الروافـع

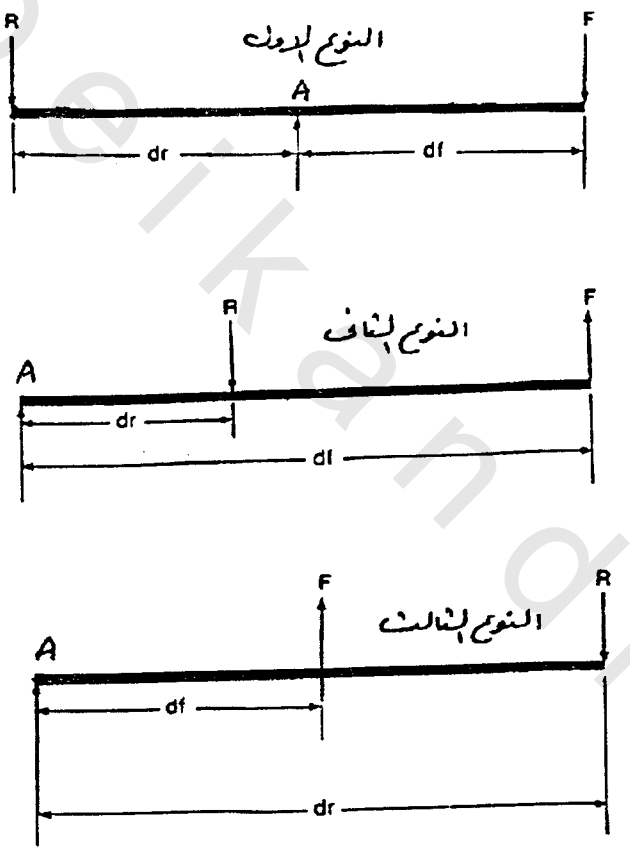
تعتبر الرافعة آلة ميكانيكية بسيطة استخدمها الإنسان على مر العصور للتغلب على المقاومات الخارجية وتحريك الأجسام الثقيلة، وذلك عن طريق بذل مجهود بسيط نسبيًا فى إنجاز أعمال يصعب إنجازها بالقوة العضلية العادية. حيث ينتج عن ستخدام الرافعة شغلاً ميكانيكيًا يعمل على اتزان أو تحريك الأجسام (المقاومات) لمسافات محددة.

والفكرة الأساسية من الرافعة باختلاف أنواعها، هى وجود محور تثبيت أو دوران تتباين أماكن تأثير كل من القوة والمقاومة المؤثرة فيه بتباين هذه الأنواع، وبما أن المسألة تعتمد على وجود هذا المحور فإن التأثير الميكانيكى لهذه القوى (القوة المبذولة ـ المقاومة المراد التغلب عليها) يكون عبارة عما تحدثه هذه القوى من عزوم حول هذا المحور.

وتناول موضوع الروافع فى تفسير حركة أجزاء الجسم البشرى، جاء ليوضح تطبيقًا عمليًا لهذا المفهوم فى عمل العضلات على المفاصل حيث أن العضلات تعمل وكما سبق بعزوم دورانية لوجود المفاصل، فأى طرف من أطراف الجسم يتحرك بالدوران حول محور المفصل الذى يشترك فيه.

انواع الروافع الميكانيكية :

يحدد مكان محور الدوران بالنسبة للقوى المؤثرة والقوى المقاومة نوع الرافعة حيث تنقسم الروافع إلى ثلاثة أنواع يوضحها شكل ( ).



شكل ( )

أنواع الروافع الثلاث ومكان كل من محور الدوران والقوة المحركة والمقاومة.

حيث (F) هى القوة المحركة، (R) هى المقاومة، (A) هى محور الدوران، (d) هى البعد العمودى

النوع الأول: يلاحظ من الشكل أن هذا النوع يتميز بوجود محور الدوران بين خطى تأثير كل من القوة المحركة والمقاومة.

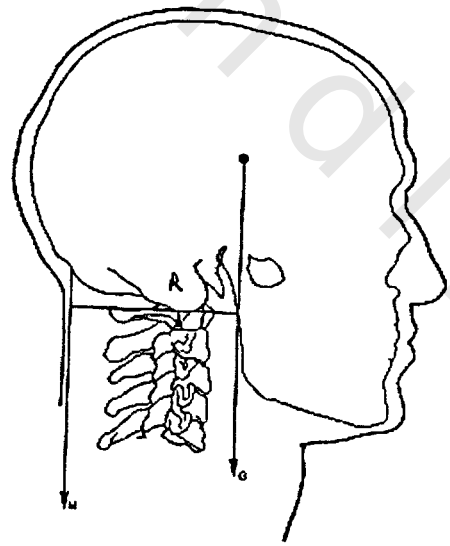
النوع الثانى: ويتميز بوجود المقاومة بين كل من خط تأثير القوة ومحور الدوران.

النوع الثالث: ويتميز بوجود القوة بين كل من خط تأثير المقاومة ومحور الدوران.

ولكل رافعة ميزة ميكانيكية تحكمها العلاقة بين كل من القوة المحركة والقوة المقاومة، ونواتج عزميهما حيث أنه يمكن استنتاج الميزة الميكانيكية للرافعة بناتج قسمة القوة المقاومة على القوة المحركة فإذا ما كان ناتج القسمة أكثر من واحد صحيح فإن هذا يعنى عدم وجود ميزة ميكانيكية للرافعة، أما إذا قل الناتج عن واحد صحيح فإن هذا يعنى أن للرافعة ميزة ميكانيكية يحددها مقدار هذا الناتج. ويمكن تطبيق هذه القاعدة على أنواع الروافع الثلاث.

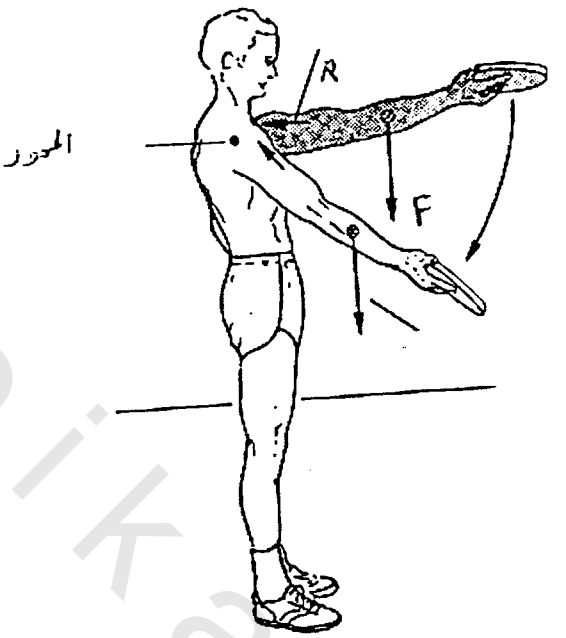
والشكل التالى يوضح نماذج من الروافع الميكانيكية فى الحياة العامة.

امثلة لانواع الروافع فى جسم الإنسان

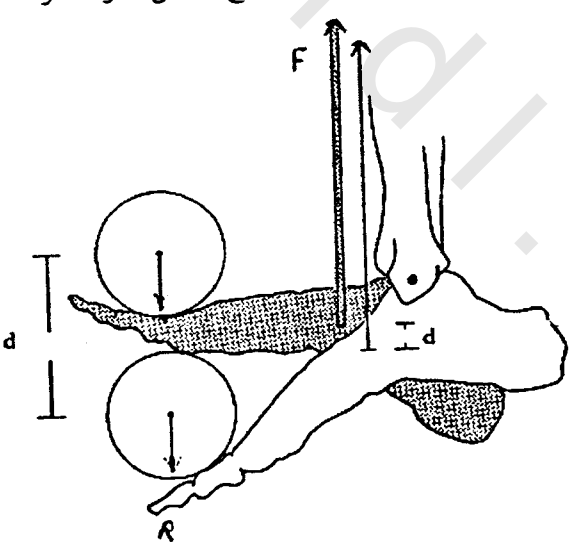


شكل ( ) وضع الرأس كرافعة من النوع الأول حيث

(G) هى وزن الرأس (المقاومة) ، (R) هى المحور، (M) هى القوة العضلية.



شكل ( ) حركة الذراع كرافعة من النوع الثانى حيث تعمل العضلات القابضة كمقاومة ووزن الذراع والثقل كقوة محركة.



شكل ( ) حركة القدم كرافعة من النوع الثالث حيث (F) القوة العضلية و (R) هى المقاومة.

obeikandl.com

وكما سبق وأشرنا فإن العضلات فى عملها تعتبر مصدراً للقوة فى رافعة ميكانيكية مكوناتها إلى جانب القوة العضلية كل من المقاومة المراد التغلب عليها ويمثلها وزن الطرف المتحرك بالإضافة إلى ما يحمله من أثقال خارجية ومحور الفصل الذى تحدث حوله الحركة.

وبالتالى فإنه يمكن تطبيق القواعد العامة للروافع على حركات الأطراف فى جسم الإنسان عند قيامه بأداء أى عمل.

فمعظم روافع الجسم من النوع الثالث، حيث يقع فيها خط تأثير القوة العضلية بين محور الدوران والمقاومة، وإذا تناولنا هذا الموضوع من حيث الميزة الميكانيكية التى يتيحها العمل العضلى فسوف نجد أن هذه الميزة محدودة جداً، إلا أن اندغام العضلات على مسافات قريبة من محاور المفاصل يسمح بمدى حركى واسع فى الطرف البعيد للجزء المتحرك وهذه هى إحدى أهم ميزات الروافع من النوع الثالث، حيث أن هناك اختلافًا كبيراً بين حركات الأجسام المادية وحركة أطراف الجسم البشرى والتى تتسم بدرجة كبيرة من الدقة والضبط والتوافق مع توافر سرعة عالى فى الطرف البعيد.

فإذا ما اعتبرنا القوى العضلية قوة محركة للرافعة فإن الأمر يحتاج إلى نوع من الدعم يتمثل فى مشاركة مجموعة من العضلات فى العمل وهو ما يتوفر فى جميع مفاصل الجسم حيث لا تعمل عضلة واحدة فى أداء أى مهمة حركية. فقبض الساعد هو بالمقام الأول مسئولية العضلة ذات الرأسين العضدية إلا أنه فى حقيقة الأمر نجد أن العضلة العضدية الكعبرية والعضلة العضدية تعملان عند بدء القبض فى مساعدة العضلة الرئيسية على إنجاز العمل المطلوب منها.

ومن أكثر الأمثلة إيضاحًا للمميزات الكامنة وراء وجود نقطة تأثير القوة على مسافة قريبة من المفصل، هو انقباض العضلة الصدرية العظمى فى حالة وجود الذراع جانبًا، فعلى الرغم من أن المدى الذى تتحرك فيه العضلة عند انقباضها فى هذا الوضع لا يزيد عن ٢سم إلا أن المدى الزاوي الذى يتحرك

فيه الذراع يصل إلى ٨٣ درجة فتتضاعف حركة الذراع وتزيد سرعة اليد حيث تندغم العضلة الصدرية العظمى فى الحافة الخارجية لعظام العضد وأقرب ما يمكن إلى مفصل الكتف.

وهذا المثال يوضح دور عمل هذه العضلة فى الضربة الجانبية فى التنس حيث تصل سرعة المضرب إلى حوالى ٣,٥ ضعف سرعة الكوع رغم تحرك الذراع ككل بسرعة زاوية واحدة.

أما إذا تغير الحال فأصبحت القوة العضلية قوى مقاومة للحركة التى تسببها الجاذبية الأرضية، أو أى قوى خارجية كقوى محركة فإن متغيرات الرافعة سوف تختلف وتصبح من النوع الثانى الذى تنحصر فيه المقاومة بين القوة ومحور الدوران وهذا النوع يتميز بتوافر الدقة على حساب السرعة.

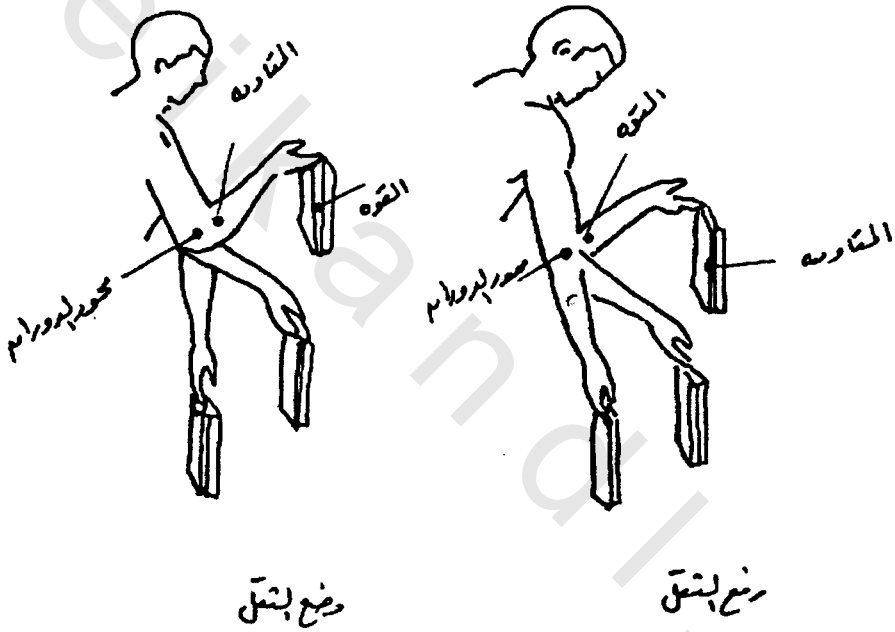
وهنا نود الإشارة إلى أن توظيف القوى الناتجة عن العمل العضلى لا يكون فى كل الحركات على أساس انها قوى محركة فقد تكون فى حالات كثيرة قوى مقاومة للحركة التى تسببها قوى خارجية، هذا بالإضافة إلى أنه خلال لحظات الأداء المتناهية فى الدقة، قد يتغير نوع الرافعة بين النوعين الثالث والثانى وفقًا للأوضاع التى يتخذها الجسم ومتطلبات كل وضع وسوف نتناول نموذج يوضح ذلك.

حركة مفصل المرفق فى رفع او وضع ثقل على منضدة :

الاحتمال الأول: عندما تعمل العضلات كقوة محركة لرفع الثقل، فهى فى هذه الحالة تعمل كرافعة من النوع الثالث تقع فيها القوة بين المقاومة ومحور الدوران ويكون ذراع القوة هنا أقل بكثير من ذراع المقاومة.

الاحتمال الثانى: عندما تعمل العضلات كقوة مقاومة لحركة الثقل عند وضعه على المنضدة فإن القوة المحركة فى هذه الحالة تكون وزن الساعد مضافًا إليه وزن الثقل وبالتالى تصبح الرافعة من النوع الثانى الذى يطول فيه ذراع القوة عن ذراع المقاومة. كما هو موضح فى شكل ( ).

وهذا يعنى أن تحديد نوع الرافعة فى الجسم البشرى تحكمه عدة اعتبارات غير تلك الاعتبارات التقليدية فى تصنيف الروافع، فاعتبار القوة العضلية قوة محركة أو قوة مقاومة للحركة هو أحد أهم هذه الاعتبارات وبالتالى فهو عامل حاسم فى تحديد نوع الرافعة.



شكل ( ) احتمالات تحديد نوع الرافعة فى رفع ووضع الثقل

ونظراً إلى أنه يصعب تناول العمل العضلى تفصيلاً بين كونه قوة محركة أو قوة مقاومة للحركة أثناء الأداءات الرياضية، وقد اتضح ذلك فى المثال

السابق، فإنه يمكن القول أن تناوب عمل لعضلات بين أشكال الانقباض المعروفة (ثابت ـ متحرك) وتبادل العمل بين المجموعات العضلية المشاركة فى أى أداء إنما يتم وفق استراتيجية محددة يحكمها جهاز للتحكم غاية فى التعقيد هو المخ والجهاز العصبى وأجهزتهم المعاونة.

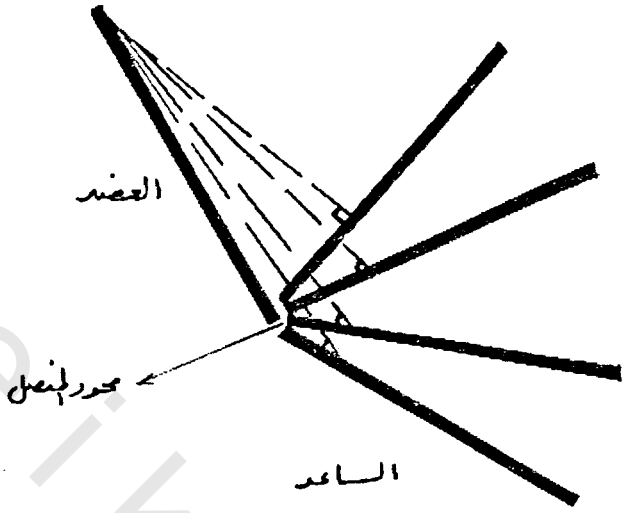
مركبات التثبيت والتدوير فى القوة العضلية :

تعمل العضلات بصفة عامة عند انقباضها على تحريك المفاصل وللانقباض العضلى ناتج قوة يتحول إلى عزم دوران للعظام المتحركة بحكم تواجدها فى حالة تمفصل مع عظام أخرى حيث يمثل محور المفصل محوراً لدوران الطرف المتحرك، وهنا يكون ناتج الانقباض العضلى عبارة عن عزم حيث أن نقطة تأثير القوة تكون بعيدة عن المحور ويحددها بعد اندغام العضلة عن المحور.

ومن هذا المنطلق فإن العزم الذى تؤثر به القوة العضلية على العظام يسبب مظهرين حركيين أساسيين أحدهما يتمثل فى دوران الطرف المتحرك فى حين يتمثل الثاني فى شد العظام المتحركة فى الاتجاه المفصلى ويسمى المظهر الأول بمركبة التدوير أو التحريك كما يسمى المظهر الثانى بمركبة التثبيت.

وبناءً على مفهوم العزم، فإن البعد العمودى ($d_{\perp}$) بين خط تأثير القوة ومحور المفصل يمثل ذراع العزم الذى تؤثر به هذه القوة فى تحريك العظام.

ومع تغير زاوية المفصل نتيجة لحركته تحت تأثير الانقباض العضلى يتغير اتجاه الشد وبالتالى يتغير مقدار العزم ويوضح شكل ( ) تغير زاوية الشد بتغير حركة الطرف وبالتالى تتغير قيم كل من مركبة التدوير ومركبة التثبيت.



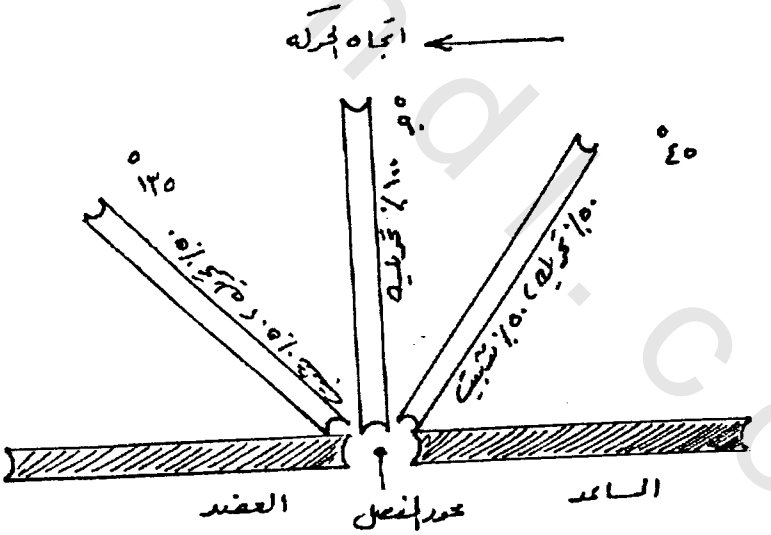
شكل ( ) تغير زاوية الشد للعمل العضلى بتغير حركة الطرف وبالتالى تغير زاوية المفصل

وفى كل حالة من حالات زاوية المفصل تتغير مقادير مركبات كل من التدوير والتثبيت بتغير زاوية شد العضلة وهى الزاوية المحصورة بين المحور الطولى لعظام الطرف المتحرك واتجاه شد العضلة هو الخط الواصل من الاندغام إلى المنشأ.

ويحدد البعد بين نقط اتصال العضلات بالعظام مقادير مركبتى التحريك أو التدوير والتثبيت. فإذا ما كانت العضلات تتصل بالعظام على مسافات بعيدة نسبيًا فإن ذلك يعنى أن نسبة عزم التدوير تكون أكبر حيث أنه يمكن تحليل اتجاه شد العضلة إلى مركبتين متعامدتين عند نقطة اتصال العضلة بالعظمة، تمثل المركبة العمودية مركبة التدوير فى حين تمثل المركبة الأفقية مركبة التثبيت. وبناءً على ذلك فبعد اتصال العضلات بالعظام عن محور المفصل يؤدى إلى زيادة قيمة هذه المركبة.

وعندما تصل زاوية الشد العضلى إلى (٩٠°) تكون كل القوى الناتجة عن الانقباض العضلى فى اتجاه مركبة التحريك حيث أن الشد العمودى لا يحلل إلى مركبات. واختلاف الزاوية بالزيادة أو النقص يعنى إعادة توزيع الشد إلى مركبات رأسية وأفقية.

وتتساوى مقادير كل من المركبتين عندما تصل زاوية الشد العضلى إلى (٤٥°)، (١٣٥°) وباعتبار أن المدى الكامل لأى مفصل هو ١٨٠° فأنه يمكن إيضاح توزيع ناتج القوة العضلية على كل من مركبتى التدوير والتثبيت على النحو التالى :



شكل ( ) توزيع ناتج القوة العضلية بتغيير زاوية الشد

مما سبق يتضح أن أفضل مراحل التغلب على المقاومات الكبيرة لتحريكها ومنها وزن الجسم فى العديد من المهارات الرياضية، هى المرحلة التى تقترب فيها زاوية شد العضلة إلى ٩٠ درجة، ففى حالة أداء أى تمرين أثقال يستخدم فيه الحد الأقصى يلاحظ تسارع الثقل فى حركته فى المدى الزاوى القريب من ٩٠° هذا بالإضافة إلى عوامل أخرى لا يتسع المجال إلى ذكرها.

وعادة ما ينظر لزاوية شد العضلة على أنها زاوية المفصل إلا أن هذه النظرة ليست قاعدة على كل عضلات الجسم فقد تكون زاوية المفصل ١٢٠° مثلاً وتصل عندها زاوية الشد إلى ٩٠° كما هو الحال فى عمل العضلات الأمامية للفخذ فى حين تصل زاوية الشد إلى ٩٠° عندما تكون زاوية مفصل الركبة بين ٨٠° - ٧٠° فى حالة عمل العضلات الخلفية لقبض الركبة.

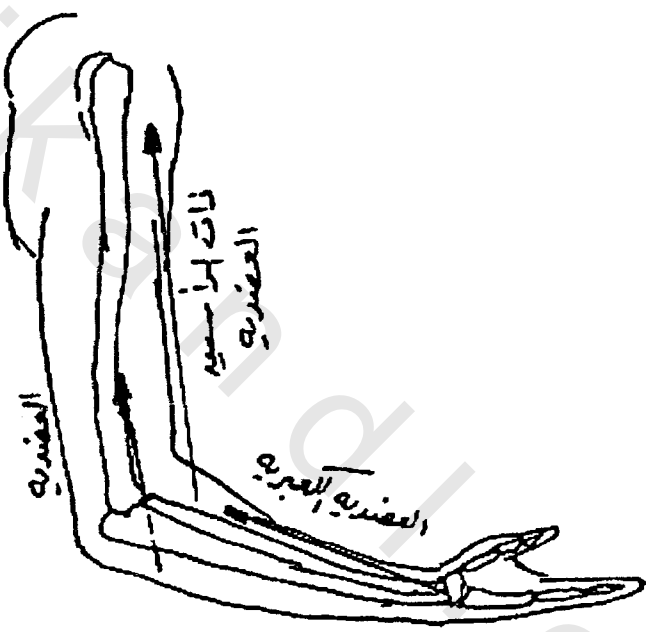
ومثل هذا التحديد للعضلات العاملة على مفاصل الجسم المختلفة يحتاج إلى المزيد من الدراسات.

وتبدو ظاهرة أماكن اتصال العضلات بالعظام على درجة عالية من الأهمية فى تحديد أنماط أجسام الرياضيين ذوى المستويات العالية، فبدراسة الشكل الظاهرى يلاحظ أن العدائين ولاعبى الوثب العالى والطويل والقفز بالزانة يتميزون بأماكن اتصال للعضلات بعيدة نسبيًا عن لاعبى المصارعة ورفع الأثقال والجودو حيث تتطلب مهارات لاعبى المجموعة الأولى قدرًا من السرعة فى الأداء وبالتالى مركبات تحريك أكبر فى حين يتميز لاعبى المجموعة الثانية باتصال عضلاتهم على مسافات قريبة نسبيًا لحاجتهم إلى مركبات تثبيت أكبر من مركبات التحريك.

وبمتابعة توزيع العضلات على جسم الإنسان فإننا سوف نلاحظ أن معظم العضلات تأتى على شكل طبقات سواء بشكل كامل أو جزئى وأن الحكمة من توزيعها على هذا النحو هى ضمان تميز الجهاز الهيكلى بأعداد هائلة من

الاحتمالات الحركية التى غالبًا ما يشارك فى كل احتمال فيها عدد كبير من العضلات وأن دور العضلات الموجودة فى الطبقات الغائرة غالبًا ما يتدخل فى المشاركة بقدر كبير من تثبيت المفصل المتحرك حيث تأتى أماكن اتصالات هذه العضلات بالعظام أقرب ما يكون إلى محاور المفاصل بمقارنتها بالعضلات الموجودة فى الطبقات السطحية.

نموذج تحليل عمل بعض العضلات على مفصل المرفق :



شكل ( ) بعض عضلات الذراع وشكل مركباتها

تعتمد عملية تحليل عمل العضلات المشاركة فى نوع عمل واحد كالمجموعة المسئولة عن قبض مفصل المرفق على تحديد طول ذراع عزم كل

عضلة من هذه العضلات ويوضح الشكل السابق أن مركبات التدوير (التحريك) فى كل من العضلة ذات الرأسين العضدية والعضلة العضدية تكون أكبر كثيراً من العضلة العضدية الكعبرية، فزاوية شد الأخيرة تعتبر قليلة نسبيًا بمقارنتها بباقى العضلات بل وأن أقصى زاوية شد لهذه العضلة لا تزيد عن ٤٥° وبالتالى فإن عملها على تثبيت المفصل يكون عملاً أساسيًا.

أما بالنسبة للعضلة العضدية فإن زاوية شدها تكون أقل من العضلة ذات الرأسين إلا أن كلا العضلتين تحققان زاوية شد مقدارها ٩٠° لذا فإن مركبات التدوير لهاتين العضلتين تصل إلى ١٠٠٪ من القوة العضلية الكلية لقبض الساعد على العضد ولاختلاف زوايا العضلتين السابقتين فإنه يلاحظ أن العضلة ذات الرأسين تصل إلى زاوية شد قبل ٩٠° مثل العضلة العضدية وبالتالى فإن دورها فى التحريك يكون أساسى ويتبعها العضلة العضدية فى استكمال التدوير.