

Comparing Between Patella Tendon and the Full Contact Socket of Below Knee Amputation

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

(Received 9 / 4 / 2019. Accepted 17 / 7 / 2019)

□ ABSTRACT □

The aim of this research is to study and evaluate the efficiency of two types of sockets used in the case of amputation below the knee, **PTB** socket and full contact socket through the computer modeling of each one based on the **CT** image and finite element analysis through **3D** design and analysis programs and results approach through clinical follow-up after manufacturing both sockets and using them for a week on amputation below the knee. A 46-year-old male with free scars and subcutaneous amputation. The results were discussed in terms of comfort, efficiency and side-effects. The analysis was based on stress values in both sockets and compared with the results of clinical trials, the maximum value In the **PTB** were in patellar tendon area in the **Full Contact** sockets were in the lower region due to the absence of the suspension system and the areas of the patellar tendon, but at the same time caused a sense of muscle convulsions.

Keywords : Patellar tendon , Sockets, Finite element analysis.

* Associate Professor- Design and Production Engineering Department- Mechanical and Electrical College- Tishreen University- Lattakia- Syria.

** Assistant Professor- Industrial Engineering Department- Mechanical College- University of al-Andalus- Tartous- Syria.

*** Postgraduate student(Master)- Design and Production Engineering Department- Mechanical and Electrical College- Tishreen University- Lattakia- Syria. E-mail: gaderali1989@gmail.com

مقارنة الوظيفية و الإجهادية بين قميص وتر الرضفة و قميص الالتصاق الكامل

د. رائد نجار*

د. يارا محمد**

غدير ابراهيم علي***

(تاريخ الإيداع 9 / 4 / 2019. قَبْلَ للنشر في 17 / 7 / 2019)

□ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى دراسة و تقييم كفاءة نوعين من أهم القمصان المستخدمة في حالة البتر من ما تحت الركبة و هما قميص وتر الرضفة PTB و قميص الالتصاق الكامل Full Contact من خلال النمذجة الحاسوبية لكل قميص اعتماداً على صورة الطبقي المحوري CT و التحليل بالعناصر المنتهية FEA من خلال برامج التصميم و التحليل ثلاثي الأبعاد و مقارنة النتائج من خلال المتابعة السريرية بعد تصنيع كلا القمصين و استخدامهما لمدة أسبوع على مصاب بالبتر من ما تحت الركبة ذكر عمره 46 عاماً و و يمتاز ببتر خالٍ من الندبات و الشظايا تحت الجلد و مناقشة النتائج من حيث الراحة و الكفاءة و المضاعفات الجانبية، ثم الوصول من خلال التحليل إلى قيم الإجهادات الناعمية في كلا القمصين و مقارنتها مع نتائج الاختبارات السريرية حيث بلغت قيمة الإجهادات ذروتها في قميص PTB في منطقة وتر الرضفة و بلغت قيمتها العظمى في قميص الالتصاق الكامل في المنطقة السفلية منه و ذلك لعدم وجود نظام التعليق و مناطق الاستناد على وتر الرضفة و لكنه سبب في نفس الوقت احساساً بقوة السحب و الاختلاجات العضلية .

الكلمات المفتاحية : وتر الرضفة، القمصان ، التحليل بالعناصر المنتهية

* استاذ مساعد- قسم هندسة التصميم والانتاج- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- 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 والكهربائية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

مقدمة:

يعد البتر من المشاكل الأساسية و ملحقات الامراض الوعائية و السكري، حوادث السيارات و الدراجات النارية و الزلازل، الهدف الأساسي من أي عملية إعادة تأهيل هي العودة قدر الإمكان الى الحالة الفيزيولوجية الطبيعية ، وذلك من الناحية الوظيفية باستخدام الأطراف الصناعية، تحتوي هذه الأطراف على أجزاء متعددة كالركبة و القميص ولساق و القدم يعتبر القميص الجزء الأهم في أي طرف صناعي حيث يؤمن الارتباط بين الطرف الصناعي و الطرف المتبقي الذي يجب ان يتحمل خلال النشاطات اليومية القوى الناتجة عن هذه النشاطات إن مثل هذه الاحمال من الممكن أن تكون سببا في الألم و أذية الأنسجة التوافقية بين القميص و الجذمور من أصعب المهام في هذه العملية بسبب تفرد و اختلاف كل جذمور بالحجم و الشكل و الخصائص عن غيره، عدم الراحة أثناء الاستخدام هي الشكوى الأكثر شيوعا بين المصابين بالبتر حيث أن اكثر من نصف الذين استخدموا الأطراف عانوا من ألم حاد عند استخدام البديل .

يجب أن يعتمد التصميم المطلوب للقميص على توزيع الوزن المناسب و المريح أثناء المشي سوف نقارن في هذا البحث بين قميص وتر الرضفة PTB و قميص الالتصاق من الناحية التصميمية و الوظيفية و إجهادات الضغط σ_P و الإجهادات المماسية القاصة σ_S حسب الاتجاهات بين القميص و الجذمور، و تطبيق و القوى و العزوم الحقيقية أثناء المشي و تأثيرها على المشي و استخدام الطرف الصناعي [1][2] ، و التي تسبب زيادتها أذى و ضرراً في الجذمور يمكن السيطرة على هذه القيم و تجنبها من خلال التحكم بالوصل بين القميص و الجذمور ونظام التعليق و حساب القوى المؤثرة على قاعدة القميص [3] .

لذلك يجب تمييز المناطق التي تتعرض الى حد كبير من اجهاد القص و الضغط والمناطق التي لا تتحمل هذه القيم المرتفعة و بالتالي نستطيع القول أن تصميم و تلاؤم القميص هو العامل الاهم في نجاح الطرف الصناعي و اعادة تأهيل المريض، على كل حال هناك عدة وجهات نظر ما زالت موجودة بخصوص خصائص تحميل الوزن و تصميم القميص الواجب اتخاذه و حساب قوى رد فعل الأرض GRFs كنسب مئوية من وزن الجسم [4] .

تمت مقارنة توزيع الضغط على القميص من النوع PTB و قميص الالتصاق و من ثم القيام بالتقييم الحاسوبي لتوزيع الضغط من خلال نمذجة كل من القميصين لمصاب بالبتر من ما تحت الركبة و أخذ قيم الضغط على القميص خلال مرحلة الوقوف المتوسط و الشق الثاني من الدراسة كان من خلال متابعة الحالة سريريا و تقييم الاستخدام و المقارنة بين القميصين على عينة نموذجية تمتاز بطول جذمور 14CM و بتر متناسق، تم تسجيل القياسات و القراءات أثناء الوقوف المتوسط، و أخذ بروفيلات الضغط في المستويات الامامية و الخلفية و المتوسطة في حالة القميصين و حساب توزيع الضغط .

أهمية البحث وأهدافه:

تبرز أهمية هذا البحث في تقييم كفاءة نوعين من أكثر قمصان الأطراف الصناعية السفلية استخداماً و هما قميص وتر الرضفة و قميص الالتصاق الكامل و يهدف البحث إلى إظهار قيم الضغط المرتفعة و المنخفضة في كلا القميصين و اسقاط هذه القيم على موضوع الملاءمة و الراحة أثناء الاستخدام .

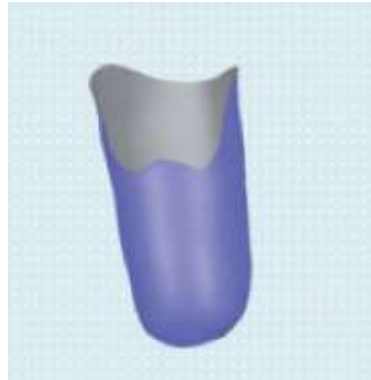
منهجية البحث:

يتبع هذا البحث المنهجية التطبيقية applied research من خلال تصنيع قميصين مختلفين تصميمياً و تقييم أدائهما وظيفياً و حاسوبياً بعد الاستخدام على مصاب بالبتنر من ما تحت الركبة و يمتلك جذموراً مثالياً. مع ملاحظة أن التقنية البحثية المستخدمة هي التقنية التجريبية والتقنية التحقيقية positiv techniques و هذا البحث لا يعتبر دراسة إحصائية و انما هو دراسة استقصائية و تحليلية .

طرائق البحث و مواده:

قميص الالتصاق Contact socket

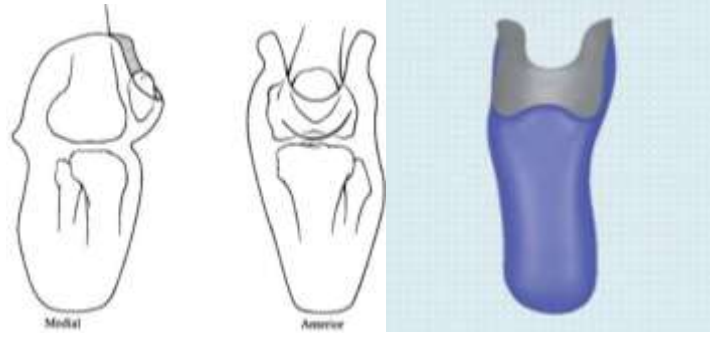
هذا النوع من القمصان له قيود من حيث تطبيق الضغط الثابت على كامل الجذمور ، لها اختلافات شكلية واضحة عن القميص PTB التقليدي أحد الفروق هو أن قميص الالتصاق لا يحتوي انحناءً في منطقة وتر الرضفة و المنطقة الخلفية عند أوتار عضلة الفخذ الخلفية نستطيع القول باختصار في هذا النوع من القمصان يقوم كامل السطح الداخلي للجذمور بتلقي الوزن والدعم و التحميل [5] ، يجب الإنتباه في هذه الأنظمة إلى ضرورة تأمين نظام تخلية مناسب إضافة إلى البطانات الداخلية من أجل ضمان ضبط هذا النظام واستقراره و ينتج هذا القميص من التصنيع بواسطة الضغط الهيدروستاتيكي الثابت على كامل الجذمور الشكل (1) .



الشكل (1) قميص الالتصاق Contact socket

القميص من النوع (PTB) Patellar Tendon-Bearing

تصميم هذا النوع من القمصان يأخذ في عين الاعتبار مناطق الضغط و التسامحات على الجذمور خصوصا على وتر الرضفة و المنطقة الخلفية من الجذمور، بعد عملية البتر سوف يتم تحميل كامل الوزن على الجذمور و من هنا كانت الضرورة في توزيع الضغط على أماكن محددة كمنطقة وتر الرضفة حيث أن هذه المنطقة قادرة على تحمل كمية كبيرة من الوزن الكلي مما يتوجب عليه تصميم انخماص في القميص ملائم لمنطقة وتر الرضفة الشكل (2) حيث يقوم وتر الرضفة بتخفيف الحمل عن مناطق باقي الجذمور و هذا يتطلب مهارة كبيرة في التصنيع مما يجعل الانتاج الكمي للقمصان غير دقيق لان الاعتماد دائما على التجربة و التقنية التصنيعية حسب الطلب لكل مصاب. يتميز تصميم القميص من النوع PTB بأنه يستند بشكل مباشر على منطقة أوتار الرضفة و من هنا جاءت تسميته [6] .



الشكل (2) القميص PTB للبتر من تحت الركبة (أمامي و جانبي)

العمل المخبري :

تمت الدراسة على مصاب بالبتر من ما تحت الركبة ذكر عمره 46 عاماً طوله 178cm و وزنه 79kg و يستخدم الطرف الصناعي منذ ثلاث أعوام و أربعة أشهر كان طول الجذمور 13cm و يمتاز ببتر خالٍ من الندبات أو الشظايا تحت الجلد من خلال تصنيع كلا القميصين بطريقة صب القالب الجبسي الموجب و السالب للمصاب و اختبار هذين القميصين على المصاب من خلال ارتدائهما لمدة أسبوع كامل و مناقشة النتائج من حيث الراحة و الكفاءة و المضاعفات الجانبية، بيانات القياسات مرتبة في الجدول (1) الأبعاد بال[CM] باستثناء S فهي عبارة عن مقياس القدم. القسم الثاني من البحث كان من خلال النمذجة الحاسوبية و تصميم كل من القميصين بعد أخذ صورة الطبقي المحوري لجذمور المصاب و إجراء عمليات معالجة الصورة و تحويلها من شكلها الشرائحي إلى شكل ثلاثي الأبعاد قابل للعمل في بيئة برامج التصميم و التحليل الميكانيكي و تطبيق القوى و العزوم و حساب الإجهادات الناضمية و المماسية له [7].

الجدول (1) قياسات الجذمور الخاص بالمصاب

S	L	H	G	F	E	D	C	B	A
42	47	22	33.5	31.5	37	28	30	32	36

من الممكن ان يسير المصاب بالبتر من ما تحت الركبة كشخص طبيعي، على اعتبار أن الشخص المصاب سوف يحاول المشي كالشخص السليم فإنه سوف يعتمد إلى تعويض عمل الكاحل (المفقود) من خلال الورك و الركبة [8]، فورا يتبع ملامسة عقب القدم للارض رد فعل عبر وتر الركبة الخلفي و هذا سوف يؤدي إلى تغيير كبير في بروفائل الضغط خلال فترة الوقوف المتوسط و حتى انتهاء ملامسة الأصابع للأرض ، خط فعل قوة رد فعل الأرض يؤثر على مقدمة الركبة و الذي يؤثر الى ثني الركبة [9] .

تم تقييم القميصين من قبل المصابين خلال الارتداء لمدة أسبوع كامل و القيام بالنشاطات اليومية الاعتيادية كالمشي و صعود الأدراج و الجلوس و الوقوف المتكرر و طلب منه تقييم القميص PTB بعد الأسبوع الأول وتسجيل الملاحظات و بعد ذلك تم استخدام قميص الالتصاق الكامل و القيام بنفس النشاطات اليومية و من ثم تقييم الأداء و تسجيل الملاحظات في نهاية الأسبوع و المقارنة بين أداء كلا القميصين من حيث الكفاءة الوظيفية و الراحة أثناء الاستخدام و إمكانية الإفلات و الدوران في حال حدوثها . تم ترتيب الميزات و المساوئ المتقابلة نوعاً ما و التي تعطينا لمحة عن أداء كل من القميصين بعد أن تم أخذ القراءات الخاصة ببيانات الخطوة لكل حالة من القمصان و ترتيبها في الجدول (2) .

خط قوة رد فعل الأرض GRF يمر في مؤخرة الركبة مما يخلق ميلا في ثني الركبة في قميص ال PTB خلال تلقي الوزن، بينما يعمل خط GRF في مقدمة الركبة في قميص الالتصاق خلال تلقي الوزن مما يخلق ميلا لتمدد الركبة ، نظريا عزم تمديد الركبة يسبب ضغطا عاليا يتركز في المناطق الأمامية السفلى و الخلفية العليا، مما يسبب تركزا مرتفعا للضغط في المنطقة الامامية السفلية في قميص الالتصاق .

تعمل الرضفة على منع الركبة للامتداد الزائد، تسبب التركيز عالي الضغط على PT و المنطقة الخلفية العليا، خلال الوقوف المتوسط GRF تؤثر بشكل خلفي على الركبة، في مثل هذه الحالة تقفل الركبة، هذا الاقفال يقاوم من ارتداد الورك و يسبب تركزا مرتفعا للضغط في ال PT و المنطقة الأمامية العليا، أثناء رفع اصبع القدم و يبقى خط عمل GRF في مؤخرة الركبة مما يسبب ضغطا عاليا في المناطق الثلاثة المذكورة سابقا

الجدول (2) أداء كل من القميصين و قراءات بيانات الخطوة

المقارنة	قميص PTB	قميص الالتصاق الكامل
التصنيع	الاعتماد على المهارة التقنية اثناء التصنيع من حيث الدقة	التصنيع باستخدام ضغط هيدروستاتيكي ثابت على كامل القميص
الراحة أثناء المشي و الضغط الزائد	التحميل الخفيف على باقي الجذمور يخفف من المضايقة للمصاب	القمصان غير الملائمة تؤدي إلى تدهور حالة الجذمور من حيث الوزمات و الانكماش المفرط من الممكن أن يسبب التشنجات و الاختلاجات العضلية
أنظمة التعليق	عدم الحاجة لأنظمة التعليق السهولة في التطبيق	يحتاج إلى نظام تعليق بشكل رئيسي من أجل التماسك مع الجذمور و غالباً ما يتم استخدام نظام التعليق بالتخلية
دوران القميص	لم يحدث دوران في القميص خلال الاستخدام	حصل دوران في القميص
إفلات القميص	لم يتم تسجيل أي حالة إفلات نظراً لوجود نظام التعليق في نهاية القميص العلوية	تم تسجيل حالتين إفلات خلال المشي و حالة واحدة خلال صعود الأدراج
ثني الركبة	ثني الركبة جيد و مريح بسبب الملاءمة بين تشريحية الجذمور و	ثني الركبة أقل راحة بسبب الحرف المستوي الذي لا يراعي تشريحية منطقة

الشي	القميص و مراعاة أوتار العضلة الفخذية الخلفية	
0.86	0.86	(m/s) سرعة المشي
93	92	الخطوة في الدقيقة
0.65	0.65	(s) زمن الخطوة
0.33	0.31	الدعم المفرد
0.53	0.56	الدعم المزدوج
0.62	0.60	(m) طول الخطوة
65.64	68.23	(%) الوقوف
غير قادر على التوافق مع الشنوذ في الجدمور في اغلب الاحيان غير متوافق مع المرضى الذين يملكون جدمورا قصيرا مخروطيا	وقت تصنيع ملائم	ملاحظات عامة

الضغط الاكبر يتغير خلال دورة المشي الضغط الاكبر يكون فورا بعد ضربة الكعب هذا التناقص يعود الى بعض العوامل كالقوة العضلية لعضلة الفخذ و تشريحية الجدمور [10]. اثناء رفع اصبع القدم يتركز رد فعل الأرض خلف الركبة و تتركز القوى في المناطق الثلاث السابقة.

الدراسة الحاسوبية :

تصميم النماذج :

يتم استيراد بيانات صورة الطبقي المحوري من النوع dicom و التي تكون على شكل شرائح slices و الى برنامج Mesh Mixer و المهمة الأساسية تكمن في تجميع الشرائح و عرضها بشكل مجسم ثلاثي الأبعاد و القدرة على التعامل مع هذا النموذج من خلال خيارات التحديد و رسم الحواف و قصها و التي سوف تشكل نظام الاستناد العلوي للقميص من أجل الحصول على نموذج للقميص PTB و قميص الالتصاق الكامل بعد مراعاة تشريحية المنطقة و تصميم كل منهما.

نموذج قميص وتر الرضفة

القميص الناقل للقوى عن طريق أوتار الرضفة تكون المواصفات هذا القميص كالتالي:

الجدار الأمامي : يكون الجدار الأمامي للقميص ممتداً إلى الأعلى ليضم بداخله ثلثي الرضفة وما تحت الرضفة مباشرة، و في منطقة منتصف الوتر يوجد تخصر إلى الداخل لتأمين الضغط المناسب ضد وتر الرضفة الذي يشكل المنطقة الأولى في تحميل وزن المبتور .

الجداران الجانبيين : يمتد الجداران الجانبيين (الأنسي - الوحشي) إلى الأعلى قليلاً فوق مستوى الرضفة و ذلك لمنع دوران القميص، يضمن بينهما الجدمور و النسيج التابع له و كذلك يساعدان على الاستقرار في المستوي الأنسي

الوحشي و يشكل هذان الجداران بحيث أن الأنسي منهما قد يتحمل شيئاً من الوزن أما الوحشي فيتم إعطاؤه شكلاً يضمن عدم تحميل أي وزن على رأس العظم الجانبي .

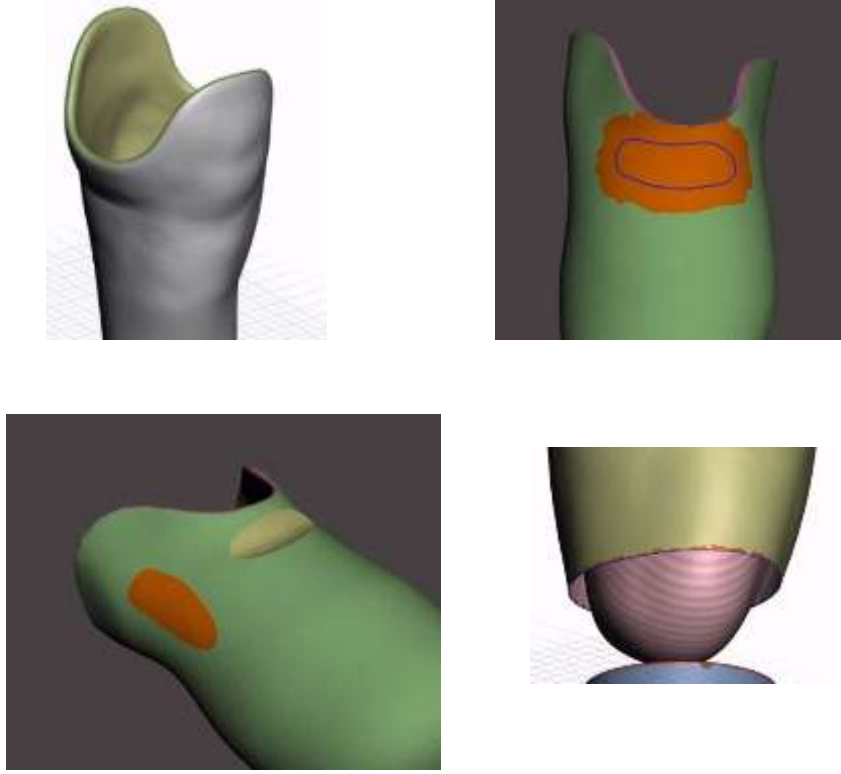
الجدار الخلفي : يتم تشكيل هذا الجدار بحيث يعطي ضغطاً نحو الأمام لكي يحافظ على وضع وتر الرضفة تحت تأثير التخصر الخاضع له، و كذلك يجب مراعاة مكان أوتار العضلات الخلفية للفخذ المتوضعة خلف الركبة و التي لا تتحمل أية ضغوط .

نهاية الجذمور : إن المنطقة الكائنة في نهاية الجذمور لا تستطيع تحمل ضغوطاً عالية لذلك كثيراً ما يوضع فيها وسادة مما يسمح لها بتحمل قليل من الوزن و لكن ضمن شروط راحة المريض .

يتم تصميم شكل هذا القميص بحيث يأخذ في عين الإعتبار سطوح مناطق التسامحات (عدم التحميل) في البتر تحت الركبة ويمكن تحديد نوع القميص فيما اذا كان من النوع ذو الرضفة المفتوحة أو المغلقة حسب الطلب، نلاحظ حسب الشكل التصميمي لهذا النوع من القمصان أنه يتم استيعاب فتح وتر العضلة الخلفية القابضة الى حد صغير . نلاحظ أن المنطقة الواقعة تحت الرضفة مباشرة (منطقة أوتار الرضفة) يمكن أن تتحمل حمولة عالية و هي مناسبة لكي تأخذ القسم الأكبر من الحمل الشاقولي أما القسم الواقع في نهاية الجذمور فهو يتحمل جزء بسيط من الضغط، كذلك فإن القسم الأكبر من قوة الاستقرار الأنسية يمكن أن يؤخذ من قبل المنطقة الأنسية ذات القطر المتوسع في المستوي الأفقي المار من اسفل الرضفة تقريباً .

و يجب الانتباه على أن منطقة الرضفة و الجانب الخلفي من الركبة تكون حساسة للضغط بسبب الأعصاب و لا يمكنها ان تتحمل أي حمولة و أن أوتار العضلات الخلفية للفخذ و التي تصل إلى المنطقة الجانبية الخلفية للركبة يجب أن تبقى حرة الحركة لذلك من الضروري جداً أن تراعى مناطق الضغط و المناطق الحساسة المذكوره أعلاه عند تشكيل القميص.

يبين الشكل (3) صورة الجذمور وقد قمنا بتحديد الحواف العلوية بالشكل المتوافق مع تشريحية الجذمور الحقيقي للمصاب، بعد هذه الخطوة نقوم بإجراء عملية تباعد عن الجذمور بمقدار 4mm وهي عملياً السماكة التقريبية للقميص بعد التصنيع.



الشكل (3) نمذجة قميص وتر الرضفة

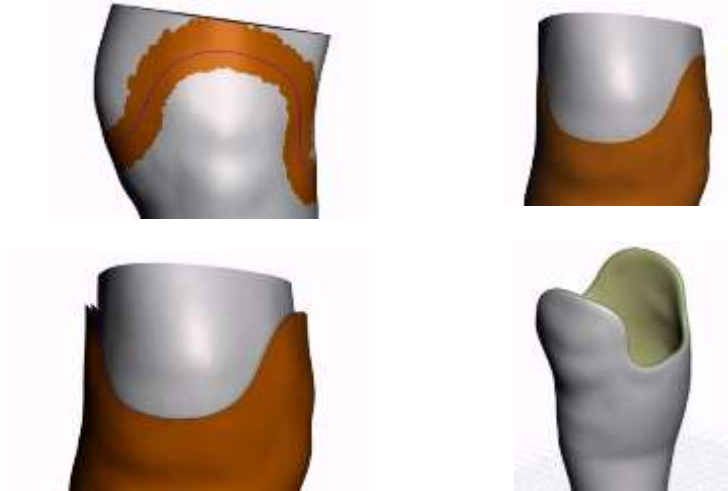
بعد إجراء هذا التباعد نقوم بإجراء تباعد آخر بسماكة لا تتجاوز 1mm وتكون هذه السماكة فارغة أي دون مادة و تشكل هذه المسافة فاصلاً مميز من خلاله الجذمور عن القميص الذي حصلنا عليه من هذه العملية و يأخذ كل منهما شكله و نمودجه الخاص، و في خطوة نهائية نقوم بتشذيب الحواف و وصل النهاية السفلية للقميص بشكل ملائم و سليم مشابه للقميص الحقيقي.

يتم الحصول في نهاية هذه العملية على قميص بسماكة 4mm مشابه للجذمور الخاص بالمريض و كأنه أخذ عنه بال قالب الجبصي تماما و لكن بشكل حاسوبي ثلاثي الأبعاد

قميص الالتصاق :

تمت نمذجة قميص الالتصاق الكامل بنفس الطريقة مع اختلاف جوهري و أساسي و هو عدم إجراء أي تعديلات تصميمية شكلية على هذا القميص من حيث ملائمة البنية التشريحية للجذمور فلا نلاحظ في هذا النوع أي مناطق للضغط الزائد أو تخفيف الضغط حيث أن السطح الداخلي بكامله يلامس السطح الخارجي للجذمور و في كل نقطة من نقاطه بحيث يتم انتقال القوى على شكل إجهادات منتظمة على كامل السطح و تكون متشابهة و متساوية لو أن الشكل الخارجي للجذمور له شكل هندسي مألوف و معروف إلا أن الاختلاف في الهندسة السطحية للجذمور سوف يسبب شيئاً من الاختلاف في توزيع الإجهادات الشكل (4) . مبدأ الضغط الهيدروستاتيكي لانتقال الحمل و كمفهوم عام يستند الى مبدأ باسكال في ميكانيك السوائل، هذا المبدأ يعتمد على حالات ضغط السائل على أي سطح يمارس قوة عمودية

على ذلك السطح بغياب اجهادات القص، ضغط السائل في أغلب الاحيان يفترض بأنه ثابت على كل نقاط السطح المطبقة عليه. يبقى القميص من جميع الجهات دون أي تعديلات و لا يوجد فيه مناطق استناد :



الشكل (4) نمذجة قميص الالتصاق الكامل

خواص المواد و الشروط الحدية:

الخواص الميكانيكية للمواد افترض أنها خطية و مرنة ايزوتروبية و متجانسة، معامل يونغ للانسجة الرخوة 200 kpa و للعظم 10 Gpa و معامل بواسون 0.49 للانسجة الرخوة و 0.3 للعظم القميص كان معامل يونغ لها 1500Mpa و معامل بواسون 0.3. السطح الخارجي للقميص تم تثبيته، العظام و الانسجة الرخوة تمت نمذجتها من خواص ميكانيكية مختلفة، الجذمور المتبقي و القميص تمت نمذجتهما كبنيتين منفصلتين و الاتصال بينهما تم باستخدام نظريات الاتصال و التماس و معامل الاحتكاك $\mu=0.5$ مخصص للاحتكاك بين القميص و الجذمور. علماً أنه أثناء الوقوف تقوم الارض بممارسة نفس رد الفعل على كلا القميصين .

تم تطبيق القوى الناتجة عن وزن الجسم و التي تعتبر في لحظة من اللحظات محمولة بالكامل على إحدى القدمين في حالة طور الاستناد حيث تكون القدم الأخرى في طور التآرجح .

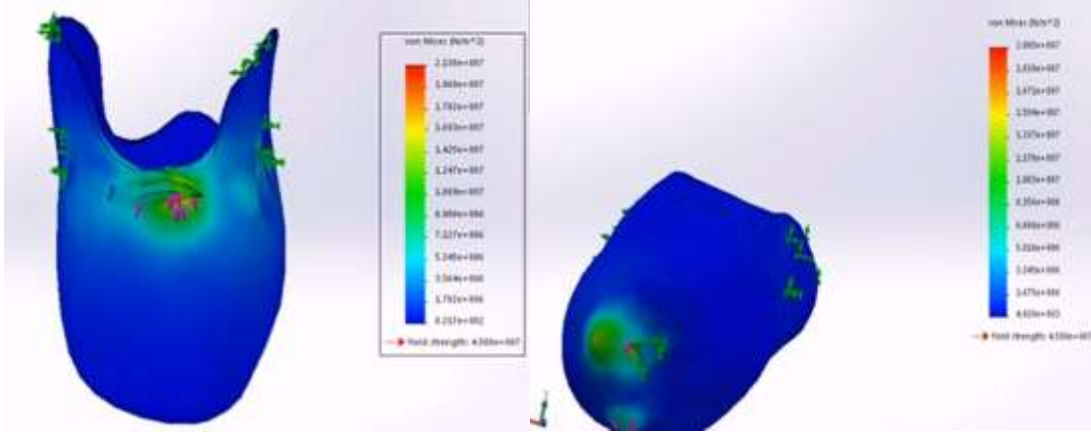
تمت الدراسة الستاتيكية أثناء الوقوف المتوسط و الدراسة الديناميكية عند المشي من أجل 10000 خطوة و هي مقدار كبير جداً بالنسبة للمبتورين . تم التثبيت من قاعدة القميص وتطبيق القوى من جهة الأعلى و الناتجة عن كتلة الجسم مضروبة بتسارع الجاذبية الأرضية و إضافة معامل أمان 30% .

$$F=M.g = 79*9.81=775N$$

و بعد إضافة معامل أمان 30% تصبح قيمة الحمل $F=775*1.3=1007 N$

و هذه القوة تؤثر وفق المحور Y المحمول على الشاقول المار من الجسم .تم ادخال هذه القيم من معاملات يونغ و بواسون الخاصة بمادة القميص وتثبيته من الأسفل (مكان الاتصال بالطرف الصناعي) ضمن برنامج solidworks

و تطبيق قيمة القوة على كل نموذج قميص على حدى و إجراء عملية التحليل الحاسوبي الديناميكي عند 10000 خطوة كما يظهر في الشكل (5) .



الشكل (5) نتائج التحليل الحاسوبي على اليمين قميص الالتصاق الكامل على اليسار قميص ال PTB

النتائج والمناقشة:

عرض النتائج:

من أجل سهولة عرض النتائج و قراءتها تم تحديد مستويات و تنظيم جداول بقيم الإجهاد عند هذه المستويات سواء في المستوي الأمامي الخلفي (AP) أو الأنسي الوحشي (LM) .

من أجل قميص PTB :

المستوي الأمامي الخلفي : من الجانب الخلفي تم اختيارالموقع (P1) في الحفرة المأبضية المحدد بمنصف وتر الرضفة و موقع آخر (P4) يبعد 4 cm عن النهاية القصوى وموقعين (P2 and P3) بين الموقعين السابقين بأبعاد منتظمة.

من الجانب الأمامي اخترنا (A1) في منتصف وتر الرضفة بينما النقاط الثلاثة المتبقية (A2, A3, and A4) لها نفس مستوي النقاط P2, P3, and P4 .

من أجل قميص الالتصاق الكامل :

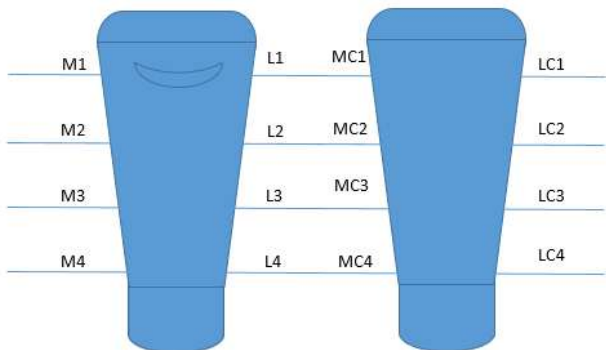
في الجانب الخلفي نقطة واحدة (PC1) تبعد 2 cm عن حافة الخلفية التي تعطي التسامح و الراحة لأوتار الركبة (PC4) يبعد 4 cm عن النهاية القصوى نقطتين أخريات (PC2 and PC3) بشكل متناسب بين النقطتين السابقتين الجدول (3) يعطي معدلات الضغوط لكلا النوعين من القمصان خلال الوقوف المتوسط. و الجدول (4) يعطي القيم خلال الوقوف في المستوي الجانبي القميص من نوع الالتصاق الكامل يظهر معدلات ضغط أقل، علماً أن قوة رد فعل (GRFs) كانت تؤثر بشكل متشابه على كلا القميصين تمت ملاحظة ارتفاع نسبي بالضغط في القميص في المنطقة الدنيا منه، و يعود السبب إلى عدم وجود مناطق تحميل تخفف الضغط عن هذه المنطقة .

الجدول (3) معدلات الضغوط لكل النوعين من القمصان خلال الوقوف في المستوي الامامي الخلفي:

PTB				قميص الالتصاق			
قيمة الاجهاد	الموقع	قيمة الاجهاد	الموقع	قيمة الاجهاد	الموقع	قيمة الاجهاد	الموقع
92.90	A1	120.7	P1	17.67	A1	12.77	PC1
32.21	A2	65.97	P2	16.14	A2	26.04	PC2
32.95	A3	53.19	P3	21.95	A3	11.37	PC3
23.38	A4	59.25	P4	15.89	A4	34.77	PC4

القيمة الأكبر للإجهاد الناظمي بالنسبة لقميص الالتصاق الكامل في المستوي الأمامي الخلفي كانت في المنطقة الدنيا من القميص و بلغت قيمتها 34.77 Kpa و هذا يعود إلى أن مركبة قوة رد فعل الارض لجميع المصابين تؤثر بشكل متوسط نحو القميص مسببة زيادة في العزم حول الركبة، و ضغط زائد في مناطق المتوسطة الدنيا و الجانبية القصوى للقميص . أما بالنسبة لقميص وتر الرضفة PTB كانت قيم الإجهادات العليا متركزة في المنطقة العلوية و بلغت قيمتها في منطقة الحفرة المأبضية 120.7 kpa و في منطقة وتر الرضفة بلغت القيمة 92.90 kpa . و يعود السبب في ذلك إلى أن مركبة قوى رد فعل الأرض امام الركبة في قميص الالتصاق الكامل و خلف الركبة في القميص PTB . إن ظاهرة تركز الإجهادات في منطقة وتر الرضفة حالة طبيعية نظراً للقوس الذي تم تشكيله في هذه المنطقة أثناء نمذجة القميص و هو مشابه للحالة الـSريرية التي يقوم بها الفني أو المهندس من خلال الضغط على وتر الرضفة و الذي يضمن نظامي التعليق و الضغط .

الجدول (4) معدلات الضغوط لكلا النوعين من القمصان خلال الوقوف في المستوي الجانبي:



PTB				قميص الالتصاق			
قيمة الاجهاد	الموقع	قيمة الاجهاد	الموقع	قيمة الاجهاد	الموقع	قيمة الاجهاد	الموقع
70.3	M1	38.20	L1	6.26	MC1	67.63	LC1
13.5	M2	25.48	L2	91.92	MC2	48.70	LC2
1.45	M3	16.34	L3	42.90	MC3	17.60	LC3
3.55	M4	5.32	L4	64.5	MC4	52.86	LC4

القيمة الأكبر للإجهاد الناظمي بالنسبة لقميص الالتصاق الكامل في المستوي الجانبي كانت في المنطقة المتوسطة من القميص و بلغت قيمتها 91.92 kpa و هذا يعود إلى أن مركبة قوة رد فعل الارض لجميع المصابين تؤثر بشكل متوسط نحو القميص مسببة زيادة في العزم حول الركبة، و ضغط زائد في مناطق المتوسطة الدنيا و الجانبية القصوى للقميص . كما تم تسجيل قيم مرتفعة أيضاً للإجهاد في المنطقة السفلية و بلغت قيمتها 64.5 kpa أما بالنسبة لقميص وتر الرضفة PTB كانت قيم الإجهادات العليا متركزة في المنطقة العلوية و بلغت قيمتها 70.3 kpa . يظهر الفرق واضحاً في نتائج الضغط ما بين القميصين و يعود السبب في ذلك إلى الاختلاف التصميمي أثناء النمذجة لأن قميص وتر الرضفة يصمم على أساس التغيير الشكلي عن الجذمور من ناحية نقاط الاستناد و نقاط الراحة بينما قميص الالتصاق الكامل لا يحتوي على هذه التغييرات التصميمية الشكلية يكون موافقاً في شكله للجذمور دون وجود أي ضواغط (نقاط أو مناطق ضغط و استناد) .

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- تم في هذا البحث إجراء مقارنة حاسوبية و سريرية لتقييم أداء نوعين من القمصان المستخدمة للبتنر من ما تحت الركبة .

- 2- الاجهاد الاعظمي الاقصى في قميص وتر الرضفة كان في مناطق وتر الرضفة .
- 3- الاجهاد الاعظمي الاقصى على كامل دورة المشي في كلا القميصين كان لحظة ملامسة عقب القدم للأرض .
- 4- قميص الالتصاق يسبب احساساً بالسحب و الخفقان في العضلة و تشنجاً في الجذمور .
- 5- هذه الدراسة اعتمدت على قياس الضغط في مواقع قياسية موزعه على القميص و التي تعتمد على هندسته الخاصة .
- 6- يجب ملاحظة ان ازاحة قليلة تسبب قراءة مختلفة للضغط على سطح القميص .
- 7- بروفابل الضغط يصف تاثير تصميم القميص الذي من الممكن ان يسبب اختلافات في نتائج بروفابلات الضغط.
- 8- خط رد فعل القوة GRF يؤثر على توزيع الضغط أيضاً .
- 9- الزيادات الكبيرة في الضغط كانت نتيجة للتمدد و العزم الحاصل في الجذمور و الذي يتحكم بها وزن الجسم و قوته العضلية بالدرجة الأولى .
- 10- التغير الشكلي ما بين القميصين أدى إلى تغير واضح في قيم الإجهادات و في أماكن الذرى الخاصة بها .

التوصيات:

- 1- نمذجة الجذمور مع القميص و تحليلهما بعد القيام بعملية التجميع .
- 2- اجراء عملية التحليل على كامل مرحلة الاستناد من طور الخطوة من أجل الحصول على القيم الحقيقية و المتتابعة للإجهادات في كل لحظة .
- 3- إدخال عامل الزمن في التحليل من خلال معادلات تحتوي على السرعة و المسافة و الزمن .
- 4- إجراء عمل مماثل في حالة البتر من ما فوق الركبة .

المراجع:

- 1- ALI, I; KUMAR, R; SINGH, Y 2014 *Finite Element Modelling and Analysis of Trans-Tibial Prosthetic Socket* Global Journal of Researches in Mechanical and Mechanics Engineering. Vol 14 22-29 .
- 2- KUMAR, L, P; CHOUDHURI, A, R 2011 *Analysis of trans tibial prosthetic socket materials using finite element method* Journal of Engineering. Vol. 31, No. 3, 762-768
- 3- SAMIRA,K ,R ؛ HAIDER ,F 2008 *Analysis of A below Knee Prosthetic Socket Material* Journal of Engineering and Development . Vol. 12, No. 2 ,127-136.
- 4- XIAOHONG, J.MING, Z. WINSEON, L 2004 *Load transfer mechanics between trans-tibial prosthetic socket and residual limb-dynamic effects* University of Wollongong ,VOL 19 230-245 .
- 5- RAITUKOVA, V,A, MICHALIKOVA, M, A, BWDNARCICOVA, L. A, BALOGOVA, A. A, ŽIVCAK, J. A 2014 . *Modelling of Mechanical and Mechatronic Systems*, Procedia Engineering, VOL . 96. 382 – 391.
- 6- 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 .

- 7- RAJTUOVA ,V, A؛ HUDAK,J,A ؛ZIVCAK ,P ,B ؛HALFAROVA,R KUDRIKOVA. *Pressure Distribution in Transtibial Protheses 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.
- 8- 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 Physics*26(8):pp.655-662.
- 9- 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.
- 10- 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.