مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (4) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (4) 2018

التقييم الستاتيكي لقميص طرف صناعي سفلي تحت الركبة من النوع(PTB)

الدكتور رائد نجار*

الدكتورة يارا محمد **

غدير ابراهيم علي***

(تاريخ الإيداع 25 / 3 / 2017. قُبِل للنشر في 31/ 7 / 2018)

□ ملخّص □

تم في هذا البحث تركيب أطراف صناعية لأربعة مصابين بالبتر السفلي تحت الركبة متشابهين في حالة البتر واستخدام القميص من النوع PTB (وتر الرضفة) و استخدام طريقة القوالب الجبصية في تصنيع القميص من أجل تحديد عيوب هذه الطريقة من خلال دراسة خمس عوامل (إفلات القميص، دوران القميص، التقرحات الجلدية، حرية الثني، أماكن الضغط الزائد)، حيث يرتبط العاملان الأول والثاني بأنظمة تعليق القميص و العوامل الثلاثة المتبقية ترتبط مباشرةً بنظام استناد قميص الطرف الصناعي، تبين أن نظام التعليق المطبق الناتج عن الضغط و الإقفال في المنطقة الوحشية العلوية مناسب ولا يوجد فيه أي مشاكل في الافلات و الدوران كما تبين أن توزع الضغط بين القميص والجذمور هو المشكلة الأساسية عند استخدام الطرف ومن أهم ما يترتب عن التوزع غير الملائم للضغط الكثير من التقرحات الجلدية وعدم الراحة عند الإستخدام .

الكلمات المفتاحية : القميص، الطرفالصناعي، الجذمور

*أستاذ مساعد- قسم هندسة التصميم والانتاج- كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية- جامعة تشرين- اللاذقية–سورية.

**مدرسة- قسم الهندسة الطبية - كلية الهندسة الطبية - جامعة الأندلس – طرطوس – سورية.

***طالب دراسات عليا- قسم هندسة التصميم والانتاج- كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية- جامعة تشرين- اللاذقية–سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (4) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (4) 2018

Static Evaluation Of Belowknee Prosthetic Ptb Sockettype

Dr. Raed Najjar*
Dr. Yara Mohammad**
Ghader Ali***

(Received 25 / 3 / 2017. Accepted 31 / 7 / 2018)

□ ABSTRACT □

Four sockets had been manufacturing In this research With the lower amputation below the knee, using of the **PTB**(**Patella tendon bearing)** socket, and the use of the gypsum form in the socket production to identify the disadvantages of this method by studying five factors (drop socket, socket rotation, skin ulcers, The first and second factors associated with the socket suspension systems and the three remaining factors are directly related to the system of the prosthesis of the industrial side socket. The suspension system resulting from the compression and closure in the upper lateral area is suitable and there are no problems of drop and rotation. Pressure Between the socket and the limb is the main problem when using the prosthetic and the most important consequence of the distribution of inappropriate pressure a lot of skin ulcers and discomfort when used.

Key words : socket, prosthetic,limb

***Assistant Professor - Design and Production EngineeringDep−Mechanical & Electrical college - Tishreen University- Lattakia – Syria.**
****Instructor –IndustrealEngineering Dep - Mechanical college-University Of Alandalus - Tartos-Syria.**
*****Postgraduate Student - Design and Production EngineeringDep - Mechanical & Electrical college-Tishreen University- Lattakia – Syria- E-mail :gaderali1989@gmail.com**

مقدمة :

يلعب القميص دوراً أساسياً في أداء الطرف الصناعي حيث يتم من خلاله تأمين الاتصال بين الطرف المبتور (الجذمور) والطرف الصناعي، و يشكل الضغط المتبادل بينهما دليلاً أساسياً لتقييم التصميم الجيد من السيء، وبالتالي فإن القلق الأساسي يكمن في فهم آلية توزع الضغط بين القميص والطرف، يعاني المصاب بالبتر السفلي تحت الركبة من بعض مظاهر شذوذ المشي كزيادة الطاقة اللازمة للمشي، بطء سرعة المشي وعدم التمركز بين الساقين في البتر أحادي الجانب خلال دورة المشي. تعتمد التوافقية الناجحة للطرف الصناعي على فهم التوزيع الملائم للحمل على الأنسجة الرخوة و عظم الطرف المتبقي، يطبق مستخدمو الأطراف الصناعية السفلية ضغطاً متغيراً خلال الحياة اليومية، علماً أن الأنسجة الرخوة والجلد في الطرف المبتور غير مخصصة لتلقي هذه الأوزان و الحمولات، ولذلك فإن النسيج يكون أكثر عرضة للتقرحات و قد يؤدي الضغط المختلف أيضا إلى أذيات مختلفة في الجلد، وبالتلي نستطيع القول أن التوزع المختلف للضغط بين القميص والطرف الصناعي يعد عاملاً أساسياً في تصميم القميص وتناسبيته [1] إن عدم الراحة في البتر السفلي عند ارتداء الطرف الصناعي يتوقف على توزع الإجهادات المتبادلة بين الطرف المبتور والقميص وهو ما يعرف بمناطق الراحة ومناطق التسامحاتpressure-tolerant (PT) pressure-relief (PR) areas وبالتالي فإن آلية تصنيع قميص الطرف الصناعي تضبط الراحة في المشي والقيام بالنشاطات الضرورية. المهمة الأساسية للوصول إلى طرف صناعي ملائم وناجح تكمن في الفهم الكامل للبنى الميكانيكية الحيوية للقمصان وموادها و أوزانها و سماكاتها وتلقيها للحمولات على العظم والأنسجة الرخوة للطرف المبتور، إحدى أكثر أنواع القمصان شيوعاً هي القمصان من النوع PTB للبتر تحت الركبة، حيث أظهرت هذه القمصان حفاظاً جيداً على التوازن والمبادئ الميكانيكية الحيوية [2].

بعض الدراسات المتقدمة تعمد إلى وضع حساسات للضغط بين القميص و الجذمور تتصل لاسلكياً بحواسيب مبرمجة للحصول على قراءات لإجهادات الضغط و القص في مناطق مختلفة من سطح التماس الداخلي و الدراسة على الحالة الستاتيكية و الديناميكية اثناء المشي و القيام بالنشاطات اليومية [3] و تم في بعض الأبحاث إجراء دراسات إحصائية لتحديد أيهما الأفضل ارتداء القميص المبطن (تبطينة من مواد اسفنجية خاصة تغلف الجذمور) Seal-In X5 تحت القميص أو عدمه و ذلك في حالة صعود و هبوط الأدراج[4] .

و تم في بعض الأبحاث دراسة إمكانية تصنيع قالب بلاستيكي مشابه للقميص ووضع رقائق ضغط وهي عبارة عن مقاومات كهربائية متغيرة بحيث تدل المنطقة ذات المقاومة الكهربائية الأكبر على منطقة ذات ضغط مرتفع، وبالتالي تعطينا هذه الرقائق تنبؤاً مسبقاً للمناطق ذات الضغط والاحتكاك المرتفع، بعد وصلها على حاسوب خاص وهي طريقة بحثية فقط و لا تعتبرذات جدوى اقتصادية لأننا بحاجة إلى تصميم قالب لكل مريض ولم يتم فيها معالجة التوزع الغير منتظم للضغط بين الجذمور والقميص بل تم من خلالها تحديد أماكن الضغط الزائد فقط [5] كما تمت دراسة الضغط بين الجذمور والقميص في5 مناطق رئيسية (ثلاث مناطق قابلة للتحميلومنطقتان غير قابلتين للتحميل) لعشرة مصابين وذلك خلال دورة مشي من خلال رقاقة قياس ضغط قياس(20x20cm)وتمت الدراسة بين القميص والبطانة من جهة وبين البطانة والجذمور من جهه أخرى. وضع الباحث في نهاية بحثه خريطة توضح توزع الضغط على المناطق القابلة للتحميل والمناطق غير القابلة للتحميل ومقدار هذه الضغوط[6] .

أهمية البحث وأهدافه :

يهدف هذا البحث إلى تحديد مشاكل التصنيع بطرق القوالب الجبصية لقمصان الأطراف الصناعية للبتر تحت الركبة للقميص من النوع **PTB** والذي يتميز بأنه يستند على وتر الرضفة ومن هنا جاءت تسمية القميص بهذا الإسم، ان تحديد مشاكل و مساوئ تصميم هذا القميص يساهم بشكل مباشر في الحصول على قمصان أكثر راحة و ملاءمة عند الاستخدام اليومي من خلال تجاوز السيئات و لحظها في التصاميم اللاحقة و بالتالي يخفف من التكلفة المادية الناتجة عن الاستبدال المتكرر للقمصان أضف إلى ذلك المشاكل الصحية و النفسية التي تسببها التوافقية المنخفضة من ضغط زائد و آلام و تقرحات جلدية تضطر المصاب في نهاية الأمر إلى خلع الطرف و عدم الإستفاده منه .

منهجية البحث:

يتبع هذا البحث المنهجية التطبيقية applied research من خلال تركيب أطراف صناعية تحت الركبة مصنعة بطريقة القوالب الجبصية لأربعة مرضى و متابعة الحالات على مدار (7) أشهر بعد عملية التركيب و جمع البيانات التي تتضمن خمس عوامل حاكمة لجودة القميص اثنان منها يتعلقان بنظام التعليق و ثلاثة عوامل متعلقة بتصميم القميص، والتقنية البحثية المستخدمة هي التقنية التجريبية والتقنية التحققية posivist techniques التي تعتمد على المفاضلة و اختيار الأنسب بعد الأخذ تقييم المرضى لأداء القميص .

طرائق البحث و مواده :

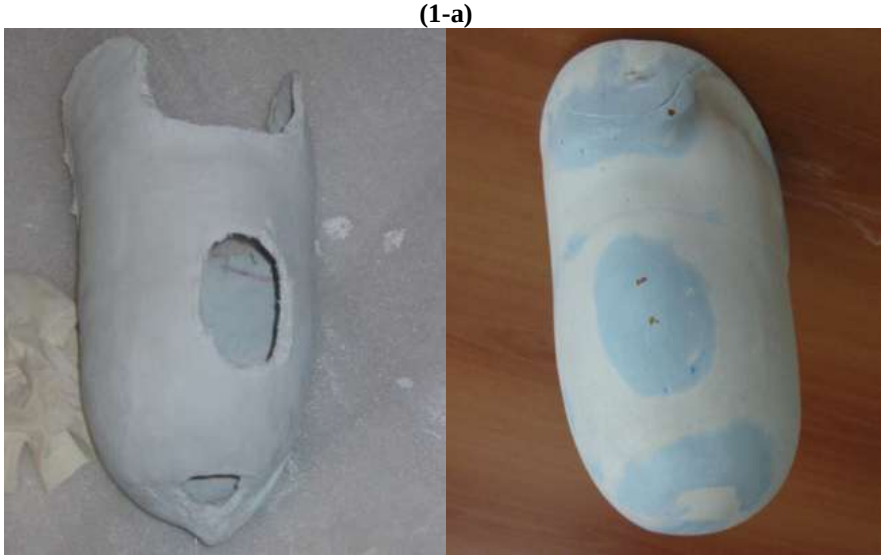
توضع مادة الفازلين على جذمور المريض أو نضع قميصاً من النايلون يعادل طوله ضعف يطول الجذمور، و نقوم بتحديد حواف الركبة برسمها بقلم من الرصاص و نحدد مكان الأوتار وعظم الظنبوب و رأس الشظية و مركز الركبة الشكل (a–1) ، يُلفّ بعد ذلك رباط الجبس على محيط الجذمور للحصول على القالب السالب بشكل زوايا 45 درجة من أعلى الركبة بمسافة 15 cmوباتجاه الأسفل، قبل جفاف الجبس نقوم بإنشاء نظام التعليق الذي يحافظ على تماسك القميص مع الجذمور من خلال الضغط بباطن الكف على المنطقة الأنسية(الداخلية) من عظم الظنبوب و هي من المناطق القابلة للتحميل، ثم نضغط بوساطة الإبهامين على أوتار الرضفة للتحميل عليها و بوساطة السبابتين نضغط بين الوترين الخلفيين بمسافة أقل ب 1.5cm من مكان ضغط الإبهامين، بعد جفاف الجبس نقوم بسحب القالب ليتشكل لدينا القالب السالب (الفراغ الذي سوف يتم الصب فيه) الشكل(b–2) و عليه من الداخل العلامات التي قمنا بتحديدها.

للحصول على قالب الجبص الموجب نضع مادة عازلة مثل (بودرة تالك ، فازلين أو صابون سائل) داخل القالب السالب، نقوم بمزجبودرة الجبصمع الماء بنسبة ثلثين ماء وثلث بودرة و نصبّها ضمن القالب السالب و بعد التصلّب نقص القالب السالب المحيط وبذلك نكون قد حصلنا على القالب الموجب(c–1) . [7]

ثم نقوم بإجراء بعض التعديلات على القالب الجبسي الموجب قبل عملية تصنيع القميص، نضع ألياف الكربون أو الزجاج أو الكتان على قالب الجبس المثبت على أنبوب التخلية ، ونقوم بإغلاقه من الأعلى والأسفل منعاً لتسرب الهواء إلى داخل القميص، نقوم بوضع زوج من جوارب النايلون فوق الألياف ونمزج كمية مناسبة من بوليميرالبولي ايستر

غير المشبع إضافة إلى المواد الملونة، نوزع السائل على الجدران بشكل سلس وذلك لإشباع الأنسجة بسائل البلاستيك وننتظر حتى تتم عملية التفاعل و تصلب السائل وبذلك نكون قد انتهينا من مرحلة الصب .

(1-a)



(1-c) **(1-b)**

الشكل (1) (a-b-c) أخذ القياسات والقالبان (السالب و الموجب)

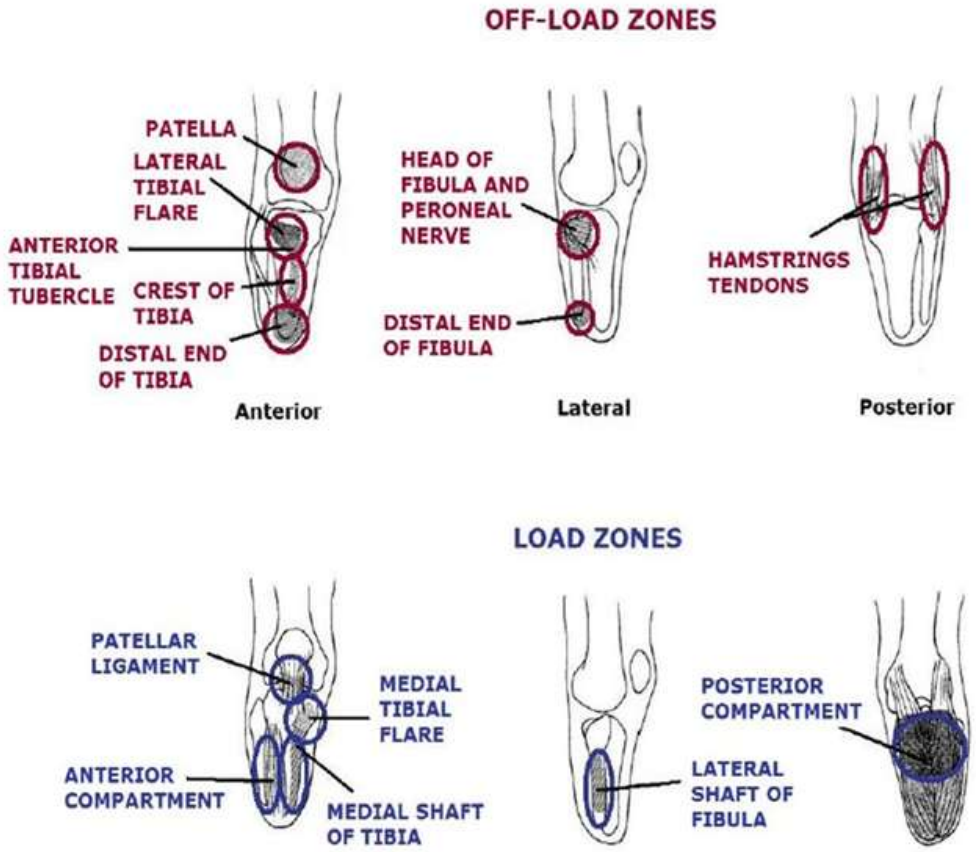
1- الأماكن التي تتحمل الوزن :

إن مناطق تحمل الضغط تشمل على المساحات اللحمية أو الأماكن القادرة على تحمل الوزن والتي تمتلك تروية دموية جيدة وذلك لتحمل توزيع الضغط، وهي بشكل عام: (أوتار الرضفة- سطح اللقيمة الأنسية للظنبوب والوجه الأمامي الأنسيل سطح الظنبوب- الوجه الأمامي الوحشي للجذمور- منتصف جسم الشظية- منطقة التحميل السفلي إذا كانت قابلة للتحميل).الشكل (2)

2- الأماكن التي لاتتحمل الوزن:

تتضمن هذه الأماكن النتوءات العظمية، وأماكن التروية الدموية المنخفضة، والأماكن القريبة

من الأعصاب وهي بشكل عام: (الحواف الأمامية والوحشية للقيمة الظنبوبية الوحشية- رأس ونهاية الشظية- قمة الظنبوب والحدبة الظنبوبية- النهاية الأمامية البعيدة للظنبوب)[8]



الشكل (2)المناطق (القابلة – غير القابلة) للتحميل في منطقة البتر تحت الركب

3- دراسة و تقييم ومتابعة قمصان الأطراف الأربعة :

تم استخدام مكونات متشابهة للمصابين الأربعة لتصنيع القميص (البولي فينيل أكريليك، البولي إستر غير المشبعة كمادة مصلّبة، رقائق من ألياف الكربون لتشكيل القميص)، كما تم استخدام المركبات المتعارف عليها في تجميع الطرف الصناعي تحت الركبة و المكونة من الساق (Tube)و القدم (foot) أحادية المحور و المحامل و الوصلات الخاصة بها كما تم استخدام جراب من السيليكون كطبقة بين القميص و الجذمور، إن جميع هذه المكونات مبينة في الجدول(1) .

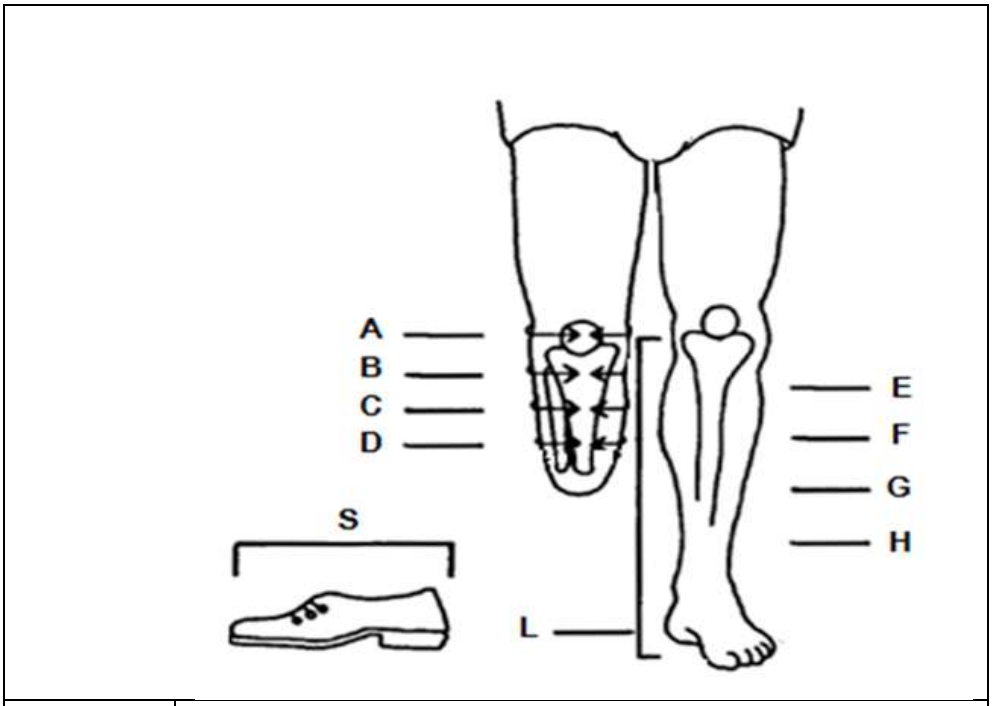
تم أخذ القياسات للجذمور المبتور تحت الركبة من النوع PTBلأربعة مصابين (ثلاث رجال و امرأة) اعمارهم تتراوح بين ال35 و ال 52 و تركيب أطراف صناعية بطريقة القالب الجبصي ومتابعة الحالات على مدار سبعة أشهر و تقييم الأداء من خلال دراسة خمسة عوامل حاكمة لجودة أداء قمصان الاطراف الصناعية وهي (دوران القميص – إفلات القميص – حرية الثني – التقرحات الجلدية – أماكن الضغط) إن كل من (دوران القميص و إفلات القميص) يرتبط مباشرة بنظام التعليق بين القميص و الجذمور بينما تتعلق عوامل (حرية الثني والتقرحات الجلدية و أماكن الضغط الزائد بشكل مباشر بتصميم القميص) وهي مبينة في المخطط الشبكي الشكل (3).

الجدول(1) المكونات المستخدمة في البحث لتصنيع طرف صناعي سفلي تحت الركبة :

الرقم	اسم المادة	الكمية/العدد	الرقم	اسم المادة	الكمية/العدد
1	Silicon liner	1	7	Socket adapter female	1
2	Shuttle lock	1	8	P.V.A	1
3	Single axis foots	1	9	Resin	1 kg
4	Single axis foot adapter	1	10	Carbon stockinette for P.T.B	1
5	Tube adapter	1	11	Stockinette role class	4
6	Tube clamp adapter	1	12	Cosmetic	1

الشكل (3) المخطط الشبكي للعوامل الخمسة الحاكمة لقميص الطرف الصناعي

الجدول (2) القياسات المأخوذه للمصابين الأربعة قبل عملية التركيب :



الجزء المقاس	المـــــصـــــــاب			
	1	2	3	4
A	37cm	40 cm	35.5 cm	35.5cm
B	33cm	33 cm	33 cm	31.5cm
C	30.5cm	28 cm	32.5 cm	30.5cm
D	28cm	24 cm	31 cm	29cm
E	37cm	35 cm	34 cm	39.5cm
F	31.5cm	39 cm	30.5 cm	43cm
G	33.5cm	37 cm	31 cm	34cm
H	22cm	25.5 cm	21 cm	27cm
L	47cm	44 cm	41 cm	47cm
S	42	41	38	44

النتائج والمناقشة:

تم الوصول إلى نتائج مرضية فيما يخص نظام التعليق و السبب يكمن في أن الطرف في حالة البتر تحت الركبة يكون خفيفاً نوعاً ما بسبب عدم وجود الركبة الصناعية وبالتالي فإن احتمالية الإفلات الناتجة عن الوزن الزائد تكون شبه معدومة و لم نصادفها في اي حالة من الحالات الخمس المدروسة، تم تسجيل الملاحظات و ترتيبها في الجدول (3)، إن دوران القميص حقق نتائجاً جيدة و السبب يعود إلى التصميم الجيد للقميص من هذا النوع والذي يتم فيه الضغط أسفل أوتار الرضفة و على الجانب الوحشي العلوي للجذمور مما يعطينا مقطعا اهليلجياً لا يسمح بدوران القميص .

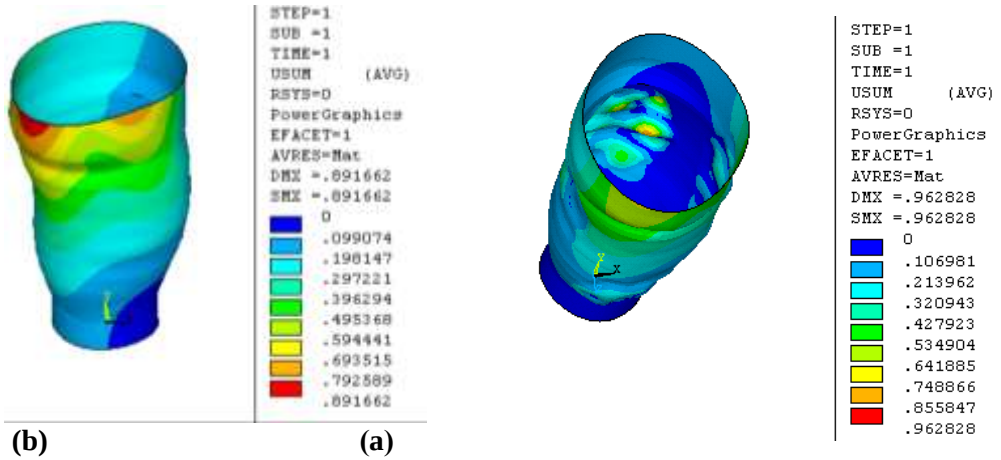
الجدول (3) تقييم العوامل الخمسة لاداء القميص

	نظام التعليق		نظام استناد القميص (تصميم القميص)		
المريض	دوران القميص	افلات القميص	ثني الركبة	أماكن الضغط الزائد	التقرحات الجلدية
1	لا يوجد	لا يوجد	(جيدة) اكبر من 90 درجة	لا يوجد	لا يوجد
2	لا يوجد	لا يوجد	(سيئة) أقل من 90 درجة	أوتار الركبة الخلفية	أوتار الركبة الخلفية
3	لا يوجد	لا يوجد	(جيدة) أكبر من 90 درجة	نقاط مختلفة متوزعة على كامل الجذمور	يوجد تقرحات في مناطق مختلفة من الجذمور
4	لا يوجد	لا يوجد	(سيئة) أقل من 90 درجة	أوتار الركبة الخلفية	احتكاك زائد تشقق جراب السيليكون عند حواف القميص

إن نظام استناد القميص في المجمل هو الأكثر أهمية في أداء قميص الطرف الصناعي و يرتبط مباشرة بالتصميم الجيد للقميص من حيث النقاط القابلة للتحميل و النقاط غير القابلة للتحميل و قد لاحظنا أن التقرحات الجلدية تنتج مباشرة عن الضغط الزائد في بعض مناطق الجذمور ففي حالة المصاب رقم 3 لاحظنا وجود تقرحات جلدية ناتجة عن الضغط الزائد على مناطق مختلفة من الجذمور بسبب وجود شظايا معدنية تحت الجلد تشكل نقاطاً نافرة تؤدي إلى تماس مباشر غير مرغوب به مع القميص في حالة المصاب رقم 4 لاحظنا وجود ضغط زائد في منطقة أوتار الركبة الخلفية مما سبب عدم الراحة أثناء ثني الركبة و احتكاكاً زائداً بين القميص و البطانة الداخلية و هو سبب مباشر لتشقق البطانة و تلفها، إن أوتار الركبة الخلفية أثناء الثني تبرز بشكل واضح نحو الخارج مما يشكل ضغطاً على القميص يعيق الثني بالحرية المطلوبة ويؤدي إلى تركيز الضغط الزائد على هذه الأوتار أثناء الحركة (الثني) .

بالمقارنة مع نتائج التحليل الحاسوبي بالعناصر المنتهية في برنامجANSYSنلاحظ توافقاً من حيث مناطق الإجهاد الأعظمي و هي المناطق التي تخضع لتركيز كبير في القوى و يقابلها ضغط زائد على الجذمور وما يترتب عن هذا الضغط الزائد من تقرحات جلدية وآلام، و هي منطقة وتر الرضفة و تبلغ قيمة التشوه الإجهاد الأعظمي في هذه المنطقة 8.128(MPa) و الانحراف الأعظمي للقميص 0.962828mm الشكل (4-a).

و من ناحية ثانية تمت المقارنة منحيث التشوه و الاجهاد الأعظمي بين بين القميص الذي قمنا بتصنيعه من ألياف الكربون و القمصان التي كانت تصنع سابقاً من البولي بروبيلين PP وهو من المواد البوليميرية القريبة من البولي ايتلين PE والذي يبلغ وزنه النوعي 0.9 و درجة حرارة انصهار 150 درجة مئوية، و يمتلك مقاومة اهتراء جيدة و خصائص كهربائية ممتازة، و تبلغ قيمة الإجهاد الأعظمي (MPa) 7.351 و هي كذلك المنطقة المقابلة لوتر الرضفةو مقدار التشوه الأعظمي الحاصل 0.891660 mm،مع الأخذ بعين الإعتبار أن العامل الرئيسي لتصميم قميص الطرف الصناعي هو مقدار التشوه و معامل المرونة .



الشكل (4) التحليل الحاسوبي بالعناصر المنتهية لقميص من ألياف الكربون(اليمين) و قميص من البولي بروبلين (اليسار)

علماً أنالخصائص الميكانيكية للمواد التي تمت نمذجتها ايزوتروبية ومتجانسة، و معامل يونغل لأنسجة الرخوة200kPa وللعظم10Gpaومعاملبواسون 0.49 للأنسجةالرخوةو 0.3للعظم،معامليونغ للقميص1500Mpa ومعاملبواسون له 0.3 [9]،.

الجدول (4) يعطي معدلات الضغوط خلال الوقوف (حالة ستاتيكية) لقميص من النوع PTB،تظهر معدلات ضغط أقل باستثناء المصاب 3 ، يظهر مجالات الضغط في الحالة الستاتيكية لجميع المصابين ، تؤثر قوة رد فعل (GRFs) بشكل متشابه على جميع المصابين، يظهر عند المصاب(3)ارتفاع نسبي في الضغط في المنطقة الدنيا القصوى، و يعود السبب في ذلكإلى بروز عظم الظنبوب بشكل واضح و الذي يبرر هذا الارتفاع في توزع الضغط، بروفايل الضغط الستاتيكي على الجوانب الداخلية و الخارجية كان متشابها لدى جميع المصابين باستثناء المصاب رقم 4 الذي عانى من ملاءمة قليلة في القميص، بسبب الضغط الاعلى في المنطقة السفلية و الذي يعود في سببه الى تصميم القميص PTB، المصاب رقم (4)علق بأن القميص أكثر سهولة في التحكم و السبب في ذلك يعود إلى أن المصاب (4) يملك كمية زائدة من الأنسجة الرخوة والتي تقلل من إمكانية التحكم بحركته الدورانية و لكن تصميم القميص يؤمن سهولة في هذه الحركة و التحكم بها[10] .

الجدول (4)معدلات الضغوط خلال الوقوف القميص من النوع PTB للمصابين الأربعة

قيم الضغط خلال الوقوف (in kilopascals)	
القميص PTB	المصاب
0-49	1
0-31	2
0-72	3
0-46	4

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

1. تم في هذا البحث تركيب أربعة أطراف صناعية لأربعة مصابين يعانون من البتر تحت الركبة .
2. تمت دراسة نظام الاستناد من خلال دوران القميص و افلات القميص .
3. تمت دراسة نظام نقاط الاستناد من خلال ثني الركبة التقرحات الجلدية و أماكن الضغط الزائد .
4. تبين أن نظام التعليق المستخدم في هذا النوع من القمصان جيد و مناسب .
5. إن نظام الاستناد و التصميم الهندسي هما الأكثر حساسية في كفاءة قمصان الأطراف الصناعية و توافقيتها مع الجذمور المبتور .
6. ترتبط التقرحات الجلدية مباشرة بأماكن الضغط الزائد .
7. التركيز على جودة التصميم و نقاط الاستناد و توزع الضغط المناسب على الأماكن القابلة للتحميل و محاولة تخفيض هذا الضغط قدر الإمكان في الأماكن غير القابلة للتحميل، و يكمن ذلك في التواصل المباشر بين المصاب و الفني أو المهندس عند أخذ القياسات للقالب السالب .
8. أوتار الركبة الخلفية هي الأكثر تأثراً بالتصميم غير الجيد للحواف الخلفية من القميص و يجب الإنتباه إلى ترك مناطق تسمح بحرية ثني مناسبة دون أذية هذه الأوتار .
9. من خلال توزع الضغط تظهر القيمة العظمى للضغط في منطقة وتر الركبة .

التوصيات:

1. دراسة حالة البتر السفلي في منطقة فوق الركبة .
2. دراسة انظمة استناد قمصان أطراف صناعية للبتر تحت الركبة مغايرة للنوع PTB.
3. الانتقال إلى مرحلة التصميم المحوسب من خلال معالجة الصورة المجسمة للجذمور بالاستفادة من صورة الطبقي المحوري المحوسبCTو المسح الشعاعي .
4. الاستفادة من الطابعات ثلاثية الأبعاد في عملية التصنيع سواء في مرحلة تصنيع القالب الموجب أو حتى عملية تصنيع القميص .

المراجع:

1- ALI, I؛ KUMAR, R؛ SINGH, Y. *Finite Element Modelling and Analysis of Trans-Tibial Prosthetic Socket***.** Global Journal of Researches in Mechanical and Mechanics EngineeringVolume 14 Issue 4 Version 1.0 Year 2014.

2- KUMAR, L, P؛ CHOUDHURI, A, R. *Analysis of trans tibial prosthetic socket materials using finite element method***.** Received 24 August 2011; revised 19 October 2011; accepted 14 November 2011,762-768.

3- 3-. LASZCZAK, P؛ MCGRATH, M, A؛ TANG, J,A؛ GAO, A, J؛ JIANG, A, L؛. BADER, B ,D؛ MOSERD,L. *A pressure and shear sensor system for stress measurement at lower limb residuum/socket interface.*a Faculty of Engineering and the Environment, University of Southampton, UK **.** 3 April 2016.*Medical Engineering and Physics 38 695–700.*

4- ALI, S؛ NOOR , A؛ ESHARAGI , A؛ GHOLIZADEH, H؛ BIN ,ABD, RAZAK N, A؛ BIN, WAN, ABAS. *Interface pressure in transtibial socket during ascent and descent on stairs and its effect on patient satisfaction*. Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, University of Malaya, Malaysia.Clinical Biomechanics 28 (2013) 994–999.

5- SENGEH, D ,M؛HUGH HERR, M,S. *A Variable-Impedance Prosthetic Socket for a Transtibia AmputeelDesigned from Magnetic ResonanceImaging Data*, PhDVolume 25 & Number 3 & 2013 129-137.

6- RAJTUOVA ,V, A؛ HUDAK,J,A ؛ZIVCAK ,P ,B ؛HALFAROVA,R KUDRIKOVA. *Pressure Distribution in Transtibial Prostheses Socket and the Stump Interface***.** bVSB-Technical University of Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering, Department of Quality Management, Studentska 1, Ostrava - Poruba, 708 33, Czech Republic.Procedia Engineering 96 (2014) 374 – 381.

7- CUGINI, U؛ BERTETTI, M؛ BBONACINI, D؛ COLOMBO, G؛ CORRADINI C. *Magrassi1. Innovative Implementation in Socket Design: Digital Models to Customize the* .Politecnico of Milan, Department of Mechanics; **2**Orthopaedic and Traumatologic Clinic, University of Milan, Italy ,2006 ,54-60

8- DINDIRIZZO, C, CH ؛ RIZZI ,C **.***Knowledge-based design of lower limb prosthesis*Direttore della Scuola.Università degli Studi di Padova,INGEGNERIA DELLA PRODUZI CICLO XXIII.

9- WINSON C**,**C ؛ LEE**,** A؛ MING **,**Z**,** A؛ XIAOHONG **,**J؛ JASON **,**T**,**M**.***Finite Element Modeling of the Contact Interface Between Trans-Tibial Residual Limb and Prosthetic Socket* . 2004 Elsevier. Published in Medical Engineering and Physics26(8):pp.655-662.

10- SAMIRA,K ,R ؛ HAIDER ,F . *Analysis of A below Knee Prosthetic Socket Material* . Journal of Engineering and Development, Vol. 12, No. 2, June 2008 ISSN 1813-7822 . 127-136 .