



Diz altı amputelerde klasik yürüme eğitimi ve Biodex Gait Trainer 2™ ile yapılan yürüme eğitiminin karşılaştırılması

Özlem ÜLGER, Semra TOPUZ, Kezban BAYRAMLAR, Fatih ERBAHÇECİ, Yavuz YAKUT, Gül ŞENER

[Ülger Ö, Topuz S, Bayramlar K, Erbahçeci F, Yakut Y, Şener G. Diz altı amputelerde klasik yürüme eğitimi ve Biodex Gait Trainer 2™ ile yapılan yürüme eğitiminin karşılaştırılması. Fizyoter Rehabil. 2009;20(2):70-75.]

Research Article

Ö Ülger, S Topuz

Hacettepe University,
Faculty of Health Sciences
Department of Physical Therapy and
Rehabilitation
Ankara, Türkiye
PT, PhD

K Bayramlar

Hacettepe University,
Faculty of Health Sciences
Department of Physical Therapy and
Rehabilitation
Ankara, Türkiye
PT, PhD, Assoc Prof

F Erbahçeci, Y Yakut, G Şener

Hacettepe University,
Faculty of Health Sciences
Department of Physical Therapy and
Rehabilitation
Ankara, Türkiye
PT, PhD, Prof

Address correspondence to:

Dr. Fzt. Özlem Ülger
Hacettepe University,
Faculty of Health Sciences
Department of Physical Therapy and
Rehabilitation, 06100 Samanpazarı,
Ankara, Türkiye
E-mail: ozlemulger@yahoo.com

Amaç: Çalışma diz altı amputelerde klasik yürüme eğitimi ve Biodex Gait Trainer 2™ ile yapılan yürüme eğitiminin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirildi. **Gereç ve yöntem:** Çalışmaya daha önce protez kullanmamış, yaşları 20-45 yıl arasında değişen toplam 40 unilateral diz altı ampute alındı. Olgular 20'şerli iki gruba ayrıldı. Klasik yürüme eğitimi verilen olgular kontrol grubunu, Biodex Gait Trainer 2™ ile eğitim alacak olan olgular ise deney grubunu oluşturdu. Olgular fiziksel özellikler açısından değerlendirildikten sonra 10 günlük, klasik ve Biodex Gait Trainer 2™ ile olmak üzere iki farklı yürüme eğitimi programına alındı, her iki eğitiminin sonucunda olgular, yürüyüş parametreleri (yürüme hızı, çift adım uzunluğu, dakikadaki adım sayısı, adım döngüsü), ambulasyon indeksi ve fizyolojik tüketim indeksi (FTİ) açısından değerlendirildi. Elde edilen veriler uygun istatistiksel yöntemler kullanılarak karşılaştırıldı. **Sonuçlar:** Çalışmaya katılan olguların fiziksel özellikleri açısından gruplar arasında herhangi bir fark olmadığı gözlemlendi ($p>0.05$). Yürüyüş parametreleri, ambulasyon indeksi ve FTİ yönünden gruplar karşılaştırıldığında, yalnızca yürüme hızı, yürüme mesafesi ve FTİ'nde Biodex Gait Trainer 2™ grubu lehine anlamlı bir fark olduğu saptandı ($p<0.05$). **Tartışma:** Her iki yürüme eğitiminin yürüyüş parametreleri, denge ve koordinasyon üzerinde oldukça etkili olduğu, ancak Biodex Gait Trainer 2™'nin kişisel özelliklere göre seçilen yürüyüş hızı ve enerji tüketimi açısından daha etkili olduğu belirlendi.

Anahtar kelimeler: Ampute, Yürüyüş, Rehabilitasyon.

A comparison of traditional gait training versus gait training on the Biodex Gait Trainer 2™ in transtibial amputees

Purpose: This study was planned to compare the results of gait training done by conventional methods and Biodex Gait Trainer 2™ in the restoration of gait which is the most important functional loss in unilateral transtibial amputees. **Material and methods:** The study group consisted of 40 amputees between 20-45 years of age. The subjects were divided into two groups. Amputees who received conventional gait training formed the control group while the study group consisted of amputees who practiced gait with Biodex Gait Trainer 2™. After the patients were assessed for their demographic characteristics, they received gait training for 10 days and they were evaluated by gait trainer for their gait characteristics (Velocity, stride length, cadence, and step cycle), ambulation index and patient's physiological cost index (PCI) was also assessed. The data was evaluated by suitable statistical methods. **Results:** No demographic differences was found between the two groups ($p>0.05$). There were significant differences in favor of the Biodex Gait Trainer 2™ group in gait velocity, gait distance and PCI ($p<0.05$). **Conclusion:** Although both forms of gait training was found to be very effective in improving gait characteristics, balance and coordination; gait trainer was found to be more effective in diminishing the energy consumption due to the selection of gait velocity according to personal characteristics.

Key words: Amputee, Gait, Rehabilitation.

Alt ekstremitte amputasyonlarından sonra ortaya çıkan en büyük sorun amputenin bağımsız yürüyememesi veya asimetrik yürüyüş gibi çeşitli yürüme bozukluklarının oluşmasıdır. Yürüyüşün normalden sapması sonucu amputelerde fonksiyonel kapasite azalarak enerji tüketimi artmaktadır.¹⁻⁴

Normal yürüyüşün en önemli parametrelerinden biri olabildiğince ekonomik olmasıdır. Bu yetenek yürüyüş esnasında, gravite merkezinin yer değiştirmesinin minimal olması ile sağlanabilmektedir.³⁻⁵

Protezli ekstremitte ağırlık taşıma, ampute için protez eğitiminin en zor bölümünü oluşturmaktadır. Protezli tarafta ağırlık taşıma ve denge yeteneğinin kazanılmadığı durumlarda protezli tarafta duruş fazının süresinde azalma, sağlam taraf adım uzunluğunda kısalma ve destek yüzeyinde artma gibi yürüyüş bozuklukları gelişebilmektedir.¹⁻⁴

Alt ekstremitte amputelerinde protez ile yürüyüş sırasında yapılan yürüyüş değerlendirmeleri, rehabilitasyonun planlanması ve yönlendirilmesinde önemlidir. Normal yürüyüşten olan sapsmaların belirlenmesi, uygun yaklaşımların planlanmasında ve uygulanmasında kriter olmakta ve tedavinin etkinliğinin belirlenmesinde de son derece önem taşımaktadır.

Literatür incelendiğinde yürüyüşün değerlendirilmesi için pek çok yöntem olduğu dikkati çekmektedir. Bu yöntemlerden birisi Biodex Gait Trainer 2TM'dir. Yürüyüş eğitimi esnasında yürüyüşün değerlendirilmesi açısından Biodex Gait Trainer 2TM oldukça önemli bir sistemdir. Hastaların denge ve koordinasyonlarını, ağırlık dağılımlarını arttırması, kardiyovasküler endüransı arttırarak normal yürüyüş paternlerinin geliştirilmesi, kalp hızı, ambulasyon indeksi ve temel yürüyüş parametrelerini değerlendirmesi yönünden Biodex Gait Trainer 2TM'nin amputelere yürüyüş yönünden iyi bir eğitim sağladığı düşünülmektedir.⁶⁻⁸

Alt ekstremitte amputelerine genellikle denge, ağırlık aktarma ve proprioseptif nöromuskuler teknikleri içeren egzersizlerden oluşan klasik yürüme eğitimi verilmektedir. Yürüme eğitimi hastaya uygun olarak verilmekte ancak etkinliği

değerlendirilememekte, yürüyüş parametrelerindeki değişiklikler, duruş ve sallanma fazı oranları, ampute-sağlam taraf ağırlık taşıma miktarları, yürüme hızı ve ambulasyon indeksi gibi yürüyüş açısından oldukça önemli olan parametreler objektif olarak tespit edilememektedir.⁹⁻¹²

Yürüyüşün etkinliğine yönelik bir değerlendirmenin yapılabilmesi için hastanın bağımsız olarak paralel bar içinde yürütmesi beklenmektedir. Bu durum oldukça uzun bir eğitim süreci gerektirmektedir.¹³⁻¹⁴

Bu doğrultuda çalışma, yürüme fonksiyonunu stimüle etmeye yönelik yürüyüş egzersizlerinin etkinliğinin objektif olarak belirlenmesi, bu konuda kanıta dayalı eğitim programlarının oluşturulması için diz altı amputelerde klasik yürüme eğitimi ile Biodex Gait Trainer 2TM'de yapılan yürüme eğitiminin karşılaştırılması amacı ile gerçekleştirildi.

GEREÇ VE YÖNTEM

Olgular

Çalışmaya Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü, Protez ve Biyomekanik Ünitesi'ne müracaat eden, daha önce protez kullanmamış, amputasyon dışında herhangi bir sistemik hastalığı olmayan, kas kuvvet zayıflığı, kas kısalıkları, eklem limitasyonları ve ağırlık taşımasına engel olacak problemleri bulunmayan, yaşları 20-45 yıl arasında değişen toplam 40 unilateral diz altı ampute dahil edildi.

Olgular 20'şerli iki gruba ayrılarak, her grupta eşit olgu sayısı olmasına ve olguların sonuçları etkilememesi açısından aynı özelliklere sahip olmasına dikkat edildi.

Olguların tümüne alt ekstremitte sağlam taraf ve ampute tarafta kalan kaslara kuvvetlendirme egzersizleri, karın ve sırt kaslarını kuvvetlendirme egzersizleri, izometrik ve dinamik egzersizler şeklindeki program günde iki kez, eğitim süresince uygulandı.¹⁴

Klasik yürüme eğitimi verilen olgular kontrol grubunu (Grup 1), Biodex Gait Trainer 2TM ile eğitim alan olgular ise çalışma grubunu (Grup 2) oluşturdu. Klasik yürüme eğitimi kapsamında paralel bar içerisinde öne-arkaya, yana adım alma,

protezli tarafa ağırlık aktarma, statik ve dinamik denge, bar dışında yürüme, engebeli zeminde yürüme, tek çizgi üzerinde yürüme, merdiven inme ve çıkma, yokuş (15 derece eğimli) inme ve çıkma gibi egzersizler uygulandı.¹⁴

Biodex Gait Trainer 2TM grubunda ise, olguların fiziksel özelliklerine göre (yaş, boy) Biodex Gait Trainer 2TM'nin belirlediği, hastaya özel yürüyüş hızında en az 6 dakika olmak üzere yürüme eğitimi verildi. Eğitim sırasında adım eşitsizliğini engellemek için Biodex Gait Trainer 2TM ekranındaki görüntülerden ve sestten yararlanıldı (Şekil 1).

Yöntem

Olguların fiziksel özellikleri belirlenerek kaydedildi. Olgular ampute ve sağlam taraf; alt ekstremitte normal eklem hareketleri, kas kuvveti, kısalık testleri, güdük boyu, şekli ve ödem açısından değerlendirildi. Değerlendirme sonucuna göre protez yapımına ve çalışma kriterlerine engel teşkil etmeyen olgular çalışmaya alındı.

Yapılan değerlendirmeler ardından çalışmaya katılan olgulara 10 günlük yürüme eğitimi programı verildi, her iki eğitimin sonunda olgular, temel yürüyüş parametrelerinden yürüme hızı, çift adım uzunluğu, dakikadaki adım sayısı (cadance), adım döngüsü ve ambulasyon indeksi açısından Biodex Gait Trainer 2TM ile değerlendirildi (Biodex Gait Trainer 2TM-Biodex Medical Systems, 20 Ramsay Road, Shirley, New York, 11967-4704).

Her iki grupta enerji tüketiminin belirlenmesi için yapılan 6 dakika yürüme testi öncesi ve sonrası kalp hızı ve yürüme mesafesi belirlendi. Fizyolojik tüketim indeksi (FTİ) hesaplandı [(yürüme kalp hızı) - (dinlenme kalp hızı)] / (yürüme hızı).¹⁵

İstatistiksel analiz:

Verilerin istatistiksel değerlendirmesi Windows için SPSS 11.0 paket programında yapıldı. Veriler, aritmetik ortalama \pm standart sapma ($X \pm SD$) olarak ifade edildi. Gruplar arası karşılaştırmalarda; parametrik verilerde *t* testi kullanıldı. Tüm istatistiklerde p değeri 0.05 olarak alındı.

SONUÇLAR

Çalışmaya katılan tüm olguların yaş ortalaması 37.95 ± 6.35 yıl olarak belirlendi. Grupların fiziksel özelliklerinin birbirine benzer olduğu tespit edildi ($p > 0.05$) (Tablo 1).

Olgulara yapılan yürüyüş değerlendirmeleri sonuçlarına göre, Biodex Gait Trainer 2TM ile yürüme eğitimi verilen grupta, klasik yürüme eğitimi verilen gruba göre yürüyüş hızının ve yürüyüş mesafesinin daha fazla olduğu kaydedildi ($p < 0.05$) (Tablo 2).

Biodex Gait Trainer 2TM'nin belirlediği yürüyüşün adım uzunlukları (sağ-sol), yürüme periyodu gibi diğer yürüyüş parametreleri, ampute taraf ağırlık taşıma miktarı ve ambulasyon indeksi skorlarının ise her iki grupta istatistiksel olarak fark oluşturmayacak şekilde birbirine yakın değerler olduğu belirlendi ($p > 0.05$) (Tablo 2).

Olgulara yapılan 6 dakika yürüme testi sonucuna göre hesaplanan FTİ Biodex Gait Trainer 2TM eğitimi alan gruptaki olgularda daha düşük değerlerde hesaplandı ve enerji tüketimlerinin klasik yürüme eğitimi alan gruba göre daha az olduğu belirlendi ($p < 0.05$) (Tablo 2).

Tablo 1. Grupların fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması.

	Grup 1 (N=20)	Grup 2 (N=20)	p
	X \pm SD	X \pm SD	
Yaş (yıl)	37.25 \pm 6.45	38.65 \pm 6.33	0.49
Boy (cm)	170.15 \pm 7.61	167.70 \pm 5.12	0.24
Vücut ağırlığı (kg)	68.65 \pm 6.45	65.00 \pm 6.65	0.08

Tablo 2. Grupların yürüyüş parametreleri, ampute tarafta ağırlık taşıma, ambulasyon indeksi ve fizyolojik tüketim indeksi.

	Grup 1 (N=20)	Grup 2 (N=20)	p
	X±SD	X±SD	
Yürüme hızı (m/sn)	0.69±0.28	1.05±0.35	<0.001
Yürüme periyodu süresi (sn)	0.66±0.24	0.74±0.19	0.24
Yürüme mesafesi (m)	266.55±104.75	358.45±143.61	0.02*
Adım eşitsizliği (cm)	4.6±1.71	4.5±2.95	0.11
Ampute taraf ağırlık taşıma (%)	42.40±5.64	44.20±4.09	0.25
Ambulasyon indeksi skoru	72.25±15.35	74.80±13.79	0.58
Fizyolojik tüketim indeksi	40.61±4.08	31.79±2.88	<0.001

* p<0.05.

**Şekil 1. Sağ diz altı amputenin Biodex Gait Trainer 2™ ile yürüme eğitimi.**

TARTIŞMA

Çalışmamızda diz altı amputelerde Biodex Gait Trainer 2™ ve klasik yürüme eğitimi olmak üzere iki farklı yöntemin yürüyüş ve enerji tüketimi üzerine etkileri incelendi. Her iki yürüme eğitiminin yürüyüş üzerinde katkıları olduğu, enerji tüketiminin ise Biodex Gait Trainer 2™ ile eğitim alan grupta daha ekonomik olduğu belirlendi.

Çalışmalarda genellikle yürüyüş hızının alt

ekstremitelerde azaldığı üzerinde durulmaktadır.¹⁶⁻²⁰ Powers ve arkadaşları yürüyüş hızının, ampute ve sağlam taraf alt ekstremitelerde kas kuvveti zayıflığından ve dengesizliğinden etkilendiğini,¹⁶ Renstrom ve arkadaşları diz altı amputelerde diz ekstansör ve fleksör kas kuvveti arasındaki kuvvet dengesizliği nedeni ile adım uzunluklarının etkilendiğini, dolayısı ile yürüme hızının azaldığını ve her iki parametre arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu vurgulamaktadırlar.¹⁸

Isakov ve arkadaşları asimetrik bir yürüyüşün diz altı amputelerin hızlarını azalttığını, her iki alt ekstremitenin yürüyüş fazlarını birbirleri ile uyum içinde gerçekleştirmeleri gerektiğini, bu durumun ancak uygun protez ve komponent seçimi ile mümkün olabileceğini belirtmişlerdir, ayrıca yürüyüş hızının da tüm yürüyüş parametrelerini etkileyebileceği üzerinde durmuşlardır.¹⁰

Kegel ve arkadaşları yürüme hızının izometrik kas kuvvetinin artırılması ile iyileştirilebileceğini bildirmiştir.²¹ Gravel ve arkadaşları ise paralel bar içerisinde adım uzunluklarının uyumu için verdikleri iki haftalık yürüme eğitimi ile yürüme hızlarının arttığını, bu sonucun eğitim ile birlikte verilen kas gruplarına yönelik egzersizlerin kas kuvvetini artırması sonucunda ortaya çıktığını vurgulamışlardır.²²

Diz altı amputelerde yapılan yürüyüş parametrelerinin değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde, verilen yürüme hızları değerleri,

çalışmamızda her iki gruptaki olguların eğitimleri sonrası elde edilen yürüme hızları değerleri ile benzerlik göstermektedir. Ancak gruplar karşılaştırıldığında Biodex Gait Trainer 2™ ile yapılan eğitim sonrası olguların yürüme hızlarının daha yüksek olduğu belirlendi. Gravel ve arkadaşlarının çalışma sonuçlarının tersine,²² çalışmamızda Biodex Gait Trainer 2™ ile verilen eğitimin yürüme hızını artırdığı sonucuna varıldı.

Olguların 10 gün süre ile belirlenen hızlarda yürüme eğitimi almalarının, bu sonucu etkilediğini söylemek mümkündür. Klasik yürüme eğitimi sonrasında olgular istedikleri ve rahat oldukları bir hızda yürüdüler ve yürüme hızını belirleme şansımız olmadı. Bu durumun klasik yürüme eğitimi grubundaki amputelerin daha düşük hızlarda yürümelerine sebep olabileceği düşünüldü.

Yürüme mesafesi, yürüme hızı ve enerji tüketimi arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalarda, alt ekstremitte amputelerinde fizyolojik enerji tüketiminin arttığı, enerji tüketiminin artması ile birlikte yürüme hızının düştüğü, yine enerji tüketiminin artmasına bağlı olarak amputenin fiziksel performansının etkilendiği ve yürüme mesafesinin de azaldığı belirtilmektedir.^{23,24}

Çalışmamızda Biodex Gait Trainer 2™ ile verilen eğitimi alan olguların yürüme mesafesi, klasik eğitim alan olgulara göre daha fazla ve enerji tüketim değerleri ise daha az olarak bulundu. Yürüme hızı sonuçları da göz önünde bulundurulduğunda, Biodex Gait Trainer 2™ ile verilen eğitim sırasında olgular belirli bir hızda ve 6 dakika süresince yürümek zorunda kaldılar. 10 günlük eğitim boyunca, belirli hızda, belirli mesafe yürümeye adapte olmaları, Biodex Gait Trainer 2™ ile kendilerini güvende hissetmeleri, dolayısı ile dengeli bir şekilde yürümeleri sonucunda enerji tüketimlerinin azaldığı ve yürüme mesafelerinin arttığı düşünülmektedir. Klasik yürüme eğitimi alan gruptaki olgular ise, ayarlanamayan yürüyüş hızları, belirlenemeyen yürüme mesafeleri ile yürüme fonksiyonuna yeniden adapte olamaya çalıştıkları için enerji tüketimlerinde bir artış olduğu görüşündeyiz. Bu verilerin, istatistiksel sonuçlara yansıdığı ve enerji tüketiminin artması ile yürüme hızı ve amputenin fiziksel performansının olumsuz

olarak etkilenecek yürüme mesafesinin azaldığı yönündeki literatür bilgilerini desteklediği gözlemlendi.^{23,24}

Adım uzunlukları, yürüme periyodu gibi diğer yürüyüş parametreleri ve ampute tarafta ağırlık taşıma miktarı incelendiğinde ise gruplar arasında herhangi bir fark olmadığı dikkati çekmektedir. Bu durum klasik yürüme eğitiminin içinde yer ampute tarafa ağırlık taşıma miktarının artırılmasına yönelik basamak egzersizleri, adım almayı kolaylaştırmak ve eşit yük taşınmasını sağlamak amacı ile verilen öne-arkaya adım alma gibi egzersizlerin, kas kuvvetini artırması, dengeyi geliştirmesi ve normale yakın yürüyüş paterni geliştirilmesi açısından önemli olduğunu düşündürmektedir. Çalışmalarda da klasik yürüme eğitiminin ampute yürüyüşü üzerindeki olumlu etkileri üzerinde durulmaktadır.^{17,20} Ayrıca çalışmamızda Biodex Gait Trainer 2™ ile verilen eğitim sonucunda da yürüyüş parametreleri üzerinde olumlu sonuçlar elde edildiği saptandı. Bu sonuçların Biodex Gait Trainer 2™'deki adım eşitsizliğini ortadan kaldırmak amacı ile kullanılan görsel ve işitsel uyarılar ile sağlandığını söylemek mümkündür.

Çalışmamızda elde edilen sonuçların yürüyüş parametreleri, ampute taraf ile ağırlık taşıma miktarları ve enerji tüketimleri açısından diz altı amputelerde yürüyüş eğitiminin etkinliğini belirlemede önemli olduğu düşünülmektedir. Klasik yürüme eğitimi ile her ne kadar yürüme hızı, mesafesi ve enerji tüketiminde farklılık elde edilmemiş olsa da diğer yürüyüş parametreleri ve ağırlık taşıma miktarı açısından başarılı sonuçlara ulaşıldı. Her amputeye mutlaka amputasyon seviyesi, nedeni ve fiziksel gereksinimlerine göre yürüme eğitimi verilmesi gerekliliği ve bu eğitimin normale yakın yürüyüş paterni geliştirilmesinde etkili olduğu sonucu bir kez daha vurgulandı.

Biodex Gait Trainer 2™ ile daha olumlu sonuçlar elde edilmesinin, olguların kendilerini daha güvende hissetmeleri, görsel ve işitsel uyarılar ile denge, koordinasyon ve yürüyüşe ait parametrelerin kişiye özel olarak ayarlanması sonucunda gerçekleştiğini söylemek mümkündür. Biodex Gait Trainer 2™'nin amputelerin yürüyüşüne olumlu katkılar sağladığı ve yürüyüşe

yönelik objektif sonuçlara ulaşmamıza yardımcı olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- den Otter AR, Geurts AC, Mulder T, et al. Speed related changes in muscle activity from normal to very slow walking speeds. *Gait Posture*. 2004;19:270-278.
- Vrieling AH, van Keeken HG, Schoppen T, et al. Gait initiation in lower limb amputees. *Gait Posture*. 2008; 27:423-430.
- Kauzlaric N, Kolundzic R, Jelic M, et al. [Lower limb amputations caused by tumours and prosthetic rehabilitation in Croatia from 2000 to 2004]. *Lijec Vjesn*. 2006;128:139-143.
- Hesse S, Uhlenbrock D. A mechanized gait trainer for restoration of gait. *J Rehabil Res Dev*. 2000;37:701-708.
- Hesse S, Uhlenbrock D, Werner C, et al. A mechanized gait trainer for restoring gait in nonambulatory subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81:1158-1161.
- Hesse S, Ullenbock D, Sarkodie-Gyan T. Gait pattern of severely disabled hemiparatic subjects on new controlled gait trainer as compared to assisted treadmill walking with partial body weight support. *Clin Rehabil*. 1999;13:401-410.
- Hesse S, Sarkodie-Gyan T, Uhlenbrock D. Development of an advanced mechanised gait trainer, controlling movement of the centre of mass, for restoring gait in non-ambulant subjects. *Biomed Tech (Berl)*. 1999;44:194-201.
- Kyriazis V, Rigas C, Xenakis T. A portable system for the measurement of the temporal parameters of gait. *Prosthet Orthot Int*. 2001;25: 96-101.
- Isakov E, Keren O, Benjuva N. Trans-tibial amputee gait: time-distance parameters and EMG activity. *Prosthet Orthot Int* 2000; 24: 216-220.
- Isakov E, Burger H, Krajnik J, et al. Influence of speed on gait parameters and on symmetry in trans-tibial amputees. *Prosthet Orthot Int*.1996;20:153-158.
- Kernigan DC, Schaufele M, Wen MN. Gait Analysis. Delisa JA, Gans BM (eds) *Rehabilitation Medicine: Principles and Practice*. Lippincott-Raven Publish, Philadelphia;1998:167-186.
- Sadeghi H, Allard P, Duhaime M. Muscle power compensatory mechanisms in below knee amputee gait. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001;80:25-32.
- Sjödahl C, Jarnlo GB, Söderberg B, et al. Kinematic and kinetic gait analysis in the sagittal plane of trans-femoral amputees before and after special gait re-education. *Prosthet Orthot Int*. 2002;26,101-112.
- Yigiter K, Sener G, Erbahçeci F, et al. A comparison of traditional prosthetic training versus proprioceptive neuromuscular facilitation resistive gait training with trans-femoral amputees. *Prosthet Orthot Int*. 2002;26:213-217.
- American Thoracic Society-ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*. 2002;166:111-117.
- Powers CM, Boyd LA, Fontaine CA, et al. The influence of lower-extremity muscle force on gait characteristics in individuals with below-knee amputations secondary to vascular disease. *Phys Ther*. 1996;76:369-377, d377-378.
- Sanders GT. *Lower-Limb Amputations: A Guide to Rehabilitation*. Philadelphia, Pa: FA Davis Co; 1986:13-33.
- Renstrom P, Grimby G, Larsson E. Thigh muscle strength in below-knee amputees. *Scand J Rehabil Med Suppl*. 1983;9:163-173.
- Beyaert C, Grumillier C, Martinet N, et al. Compensatory mechanism involving the knee joint of the intact limb during gait in unilateral below-knee amputees. *Gait Posture*. 2008;28:278-284.
- Hermodsson Y, Ekdahl C, Persson BM, et al. Gait in male trans-tibial amputees: a comparative study with healthy subjects in relation to walking speed. *Prosthet Orthot Int*. 1994;18:68-77.
- Kegel B, Burgess EM, Starr TW, et al. Effects of isometric muscle training on residual limb volume, strength, and gait of below-knee amputees. *Phys Ther*. 1981;61:1419-1426.
- Gravel D, Gagnon Y, Lepage H, et al. Progress in Kinetic Gait Parameters During Prosthetic Training of Transtibial Amputees. *North American Congress on Biomechanics Canadian Society for Biomechanics-American Society of Biomechanics University of Waterloo Waterloo, Ontario, Canada, 1998;14-18.*
- Paysant J, Beyaert C, Datié AM, et al. Influence of terrain on metabolic and temporal gait characteristics of unilateral transtibial amputees. *J Rehabil Res Dev*. 2006;43:153-160.
- Detrembleur C, Vanmarsenille JM, De Cuyper F, et al. Relationship between energy cost, gait speed, vertical displacement of centre of body mass and efficiency of pendulum-like mechanism in unilateral amputee gait. *Gait Posture*. 2005;21:333-340.