



Comparison of the Piston Movement between two Supracondylar PTB Prostheses in Transtibial Amputees; A Case Report Study

ARTICLE INFO

Article Type
Case Report

Authors

Haji Aghayi B.* MSc,
Anoushe S.Z.¹ BSc,
Sa'edi H.¹ PhD,
Gholizadeh H.² MSc

How to cite this article

Haji Aghayi B, Anoushe S.Z, Sa'edi H, Gholizadeh H. Comparison of the Piston Movement between two Supracondylar PTB Prostheses in Transtibial Amputees; A Case Report Study. Iranian Journal of War & Public Health. 2014;6(5):227-231.

ABSTRACT

Aims Below the knee amputation is the most common of lower limb amputations. The suspension system of the below the knee prostheses, is an important component of it. The aim of this study was to compare the piston movement of two types of prostheses including "conventional supracondylar PTB" and "supracondylar PTB with pneumatic suspension" in the unilateral below the knee amputee.

Patient & Methods This simple quasi-experimental study was done in the Rehabilitation Clinic of Orthotics and Prosthetics Department of Iran Rehabilitation Sciences School, inviting the unilateral below the knee amputee in 2014. After air-cushion designing and manufacturing process, the piston movement of a conventional supracondylar PTB prostheses and supracondylar PTB prosthesis with pneumatic suspension was measured using imaging and markers in 4-step constant loading test including full weight bearing, semi-weight bearing, non-weight bearing and the 30N loading.

Findings The mean vertical movement of the markers in conventional prostheses in non-weight bearing was ± 15 mm, whereas this value decreased in the pneumatic prostheses ($5 \pm$ mm). The mean vertical movement of the markers following 3kg loading in the conventional prostheses was $20 \pm$ mm while it decreased in the pneumatic prostheses ($10 \pm$ mm).

Conclusion Piston movement decreased using the supracondylar PTB prostheses with pneumatic suspension.

Keywords Prosthesis Implantation; Rehabilitatio; Knee; Amputees

*Rehabilitation Department, Rehabilitation Sciences Faculty, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

¹Rehabilitation Department, Rehabilitation Sciences Faculty, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

²Biomedical Engineering Department, Engineering Faculty, Malaya University, Kuala Lumpur, Malaysia

Correspondence

Address: Rehabilitation Department, Rehabilitation Sciences Faculty, Iran University of Medical Sciences, Nezam Street, Shahid Shahnazari Street, Madar Square, Mirdamad Boulevard, Tehran, Iran. Postal Code: 13487-15495
Phone: +98 2122220946 (254)
Fax: +98 2122220946
bhajiaghahi@yahoo.com

Article History

Received: June 24, 2014
Accepted: August 26, 2014
ePublished: November 6, 2014

CITATION LINKS

- [1] Atlas of amputations and limb deficiencies [2] Orthotics and prosthetics in rehabilitation [3] Comparison of the effects of patellar tendon bearing and total surface bearing sockets on prosthetic fitting and rehabilitation [4] Vacuum-assisted socket suspension compared with pin suspension for lower extremity amputees: effect on fit, activity, and limb volume [5] An experimental study of the interface pressure profile during level walking of a new suspension system for lower limb amputees [6] Outcome of fitting an ICEROSS prosthesis: Views of trans-tibial amputees [7] Ideas on the suspension of the below-knee prosthesis [8] Transtibial prosthesis suspension systems: Systematic review of literature [9] Transtibial prosthetic socket pistoning: static evaluation of Seal-In® X5 and Dermo® Liner using motion analysis system [10] A new approach for the pistoning measurement in transtibial prosthesis [11] A new method for measuring pistoning in lower limb prosthetic [12] Clinical evaluation of two prosthetic suspension systems in a bilateral transtibial amputee [13] A comparison between the suction suspension system and the hypobaric Iceross Seal-In® X5 in transtibial amputees [14] Movement of the tibial end in a PTB prosthesis socket: a sagittal X-ray study of the PTB prosthesis [15] Radiographic comparison of vertical tibial translation using two types of suspensions on a transtibial prosthesis: A case study

مقایسه میزان حرکت پیستونی در دو نوع پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیالار در افراد قطع عضو زیر زانو یک‌طرفه؛ مطالعه موردی

بهنام حاجی آقایی* MSc

گروه توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

سیده زهرا انوشه BSc

گروه توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

حسن سعیدی PhD

گروه توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

حسین قلیزاده MSc

گروه مهندسی بیومدیkal، دانشکده مهندسی، دانشگاه مالایا، کوالالامپور، مالزی

چکیده

اهداف: قطع عضو زیر زانو شایع‌ترین محل قطع عضو اندام تحتانی است. سیستم تعلیق پروتز زیر زانو، از اجزای مهم آن به‌شمار می‌رود. هدف از این مطالعه، مقایسه میزان حرکت پیستونی در ۲ نوع پروتز "پی‌تی‌بی سوپراکاندیالار مرسوم" و "پی‌تی‌بی سوپراکاندیالار با تعلیق پنوماتیک" در یک فرد قطع عضو زیر زانو یک‌طرفه بود.

بیمار و روش‌ها: این مطالعه به روش شبه‌تجربی ساده، در کلینیک توانبخشی گروه ارتوز و پروتز دانشکده علوم توانبخشی ایران، با دعوت به همکاری از یک فرد قطع عضو زیر زانوی یک‌طرفه در سال ۱۳۹۳ انجام شد. بعد از مراحل طراحی و ساخت بالشتک هوا، میزان حرکت پیستونی یک بار در پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیالار مرسوم و سپس در پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیالار با تعلیق پنوماتیک با روش عکس‌برداری و استفاده از نشانگر طی ۴ مرحله آزمون بارگذاری ثابت شامل تحمل وزن کامل، تحمل وزن نیمه، بدون تحمل وزن و اعمال بار ۳۰ نیوتنی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: میانگین جابه‌جایی عمودی نشانگرها در پروتز مرسوم در حالت بدون تحمل وزن، $15 \pm$ میلی‌متر بود، در حالی که این مقدار در پروتز پنوماتیک کاهش پیدا کرد ($5 \pm$ میلی‌متر). میانگین جابه‌جایی عمودی نشانگرها بعد از اعمال وزنه ۳ کیلوگرم در پروتز مرسوم $20 \pm$ میلی‌متر بود که در پروتز پنوماتیک کاهش پیدا کرد ($10 \pm$ میلی‌متر).

نتیجه‌گیری: با استفاده از پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیالار با تعلیق پنوماتیک حرکت پیستونی کاهش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: پروتز زیر زانو؛ تعلیق پروتزی؛ حرکت پیستونی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۰۴

*نویسنده مسئول: bhajiaghaci@yahoo.com

مقدمه

آمپوتاسیون یا قطع عضو، برداشتن قسمتی از یک اندام یا کل آن، از طریق جراحی است که به دلیل بیماری‌های عروقی مثل دیابت، تروما، سرطان یا به دلایل مادرزادی ایجاد می‌شود. از میان قطع عضوهای اندام تحتانی، قطع عضو زیر زانو (Transtibial) شایع‌ترین محل قطع عضو است.

دریافت پروتز در افراد قطع عضو، قسمتی از روند درمان و توانبخشی محسوب می‌شود [۱]. بین اجزای یک پروتز زیر زانو، سیستم تعلیق آن، جز مهمی به‌شمار می‌رود [۲]. سیستم تعلیق مناسب، جفت‌شدگی و عملکرد کاسه (Socket) را بهتر می‌کند و منجر به کارآمدی بیشتر پروتز و دستیابی فرد به قدرت گام‌برداری مطمئن و مستقل خواهد شد [۳-۵].

کاهش حجم عضو که به دنبال استفاده روزانه از پروتز در عضو باقیمانده رخ می‌دهد، تعلیق و جفت‌شدگی با کاسه را به خطر می‌اندازد. این تغییر حجم باعث ایجاد حرکت پیستونی یا جابه‌جایی عمودی عضو باقیمانده درون کاسه می‌شود که تأثیرات ناخوشایند بسیاری شامل تنش‌های برشی روی پوست، اختلال در گام‌برداری و به دنبال آن درد در انتهای عضو باقیمانده دارد [۱، ۷-۵]. سیستم تعلیقی مناسب است که بتواند با کم‌کردن این حرکت، آثار نامطلوب آن را کاهش دهد [۸].

در این پژوهش یک سیستم تعلیقی پنوماتیک کمکی در پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیالار معرفی شده است که برای اولین بار در پروتزهای زیر زانو به کار می‌رود. هدف از این مطالعه، مقایسه میزان حرکت پیستونی در دو نوع پروتز "پی‌تی‌بی سوپراکاندیالار مرسوم" و "پی‌تی‌بی سوپراکاندیالار با تعلیق پنوماتیک" در یک فرد قطع عضو زیر زانو یک‌طرفه بود.

بیمار و روش‌ها

این مطالعه به روش شبه‌تجربی ساده، در کلینیک توانبخشی گروه ارتوز و پروتز دانشکده علوم توانبخشی ایران، در سال ۱۳۹۳ انجام شد. براساس ملاحظات اخلاقی مصوب در کمیته اخلاقی دانشگاه علوم پزشکی ایران و بعد از تکمیل رضایت‌نامه، از یک فرد قطع عضو زیر زانوی یک‌طرفه دعوت به همکاری شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل افراد قطع عضو یک‌طرفه زیر زانو با محدوده سنی ۲۰ الی ۵۵ سال، سطح فعالیت K2 و K3 [۹]، گذشتن حداقل یک سال از دریافت اولین پروتز فرد و طول عضو باقیمانده بین ۵ الی ۷ اینچ [۱، ۹] و معیارهای خروج از مطالعه شامل ابتلای فرد به بیماری‌های عروقی مثل دیابت، وجود درد شدید و خواب‌رفتگی در عضو باقیمانده در زمان انجام آزمون بود.

ابتدا، براساس اندازه محیط انتهای عضو باقیمانده، جوراب سیلیکونی (Liner) متناسب با حجم عضو، روی آن پوشانده و قالب‌گیری به

سرعت ثابت نگه داشته و از او خواسته شد تا ۲۰ دقیقه دیگر به راه رفتن خود ادامه دهد. این میزان راه رفتن به منظور رسیدن به کاهش حجمی بود که معمولاً در حین فعالیت روزمره رخ می‌دهد [۱۴]. سپس از او خواسته شد تا روی یک سکو که نیم‌متر از سطح زمین ارتفاع داشت بایستد. به دنبال آن ۴ مرحله آزمون استاتیک شامل تحمل وزن کامل روی پروتز (FWB)، تحمل وزن نیمه روی پروتز (SWB)، بدون تحمل وزن روی پروتز (NWB) و اعمال بار ۳۰ نیوتنی اجرا شد (شکل ۱). تمام مراحل ۳ مرتبه انجام و از میانگین این ۳ مرتبه برای تعیین میزان حرکت پیستونی استفاده شد. وضعیت تحمل وزن کامل به عنوان وضعیت پایه در نظر گرفته شد که دیگر وضعیت‌های آزمون با آن مقایسه می‌شد. مراحل ۴ گانه آزمون این بار بعد از پوشیدن پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیلا رینوماتیک تکرار شد.

میانگین حاصل از نتایج ثبت شده در مراحل بدون تحمل وزن روی پروتز و اعمال بار ۳۰ نیوتنی در دو وضعیت استفاده از پروتز مرسوم، با همین نتایج در وضعیت استفاده از پروتز رینوماتیک با یکدیگر مقایسه و با استفاده از آزمون آماری T تک‌نمونه‌ای و از طریق نرم‌افزار SPSS 19 مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها

میانگین جابه‌جایی عمودی مارکرها در پروتز مرسوم در حالت NWB، $15 \pm$ میلی‌متر بود، در حالی که این مقدار در پروتز رینوماتیک کاهش پیدا کرد ($5 \pm$ میلی‌متر). میانگین جابه‌جایی عمودی مارکرها بعد از اعمال وزنه ۳ کیلوگرم در پروتز مرسوم $20 \pm$ میلی‌متر بود که در پروتز رینوماتیک کاهش پیدا کرد ($10 \pm$ میلی‌متر). هیچ‌کدام از اختلافات معنی‌دار نبود ($p > 0.05$).

روش سوپراکاندیلا ر انجام شد. بعد از تهیه قالب مثبت و اصلاح آن مرحله ساخت بالشتک هوا انجام شد. قالب مثبت بالشتک هوا از جنس موم و براساس شکل آناتومیکی قسمت داخلی فوق کنیدیلی قالب گچی ساخته شد. موادریزی قالب مومی بالشتک هوا با ۳ لایه جوراب پرلون به ضخامت $2/4$ میلی‌متر که هر لایه با چسب سیلیکون آغشته می‌شد، انجام گرفت. برای تهیه کاسه پی‌تی‌بی سوپراکاندیلا ر نیز ابتدا روی قالب گچی مثبت مصنوعی که از قبل به ابعاد بالشتک هوا ساخته شده بود در محل مشخص خود در قسمت فوقانی داخلی قالب مثبت قرار داده شد؛ به طوری که محفظه ورود هوا روی برآمدگی مایل به محور روی استخوان (Tubercle Adductor) قرار گیرد (شکل ۱) [۱]. سپس، موادریزی با رزین لایه‌لایه‌سازی آکرلیک (Acrylic Lamination Resin) انجام شد. یک کاسه واحد ساخته شد که عدم استفاده از بالشتک هوا درون آن بیانگر استفاده از پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیلا ر مرسوم بود.

قبل از اجرای مراحل آزمون، فرد پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیلا ر مرسوم را پوشیده و از سازگاری و هم‌ترازی مناسب آن اطمینان حاصل شد. با استناد به مطالعات قبلی، حرکت پیستونی بین بوش و کاسه با روش عکس‌برداری با دوربین دیجیتال از نشانگر و استفاده از خطکش مرجع در حالت ثابت اندازه‌گیری و برای شبیه‌سازی گام برداشتن از وزنه استفاده شد [۱۳-۱۰]. عکس‌ها از فاصله‌ای معین، طوری که نشانگرها و خطکش مرجع به وضوح دیده شوند، ثبت شد. نشانگرها در فاصله‌ای معلوم، یکی روی لبه فوقانی خارجی بوش و دیگری را در راستای خطکش مرجع روی قسمت خارجی کاسه قرار داده شد. قبل از انجام مراحل آزمون، از شخص خواسته شد تا با سرعت دلخواه روی تردمیل راه برود، بعد از ۱۰ دقیقه



شکل ۱) مراحل چهارگانه آزمون استاتیک. تحمل وزن کامل (A)؛ تحمل وزن نیمه (B)؛ بدون تحمل وزن (C)؛ و اعمال بار ۳۰ نیوتنی (D)

پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیلا ر با این تعلیق رینوماتیک در یک فرد قطع عضو زیر زانو اندازه‌گیری و مقایسه شد. تانر جابه‌جایی حرکت درشتنی و بافت نرم را توسط عکس رادیوگرافی با دو نوع تعلیق آسترئوپرنی و سیلیکون ساکشن در یک مورد قطع عضو با هم

بحث

در این مطالعه، یک سیستم تعلیق رینوماتیک در پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیلا ر طراحی و ساخته شد. به منظور ارزیابی این سیستم، میزان حرکت پیستونی در پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیلا ر مرسوم با

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به کمبود تعداد نمونه مورد بررسی اشاره کرد، همچنین این سیستم تعلیق، صرفاً در حالت ثابت ارزیابی شد. پیشنهاد می‌شود به‌منظور دستیابی به اطلاعات کامل‌تر و دقیق‌تر، این مطالعه با تعداد نمونه‌های بیشتر و در حالت پویا انجام پذیرد.

نتیجه‌گیری

با استفاده از پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیلا با تعلیق پنوماتیک حرکت پیستونی کاهش می‌یابد.

تشکر و قدردانی: نویسندگان این مقاله از کلیه کسانی که در انجام این تحقیق با نویسندگان همکاری نمودند خصوصاً پرسنل گروه ارتوز و پروتز کلینیک توانبخشی دانشکده علوم توانبخشی ایران کمال تشکر و قدردانی را دارند.

تاییدیه اخلاقی: این مطالعه به شماره ۹۳/د/۱۰۵/۱۶۷۷ با رعایت اصول اخلاق در پژوهش از نظر کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران در تاریخ ۱۳۹۳/۴/۱۵ مورد تایید قرار گرفته است.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع مالی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

- 1- Smith DG, Michael JW, Bowker JH (Authors and Editors). Atlas of amputations and limb deficiencies. 3rd ed. Rosemont: Amer Academy of Orthopaedic; 2004.
- 2- Lusardi MM, Jorge M, Nielson CC. Orthotics and prosthetics in rehabilitation. 3rd ed. Philadelphia: Saunders; 2012.
- 3- Yiğiter K, Sener G, Bayar K. Comparison of the effects of patellar tendon bearing and total surface bearing sockets on prosthetic fitting and rehabilitation. *Prosthet Orthot Int.* 2002;26(3):206-12.
- 4- Klute GK, Berge JS, Biggs W, Pongnumkul S, Popovic Z, Curless B. Vacuum-assisted socket suspension compared with pin suspension for lower extremity amputees: effect on fit, activity, and limb volume. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92(10):1570-5.
- 5- Eshraghi A, Abu Osman NA, Gholizadeh H, Ali S, Sævarsson SK, Wan Abas WA. An experimental study of the interface pressure profile during level walking of a new suspension system for lower limb amputees. *Clin Biomech.* 2013;28(1):55-60.
- 6- Datta D, Vaidya SK, Howitt J, Gopalan L. Outcome of fitting an ICEROSS prosthesis: Views of trans-tibial amputees. *Prosthet Orthotics Int.* 1996;20(2):111-5.
- 7- Grevsten S. Ideas on the suspension of the below-knee prosthesis. *Prosthet Orthot Int.* 1978;2(1):3-7.
- 8- Gholizadeh H, Abu Osman NA, Eshraghi A, Ali S, Razak NA. Transtibial prosthesis suspension systems: Systematic review of literature. *Clin Biomech.* 2014;29(1):87-97.

مقایسه کرده است [۱۵]. اندازه‌گیری‌ها در سه حالت تحمل وزن کامل، تحمل وزن نیمه و بدون تحمل وزن ثبت شده است. جابه‌جایی درشت‌نی برای هر دو تعلیق یکسان است ولی در تعلیق آسترئوپرنی جابه‌جایی بافت نرم بیرونی به میزان ۱/۸ سانتی‌متر بیشتر از تعلیق سیلیکون ساکشن رخ داده است. روند تغییرات حرکت پیستونی در حالات مختلف آزمون، با مطالعه ما همخوانی دارد و تفاوت‌های جزئی می‌تواند به دلیل متفاوت بودن سیستم ثبت حرکت پیستونی باشد.

در مطالعه قلی‌زاده و همکاران حرکت پیستونی در دو نوع تعلیق سیل‌این (Seal in) و درمو (Dermo) اندازه‌گیری و مقایسه شده است [۹]. روند تغییرات حرکت پیستونی از حالت FWB به NWB و از حالت NWB به اعمال بار ۳۰ نیوتنی مطالعه ما با نتایج این مطالعه همخوانی دارد. در مطالعه ایشان، میزان حرکت پیستونی لاینر با کاسه از حالت FWB به NWB در ۲ نوع تعلیق با یکدیگر فرقی ندارد که این با نتیجه مطالعه ما همخوانی ندارد. این تفاوت می‌تواند به دلیل متفاوت بودن نوع بوش‌های به‌کاررفته باشد. در مطالعه قلی‌زاده و همکاران با اضافه کردن بار ۳۰ نیوتنی، حرکت پیستونی فقط در تعلیق درمو مشاهده شده است و در تعلیق سیل‌این تفاوتی با حالت قبل مشاهده نشده، در حالی که در مطالعه ما با اضافه کردن بار ۳۰ نیوتنی حرکت پیستونی در ۲ نوع پروتز مشاهده شد ولی در نوع PTB با تعلیق پنوماتیک کمتر از PTB مرسوم بود (± 5 میلی‌متر). این تفاوت می‌تواند به دلیل اصطکاک زیاد بین بوش سیل‌این و کاسه در مطالعه ایشان باشد، در حالی که نوع بوش به‌کاررفته در مطالعه ما متفاوت بود.

برونلی و همکاران نیز طی مطالعه‌ای میزان حرکت پیستونی در ۲ نوع تعلیق ساکشن و سیل‌این را در افراد قطع عضو زیر زانو در حالات ثابت ارزیابی و با یکدیگر مقایسه کرده‌اند [۱۳]. تغییرات حرکت پیستونی در مطالعه برونلی، نتایج ما را تایید می‌کند و تفاوت در میزان حرکت پیستونی ثبت شده در این مطالعه به دلیل تفاوت در نوع تعلیق به‌کاررفته است.

مشابه مطالعه ما، در هیچ کدام از مطالعات پیشین حرکت پیستونی بین وضعیت‌های FWB تا SMB در تعلیق‌های به‌کاررفته مشاهده نشد. در توضیح این امر باید گفت که در حالت WB عضو به قسمت بیرونی کاسه برخورد می‌کند و نیروی زیاد بین بوش و کاسه مانع از ایجاد حرکت پیستونی می‌شود.

در مطالعه حاضر، میانگین اختلاف جابه‌جایی عمودی بین عضو و کاسه بعد از استفاده از پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیلا با بالشتک هوا کاهش پیدا کرد. در توضیح باید گفت که استفاده از پروتز پی‌تی‌بی سوپراکاندیلا با تعلیق پنوماتیک به دلیل وجود بالشتک و هوای درون آن در قسمت داخلی فوق‌کندیلی تاثیر این تعلیق را افزایش می‌دهد و پایین‌رفتن استامپ در وضعیت‌های NWB و اعمال وزنه ۳ کیلوگرمی درون پروتز را محدود می‌کند.

- 12- Gholizadeh H, Abu Osman NA, Kamyab M, Eshraghi A, Lúvíksdóttir AG, Wan Abas WA. Clinical evaluation of two prosthetic suspension systems in a bilateral transtibial amputee. *Am J Phys Med Rehabil.* 2012;91(10):894-8.
- 13- Brunelli S, Delussu AS, Paradisi F, Pellegrini R, Traballese M. A comparison between the suction suspension system and the hypobaric Iceross Seal-In® X5 in transtibial amputees. *Prosthet Orthot Int.* 2013;37(6):436-44.
- 14- Lilja M, Johansson T, Oberg T. Movement of the tibial end in a PTB prosthesis socket: a sagittal X-ray study of the PTB prosthesis. *Prosthet Orthot Int.* 1993;17(1):21-6.
- 15- Tanner JE, Berke GM. Radiographic comparison of vertical tibial translation using two types of suspensions on a transtibial prosthesis: A case study. *J Prosthet Orthot.* 2001;13(1):14-6.
- 9- Gholizadeh H, Osman NA, Kamyab M, Eshraghi A, Abas WA, Azam MN. Transtibial prosthetic socket pistoning: static evaluation of Seal-In(®) X5 and Dermo(®) Liner using motion analysis system. *Clin Biomech.* 2012;27(1):34-9.
- 10- Gholizadeh H, Abu Osman NA, Lúvíksdóttir Á, Eshraghi A, Kamyab M, Wan Abas WA. A new approach for the pistoning measurement in transtibial prosthesis. *Prosthet Orthot Int.* 2011;35(4):360-4.
- 11- Abu Osman NA, Wan Abas WAB, Abdul Wahab AKh, Ting HN. A new method for measuring pistoning in lower limb prosthetic. In: Gholizadeh H, Abu Osman NA, Lúvíksdóttir Á, Kamyab M, Eshraghi A, Ali S, et al. 5th Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering. Heidelberg: Springer; 2011. Pp. 728-31.