وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة للبنات
الدراسات العليا / الماجستير

بايوميكانيكية الأطراف والمساند والمؤشرات الميكانيكية المرتبطة بالتاهيل بعد العلاج الطبيعي- أنواع القوى المسببة للاصابات

تقرير مقدم من قبل الطالبة
براء وسام

اشراف

أ.د بشرى كاظم عبد الرضا

١٤٤٦هـ **٢٠٢٥ م**

المقدمة

يعتبر علم البايوميكانيكا (الميكانيكا الحيوية) من أهم العلوم التي تُعنى بدراسة الحركة البشرية من منظور ميكانيكي، حيث يركز على تحليل القوى المؤثرة على الجسم أثناء أداء الأنشطة المختلفة، سواء في الوضع الطبيعي أو أثناء عمليات التأهيل بعد الإصابات أو العمليات الجراحية. يدمج هذا المجال بين مبادئ الفيزياء والهندسة والعلوم الطبية لفهم كيفية عمل العضلات والعظام والمفاصل معًا بطريقة متكاملة تضمن الحركة السلسة والفعالة.

في مجال التأهيل بعد العلاج الطبيعي، تلعب البايوميكانيكا دورًا محوريًا في تقييم وتحليل مشكلات الحركة لدى المرضى ووضع استراتيجيات علاجية مناسبة تهدف إلى تحسين الأداء الحركي وتقليل المخاطر المرتبطة بالإصابات. يُعتمد على الأجهزة الميكانيكية مثل المساند والدعامات والأطراف الصناعية لدعم الأطراف المصابة أو استبدال الأجزاء المتضررة، مما يساعد المرضى على استعادة القدرة على الحركة بطريقة أكثر كفاءة وأمانًا.

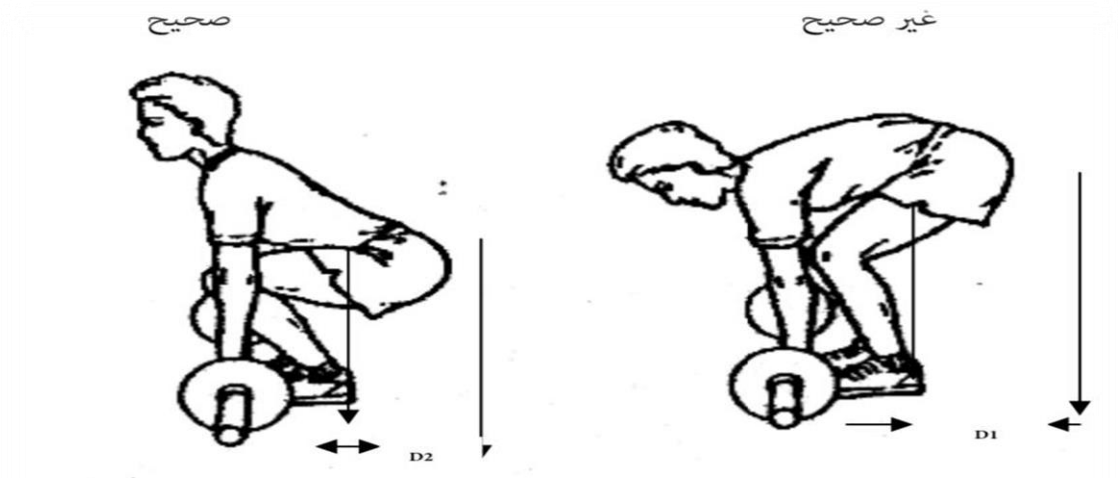
بالإضافة إلى ذلك، توفر البايوميكانيكا مجموعة من المؤشرات الميكانيكية التي تُستخدم لمراقبة تقدم العلاج، مثل قياس نطاق الحركة، وتحليل توزيع الضغط على الأطراف، وتقييم التوازن والاستقرار أثناء المشي. يساعد ذلك في تصميم خطط علاجية فردية تُناسب احتياجات كل مريض، مما يسهم في تحقيق أقصى درجات الاستفادة من العلاج الطبيعي

بايوميكانيك الاطراف والمساند (يهتم بفهم الاحتياجات الخاصة لذوي البتور وكيفية تصميم الاطراف والمساند الخاصة بهم وبفعالية عالية تمكنهم من ممارسة حياتهم بشكل طبيعي).

بايوميكانيكية الأطراف والمساند تتألف الأطراف البشرية من مجموعة من العظام والمفاصل والعضلات التي تعمل بتنسيق دقيق لإنتاج الحركة. عند الإصابة أو الخضوع لجراحة، قد تتأثر هذه الحركات، مما يستدعي اللجوء إلى تقنيات التأهيل الميكانيكية.

من الحقائق المرتبطة بتأثير الأحمال على المنطقة القطنية من الجذع مكان الثقل المحمول بالنسبة للمكان المفترض وجود مركز ثقل الجسم فيه، أو بمعنى أدق بالنسبة لمكان مركز ثقل الجذع ودرجة الانقباض والانبساط للعضلات العاملة عليه، وحجم ووزن الثقل المرفوع او المحمول.

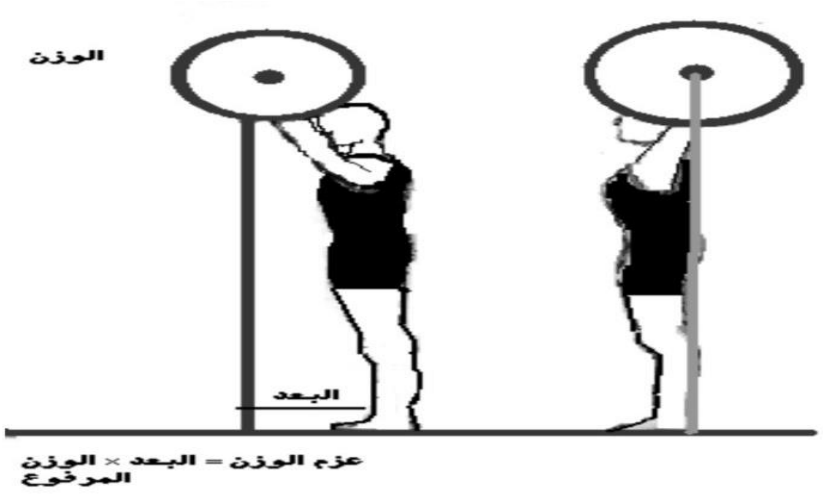
وبصفة عامة فأن اقتراب الثقل المحمول اقرب ما يمكن من الجسم، يقلل من تأثيره السلبي على عضلات الجسم ويسهل حمله، وعندما يقوم الفرد بحمل ثقل وهو في وضع انحناء للأمام (ثني الجذع اماما) فآن وزن الثقل يؤثر كمقاومة بالإضافة إلى وزن الجذع والذراعين بفعل الجاذبية الأرضية، ومع زيادة الثني فأن عزم الطرف العلوي من الجسم سوف يزيد وبالتالي يزيد تأثيره كعبء إضافي على العمود الفقري ،لاحظ (الشكل ٩٤).



شكل (94)

يبين الأوضاع الصحيحة والخاطئة في عزوم الجسم لحظة سحب الأثقال

وفي مجال رفع الأثقال، قد يخفق لاعب رفع الأثقال في تحقيق رقم جيد رغم أن قدراته العضلية تسمح له بذلك، لعدم تمكنه من وضع الثقل في المكان المناسب بالنسبة لمركز ثقل جسمه وبالتالي بالنسبة لقاعدة ارتكازه، فكثيرا ما نلاحظ لاعبين يضطرون الى رمي الثقل خلف ظهورهم في اللحظة التي يشعرون فيها بعدم القدرة على السيطرة على الثقل ووضعه في المكان المناسب، حيث يضيف الوضع الخاطئ عبئا يزيد من وزن الثقل بعزم قد يفوق قيمة الثقل نفسه إذا ما وضع في مكانه الصحيح. (لاحظ الشكل ٩٥).



شكل (95)

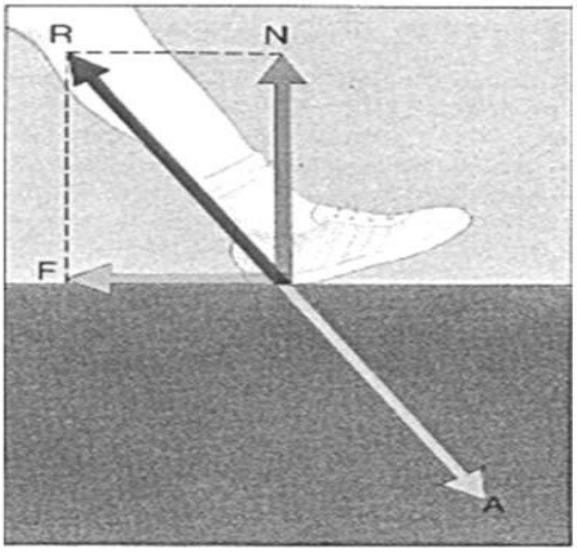
يمثل العزم المتولد للثقل بعد ابتعاده عن خط الجاذبية

من ناحية أخرى، وعند أداء الفعاليات الرياضية فأن قيمة قوة الاحتكاك اثناء اللعب تختلف باختلاف الأسطح ووفقا للحركات المطلوبة، وحيث ان أنسجة الجسم تتشابه في خواصها أية مادة أخرى قابلة للضعف او التمزق او الانكسار عندما تتجاوز حدود القوة عليها حدود تحملها، فعند التهيؤ للوثب فان ذلك يتطلب احتكاك عالي بين الأرض وسطح القدم، وعند زيادة السرعة الى الضعف والقيام بالنهوض فان ذلك سيتطلب قوة احتكاك اكبر (تثبيت)، وهذه القوة سوف تؤثر على مفصل الركبة ومفصل الكاحل ويسبب إجهاد كبير لهذه المفاصل، وعندما يريد اللاعب الركض بسرعة عالية ثم يعمل على إيقاف قدمه فجأة فأن الاحتكاك بين الأرض وسطح القدم سيكون كبير وبالتالي سوف تتعرض الركبة الى إصابة وتمزق في الأربطة، ويمكن تلخيص هذه العلاقة كما يلي:

هناك علاقة بين قوة الخارجية، كقوة الاحتكاك، والقوة التي يبذلها اللاعب (القوة العضلية الداخلية) والتي يمكن أن نحددها من خلال العلاقة التالية: قوة الاحتكاك =xf القوة المبذولة(العمودية) {معامل

الاحتكاك} قيمة قوة الاحتكاك تكون بين (صفر - ١) على الأسطح الملساء، وتكبر هذه القيمة على الأسطح الخشنة. في الفعاليات الرياضية تختلف قيم قوة الاحتكاك أثناء اللعب على الأسطح المختلفة ووفقا للحركات المطلوب أدائها، فمثلاً عند الاقتراب للتهيؤ للوثب فأن لحظة النهوض تتطلب احتكاك عالي (شبه لحظي) بين الأرض وسطح القدم الدافعة، ولكن عند زيادة سرعة الاقتراب الى الضعف فأن ذلك سوف يتطلب قوة احتكاك اكبر، وهذه القوة سوف تؤثر على مفصل الركبه ومفصل الكاحل وقد يتسبب ذلك اجهاداً كبيراً لهذه المفاصل.

وعندما يريد اللاعب ان يركض بسرعة ثم يعمل على إيقاف هذه السرعة من خلال تثبيت قدمه، فأن قوة الاحتكاك بين الأرض وسطح القدم سيكون كبيراً وبالتالي سوف يسبب ذلك إلى أن تتعرض الركبه والكاحل الى إجهاد كبير. (لاحظ الشكل ٩٦).



العلاقة بين الفعل ورد الفعل والقوى المبذولة (الاعتيادية) وقوة الاحتكاك

- A قوة الفعل.
- R قوة رد الفعل.
- N القوة المبذولة (الاعتيادية).
- F قوة الاحتكاك.

الشكل (96)

يبين العلاقة بين الفعل ورد فعل القوة والقوة المبذولة وقوة الاحتكاك

L قوة الرباط.

u القوة المبذولة على سطح الارض.

l ذراع قوة الرباط.

u ذراع القوة المبذولة على السطح.

قوى الاحتكاك على الأرض =U.

وبعدها عن محور الدوران= u.

محور الدوران = v.

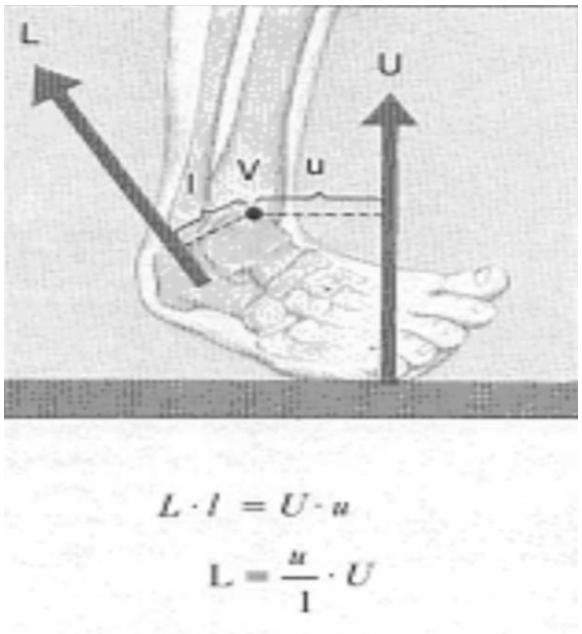
قوة الرباط الجانبي = L.

ذراع قوة الرباط =i.

وعندما تكون العزوم متساوية يعني u.U= L.i.

اي =

L=$\frac{U}{i}$U



$$L \cdot l = U \cdot u$$

$$L = \frac{u}{l} \cdot U$$

الشكل (٩٧)

يوضح تمزق الرباط

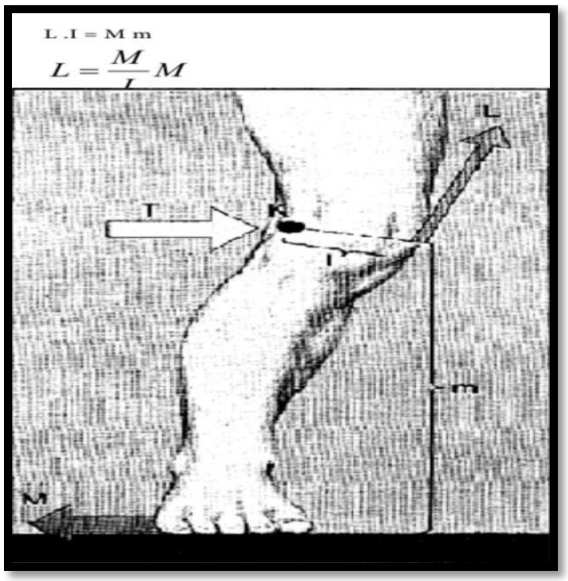
قوة الرباط الجانبي= (بعدالمقاومة عن محور الدوران/بعد قوة الرباط) x قوة الاحتكاك

- ومن حالة أخرى عندما تطبق القدم قوة مقدارها M كقوة احتكاك على سطح الأرض والرجل ممدودة فيكون ذراعها m اكبر ٥ أضعاف من ذراع قوة الرباط i وهذا سوف سبب في زيادة عزم قوة الاحتكاك ب ٥ أضعاف من عزم قوة الرباط، فأن الرباط سوف يتعرض الى إجهاد ويكون نتيجة هذا الإجهاد إصابة مباشرة. ويوضح الشكل ٩٠ الحالة أعلاه وكما يلي:

قوة الاحتكاك على الأرض =M

بعدها عن محور الدوران = m

محور الدوران= k



يوضح ميكانيكية إصابة الركبة

قوة الرباط = L

بعدها عن المحور = i

قوة خارجية T

دور البايوميكانيك بالاصابة والتأهيل

١- يمكننا ومن خلال التحليل الكشف عن اسباب الاصابات الرياضية التي يصاب بها اللاعبون وبالتالي نتمكن من تحديد طريقة العلاج. كذلك الابتعاد عن عدم تكرار الاصابة.

٢- يعد الكشف المسبق لأخطاء الأداء عند اللاعبين بمثابة وقاية لإصابة اللاعبين جراء بعض أخطاء الأداء لديهم.

٣- من خلال التحليل يمكن معرفة حدود العمل العضلي للمقاومات المسلطة على كل عضلة ومفاصل جسم الرياضي والذي يعد من الأهمية اثناء العلاج الطبيعي للرياضيين المصابين عند التأهيل من خلال اختيار المقاومات المناسبة، لان اختيار المقاومات بشكل عشوائي للعلاج قد يتسبب بزيادة الاصابة وتعقيد العلاج.

٤- ان معرفة الحدود القصوى للمقاومات المسلطة على كل عضلة ومفصل تساعد المدرب ان يستبق الاصابات التي قد تحدث للاعبين جراء تحمليهم مقاومات أعلى من المطلوب اثناء التدريب او المنافسات.

٥- المعرفة المسبقة بالتحليل الحركي تمكننا من التلاعب بالمقاومات المسلطة على كل عضلة ومفصل والمستخدمة في العلاج الطبيعي للرياضيين المصابين عند التاهيل من خلال اختيار زاوية العمل العضلي المناسب، إذ يمكننا زيادة وتقليل الحمل على العضلة وبنفس الوزن المتوفر لدينا وذلك بتغيير زاوية العمل

الإجهاد الميكانيكي :

وهناك عامل آخر يؤثر على ناتج القوى في الجسم البشري، وهو أسلوب توزيع هذه القوى ، حيث أن الضغط يوضح حالات توزيع القوى الخارجية على الأجزاء الصلبة والإجهاد الناتج عن توزيع القوى داخل الأجزاء الصلبة عندما يتعرض الجسم لقوى خارجية. والإجهاد يقاس بنفس الأسلوب الذي يقاس به الانضغاط. ، فالقوة العاملة على مساحة صغيرة ينتج عنه إجهاد ميكانيكي اكبر منه في حالة توزيع هذه القوة على مساحة أكبر.

ويمكن القول إن الإجهاد الانضغاطي والإجهاء الشدي واجهاد الزحزحة كلها مصطلحات تعبر عن اتجاه الاجهاد الميكانيكي.

ونظراً إلى أن الفقرات القطنية تتحمل جزءاً اكبر منه في حالة الفقرات الصدرية عندما يكون الفرد في وضع الوقوف فإن الإجهاد الانضغاطي . على الفقرات القطنية من المنطقي أن يكون سطح هذه الفقرات والذي يتعرض لقوى انضغاطية أعلى اكبر كثيراً منه بالنسبة للمقرات الأعلى (الصدرية ،العنقية) وهذه الزيادة في مساحة سطح هذه الفقرات يخفف من القوى الانضغاطية المؤثرة فيها. وعلى الرغم من أنتشار إصابات غضروف الفقرة الخامسة القطنية الا انه يمكن القول أن هذه الإصابة تحكمها العديد من العوامل الأخرى .

اللي والثني والأحمال المركبة:

هناك نوع من الاجهادات المركبة يطلق عليها اللى ، حيث يوجد في هذا النوع من الإجهاد شكلين من القوى الانضغاطية وقوى الشد ، وهي تعمل عموديا ، فهما موجهين نحو المحور الدولي للبناء التركيبي ، فعندما تؤثر قوة غير مركزية في هذا البناء فإنه يتعرض إلى الثنى مما يؤدي إلى ظهوراتجاه انضغاطي على احد الجانبين وقوى شد في الجانب الأخر

أما اللّي فيحدث عندما يتعرض البناء التركيبي إلى اللف حول محوره الطولي ، اي ازدواج في القوى عندما تكون أحد أطراف هذا البناء التركيبي مثبتا لأي سبب سواء كان أرادياً أو لاأراديا ومن أمثلة ذلك الكسور الناتجة عن اللف أو اللي في عظام الساق ، وهي من الإصابات المحدودة في كرة القدم

والانزلاق على الجليد ، إلا أنه يجدر الإشارة إلى أن أسباب حدوث هذه الإصابة أن وجدت في أنها تثبيت مفاجئ للقدم في حين أن يأتي أجزاء الجسم لتستمر في اللف حول المحور الطولي.

وفي حالة وجود أكثر من شكل من أشكال التحميل فإن ذلك يعرف بالتحميل المركب ، ونظراً الى ان الجسم البشري معرض إلى مثل هذه الأشكال من التحميل خلال العمل اليومي فإن هذا النوع من التحميل هو أكثر الأنواع التي يتعرض لها الجهاز الحركي.

المجالات البحثية والتطبيقية لعلم الحركة والميكانيكا الحيوية:

تخضع جميع حركات الأجسام المادية بلا استثناء بما فيها الإنسان والحيوان لقوانين الميكانيكا وهذا العلم لا يبحث في حركات الإنسان الرياضية من الناحية الميكانيكية فقط ، بل يجب أن يشترك علم التشريح و الفسيولوجي والبيولوجي مع علم الحركة والميكانيكا الحيوية جنبا إلى جنب ويمكن عن طريق هذا العلم أيضا معرفة نتيجة الحركة وحصيلتها وكذا التنبؤ من ظروفها المختلفة إذا توافرت المعرفة الدقيقة والدراسة العميقة لقواعد الحركات ومن ذلك يمكن اكتشاف الأخطاء في سير الحركة وتلافي أسبابها مما يحقق التوافق في سير الحركة والوصول بها إلى الهدف المنشود على أكمل وجه ، وهنا نجد إن علم الحركة والميكانيكا الحيوية يتسعا ليشملا جميع المجالات الرياضية وجميع الحركات الرياضية وفيما يلي نتعرض لبعض المجالات التي يهتم بها هذان العلمان حيث أوضحنا مسبقا إن هذان العلمان يطلق عليهما علم الحياة حيث يوجد هذان العلمان أينما توجد الحياة إذن توجد الحركة إذن يوجد علم الحركة والميكانيكا الحيوية وأول هذه المجالات

١- **مجال دراسة الحركات الرياضية:** يهتم علم الحركة والميكانيكا الحيوية اهتماما بالفا بدراسة الحركات الرياضية، وزاد هذا الاهتمام حينما اشتد الصراع في المقابلات الدولية. وحينما تحول الصراع إلى استعراض للمستوى العلمي الذي وصلت إليه الدول المتنافسة في مجال الرياضة، ونلاحظ انه كلما زاد الصراع بين الدول في المجال الرياضي كلما اندفع الباحثون نحو دراسات أعمق للحركة الرياضية لتقنين جميع العوامل التي تؤثر على مستوى أداء الفرد، وتأثير القوى المختلفة سواء كانت هذه القوى الداخلية أو الخارجية أو التأثير المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية وتأثير هما في دراسة الحركة الرياضية .

٢ - المجال الطبي (التأهيل المهني):

اتجه علم الحركة والميكانيكا الحيوية أخيرا إلى الميدان الطبي حيث ساهما في تشخيص بعض حالات الانحراف في القوام وتحديد الحركات السوية للإنسان وبالتالي معرفة نواحي القصور أو العجز كما ساهما في تحديد المهام الحركية الواجب توافرها عند تصنيع الأطراف الصناعية كما تساعدا في تحليل حركات الخواص والمساعدة في وضع برامج لتأهيلهم والمشاركة في علاجهم.

٣- مجال الصناعة والإنتاج:

تمشيا مع ظروف واحتياجات العصر الحديث فقد دخل علم الحرك والميكانيكا الحيوية ميدان الصناعة والإنتاج حيث أهتما بدراسة وتحلي الحركات المهنية وطبيعة حركة العامل ومدى توافقها مع طريقة تشغيل الأر ومحاولة إيجاد أعلى توافق بين حركة العمل وأسلوب تشغيل الألة بهد تحقيق أفضل مستوى لتشغيل الآلة بأقل جهد ممكن من العامل.

محددات استعمال الطرف التعويضي

توجد محددات أساسية تؤخذ بنظر الاعتبار والتي تفرض علينا استخدام شكل

دون آخر ويمكن إجمالها في عدة نقاط هي :

١- مواصفات البتر ومكان البتر (القياسات الانثروبومترية)

٢- شروط ومتطلبات الفعالية من الناحية الميكانيكية (هل الفعالية من المسابقات التي تطلب السرعة ام المطاولة ؟)

٣- طريقة تثبيت الطرف التعويضي .

- إن الفهم الجيد لتركيبة الهيكل العظمي وطريقة تأثير العضلات على جزء معين من الجسم يؤدي إلى معرفة خصائص القوى العاملة والتي تعتمد على نظرية

" عزم القوة **والعزم = القوة x المسافة (m= f x d).**

تحديد الوزن والشكل المناسب للطرف التعويضي

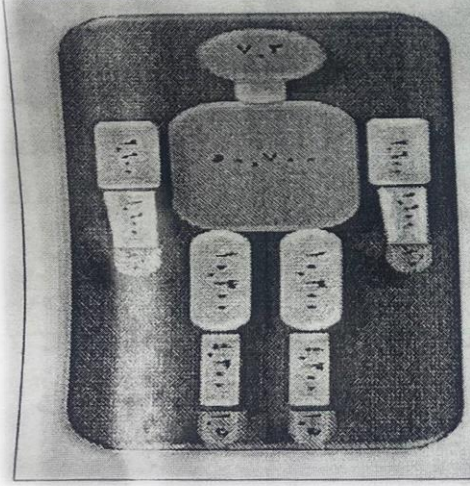
قبل الشروع بتصنيع الطرف التعويضي لابد من الاجابة على عدة تساؤلات في هذا الجانب وهي:

- ما هو الوزن المناسب للطرف التعويضي؟

- ما هو الشكل الانسب للطرف التعويضي؟

وللإجابة على التساؤل الاول كان من الضروري معرفة ما هو مقدار الوزن النسبي المفقود الذي يقوم الطرف بواجب تعويضه ولهذا الغرض فان الجسم البشري يتكون من ١٤ جزء وان لكل جزء وزن خاص وهو ما يعرف بالوزن النسبي وزن الجزء الواحد نسبة لمجموع بقية اجزاء الجسم التي تمثل بمجموعها وزن الجسم بالكامل وكما وفقا للعديد من الدراسات على الجثث توصل العلماء في هذا المجال الى قيم لهذه الكتل وهي مبينة في الجدول

الجدول يبين الكتل النسبية لأجزاء الجسم

ت	الجزء	الكتلة (كغم)	الصورة
١	الراس والرقبة	٧,٣	
٢	الجذع	٥٠,٧	
٣	عضد ايمن	٢,٦	
٤	عضد ايسر	٢,٦	
٥	ساعد ايمن	١,٦	
٦	ساعد ايسر	١,٦	
٧	يد يمنى	٠,٧	
٨	يد يسرى	٠,٧	
٩	فخذ ايمن	١٠,٣	
١٠	فخذ ايسر	١٠,٣	
١١	ساق ايمن	٤,٣	
١٢	ساق ايسر	٤,٣	
١٣	قدم يمنى	١,٥	
١٤	قدم يسرى	١,٥	

وبما ان الكتل النسبية في الجدول السابق هي مثال لشخص كتلت١٠٠ كغم

والشخص الحالي كتلته ٧٦ كغم وان البتر هو من المرفق فان النسبة و التناسب تؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يلي :

وزن العضو $= \frac{\text{الكتلة} \times \text{الوزن النسبي}}{100}$

كتلة الساعد $= \frac{١,٦٠٠ \times ٧٦}{100} =$ ١,٢٠٠ كغم

كتلة الكف $= \frac{٠,٧٠٠ \times ٧٦}{100} =$ ٠,٥٠٠ كغم

وبذلك يكون مجموع الكتلة المفقودة يساوي مجموع كتلة الساعد والكف أي ما يعدل (١,٧٠٠كغم) تقريبا (ويعد هذا الوزن اقصى ما يمكن حمله بعد التكيف)، وبناء على ذلك تكون كتلة الطرف التعويضي لا تتجاوز الكتلة المفقودة

أنواع القوى المسببة للإصابات

تتأثر العظام والعمود الفقري بعدة قوى وحسب نوع الحركة مما تؤدي الى حدوث الاصابات وعلى الشكل الاتي:

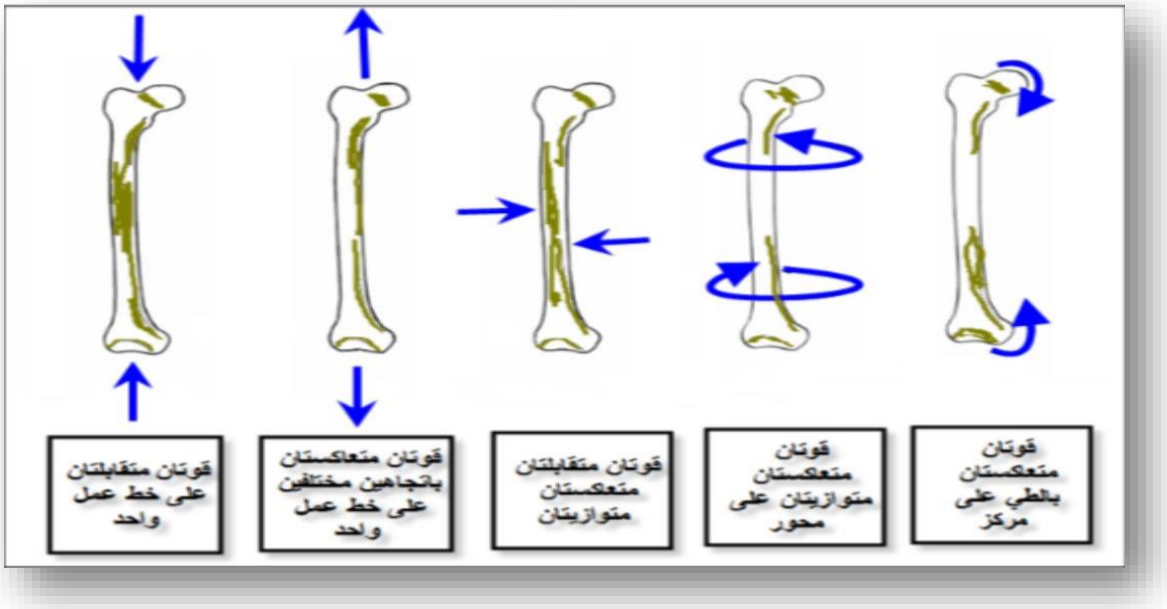
١- القوة الضاغطة (force Compression): أي متساويتان في المقدار ومتقابلتان في الاتجاه وعلى خط العمل نفسه، تؤثر قوة من اعلى الفقرة وتؤثر قوة اخرى من اسفل الفقر (مثل السقوط على الرجلين مع وجود ثقل على الكتفين) تعمل هاتان القوتين على قصير الجزء ويسببان في ازدياد عرضه مما يؤدي الى تمزيق انسجة لقرص الفقري.

٢- قوة الشد (Tensional force): اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وعلى خط العمل نفسه، تؤثر قوة بسحب الجسم الى الاعلى وقوة اخرى تسحب الجسم الى الاسفل (مثل التعلق على العقلة ومقاومة المثقلات على القدمين) تعمل هاتان القوتين على زيادة طول الجزء ويسببان في تقليل عرضه مما يؤدي الى تمزق الاربطة.

٣- قوة القص (Shearing force): اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه متوازيتين أي ليستا على خط العمل فسه ، (مثال ذلك تعاكس الذراع مع الرجل في السباحة) يسببان في تشويه (deformation) الجزء او الاجزاء المتصلة.

٤- قوة اللي (Torsion force) : اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه متوازيتين أي ليستا على الخط نفسه (مثل لدوران في رمي المطرقة) واثرتا على محيط محور (قوة عمودية على محور الجسم) تؤديان الى لي الجسم (دورانه على محوره) ويسببان في تشويه الاجزاء المتصلة بالفقرة أي تؤدي الى تمزق في العضلات والاربطة.

٥. قوة الطي (Bending Force): اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتجهتان كل من طرف الى المركز أي ليستا على الخط نفسه، تؤديان الى طي الجسم (دورانه على مركزه) ويسببان في تشويه الاجزاء وكسرها.



الشكل (٢٠-٣) : يوضح القوى المسببة للإصابات

المصادر

١- عمر، حسين مردان، وعبد الرحمن، (٢٠١١). البايوميكانيك في الحركات الرياضية. النجف: ط١،دار الكتب والوثائق.

٢- الفضلي، صريح عبد الكريم. (٢٠١٠). تطبيقات البيوميكانيك في التدريب الرياضي والأداء الحركي. ط٢.عمان: دار دجلة.

٣- بدوي عبد العال،عصام الدين واخرون. (٢٠٠٦). علم الحركة والميكانيكا الحيوية بين النظرية والتطبيق. ط١. الإسكندرية: دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر.

٤- حسين، ياسرنجاح وأحمد ثامر. (٢٠١٥). التحليل الحركي الرياضي، ط١، النجف الاشرف، دار الضياء للطباعة

٥- صفاء عبد الوهاب ومحمد مطلك. (٢٠٢٠).البايوميكانيك الرياضي، ط١، بغداد، دار الكتب والوثائق