الدراسات العليا / الدكتوراة

مادة البايوميكانيك

المحاضرة الثانية /

العزوم وفاعليتها في تحليل تمارين تدريب القوة ، وعلاقة زوايا الأداء في ناتج الدوران

إعداد

ا.د إنتصار كاظم عبد الكريم

1444هـ / 2023 م

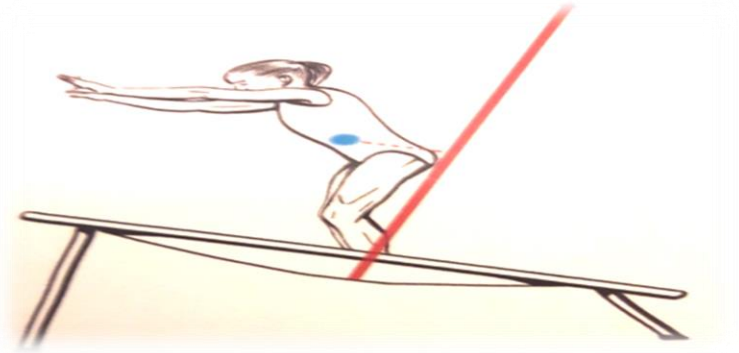
ماذا يعني عزم الدوران

يعد عزم الدوران كمية فيزيائية متجه وهو مقياس لقدرة القوة التي تؤثر على جسم وتعمل او تؤدي الى تدويره حول محور معين وغالباً ما يسمى هذا المحور بمركز العزم ، ويمكن وصف العزم أيضاً بأنه النفوذ الذي تنتجه القوة على جسم ما وتسبب دورانه وتكون وحدة القياس (نيوتن ، متر) تستخدم العزوم في العديد من المجالات ، بما في ذلك الميكانيكا والهندسة الميكانيكية والفيزياء .

، ويعتمد العزم أو عزم الدوران على ثلاث متغيرات هي :

- القوة المؤثرة على جسم ما
- نقطة المركز
- المسافة العمودية بين نقطة تاثير القوة ومركز الدوران او نقطة المركز.

ولكي يتم تحقيق عزم دوران يتطلب ذلك قوة تؤثر على جسم ، ويجب أن يكون تأثير هذه القوة خارج مركز الدوران ؛ وإذا أثرت القوة مباشرة في مركز دوران الجسم فسوف ينتج من ذلك ان الجسم سيكتسب تسارع خطي بنفس اتجاه تأثير القوة. لذلك ومن اجل تحقيق كل من التسارع والدوران يتطلب ان يكون خط تأثير القوة خارج مركز دوران الجسم .



أن مقدار القوة وبعدها العمودي عن مركز دوران الجسم هو الذي سوف يحدد عزم الدوران ، لاحظ الشكل أعلاه الذي يوضح خط تأثير القوة والمسافة العمودية بين تأثير القوة ومركز الدوران وفي أي أتجاه سوف يكون الدوران ؛ ومن خلال المعادلة أدناه يتم حساب عزم الدوران .

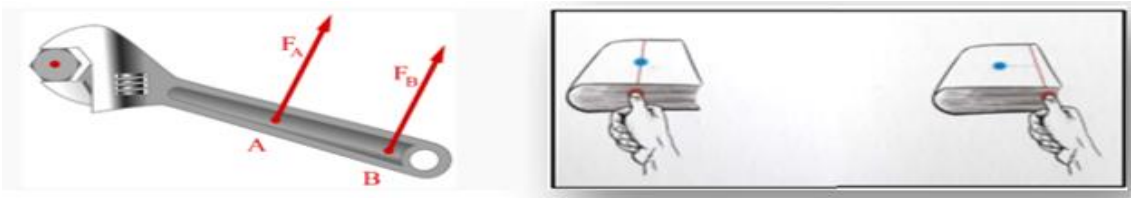
عزم الدوران = ق x ع

ق: يمثل القوة

ع: يمثل المسافة العمودية بين اتجاه خط القوة ومركز الدوران

ومن خلال بعض الامثلة سوف نوضح كيف يتغير مقدار عزم الدوران تبعا لبعد خط تأثير القوة عن محور الدوران .

لو تم دفع كتاب من الوسط أي يكون الدفع عامودي على نقطة منتصف الكتاب ، وفي المرة الثانية يتم دفعه على احدى جوانب الكتاب ؛ **سنلاحظ** إن الكتاب في الحالة الاولى اكتسب سرعة فقط دون حدوث اي دوران ، أما في الحالة الثانية نلاحظ ان حركة الكتاب تكون دورانية كما في الشكل ادناه وهذا يوضح ان عزم الدوران يتحدد تبعا لبعد تأثير القوة عن مركز الدوران ، وكذلك في مثال **مفك البراغي وحركة الباب** ، إن ما يحدث في حركة الأمثلة المذكوره يمكن ان يطبق على الحركات الرياضية



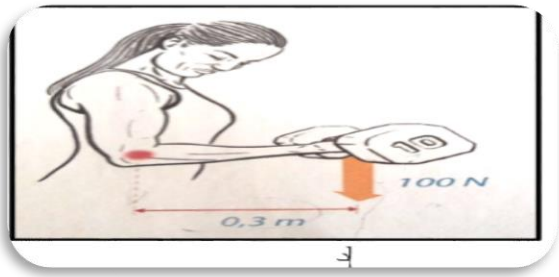
ومن خلال المثال التالي سوف نوضح تحليل تمرين قوة للعضلة العضدية ؛ وما هو مقدار العزم المطلوب للحفاظ على وضع الثبات للذراع بزاوية قائمة من المرفق من خلال رفع أوزان مختلفة.

مثال 1 أحسبي مقدار عزم الدوران اذا رفعت كتله مقدارها (10 كيلوغرام) والمسافة بين مركز الدوران (مفصل المرفق) ونقطة تأثير القوة (0.3 م)؟ لاحظي شكل (د)

(((عزم الدوران = القوة × الذراع)))

أولا: لغرض تحويل الكتلة الى قوة لابد ان تضرب الكتلة في قيمة التعجيل (9.8) أو ما يقاربها (10) ؛

10 × 10 = 100 نيوتن



عزم الدوران = 100 × 0.3 = 30 نيوتن. م.

ومن النتيجة أعلاه يفسر ان(30) نيوتن.م هو العزم المطلوب للحفاظ على وضع الثبات للذراع بزاوية قائمة من المرفق. ويمكن ان ينفذ نفس التمرين

برفع ثقل اكبر او اصغر، ، وفي الوقت ذاته يتم توليد نفس عزم دوران السابق (30) نيوتن.م وذلك للمحافظة على وضع الثبات للذراع بزاوية قائمة من المرفق. فنلاحظ في الشكل ادناه عندما يكون مقدار الثقل (20 كغم) هنا يتطلب ان **ينفذ بذراع اقصر**، وليكن على سبيل المثال يبعد (15 سم) عن مركز الدوران لذا سيصبح عزم الدوران :

20 × 10 = 200 نيوتن

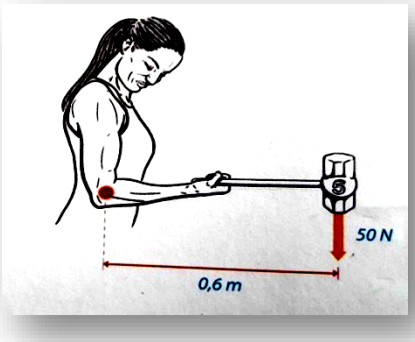
15 ÷ 100 = 0.15 ، ولتحويل القيمة من سنتمتر الى متر

عزم الدوران = 200 × 0.15 = 30 نيوتن متر

وعند تنفيذ نفس التمرين بثقل أقل (5 كغم)، يتطلب ان تكون المسافة العمودية عن مركز الدوران اكبر من السابق ولتكن (0.6 م).

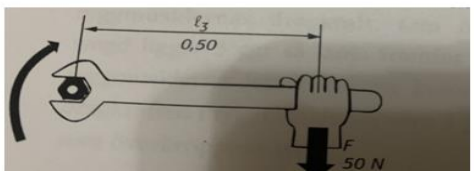
5× 10 = 50 نيوتن

عزم الدوران = 50 × 0.6 = 30 نيوتن/ متر



ومما تقدم يمكن القول ان الرياضي يستطيع في تمرينات معينة ان يحقق عزم الدوران المطلوب باستخدام احمال مختلفة الوزن على ان يؤخذ بنظر الاعتبار التغير في المسافة بين القوة المؤثرة ونقطة المركز. كما ويمكن استخدام قوة متشابهة القيمة يمكن ان تعمل على توليد عزوم دوران مختلفة.

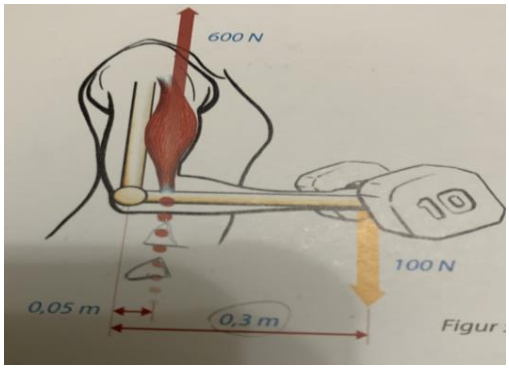
كما موضح في الرسم (مفك البراغي)



ولو نظرنا من الجانب

التشريحي للعضلة العضدية ذات الرأسين، يلاحظ ان العضلات غالبا ما تكون قريبة من المفاصل ولكن نتيجة الحمل التي تتعرض يتسبب في انها تسحب خارج نفطة المركز، وفي حركة ثني مفصل المرفق بزاوية قائمة تبتعد العضلة العضدية للخارج عن مفصل المرفق بمسافة (5) سنتمتر تقريبا.

مثال2



ما هو مقدار القوة المطلوب من العضلة العضدية ذات الرأسيين لغرض الحفاظ على وضع الثبات للذراع بزاوية قائمة من المرفق مع ثقل كتلته (10 كيلوغرام) ومسافة عمودية (0.3 متر) عن مركز الدوران ، والتي يجب ان تحقق عزم دوران(30 نيوتن/ متر) ؟

الحل

10 × 10 = 100 نيوتن

العزم عكس اتجاه عقارب الساعة = العزم بأتجاه عقارب الساعة

القوة x ذراعها = القوة x بعد القوة عن المركز

ق x 0.05 = 100 x 0.3

ق = 100 × 0.3 / 0.05

ق = 600 نيوتن مقدار القوة التي تنتجها العضلة العضدية ذات الراسيين حتى ترفع جسم كتلته 10 كغم

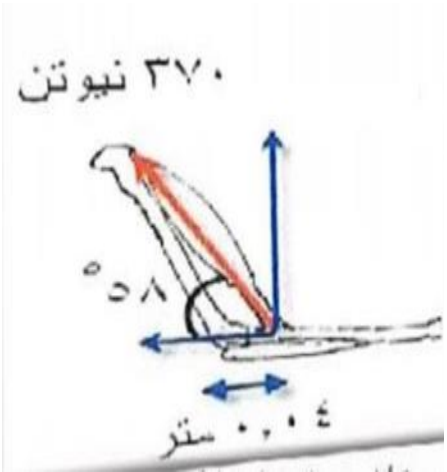
ومن اجل التحقق من ان العزم عكس اتجاه عقارب الساعة = العزم بأتجاه عقارب الساعة

600 × 0.05 = 100 × 0.3

30 نيوتن م = 30 نيوتن م

مثال 3

أحسبي العزم المتولد على مفصل المرفق ،اذا كان مقدار الشد الموجود على العضلة العضدية ذات الراسين تقدر (370) نيوتن وبزاوية مائلة مع عظم الساعد بمقدار 58 درجة، وان نقطة القوة تبعد بمقدار0.04 عن مفصل المرفق.



العزم = القوة العمودية × ذراعها

القوة العمودية = القوة العضلية ×جا زاوية 90

= 370× 1 = 370

وعندما تكون الزاوية بين العظم والقوة العضلية اقل او اكبر

فان القوة العمودية اقل من القوة العضلية

القوة العمودية = 370 × جا زاوية58

= 370 × 0.84

= 292.3

العزم = 292.3 × 0.04

العزم = 11.692 نيوتن. م العزم المتولد على مفصل المرفق

مثال4

قوتان تؤثر على سطح الأولى(350) نيوتن والثانية (510)، تقع الثانية على بعد 1.5 متر عن نقطة الارتكاز. احسبي البعد التي يجب تكون فيه القوة الاولى عن نقطة المركز بحيث يبقى اللوح متزن؟

العزم باتجاه عقارب الساعة = العزم عكس عقارب الساعة

القوة x بعد القوة عن المركز = القوة x بعد القوة عن المركز

س x 350 = 1.5 x 510

س = 510 × 1.5 / 350

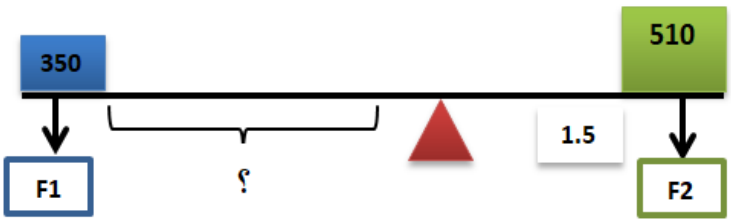
س = 765 / 350

س = 2.18 متر بعد القوة الثانية عن نقطة المركز

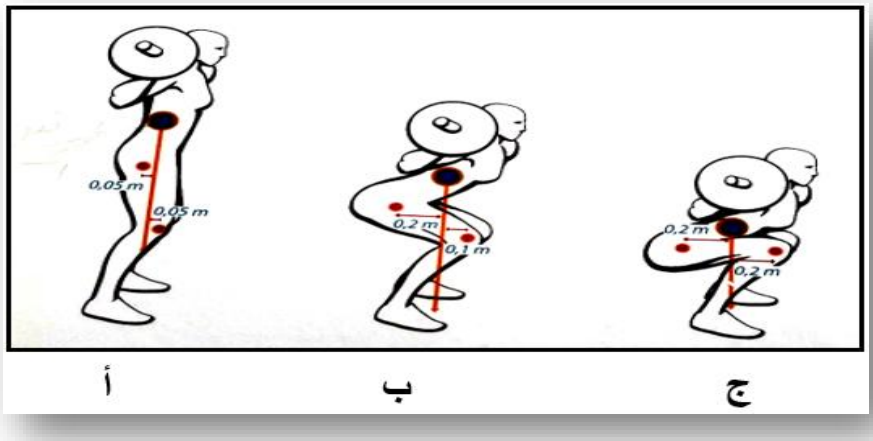
القوة x بعد القوة عن المركز = القوة x بعد القوة عن المركز

2.1857 x 350 = 1.5 x 510

765 = 765



مثال5 يوضح كيفية تحليل تمرين القوة للرجلين وذلك من خلال حساب عزم الدوران لاحظ الشكل ادناه ، لو فرضنا ان الجزء العلوي من الجسم والبار الحديد الذي يحمله جسم الرياضي يزنان معا 100 كيلوغرام .



أن

الوزن اعلاه سوف

يؤثر على العضلات حول مفصل الورك ، اما بالنسبة الى العضلات الموجودة حول مفصل الركبة سوف يزداد مقدار الوزن الذي يؤثر عليها بسبب عدد من الكيلوغرامات الخاصة بوزن الفخذ وبالتالي يمكن ان يصل الحمل المؤثر على عضلات الركبة الى (120 كيلوغرام).

من أجل تحويل الكتلة الى قوة تضرب الكتلة في قيمة التعجيل :

100 × 10 = 1000 نيوتن

120 x 10= 1200 نيوتن

ونلاحظ في الصورة (أ) يكون عزم الدوران لكل من مفصل الورك والركبة كما يلي:

عزم الدوران لمفصل الورك : 1000 × 0.05 = 50 نيوتن .م

عزم الدوران لمفصل الركبة: 1200 × 0.05 = 60 نيوتن .م

أما في الصورة (ب) فأن قيمة عزم الدوران لكلا المفصلين تكون:

عزم الدوران لمفصل الورك : 1000 × 0.2 = 200 نيوتن .م

عزم الدوران لمفصل الركبة: 1200 × 0.1 = 120 نيوتن .م

والصورة (ج) توضح مقدار عزم الدوران لكلا المفصلين الثني العميق للركبتين:

عزم الدوران لمفصل الورك : 1000 × 0.2 = 200 نيوتن .م

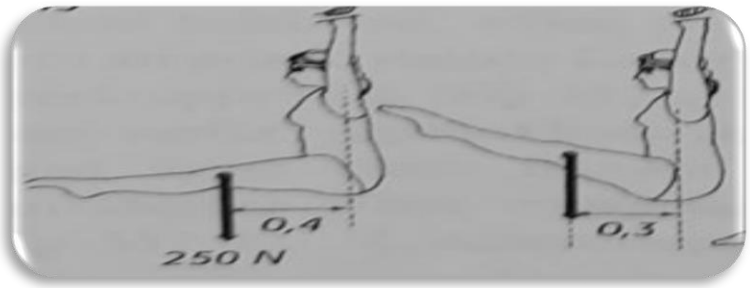
عزم الدوران لمفصل الركبة: 1200 x 0.2 = 240 نيوتن .م

ان مقدار العزم على مفصل الورك خلال أداء التمرين كان يتراوح ما بين (50 الى 200 نيوتن .متر) ، بينما كان العزم على مفصل الركبة يتزايد تدريجيا من (60 الى 120) ومن ثم (240 نيوتن/ متر). ان الفكرة من تحليل التمرين أعلاه هو زيادة المعلومات لدى المدرب في كيفية تحسين التكنيك وزيادة الاوزان المرفوعة أذ من الاعتبارات المهمة هو عدم تعريض الظهر والركبتين الى احمال عالية

لاداعي لها ولكي نتمكن من من التحكم في التمرين للأوضاع الثلاث لابد وان العضلات تنتج عزم يخدم حركة التمرين على سبيل المثال في حالة مرحلة الثني الأخير وعندما يقوم اللاعب بكبح الحركة لغرض النهوض والعودة الى الاعلى يتطلب من عضلة مفصل الركبة انتاج المزيد من عزم الدوران

مثال 6

وفي تمرين التعلق والذي تقوم به اللاعبة برفع الرجلين بزوايا مختلفة ، نرى أن مكان مركز كتلة الرجل يختلف تبعاً لحركة اللاعبة حيث نرى في احدى الصورة يقع على بعد (0.4) من طول الساق وفي الصورة الثانية يكون على بعد (0.3) من طول الساق ، وبما إن وزن كلا الرجلين يساوي (37 %) من كتلة الجسم الكلية أي ما يعادل (25) كغم.



وكما موضح في الصورة . علما أن مركز الكتلة للساق تقع على بعد (45 %) من طول الرجل مقاسة من مفصل الورك وبأتجاه الأسفل كنقطة ثابتة للأجسام دون حركة._ولحساب قيمة عزم الدوران لابد من تحويل الكتلة (25) إلى الوزن من خلال ضرب الكتلة في التعجيل (9.8) أو ما يقاربها (10) .

وزن الجسم = الكتلة× التعجيل= 25 × 10 = 250 نيوتن

ولإيجاد عزم الدوران في كل من الصورة الاولى والثانية والموضحة في الشكل أعلاه

{عزم الدوران = القوة × البعد العمودي عن محور الدوران}

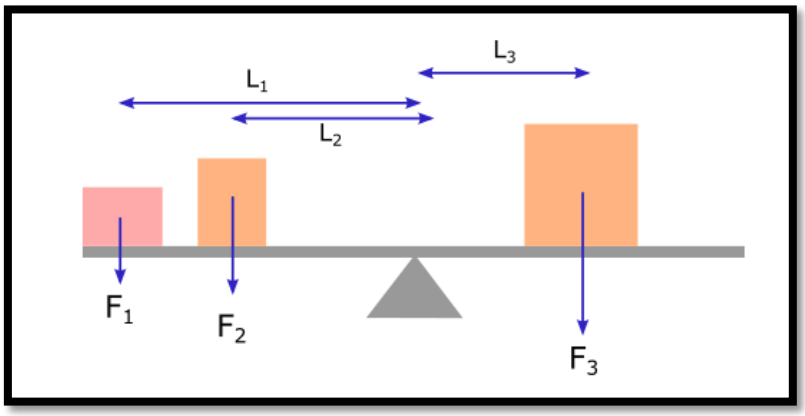
= 250 × 0.4 = 100 نيوتن

= 250 × 0.3 = 75 نيوتن وهذ يؤكد زياد عزم الدوران مرتبط بزيادة ذراع القوة او القوة

ماذا يمكن ان يحدث للجسم أذ تعرض الى اكثر من قوة على جسم متزن؟

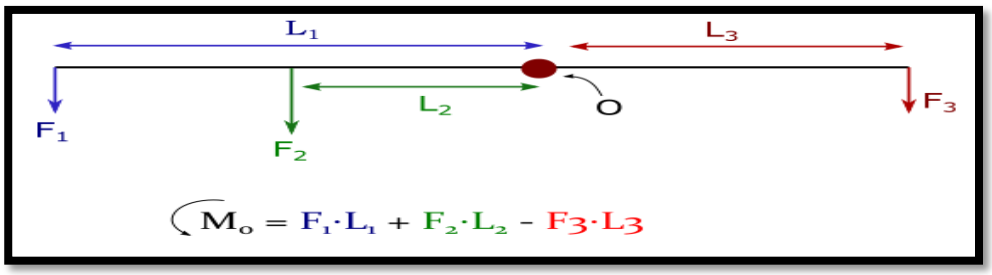
عندما تؤثر اكثر من قوة على جسم وتكون حركة الجسم في حالة توازن ، فإن عزم الدوران في اتجاه عقارب الساعة يجب أن يكون مساوي لعزم الدوران عكس اتجاه عقارب الساعة لاحظ الشكل ادناه ، يبدأ عزم الدوران باتجاه عقارب الساعة = عزم الدوران عكس اتجاه عقرب الساعة.

قوة 3 × الذراع 3 = قوة 1 × ذراع 1 + قوة 2 × ذراع 2



اما اذا اثرت اكثر من قوة على جسم وكان الجسم غير متزن فأن ما يحدث في هذا النوع من الحركات يكون عزم الدوران عكس عقارب الساعة لا يساوي عزم الدوران في اتجاه عقارب الساعة وفي قانون العزوم للجسم الغير متزن ينص على أن الحركة ستبدأ في الدوران في الاتجاه الذي تكون فيه كمية العزم اكبر كما موضح في الرسم ادناه .

يتم حساب العزم للحركة الغير متزنة بالشكل التالي : حيث يمثل العزم عكس عقارب الساعة من مجموع القوة الأولى والقوة الثانية اما العزم مع اتجاه عقارب الساعة يتمثل بالقوة 3 .



(عزم الدوران = قوة 1 × الذراع 1 + قوة 2 × ذراع 2 ــ قوة 3 × ذراع 3) ويكون اتجاه العزم عكس اتجاه عقارب الساعة.

مما تقدم يمكن ان نستنتج انه في الحركات المتزنة ولغرض تحقيق التوازن في الحركة او الادات يجب ان تكون مجموع العزوم تساوي صفر . اما في الحركات الغير متزنة والذي يكون فيها مقدار العزوم المؤثرة

على الحركة مختلف وبالتالي تسبب فرق في العزوم ينتج عنه حدوث قلق وعدم استقرار بالحركة ويكون اتجاه العزم في الاتجاه العزم الاكبر

علاقة زوايا الأداء في ناتج الدوران

يمكن ان تحدد حركة الرياضي ماذا يريد ان يحقق من تنفيذ الحركة، هل المطلوب سرعة او دوران أو الاثنان معا ، ففي فعالية القفز في السباحة نجد إن السباح يعتمد في زاوية انطلاقه على نوع القفزة ، فعلى سبيل المثال تختلف زاوية القفز تبعا لمتطلبات القفزة فيما اذا كان المطلوب في القفزة هو قفزة الرأس (الغطس العمودي) أو المطلوب اداء أكثر من قلبة في الهواء قبل الغطس ؛ وفي هذه الحالة يتطلب من القافز ان يوجه قوة القفز بالزاوية التي تضمن تحقيق كمية دوران كافية لنجاح اداء القفزة .

وفي الفعاليات التي يكون فيها الجسم في الهواء كما في القلبات الهوائية وحركات الدوران في الجمناستك أذ يمكن استخدام قيمة الزاوية لوصف كمية الدوران، ولزيادة سرعة دوران القلبة يتطلب تقريب زوايا الجسم من محور الدوران ، وكذلك في فعالية القفز العالي يوجه اللاعب في مرحلة النهوض جسمه باتجاه المركبة العمودية على حساب المركبة الافقية من خلال زاوية النهوض؛ وفي فعاليات الرمي تكون زاوية الرمي عامل مؤثر في تحديد الهدف من الجسم المقذوف على الجسم المقذوف؛ مثل رمي الثقل أو القرص وكذلك الوثب العريض. وفي في العاب الكرة كما في الضربات اللولبية يؤكد على كيفة استثمار الزوايا في توليد السرعة والدوران

لذا يؤكد دائماً على أهمية توسيع المعلومات التشريحية وكذلك الميكانيكية لدى المدرب والرياضي على حد سواء من أجل ان يكون قادر على تحليل الكثير من التمرينات ومعرفة الزوايا او العزوم المطلوبة ودرجة تأثيرها خاصة في الحركات الذي يشترك في تنفيذها اكثر من مفصل او عضلة أذ يصبح تحليل الحركة أكثر تعقيد .

المصادر

- صريح عبد الكريم ؛ تصنيفات البايوميكانيك في التدريب الرياضي ، بغداد 2007، م
- محمد جاسم محمد، البايوميكانيك الرياضي،جامعة الكوفة،2019
- Rolf Wirhed, Biomekanik , Stockholm ,2014
- Rolf Wirhed, Anatomi och rörelselära inom idrotten, Örebro,2002
- Tomas Bull & Lars Bo Kristiensen,translation,Per Larson Biomekanik och rörelselära,2007