الفصل الخامس

بايوميكانيكية

مفاصل الانسان الهيكلية

The Biomechanic Of Human Skeletal Articulations

بعد قراءة هذا الفصل سيتمكن القارئ من:

- ✓ تصنيف المفاصل استنادا إلى التركيب وقابليات الحركة.
- ✓ تفسير وظائف الغضروف المفصلي والغضروف الليفي.
- ✓ وصف خصائص المادة للأنسجة الرابطة المفصلية ومعرفة العوامل التي تساهم في ثبات المفصل ومرونته ومع الفوائد والأضرار للطرق المختلفة لزيادة مرونة المفصل .

تلعب المفاصل دورا كبيرا في قابلية الحركة واتجاهها في أجزاء الجسم حيث أن التركيب التشريحي لمفصل الركبة غير المصابة يختلف قليلا من شخص الى آخر وكذلك مناطق التمفصل التي توجد فيها مثل عظم الفخذ والساق السفلي والتي تسمح لها بالحركة في المفصل (شكل1-5) إضافة إلى ذلك فإن الاختلافات في الخفة والارتخاء النسبي للأنسجة الرقيقة المحيطة تؤدي الى حدوث حركات مفصلة مختلفة هذا الفصل سيناقش المشاهد البايوميكانيكية لوظيفة المفصل متضمنا أفكار عن ثبات ومرونة المفصل.

تصنيف المفاصل Classification of joint

يصنف علماء التشريح المفاصل بالاعتماد على تعقيد المفصل وعدد المحاور الموجودة في هندسة المفصل وقابليات الحركة.

وبما ان الكتاب يركز على حركة الإنسان فملخص نظام تصنيف المفاصل يستند الى قابلية الحركة متبوعة بأمثلة عن المفاصل لكل نوع

1. المفاصل المثبتة synathroses

هذه المفاصل الليفية يمكن ان تضعف القوة (تمتص الصدمة) ولكنها تسمح قليلا بحركة العظام عند المفصل وتشمل:

أ. المفاصل الدرزية sutures في هذه المفاصل تكون صفائح العظام مرتبطة بشكل غير نظامي متزاوج بدقة وترتبط بقوة بواسطة الألياف المتصلة بالألياف تبدأ عند البلوغ المبكر وتتحرك في النهاية عن طريق العظم التحاما والمثال الوحيد في جسم الإنسان هو صفائح الجمجمة .

ب. المفاصل الرباطية المفصلية Syndesmoses : هذه المفاصل تربط النسيج الليفي الكثيف بالعظام بعضها مع البعض الأخر إذ يسمح بحركة محدودة ومنها تتضمن المفصل الليفي الضنبوبي الوسطي والمفاصل الليفية الضنبوبة السفلية.

2. المفاصل الارتفاقية Amphiarthroses :

وتتحرك بشكل قليل بحيث تمتص هذه المفاصل الغضروفية القوى المستعملة وتسمح بحركة اكبر للعظام القريبة أكثر من المفاصل المثبتة (Synathrodial) وتتكون من :

أ. المفاصل الالتحامية الغضروفية (Synchondroses) مدعومة ومسنودة بواسطة الغضروف العظام في هذه المفاصل تمسك مع بعضها البعض بواسطة طبقة سميكة من الغضروف والأمثلة هي المفاصل المقصية والصفائح أللحائية .

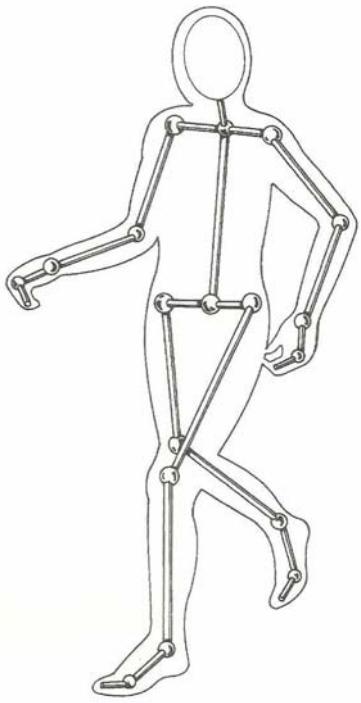
ب. المفاصل الارتفاقية (Symphyses) تعزل الصفائح السميكة للغضروف العلوي قرصا من الغضروف الليفي من العظام مثل المفاصل الفقرية.

3. مفاصل حرة الحركة أو المفاصل السائبة (Diarthroses)

وتشير إلى تعقيدات قليلة لقابلية وإمكانية الحركة ومثل هذه المفاصل تعطي سطوح العظم المفصلية بغضروف مفصلي يحيط بالمفصل وغشاء مفصلي وغشاء زليلي داخل غشاء المفصل يفرز سائل زيتي يدعى بالسائل المفصلي.

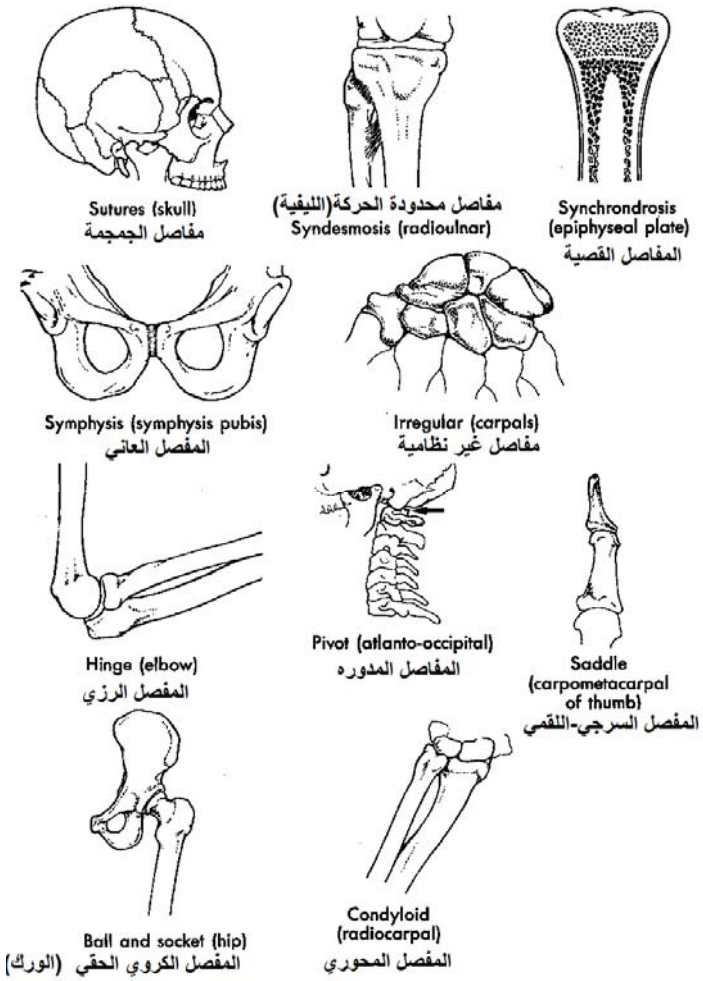
- ✓ الغضروف المفصلي Articular cartilage : وهي طبقة من نسيج رابط ابيض يغطي سطوح العظم المفصلية في المفاصل حرة الحركة .
- ✓ Articular capsule: الغشاء المفصلي ذو طبقتين يحيط بكل مفصل دهني
- ✓ السائل الزيتي synovial fluid : وهو سائل اصفر زيتي واضح يساعد في عملية تزييت أو الانزلاق داخل الغشاء المفصلي في المفاصل الدهنية يبطن التراكيب المنفصلة وغالبية الأغشية الصغيرة يفصل العظم عن الأربطة ويعمل على تقليل الاحتكاك عل الأربطة خلال الحركة للمفصل بعض الأغشية مثل غشاء (olecrach) في مفصل المرفق الذي يقوم بعزل العظم عن الجلد.

إن أغلفة الرباط أما هي تراكيب زيتية ذات طبقتين تحيط بالأربطة الموجودة في ارتباط قوي مع العظام.



(شكل 1-5) حركيا جسم الإنسان يمكن أن يعتبر سلسلة من الروابط القوية أو أقسام قوية ترتبط في المفاصل

الكثير من الأربطة العضلية الطويلة تنمو عبر مفاصل الأصبع والرسغ وتكون محفوظة عن طريق أغلفة الرباط المفاصل الزيتية تتنوع بشكل كبير حسب عدد محاور الحركة للدوران.



(شكل 2–5) أنواع المفاصل الموجودة في جسم الإنسان

- ✓ الأهمية الأكبر بالنسبة لعلماء الحركة هي المفاصل الحرة الحركة وثانيا المفاصل الفقرية، ذات المحور الواحد وذات المحورين والمفاصل ذات الثلاث محاور وقليل من المفاصل غير المحورية.

أنواع المفاصل في جسم الإنسان

Type of joint in the human body

أ. الانزلاقية Gliding

في هذه المفاصل تكون سطوح العظام المفصلية مسطحة تقريبا والحركة الوحيدة المسموحة بها هي الانزلاق غير المحوري . الأمثلة تتضمن مفصل المشط الداخلي ومفصل الرسغ الداخلي ومفصل الكاحل والمفاصل السطحية الصغيرة للفقرة .

ب. الرزية Hinge joint:

يسمح بالحركة في مستوى واحد فقط . أي الثني والمد كما هو الحال في مفصل والركبة ومفاصل السلاميات. وهي عبارة عن سطح عظم مفصلي واحد محدب والأخر مقعر

جـ. المدورة (المحورية) Pivot:

وفي مثل هذه المفاصل تكون عملية الدوران مسموحة ولكن حول محور واحد ومن الأمثلة عل ذلك المفصل المحوري المدور والمفصل الزندي الكعبري.

د. اللقمية Condyloid

سطح عظم مفصلي واحد ذو شكل محدب بيضوي والأخر سطح مقعر يسمح بهذا النوع من هذه المفاصل أداء حركات المرونة والامتداد والإبعاد والتقريب والأمثلة تتضمن المفصل الثاني الرسغي السلامي والمفصل الكعبري الرسغي.

هـ. المفصل السرجي Saddle

يكون على سطحي العظم المفصلي كلاهما على شكل شبيه بسرج الركوب قابلية الحركة فيه تكون شبيهه بحركة المفصل البيضوي ولكن بمعدل عالي من الحركة اكبر مثل المفصل الرسغي السلامي في إصبع الإبهام.

و.. مفاصل الكرة والحق Ball and socket

من هذه المفاصل تكون سطوح العظام المفصلية محدبة ومقعرة بالتبادل الدوران يكون مسموح في ثلاث مستويات والأمثلة على ذلك مفصل الكتف والورك.

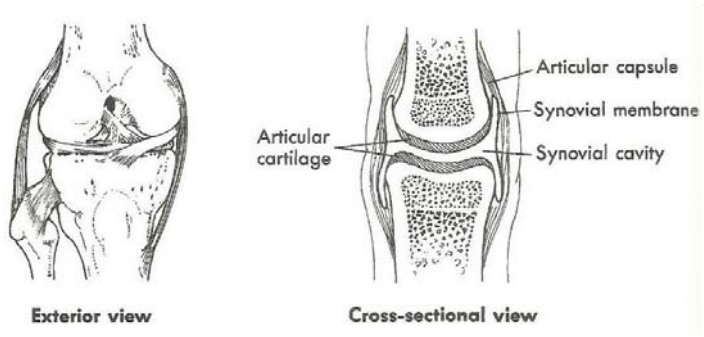
الغضروف المفصلي Articular Cartilage

يجب ان تكون مفاصل الأداة الحركية مزيتة بدقة في حالة كون الأجزاء المتحركة كماكنة تتحرك بحرية ولا تتعب بعضها البعض الآخر وهناك نوع خاص من نسيج رابط ابيض كثيف يعرف بالغضروف المفصلي تعطي تزييت واقي وهناك طبقة سميكة حافظة من هذه المادة تغطي نهايات العظام المفصلية من مفاصل (Diarthradial) الحرة الحركة.

الغضروف المفصلي يقدم غرضين مهمين:

1. يقوم بتوزيع الأحمال في المفصل فوق مساحة عريضة حيث تكون كمية الضغط في أي نقطة احتكاك بين العظام قليلة.
2. يسمح بحركة العظام المفصلية في المفصل بأقل احتكاك.

يمكن للغضروف أن يقلل ضغط الاحتكاك القصوي المؤثر عل المفصل بنسبة 50% أو أكثر، التزييت المدعوم عن طريق الغضروف المفصلي مهم جداً كي يجعل الاحتكاك الموجود في المفصل 17% الى 33% من احتكاك الزلاجة على الجليد بنفس الحمل.



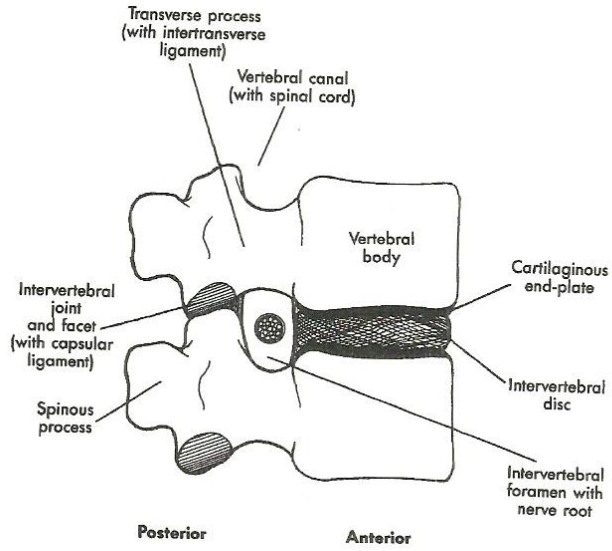
(شكل 3-5) مخطط لمفصل الركبة مع الغشاء الرابط للتجويف المفصلي والداخلي بشكل جزئي(الغضروف المفصلي من المشهد الخارجي والداخلي بشكل جزئي.

الغضروف الليفي المفصلي Articular Fibro cartilage

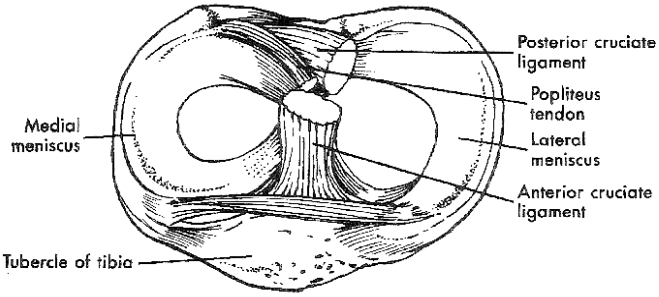
في بعض المفاصل يكون الغضروف الليفي المفصلي أما بشكل قرص غضروفي أو أقراص جزئية يعرف بالأقراص الغضروفية وهي موجودة كذلك بين العظام المفصلية. الأقراص الفقرية الداخلية (شكل 4-5)

الأقراص الغضروفية للركبة (شكل5-5) هي أمثلة عل ذلك وعلى الرغم من ان وظائف الأقراص والأقراص الغضروفية غير واضحة فالوظائف المحتملة تتضمن الأتي :

1. توزيع الأحمال عل سطوح المفصل.
2. تحسين دور السطوح المفصلية .
3. تحديد حركة وانزلاق عظم بالتعاقب مع الأخر.
4. المحافظة عل محيط الارتباط.
5. التزييت.
6. امتصاص الصدمة.



(شكل 5–4) وظائف الأقراص الفقرية الداخلية كوسائد مائية ثابتة بين الفقرات



(شكل 5–5) الأقراص الجزئية في مفصل الركبة تساعد في توزيع الأحمال وتقليل الضغط المنقول عبر المفصل

- ✓ الغضروف الليفي المفصلي هو قرص نسيجيي رقيق أو هي الأقراص الجزئية meniscis التي تدخل بين العظام المفصلية.
- ✓ الأقراص الفقرية الداخلية تأثر كوسائد بين الفقرات والتي تعمل على تقليل معدلات الضغط عن طريق نشر الأحمال.

- ✓ الزيادة في مقدار وتردد الحمل في المفصل يمكن ان يضر في الغضروف المفصلي حيث يكون في اقل كفاءة في تنفيذ وظائفه.

النسيج المفصلي الرابط Articular Connective Tissue

ترتبط العظام بالعضلات بواسطة الأوتار والأربطة التي تربط العظام بالعظام وهي أنسجة مبنية ومشكلة أساسا من الكولاجين ومن ألياف مرنة.

لا تمتلك الأوتار والأربطة القابلية عل الربط كقابلية نسيج العضلات ولكنها قابلة للتمدد قليلا ،هذه الأنسجة ذات طبيعة مرنة وبإمكانها العودة الى طولها الطبيعي بعد المد مالم تكن ممتدة بحدود مرونتها فالأربطة والأوتار المجتازة لحدود مرونتها عند الإصابة تبق ممدودة وغير قادرة على العودة إلى وضعها الطبيعي ولن تعود إلا باستخدام التداخل الجراحي (شكل 5-6)

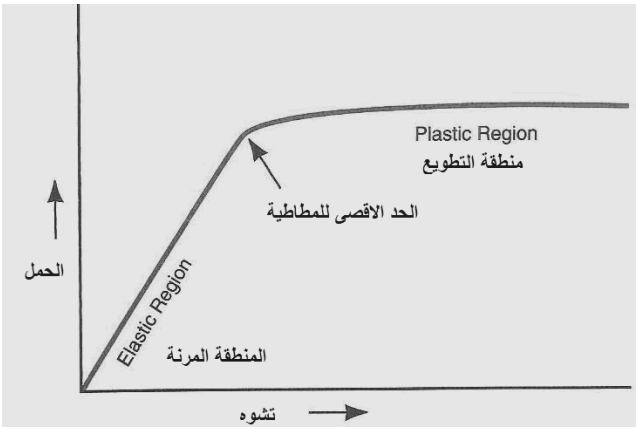
الأربطة والأوتار مثلها مثل العظام تستجيب الى الجهد الميكانيكي المتغير عن طريق الزيادة في كتلة العظم وانخفاض كتلة العظم.

وأثبتت البحوث بان التدريب المنتظم في مدة من الزمن يؤدي الى زيادة حجم وطول كل من الأربطة والأوتار وكذلك زيادة طول الاتصالات بين الأربطة والأوتار والعظم.

ثبات المفصل JOINT STABILITY

إن الثبات في منطقة المفصل هو القابلية على مقاومة الخلع وبالتحديد قابليته على مقاومة تغيير إحدى نهايتي نهاية العظم بالتتابع مع الآخر للوقاية من إصابة الأربطة والعضلات وأوتار العضلات المحيطة بالمفصل فهنالك العديد من العوامل التي تؤثر عل ثبات المفصل.

ثبات المفصل هو قابلية المفصل على مقاومة الإزاحة غير الطبيعية للعظام المفصلية .



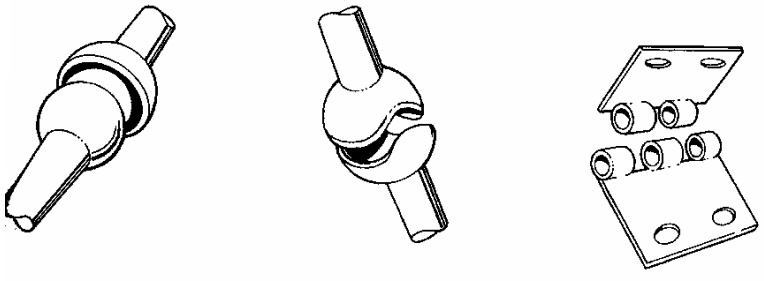
(شكل 6-5) عندما تكون المادة متشوهة (تتمدد) فوق الوضع الطبيعي فإنها ستبقى مشوهه أو ممدودة بشكل ثابت، وتعود المادة إلى الطول الطبيعي بعد أن تزال القوة طالما بقي الحمل في حدود المنطقة المرنة.

- ✓ المادة الممدودة بعد حدود مرونتها تبقى ممدودة بعد طولها الأصلي بعد إزالة التوتر أو الشد.
- ✓ ثبات المفصل: هو قابلية المفصل على مقاومة الإزاحة غير الطبيعية للعظام المفصلية.

شكل سطح العظم المفصلي
Shape of the Articulating Bone Surfaces

في العديد من المفاصل الحركية تكون الأجزاء المفصلية متضادة في الشكل بشكل كامل وذلك لكي تتلاءم مع بعضها البعض (شكل7-5).
تكون نهايات العظام المفصلية للإنسان عل شكل سطوح محدبة ومقعرة وعلى الرغم من أن اغلب المفاصل ذات سطوح مفصلية متغيرة فهذه السطوح ليست متناسقة وهناك موقع نموذجي واحد ملائم تماما في منطقة الاتصال يعرف

بمنطقة الاتصال القصوى للسطوح المفصلية ويكون ثبات المفصل في مثل هذا الموقع اكبر في العادة.

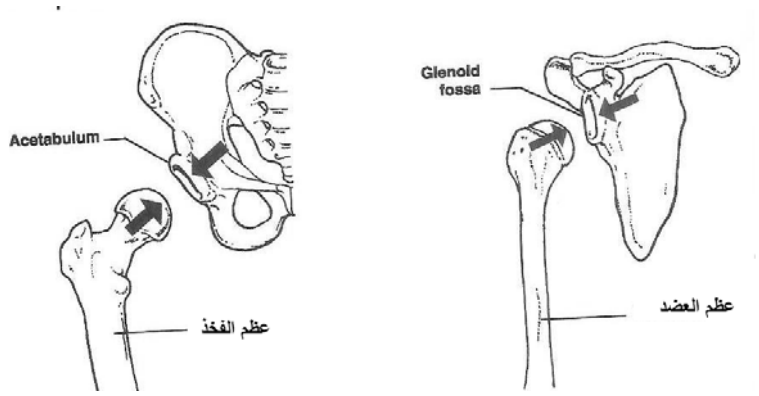


(شكل7-5) المفاصل الميكانيكية غالبا ما تأخذ إشكال وأجزاء متطابقة

إن أي حركة في العظام بعيدا عن المفصل في الموقع المذكور تؤدي إلى انخفاض في منطقة الاتصال مكان الانحراف إلى أي موقع غير الانحراف أعلاه فأما أن تكون مساحة الاتصال كبيرة أو صغيرة وبالتالي زيادة أو انخفاض في الثبات وعلى سبيل المثال الورك يعطي تجويف عميق نسبيا لرأس وعظم الفخذ وهناك دائما مقدار كبير نسبيا في منطقة الاتصال بين العظمين والذي هو السبب الوحيد في ثبات مفصل الورك.

أما في مفصل الكتف فالتجويف الصغير يكون ذو محيط دائري أفقي ما يقارب 75% من المحيط الأفقي لرأس عظم العضد والمحيط الأفقي والذي يساوي 60% من حجم رأس العضد.

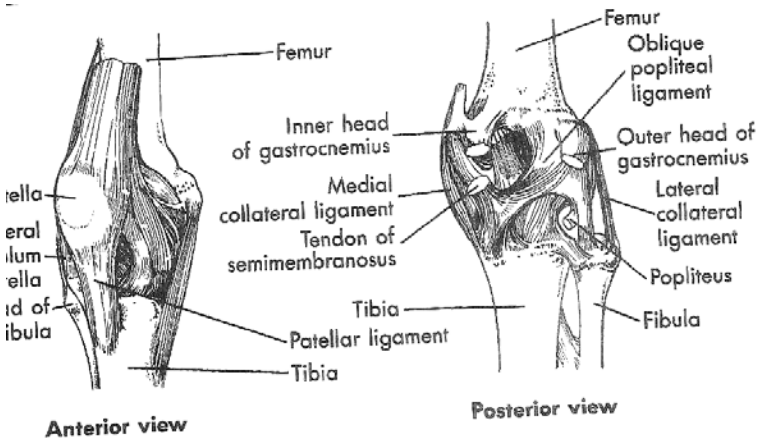
إن تجاهل أو إهمال التنوعات التشريحية في الأشكال والأحجام في سطوح العظام المتصلة في أي مفصل مقصود بين الإفراد موجود وان بعض الناس يمتلكون مفاصل كثيرة اقل ثباتا من المعدل.



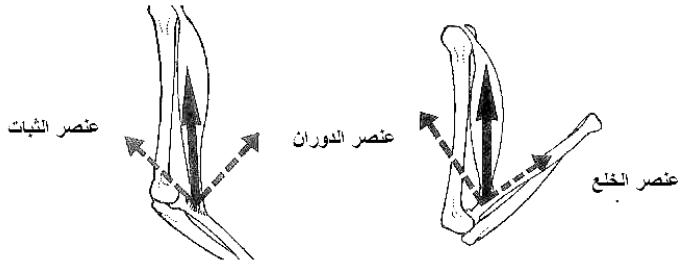
(شكل 8–5) منطقة الاتصال بين هذين العظمين صغيرة نسبيا والمساهمة في عدم ثبات المفصل للكتف هي معقدة

ترتيب الأربطة والعضلات
Arrangement of ligaments and Muscles

تؤثر الأربطة والعضلات وأوتارها على ثبات المفصل في مفاصل مثل مفاصل الركبة والكتف والتي يكون عندها تركيب العظم غير ثابت بشكل خاص.
حيث يساهم الشد في الأربطة والعضلات بشكل كبير في ثبات المفصل عن طريق المساعدة في تماسك نهايات العظام المفصلية مع بعضها البعض في حالة كون هذه الأنسجة ضعيفة نتيجة عدم استعمالها أو مدها أكثر من قابليتها . فثبات المفصل سيكون قليلا أما الأربطة والعضلات القوية غالبا ماتزيد في ثبات المفصل نتيجة لامتدادها أكثر مما تتحمل.



(شكل 9-5) إن زاوية اتصال اغلب الأوتار مع العظام تكون مرتبطة ومنظمة عندما تبذل العضلة مجهودا أو عندما تكون مشدودة فالنهايات المفصلية للعظام في المفصل تكون مسحوبة مع بعضها البعض لتعزيز ثبات المفصل وعادة ما توجد هذه الحالة عندما تكون العضلات عل جوانب متقابلة للمفصل الذي فيه الشد في نفس الوقت.



(شكل 10-5) انقباض العضلة ذات الرأسين ينتج عنصر القوة في المرفق وذلك يؤدي إلى تثبيت أو خلع بالاعتماد على الزاوية الموجودة في المفصل عند حدوث الانقباض .

في حالة إجهاد العضلات ستكون غير قادرة على المساهمة في ثبات المفصل وتمزق الأربطة المتوترة سيكون وارد الحدوث وأكثر احتمالا حيث تكون العضلات المتعبة المحيطة بالركبة غير قادرة على حماية الأربطة المشدودة عندما تكون

مشدودة أكثر من حدود المرونة الثابتة فإصابات الجمناستك أكثر حدوثا عندما يكون الرياضي متعبا.

لايدعم الشد الحاصل في العضلات المارة بالمفصل ثبات المفصل على الدوام ومثلما يتضح في (شكل10-5). فان مركبة قوة العضلة التي تؤثر بشكل عمودي على المحور الطولي للعظم الماس أو المتصل يمكن أن تساهم في دوران قسم من الجسم حول المفصل العابر أو المار بواسطة العضلة فيصطلح عليه مركبة الدوران.

أما عندما يشكل خط قوة العضلة زاوية باتجاه مركز المفصل فمركبة قوة العضلة التي تؤثر بشكل موازي إلى العظم تقوم بسحب نهايات العظم المفصلية اقرب من بعضها إلى البعض الأخر عند المفصل العابر (شكل10-5) ولهذا السبب يصطلح على ذلك مركبة التثبيت أما عندما يكون خط قوة العضلة يشكل زاوية بعيدا عن مركز المفصل تميل مركبة التوازن لقوة العضلة الى سحب العظم الماس بعيدا عن مركز المفصل لذلك يطلق عليه عامل الخلع في العضلة.

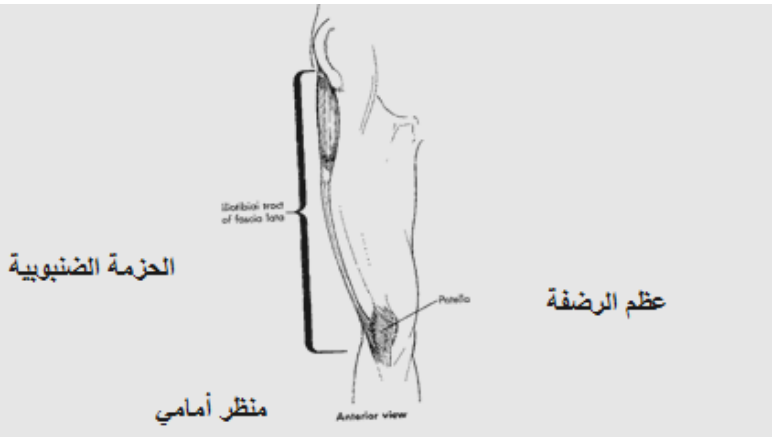
نادرا ما يحدث الخلع الحقيقي من الشد المتزايد عن طريق العضلة. ولكن وجود مركبة الخلع في قوة العضلة فسيكون هناك ميل ال حدوث الخلع.

فإذا كانت زاوية المرفق اقل من 90 درجة والشد الناتج عن طريق العضلة ذات الرأسين يميل إلى سحب عظم الكعبرة بعيدا عن مكان التمفصل مع عظم العضد فالنتيجة قلة ثبات المرفق في ذلك الموقع المحدد.

أنسجة رابطة أخرى Other Connective Tissues

يعرف النسيج الليفي الرابط الابيض باللفافة ب (fascia) وهي تحيط العضلات وتعمل على ربط الألياف العضلية في داخل العضلات وتمنح الحماية والإسناد بالخصوص الجزء القوي والثابت الذي يعرف بالحزمة الابتدائية (initial bad) التي تمر في الموقع الجانبي للركبة لتساهم في

عملية الثبات (شكل 11-5) . النسيج الرابط الأبيض (fascia) والجلد خارج الجسم وأنسجة أخرى تساهم جميعها في سلامة المفصل.



(شكل 11-5) الحزمة الضنبوبية منطقة سميكة قوية من الأنسجة الرابطة البيضاء العابرة للركبة وتساهم في تثبيت الركب.

- ✓ مركب الدوران Rotary component: وهو مركب قوة العضلة التي تؤثر بشكل عمودي على العظم.
- ✓ زاوية المفصل The joint angle: ترتبط بعزم التدوير الأقصى وهو ما يقارب (90) درجة الزاوية الدقيقة تختلف قليلا باختلاف هندسة المفصل وموقع العضلة الماسة للعظم.
- ✓ مركب الثبات Stabilizing component: وهو مركب قوة العضلة المنتجة للقوة باتجاه مركز المفصل المار.
- ✓ مركب الخلع Dislocating component: وهو مركب قوة العضلة المتولدة بعيدا عن المركز المفصل المار.

مرونة المفصل JOINT FLEXIBLITY

ان مصطلح مرونة المفصل يستخدم في وصف معدل الحركة المسموح به في أي من المستويات الحركية للمفصل.

المرونة الثابتة مصطلح آخر يشير إلى معدل الحركة الموجودة عندما يكون قرب الجسم عندما يتحرك بواسطة شريك آخر،أو بواسطة طبيب بينما يشير مصطلح المرونة المتحركة إلى معدل الحركة الممكن انجازه بواسطة التحريك النشط لقسم من أجزاء الجسم عن طريق قوة انقباض العضلة وتعتبر المرونة الثابتة المؤشر الأفضل للقوة النسبية وارتخاء المفصل في مواضع الارتباط بجوهر الإصابة.

المرونة الحركية يجب ان تكون كافية لتجنب التقييد في معدل الحركة المطلوبة للحياة اليومية والنشاطات البدنية .

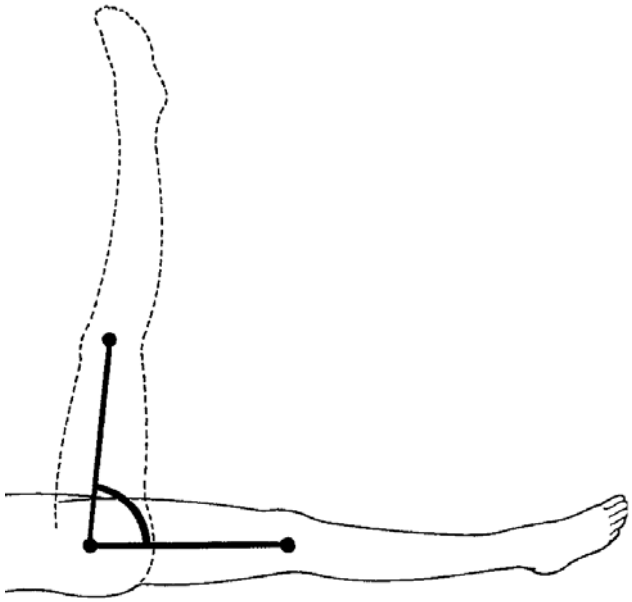
وعلى الرغم من أن المرونة العامة للناس غالبا ماتكون مرونة نسبية فحقيقة ان المرونة هي التي تحدد المفصل ولا يمكن ضمان نفس الدرجة من المرونة في كل المفاصل في حالة وجود مقدار كبير من المرونة في احد هذه المفاصل.

رياضة الجمباز تتطلب معدل كبير من المرونة في المفاصل الكبيرة في الجسم.

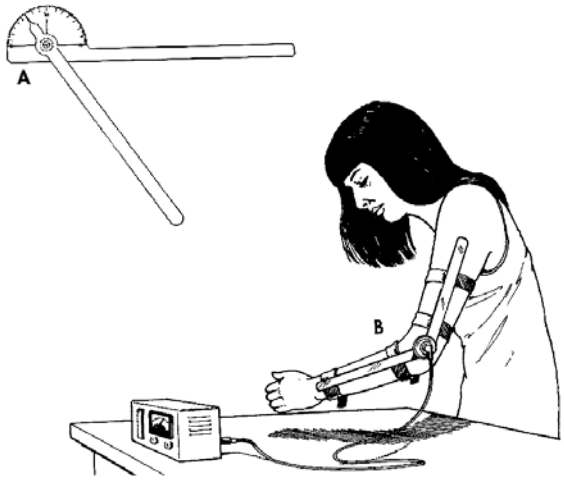
قياس معدل حركة المفصل

Measuring joint Range of motion

يقاس معدل حركة المفصل بصورة مباشرة ،فعلى سبيل المثال معدل المرونة في الورك هو الاختلاف في الزوايا عندما تكون في الموضع التشريحي (ممتد بشكل كامل) وزاوية الورك عندما يكون في أقصى مرونة (شكل12-5) أما معدل الشد وبالعودة الى الوضع التشريحي فهو نفس المعدل بالنسبة للمرونة عندما تحدث الحركة في الوضع التشريحي في اتجاه آخر فيكون معدلها كمعدل الامتداد القصوي . الآلات المستخدمة لقياس معدل حركة المفصل موضحة في (شكل13-5)(وشكل14-5).



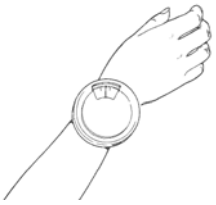
(شكل 12-5) يقاس معدل حركة المرونة الخاصة بالحوض نموذجيا باضطجاع الفرد عل ظهره وهو جيد لتمطيه الطرف المشلول باستخدام تقنيات pnf



(شكل 13-5)

A. جنيومتر وهو عبارة عن منقلة لقياس الزوايا ذات ذراعين النقطة التي تشطر فيها الذراعين لكون تصطف مع المحاور الطولية لأقسام الجسم لقياس الزاوية المجودة في المفصل.

B. جهاز جنيومتر الكهربائي مع بوتشيفر يوضع على محاور دوران وذلك حتى تكون الزاوية بين اذرع الجونميتر متغيرة كمية الناتج الكهربائي لمسجل المتغيرات يمكن أن تكون ثابتة لتسجيل التغييرات في وضع المفصل خلال تنفيذ النشاطات المختلفة.



(شكل 14-5) وهو جهاز خاص للمرونة ويتكون من إبرة جاذبية كإبرة البوصلة Flex meter وتشير دائما إلى اتجاه الجاذبية الذي يمثل وضع البداية ويتم وضع القياس بوضع الجهاز على المفصل ويتم اخذ الفرق بين الوضع الأولي للجهاز والوضع النهائي علما بان إبرة موازية تصل إلى قياس 360 درجة

العوامل المؤثرة على مرونة المفصل

Factors Influencing joint flexibility

هنالك العديد من العوامل المختلفة والتي تؤثر على مرونة المفصل فأشكال سطوح العظم المفصلية وتداخل العضلة او النسيج الدهني ربما ينهي الحركة فعلى سبيل المثال عندما يكون مفصل المرفق في أقصى مد فأن اتصال نتوء عظم الزند بالحجرة العضدية يقيد الحركة الزائدة في ذلك الاتجاه والعضلة أو السمنة في الاتجاه الداخلي للذراع ممكن ان يحدد مرونة مفصل المرفق.

في معظم الأشخاص فأن مرونة المفصل هي قدرة الأنسجة الهلامية(الكلولاجنية) والعضلات المارة بالمفصل على الارتخاء النسبي والامتداد.

إن عملية شد الأربطة والعضلات بمد محدد هي من العوائق الشائعة لحركة المفصل وعندما لأتكون هذه الأنسجة مشدودة فعادة ما يقل امتدادها أما سائل الأقراص الغضروفية الموجود في بعض المفاصل فلها تأثير ايضا على حركة المفاصل.

فقد أوضحت الدراسات المختبرية بان تمدد أنسجة الكولاجين يزيد قليلا من معدل حركة المفصل وهو مالم يبرهن لحد ألان وبذلك فأننا بحاجة إلى المزيد من البحث لنحدد نوع الإحماء المطلوب لزيادة معدل حركة المفصل.

المرونة والإصابة Flexibility and Injury

أوضحت الدراسات والبحوث بان خطر الإصابة يرتفع عندما تكون المرونة منخفضة بشكل كبير أو عند انعدام التوازن الملحوظ بين الجوانب المحكمة والغير محكمة من الجسم.

مرونة المفصل المحدودة بشكل كبير غير مرغوب بها وذلك لأنه في حالة شد العضلات والأنسجة الكولاجينية تزداد احتمالية تمزيقها في حالة ضغط المفصل فوق معدل الحركة الطبيعي.

في دراسة للاعبات الجمباز الإناث من اللوتي اصبن بكب عال في الكتف والمرفق والمعصم والورك لديهن مرونة اقل بالنسبة للواتي يصبن بنوع عارض، فالإصابة الواطي يسبب في حدوث الاصابات المتعلقة بحالة الخلع وبالتبادل فأن الارتخاء التام هو ارتخاء المفصل المنخفض في الثبات ولذلك فالميل إلى التغيير مرتبط عند إجراء اختبار لتقييم مرونة الورك أسفل الظهر للجلوس، والوصول الى الراحة بين مجموعة من مجندي الجيش الأميركي تبين إن اقل مرونة واكبر مرونة كانت ضعفي ميلها للإصابة عند الجنود ذوي المرونة المتوسطة.

اما بالنسبة للرياضيات الإناث اللواتي لديهن مرونة في الورك غير متوازنة ب- 15% أو أكثر يتعرضن لامتحان إصابة الطرف السفلي بنسبة 2,6 .

تعتمد كمية المرونة المرغوبة عل شكل كبير على النشاطات التي يرغب الرياضي الاستعداد لها فرياضة الجمباز والرقص تتطلب بوضوح مرونة عالية وإضافة الى ذلك فرياضي الرقص والجمباز بحاجة الى عضلات قوية إضافة الى أوتار وأربطة قوية بهدف تحقيق الانجاز الجيد ولتلافي الإصابة.

وعلى الرغم من ان كبر حجم العضلات ربما يكون عائقا في معدل حركة المفصل فان القوة الكبيرة وثبات المفصل يساعد في إنتاج معدل اكبر لحركة المفصل.

وبما ان الناس عادة يكونوا اقل مرونة مع تقدم أعمارهم فهذه الظاهرة تعتمد بشكل أساسي على انخفاض مستويات النشاط البدني أكثر من التغيرات الفطرية وبغض النظر عن عمر الفرد فالأنسجة الكولا جينية والعضلات المارة بالمفصل ليست مشدودة ولكنها ستقصر وعلى النقيض من ذلك عندما تكون الأنسجة مشدودة بانتظام فإنها ستطول وسترجع مرونتها من ناحية اخرى فقد أشارت العديد من الدراسات الى ان المرونة تزيد بشكل ملحوظ بين كبار السن الذين يشتركون في برنامج منتظم للتمرين والتمدد.

تقنية زيادة مرونة المفصل

Techniques for Increasing Joint Flexibility

زيادة مرونة المفصل غالبا ماتكون عنصرا مهما في برامج المعالجة وإعادة الشفاء والبرامج المعدة لتدريب الرياضيين لرياضة معينة ان زيادة المرونة والمحافظة عليها تستلزم مد الأربطة والعضلات التي تحدد معدل الحركة للمفصل.

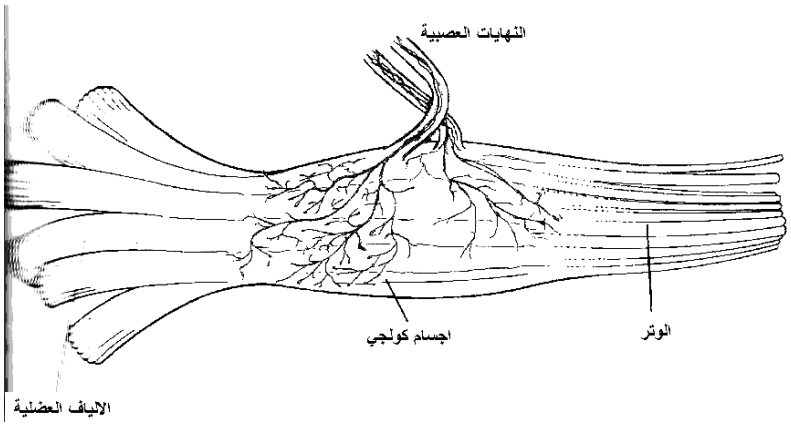
ويمكن استخدام عدة طرق لمد هذه الأنسجة فبعضها يكون أكثر فعالية من البعض الاخر نتيجة للاستجابات العضلية العصبية المختلفة.

الاستجابة العضلية العصبية للمد

Neuromuscular Response to stretch

آلات الاستلام الحسية تعرف بالمستلمات الحية (كولجي) توجد في أماكن الارتباط بين العضلات وأوتارها وبعدد اقل بين الأوتار(شكل 15-5) تحفز هذه المستلمات بوجود الشد القوي في العضلة فتستجيب هذه المستلمات من خلال اتصالاتها العصبية وذلك عن طريق إنهاء تزايد الشد في العضلة (زيادة ارتخاء العضلة) وكذلك بواسطة التمهيد لزيادة الشد في العضلات المضادة .

المستلمات الحية كولجي موجودة في الأنسجة الوترية التي تكون غير مرنة نسبيا بالمقارنة مع العضلة .



(شكل 15-5) أجسام كولجي

- ✓ أجسام كولجي Golgi tendon organ: وهي مستلمات حسية تقوم بمنع زيادة الشد في العضلات وتبادر الى زيادة الشد في العضلات المقابلة.

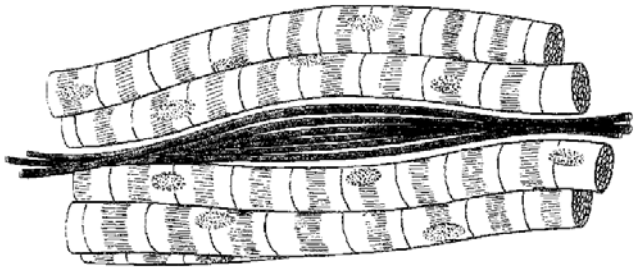
إضافة إلى ذلك فان هذه المستلمات ستحفز بشكل غير مرغوب فيه بواسطة المعدل الضعيف للشد الذي ربما ينتج مد بطيء.

نوع اخر من المستلمات وهي المنتشرة في داخل ألياف العظام وهذه المستلمات التي تميل بشكل موازي الى الألياف تعرف بوشائع العضلات وتقرا لشكلها (شكل 16–5) حيث تستجيب عند حدوث الشد البطيء الخفيف للعضلة إضافة إلى معدل أسرع للتمدد عند وجود استثارة اكبر للاستجابة.

شخص الباحثون اثنين من الاستجابات العامة لوشائع العضلة المشدودة.

أولا : أنها تبدأ انعكاس المد.

ثانيا: تنهي زيادة الشد في مجموعة العضلة المضادة للحركة وتعرف العملية بالانتهاء أو التوقف التبادلي .إن انعكاس الشد يعرف بـ (myotatio reflex) ويحفز عن طريق نشاط الوشائع في العضلة المشدودة اما الاستجابة السريعة فتستلزم النقل العصبي عبر الاتصال الحسي المفرد مع الأعصاب الموردة للحس الحاملة للحافز من الوشائع الى الحبل الشوكي والأعصاب التي تعيد الحس.



يمثل شكل الوشيعة العضلية.

- ✓ وشيعة العضلة Muscle spindle:هي مستلمات حسية تعمل على إثارة الاتصال المعاكس في العضلة المشدودة وتعمل على منع تزايد الشد في العضلات المعاكسة .
- ✓ انعكاس الشد Stretch reflex : عملية الانعكاس تبدأ بواسطة مد وثني مع العضلة يؤدي الى تزايد الشد العضلي.
- ✓ المنع المتبادل Reciprocal inhibition: هو عملية منع العضلة المعاكسة الناتج من الوشائع العضلية .

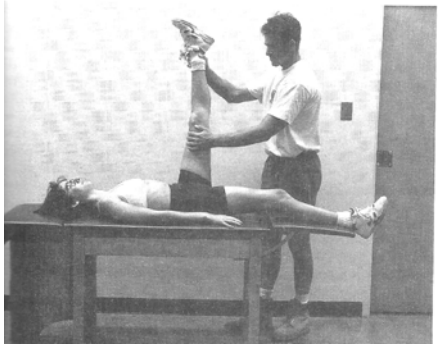
ان إعادة استثارة الإشارة مباشرة من الحبل الشوكي الى العضلة يؤدي الى تزايد الشد في العضلة وفحص الارتعاش العصبي للركبة هو فحص عصبي شائع لوظيفة محرك ،وهو مثال الوظيفة الوشيعة العضلية التي تؤدي إلى إنتاج اتصال قصير للعضلة المشدودة فان ضربة أو نقرة على الوتر ستمهد الى انعكاس المد وتؤدي الى حدوث الانعكاس العصبي الناتج عن التزايد الآني للشد في مجموعة الأوتار الرباعية.

المد الفعال والمد الخامل Active and Passive Stretching

يمكن أن يكون المد خاملا ويمكن ان يكون مدا نشطا، حيث ينتج المد الفعال عن طريق انقباض العضلات المضادة للحركة تلك التي تكون على جانب المصل مضادة لشد العضلة .

الأوتار والأربطة التي تعمل على ثني الركبة والتي تعمل على مدها يتوجب ان تتقبض أما المد الخامل فسيلتزم استخدام قوة جاذبية وهي قوة مستعملة عن طريق قسم اخر من الجسم او قوة مستعملة من قبل شخص اخر ليحرك جزء من الجسم إلى أقصى معدل للحركة يعطي المد الفعال وظيفتين:

- ✓ الأولى تنشيط الوشائع العضلية المشدودة ومجموعة العضلات المولدة للقوة التي تعمل على إيقاف الزيادة الكبيرة للشد في مجاميع العضلة الممدودة خلال التوقف التبادلي.
- ✓ ثانيا ان المجاميع العضلية المعتادة على زيادة القوة فهي عضلات مدربة بالمد الخامل ويمكن ان تنفذ الحركة بشكل اكبر من معدل الحركة الموجود أكثر منه عند الشد الفعال ولكن الضرر المصاحب لاحتمال الإصابة المتزايد فسيكون حاضرا ومتوقعا.



الشد السلبي يمكن ان يكون بمساعدة شريك اخر في التمرين

الشد الايجابي بدون مساعدة خارجية

ان المد المتحرك هو عبارة عن جعل القوة الدافعة لأجزاء الجسم تمد مفصل الجسم بشكل ضار فوق حدود معدل حركة المفصل ونتيجة لكون المد المتحرك يؤثر على انعكاس الارتداد ويؤدي الى التزايد الموجود للتوتر في

العضلة الممدودة فسيحدث التمزق لنسيج العضلة الممدودة وبما ان مدى الشد لايمكن ان يسيطر عليه فان احتمالية حدوث الإصابة ستكون عالية في كل الأنسجة الممدودة، أما عند الشد الثابت ستكون الحركة بطيئة عندما يصل موقع المفصل المرغوب فانه سيحافظ على الثبات عادة حوالي 10- 30 ثانية وهذه الفترة الزمنية كافية لتحفيز المستلمات الحسية (كولجي) التي تقطع استجابة وشيعة العضلة لرفع مستوى ارتخاء العضلة الممدودة ولذلك فالمد الثابت يجب ان يعاد مرتين او ثلاث لكل مجموعة عضلية بالتعاقب.

وعلى الرغم من ان المد المتحرك والمد الثابت متساويات في مدى التأثير بالنسبة لزيادة معدل الحركة للمفصل فان هذا المد الثابت يفضل على المد المتحرك فبالوقت الذي يمكن للمد المتحرك ان ينتج الما عضليا فلا يؤدي المد الثابت الى حدوث ذلك فغالبا ما يستخدم في عملية إعادة الشفاء من الألم والعضلات المجهدة،

- ✓ المد المتحرك Ballistic stretching : شد يكون من سلسلة من الامتدادات السريعة الارتدادية.ويمكن أن تكون خطرة وذلك بسبب كونها تعزز انقباض العضلات الممدودة والزخم المتولد ربما يبعد أقسام الجسم عن معدل الحركة الطبيعي مما يؤدي الى حرف الجسم من معدل الحركة الطبيعي مما يؤدي الى تمزيق أنسجة الكولاجينوس.
- ✓ الشد الثابت Static stretching : هو المحافظة على شد ثابت ومستقر طول الوقت ويكون عادة بزمن 30 ثانية .

تسهيل عمليات التحسس الداخلي العصبية العضلية
Proprioceptive Neuromuscular facilities

تعرف معظم عمليات الشد المؤثرة بتسهيلات التحسس الداخلي العصبية العضلية (proprioceptive neuromuscular facility) النواحي الفنية الى استخدمت تقنياتها أصلا من قبل أصحاب النظريات لمعالجة المرضى المصابين بالشلل العضلي العصبي فجميع عمليات (PNF) تستلزم أسلوب لتبديل الانقباض والارتخاء في العضلات المصممة لاكتساب الفائدة من استجابة (GTO) المستلمات الحسية (كولجي) .

ان كل النواحي الفنية لعملية (PNF) تتطلب وجود شريك او طبيب وان عملية مد الاوتار العرقوبية بوضع الانبساط تعطي لنا عدة طرق واضحة من (PNF) انظر(شكل12-5).

تقنية الارتخاء والانقباض تستلزم مد ثابت بتأثير فعل خارجي في (HAMSTRIGS) مجموعة الاوتار العرقوبية ويتبع ذلك انقباض نشط للأوتار مقابل مقاومة الشريك في التمرين . وبالتالي ترتخي أوتار الركبة بينما يقوم الشريك في التمرين بدفع الساق نحو زيادة المرونة في الورك . وهناك مرحلة من الارتخاء التام بالساق في موضع جديد لمرونة الورك المتزايدة و كل مرحلة من هذه العملية تستمر بشكل نموذجي للبقاء من 5-10 ثواني والتتابع الكامل سينفذ على الأقل أربع مرات.

ان إجراءات الانقباض والارتخاء تبدأ مثلما تبدأ في طريقة المسك العكسي البطيء عن طريق الشريك باستخدام الشد السلبي في الاوتار العرقوبية متبوع بانقباض فعال لهذه الاوتار لمقاومة الشريك.

وطريقة الانقباض والارتخاء في الاوتار العرقوبية هي انقباض ايزوتوني ناتج من الحركة البطيئة للساق باتجاه توسع الحوض في نظرية الشد والارتخاءالذي يكون

انقباض الاوتار العرقوبية ايزومتري ضد مقاومة الشريك غير الحركية، اما بعد الانقباض في كلا الطريقتين يتوجب ارتخاء الاوتار العرقوبية والعضلة الرباعية في الوقت الذي يشد به أوتار الركبة بتأثير خارجي تستمر كل مرحلة عادة من 5-10 ثوان والتتابع التام يعاد عدة مرات .

طريقة الارتخاء والانقباض للعضلات المحركة هو تنوع اخر لعملية تسهيل عمليات التقلص العضلي العصبي بـ 5-20 ثانية لمراحل تتابعيه حيث تبدا هذه الأربطة بانقباض فعال قصوي للعضلة الرباعية لمد الركبة متبوع بارتخاء في حين يقوم الشريك بإسناد الساق يدويا في المكان الذي ينجز فيه بنشاط وفعالية و يمكن ان يزيد معدل حركة المفصل فوق مراحل المد الفردي.

احدى نتائج احد البحوث اوضحت بان مد أوتار الركبة يحافظ على مد الحوض الأمامي كما ان ميل الحوض خلفا هو أهم تقنية المد المستخدمة بين إجراءات PNF وأشار البحث بان عملية ارتخاء-انقباض العضلات المحركة مقابل الانقباض هو اعلى من الانقباض والارتخاء إضافة إلى ذلك فقد أظهرت إحدى الدراسات بان طرق الانقباض-الارتخاء مقابل الانقباض-الارتخاء مع انقباض لمدة 5 ثواني لا يظهر استجابات(GIO)كافية لتجاوز انعكاس.

التهاب المفاصل Osteoarthritis

وهو الصيغة الشائعة لالتهاب المفاصل الانحلالي غير الالتهابي في المراحل الأولى للاضطراب يفقد المفصل ليونته ونعومته ويصبح خشن وغير منتظم.

وبالنتيجة يترك الغضروف سطوح العظام المفصلية غير مستقر ويقيد في معدل الحركة والتيبس مع الم يسكن بالراحة أما تيبس المفصل فيتحسن عن طريق الحركة والنشاط سبب هذه الحالة المرضية غير معلوم ولكن إساءة الاستعمال الحركي غالبا ما يكون هو العامل المسبب من شخص الى أخر بالوراثة.

ملخص SAMMURY

الأوضاع التشريحية لمفاصل جسم الإنسان تحكم قابليات وإمكانات الحركة المباشرة لأقسام الجسم المفصلية من منظور الحركات المسموح بها هنالك ثلاثة أنواع رئيسية للمفاصل (مفاصل غير قابلة للحركة وقليلة الحركة ومفاصل حرة الحركة كل هذه المفاصل يقسم الى أقسام ثانوية أخرى من المفاصل بخصائص تشريحية عامة.

نهايات العظام المفصلية تكون مغطاة بغضروف مفصلي الذي يعمل على تقليل ضغط الاتصال ويقوم بتزييت المفصل.

الأقراص الليفية الغضروفية أو ما يسمى menisci موجودة في بعض المفاصل وتساهم في الوظائف والمهام المذكورة سلفا .

وللأوتار والأربطة قابلية قليلة للتمدد وهذه الأنسجة شبيهه بالعضلات والعظام التي تستجيب لمعدلات ضغط ميكانيكية اعتيادية تتولد عن طريق نقصان كتلة العظم . مرونة المفصل بشكل أساسي هي وظيفة الامتدادات المرتبطة بالعضلات والأربطة التي تعمل على اتساع المفصل فإذا لم تتمدد هذه الأنسجة تميل الى القصر او تكون قصيرة اما الطرق التي تؤدي الى زيادة المرونة فتتضمن المد المعاكس الثابت وكذلك pnf وهو إجراء فعال لمد العضلات والأربطة.

اختبر معلوماتك

1- كون أو شكل لائحة تشير إلى نوع المفصل أو المستويات الحركة المسموح بها لمفاصل (الكتف،المرفق،الرسغ،الحوض،الركبة والكاحل).
2- صف الاتجاهات ومعدلات الحركة التقريبية التي تحدث في مفاصل جسم الانسان من خلال الحركات التالية:
   - ✓ المشي
   - ✓ الركض
   - ✓ تنفيذ القفز
   - ✓ النهوض من موقع الجلوس
3- ماهي العوامل المؤثرة على مرونة المفصل؟
4- وضح لماذا يقوم الرياضيين بربط مفاصلهم قبل المشاركة في فعالية ما رياضية وماهي المنافع والإضرار المحتملة لعملية الربط .
5- ماهي العوامل التي تساهم في المرونة؟
6- ما المعدل المطلوب لمرونة المفصل ؟
7- ناقش العلاقة بين ثبات المفصل ومرونته ؟
8- وضح لماذا يطول طول القبضة عندما يكون الرسغ بامتداده الأطول وبأقصى امتداد .
9- لماذا يكون المد الارتدادي ؟
10- ناقش الأهمية المرتبطة بثبات المفصل وحركة المفصل للرياضيين اللذين يشاركون في السباقات التالية :
11- الجمناستك . كرة القدم . السباحة .

12-اكتب قائمة لتشخيص نوع المفصل أو المستوي الحركي لمفصل الفقري،مفاصل الرسغ (اليد)،مفاصل المشط(القدم)،مفصل الإبهام،المفصل الزندي.

13-كيف يكون الغضروف المفصلي مشابه أو مختلف عن الأنسجة الاعتيادي.

14-ما هي التمارين المحددة التي يوصى بها لزيادة الثبات لكل من المفاصل الآتية:

- ✓ الكتف
- ✓ الركبة
- ✓ الكاحل

15-ما هي التمارين المحددة التي يوصى بها لزيادة المرونة بصورة فعالة من المفاصل الآتية:

- ✓ الحوض
- ✓ الكتف
- ✓ الكاحل

16-في أي من أنواع الرياضة يكون أكثر الرياضيين عرضة للإصابة والتي ترتبط بقلة كفاءة ثبات المفصل؟وضح جوابك.

17-في أي نوع من أنواع الرياضة يكون أكثر الرياضيين عرضة للإصابات التي تتعلق وترتبط بعدك كفاءة مرونة المفصل ؟وضح جوابك.

18-ما هي التمارين الموصى بها لأكثرية المواطنين الذين يهتمون بالمحافظة على المستوى اللازم لمرونة المفصل؟

19-بمساعدة شريك استخدم جهاز goniometry لقياس مرونة الحوض مع الساق الممدودة بشكل كامل وبعد 30 ثانية مد للفخذين ثابت ونشيط ،وضح نتائجك.

20-مع الشريك استخدم جهاز goniometry لقياس معدل مرونة الحوض، مع مد كامل للساق قبل وبعد مد الساق بإحدى تقنيات PNF الموصوفة في الفصل، وضح نتائجك.