y. Fall risk assessment of elderly by using posturography. *Türk Geriatri Derg* 2009;12:177-180.
14. Fernie GR, Holliday PJ. Postural sway in amputees and normal subjects. *J Bone Joint Surg (Am)* 1978;60:895-898.
15. Vittas D, Larsen TK, Jansen EC. Body sway in below-knee amputees. *Prosthet Orthot Int* 1986;10:139-141.
16. Hermodsson Y, Ekdahl C, Persson BM, Roxendal G. Standing balance in trans-tibial amputees following vascular disease or trauma: a comparative study with healthy subjects. *Prosthet Orthot Int.* 1994;18:150-158.
17. Kocaja DM, Allway D, Earls DR. Age differences in postural sway during volitional head movement. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:1537-1541.
18. McGraw B, McClenaghagh BA, Williams J, Dickerson J, Wards DS. Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81:484-489.