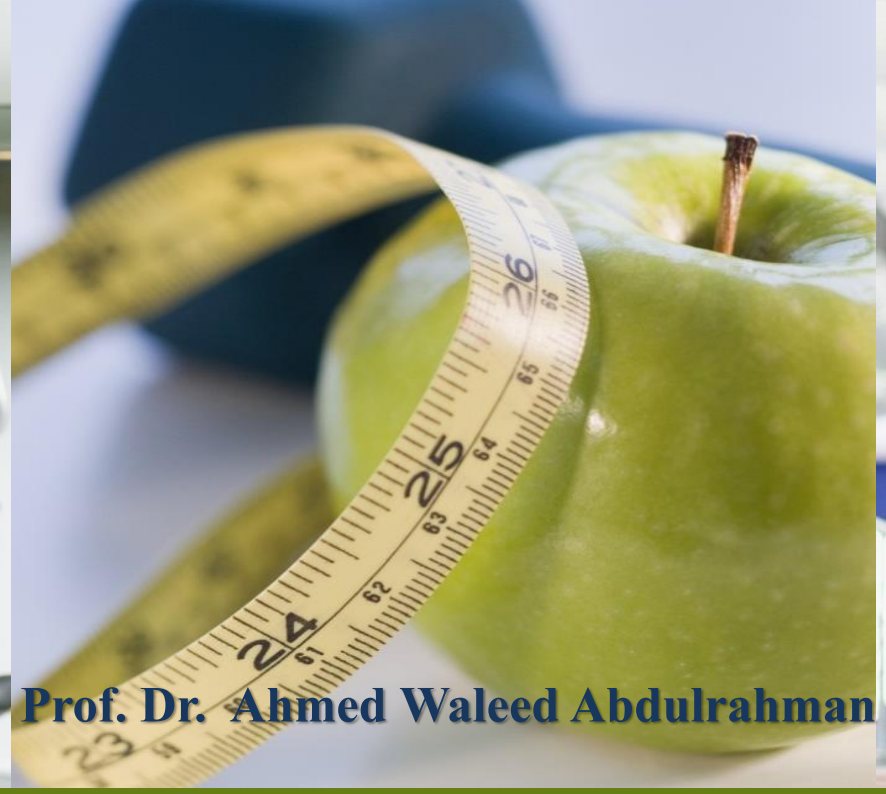


أهمية الكتلة والوزن وعلاقتهما بمتطلبات التدريب

The importance of mass and weight and their relationship with training requirements

Prepared by:

Prof. Dr. Ahmed Waleed Abdulrahman

Assist. Prof. Dr. Mohammed Mutlak Badr

Postgraduate Studies (Ph.D)

2025-2026

الكتلة والوزن (Mass and Weight):

إن إصدار القوة العضلية هو الاساس في إحداث الحركة، سواء كانت حركة إعتيادية أو مهارة رياضية مثل الوثب العريض ورمي الثقل ومهارات الجمناستك وغيرها من الفعاليات الرياضية.. ففي كل هذه الفعاليات يكون للقوة تأثير ينتج عنه تغيير في حالة الجسم الحركية أو الشكلية، حيث إنها تعني: "الفعل الميكانيكي الذي يغير أو يحاول تغيير حالة الجسم الحركية أو الشكلية الذي يؤثر فيه وتقاس القوة بوحدات النيوتن أو الداين"، ولكن يجب أن نفهم الجانب الميكانيكي الاتي:

- إن وجود الحركة يعني أن هناك قوة مؤثرة، أي أن الحركة مظهر من مظاهر القوة
- أن وجود القوة لا يعني وجود حركة، حيث أن القوة من الممكن أن تغير أو تحاول التغيير من حالة الجسم الحركية أو الشكلية، ووفقاً لذلك فقد تكون هناك قوة مؤثرة ولكن لا تستطيع أن تتغلب على القصور الذاتي للجسم وبالتالي لا يحدث التغيير المذكور
- من هنا وجب علينا التفريق بين الكتلة والوزن كمصطلحين لهما مفهومين مختلفين، أن الكثير منا يعتقد أن التدريبات التي تتم بالاثقال والتي تقاس بالكيلو غرام هي عبارة عن كتل ولكنها في واقع الحال هي قوة او وزن مؤثر بإتجاه الاسفل بفعل الجاذبية الارضية ووحدة قياسه هي $(N) = m.Kg/s^2$ فالوزن: هو مجرد مقياس لقوة الجذب التي يخضع لها الجسم ولا علاقة له بالكتلة.. فوزن الاجسام يختلف من مكان لاخر وبدون معرفة كتلة الجسم لايمكن معرفة وزنه.

- الكتله هي مقدار فيزيائي او هي مقدار مايحتويه الجسم من ماده وهي تعتبر احدى خصائص الماده وهي عباره عن كمية المواد الموجودة في المادة وهي مقدار ثابت، ويعبر عنها كمية المادة التي يتالف منها جسم الكائن البشري ويرمز لها بالحرف (ك))وباللغة الانكليزية (m) ويتم قياسها بوحدات Kg – g، وتقاس من خلال القصور الذاتي الذي يمتلكه الجسم، حيت ان الكتله اي كتلة جسم الانسان الكبيره تحتوي على قصور ذاتي كبير وتحتاج الى قوه مؤثره كبيره من اجل تحريكها وخير مجال على ذلك هم لاعبو المصارعه والشكل (1) يوضح الفرق بين الكتلتين ومدى تاثير القصور الذاتي والكتله على اللاعبين.

في ضوء ما تقدم فالكتلة هي كمية المادة التي يتألف منها الجسم وتقيس مباشرة القصور الذاتي الذي يمتلكه الجسم، وعلى ذلك فالحمل الخفيف سهل الحمل مقارنة مع الحمل الثقيل، وبالتشابه من السهل تبديل حركة الركض للاعب لديه كتلة صغيرة نسبياً بالمقارنة مع نفس تأثير التغيير في الحركة للاعب مهاجم لديه كتلة كبيرة.

أما الوزن فهو مجرد مقياس لقوة الجذب التي يخضع لها الجسم ولا علاقة له بالكتلة، فوزن الاجسام يختلف من مكان لاخر وبدون معرفة كتلة الجسم لايمكن معرفة وزنه.

من هنا وجب علينا التفريق بين الكتلة والوزن كمصطلحين لهما مفهومين مختلفين، حيث نلاحظ أن الكثير منا يعتقد أن التدريبات التي تتم بالاثقال والتي تقاس بالكيلو غرام هي عبارة عن كتل ولكنها في واقع الحال هي قوة او وزن مؤثر بإتجاه الاسفل بفعل الجاذبية الارضية ووحدة قياسه هي هي $(N) = Kg.m/s^2$

مفاهيم الكتلة والوزن

Weight	Mass
كمية قياسية متجهه	كمية قياسية
تقاس بالنيوتن – الداين	تقاس بالكيلوغرام – الغرام
تعبر عن مقدار قوة جذب الارض للجسم	تعبر عن مقدار مايحتوية الجسم من ماده
تتغير قيمتها بتغير موقع الجسم من حيث الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح الارض	لاتتغير قيمته بتغير موقع الجسم

- نستطيع القول الان ان الوزن في الحقيقة يمثل العلاقة المباشرة بين ما نسميه قوة الجذب الأرضي و كتلة الاجسام، فما هي الكتلة بخصوصية مفهوم الجسم البشري؟

- في الطب يستخدم مصطلح (مؤشر كتلة الجسم) BMI و ليس مؤشر وزن الجسم و يمكن استخراجه من خلال المعادلة
MBI m/h2
حيث m تمثل الكتلة بالكيلوغرام و h2 مربع الطول بالمتر.

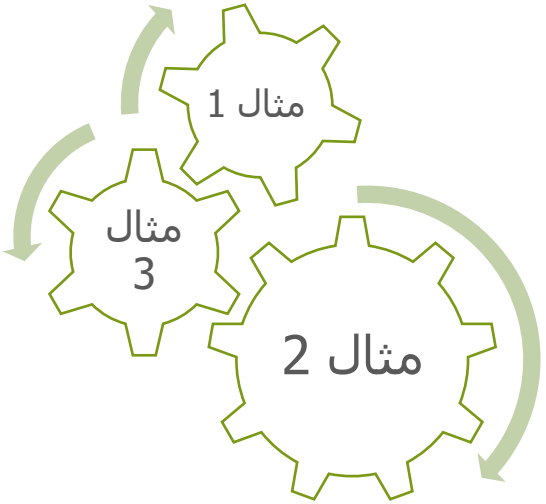
- فكم يبلغ مؤشر كتلة الجسم لرياضي تبلغ كتلته 80 كيلو غرام و طوله 192 سم؟

- لان يمكننا فهم ان الوزن في الحقيقة علاقة مباشرة مرتبطة بوجودنا على الكرة الأرضية لذلك قد يعاني رواد الفضاء من فقدان الكتلة العضلية و بالتالي فقدان القوة العامة و أيضا يؤدي العيش في حالة انعدام الوزن الى فقدان الكتلة العظمية و بالتالي هشاشة العظام.

- سؤال: هل يمكن بحثيا الاستفادة من حالات تخفيف تاثيرات الكتلة في علاج الإصابات المختلفة؟ مثلا العلاج في الاحواض المائية!

الكتلة في الحركة الانتقالية (القصور الذاتي):

مثال1: لايمكن أن يتصارع مصارع كتلته 100kg مع مصارع كتلته 70kg، وذلك لأن القصور الذاتي للمصارع الاكبر كتلة سيكون اكبر بكثير من المصارع الاقل كتلة، وبالتالي سيكون صعب جداً على المصارع الاقل كتلة من تغيير حالة المصارع الاكبر كتلة.. ومن هنا جاء التقسيم لفعاليات رياضية مثل رفع الاثقال والمصارعة والملاكمة وغيرها من الالعاب والفنون القتالية حسب الفئات الوزنية وذلك لان صاحب الكتلة الاصغر سيكون من الصعب عليه جدا من تغيير حركة اللاعب ذو الكتلة الاكبر، حيث أن الكتلة تلعب دوراً حاسماً في كل الفعاليات الرياضية



مثال2: وتحتاج بعض الرياضات أن يمتلك اللاعب قصور ذاتي قليل لكي يبذل قوى تستطيع التغلب على قوة الجاذبية من أجل تحقيق إنجاز أكبر كما هو الحال بالنسبة للاعبي الجمناستك عند أداء الحركات الدورانية وزيادة هذا القصور عند الهبوط من الاجهزة.. من هنا فأن من الضروري جداً بالنسبة للاعبي الجمناستك أن يستمروا بالمحافظة على عدم زيادة كتلتهم مع العمل على تطوير القوة باتجاه التغلب على وزنهم أو القصور الذاتي لاجسامهم.

مثال3: وهناك رياضات اخرى تحتاج أن تكون كتلة الجسم قليلة من أجل أن تكون القوى التي تحاول تغيير الحالة الثابتة الى الحالة الحركية قادرة على تنفيذ هذا التغيير مثل لاعب الوثب العالي، إذ كلما اقترب اللاعب من تخفيف أو تقليل المقاومة (القصور الذاتي) التي يتعرض لها يكون قد اقترب من أداء الحركة بشكل ناجح.

يكون القصور الذاتي مفيداً عند اداء بعض المهارات، عندما:

- يحتفظ الجسم بإتزان عالي في أثناء الاداء على بعض الاجهزة/ مثال: الهبوط من الاجهزة أو من القفز في بعض فعاليات الجمناستك وغيرها من الرياضات.
- يكون المطلوب استمرار حركة الجسم في بعض المهارات/ مثال: في بعض الحركات في فعاليات الالتحام كالمصارعة والملاكمة والفنون القتالية.

يكون القصور الذاتي معوقاً عند أداء بعض المهارات، وكما:

- في بعض حالات البداية لبعض المهارات التي تتطلب قوة مميزة بالسرعة/ مثال: البداية من المكعبات في الاركاض.
- في حالات تغيير الاتجاه في الالعاب الجماعية (العاب الكرة) وكذلك الالعاب الفردية.
- في مرحلة النهاية لبعض المهارات التي تتطلب توقف في الحركة أو التوقف مرة واحدة مثل الهبوط من الاجهزة.

على هذا الاساس تبنى المباديء التدريبية باستخدام كتلة الجسم وما يضاف عليها من وزن لاجل تنمية وتطوير العضلات المسؤولة عن تغيير الحالة الثابتة الى الحالة المتحركة كما عند الانطلاق وحالات القفز من الثبات، إذ أن زيادة كتلة الجسم تعني زيادة قصوره وهذه الزيادة ستسبب عبء للعضلات العاملة ومن ثم زيادة كفائتها والتي تعني زيادة الكفاءة في التغلب على القصور الذاتي لجميع المهارات التي تتطلب تحركاً مفاجئاً.

الكتلة في الحركة الدورانية (عزم القصور الذاتي):

جميع حركات الجسم وأجزاءه تعتبر حركات دورانية ترتبط بمحاور دوران (مفاصل) وتتوزع كتل أجزاء الجسم حول هذه المحاور، وعندما يكون مركز الكتلة قريب من محور الدوران فأن الجسم يمتلك أقل قيمة لعزم القصور الذاتي وعندما تبتعد اكثر من محور الدوران يزداد العزم بسبب البعد العمودي بين مركز كتلة الجسم ومحور الدوران، وسرعة الدوران سوف تزداد أو تقل حسب هذا التغير.. وهذا المبدأ يمكن أن يستخدم كمبدأ تدريبي من خلال التحكم بأنصاف أقطار اجزاء الجسم عند التدريب على تطوير الاداء مثل حركات القفزات في العاب القوى والجمناستك وحركات التهديف بألعاب الكرة والهجوم بالكرة الطائرة.. أو يكون التحكم بكتل هذه الاجزاء عند التدريب بإضافة اوزان بنسب محددة عند التدريب..
والعلاقة الرياضية الاتية هي التي تحدد ذلك:

$$I = m \times k^2$$

في هذه المعادلة:

(I) Moment of inertia تمثل عزم القصور اذاتي

(m) mass تمثل كتلة الجسم

(K^2) gyration of radius المسافة التي تعرف نصف قطر العزم

وفق القانون أعلاه وفي مجال التدريب مثلاً، يمكن أن تكون كتلة الجسم او جزء الجسم تمثل مقاومة لحركة ذلك الجسم بحكم ارتباطها بقوة جذب الارض والتي تؤثر دائماً باتجاه الارض، لهذا فأن حركة هذه الكتلة ضد الجاذبية تعني أن الجسم يقاوم هذه الجاذبية، وتقوم العضلات بتنفيذ العمل ضد المقاومة ووفقاً لخصوصية جسم الانسان، ولما كانت كتلة الجسم أو اي جزء من اجزاءه تقريباً ثابتة لايمكن تغييرها، لذا يمكن زيادة قيمة المقاومة المتمثلة بعزم القصور الذاتي من خلال إتجاهين هما:

زيادة طول الحسم

حيث يمثل الزيادة في طول هذه الاجزاء زيادة في عزوم قصورها، إذ يمكن تطبيق بعض الحركات بزيادة نسبية في زوايا الاداء التي تتحقق في مفاصل الجسم/ مثال تدريبي: يمكن اداء حركات القفز على الاجهزة مثل الحواجز أو المساطب بحيث يكون الجسم ممدوداً عند اجتياز هذه الحواجز، وذلك يشكل مقاومة حقيقية لعضلات الجسم العاملة في هذه الحركات.

لعزم = كتلة الجسم × طوله^2 والذي يطلق عليه عزم القصور الذاتي الذي يرتبط بالحركة الخاصة بكل جزء لقيام ذلك الجزء بالحركة اولا، ولهذا يتم التحكم بطول ذلك الجزء من خلال الاقلال او زيادة الزوايا للبدء بالحركة، ولهذا نرى الاوضاع التحضيرية للحركات كلها ترتبط بثني هذه المفاصل العاملة لزيادة طول العضلات المرتبطة بهذه المفاصل بتقلصها لامركزيا والتغلب على القصور الذاتي (اي كتلة ذلك الجزء) للبدء بالحركة.

وعلى هذا الاساس يكون مؤشر عزم القصور الذاتي من المؤشرات التي يجب التأكيد عليها عند تطبيق المهارات المختلفة، وعند تدريس هذه الحركات يجب الاخذ بنظر الاعتبار الزوايا المناسبة والصحيحة والتي تسهل الاداء الحركي وتسهل عملية تعلم هذه الحركات، كحركات لاعب كرة القدم عند تغيير الاتجاه في حركات المراوغة وحركات لاعب كرة السلة عند أداء بعض المهارات الهجومية والدفاعية وحركات لاعب كرة اليد والقفز الطويل والثلاثية والعالي والزانة ولاعبي الرمي بألعاب القوى.

زيادة كتلة الحسم

عندما لايكون بإستطاعتنا استخدام مؤشر الطول ليمثل المقاومة المطلوبة، فيكون الاتجاه نحو زيادة كتلة هذه الاجزاء لزيادة المقاومة والتي ينتج عنها زيادة في القوة التي تتغلب على هذه المقاومة.. فعند أداء حركة الضربة الساحقة أو الارسال الساحق سواء للاعبي الطائرة او التنس الارضي أو حركات التهديف للاعبي كرة السلة، فإننا لايمكن تغيير زوايا الاداء لأجل تصعيب الحركة، وانما يمكننا أن نضيف كتلة الى اجزاء الجسم العاملة من أجل زيادة المقاومة والذي يعني زيادة عزوم قصورها، وهذه الزيادة في العزوم تعني زيادة العبء الملقى على العضلات العاملة والتي يجب ان تتكيف وفقاً للزيادة في هذا المتغير وبذلك نضمن تطوير القوة في هذه العضلات وفقاً لزوايا العمل وبالتالي تطوير القوة الخاصة بالاداء.

من الممكن زيادة كتلة الذراع للاعب القرص او الكرة الطائرة أثناء أداء الارسال أو لاعب كرة القدم أثناء اداء الرمية الجانبية، بزيادة 5% من كتلة الذراع الكلية والتي تحتسب وفقاً لنسب كتل اجزاء الجسم الى كتلته الحقيقية.

امثلة:

مثال: كتلة الذارع النسبية = 6,5kg من مجموع كتلة الجسم، لذا فأن نسبة 5% من كتلة الذراع المحسوبة هذه والتي يمكن اضافتها الى الذراع = 0,325kg، وممكن إيجاد (r^2) بالطرق المباشرة والغير مباشرة وليكن مثلاً 0,8m، وبذلك يمكن ايجاد قيمة عزم القصور الذاتي لزيادة 5% من خلال:

$I = m \times r^2$

$I = 0,325 \times (0,8)^2 = 0,208\ kg.m^2$

مثال أخر:يمكن أن يكون عزم قصور الذراع في حالته الطبيعية $I = m \times r^2$

$I = 6,5 \times (0,8)^2 = 4,16\ kg.m^2$

وهذه القيمة تمثل شدة 100% عند التدريب بدون إضافة وزن، ويمكن أن تكون شدة التدريب عند العمل بهذا المبدأ وبعد إضافة وزن معين أكبر، وبذلك تتحدد على ضوء ذلك الشدة التدريبية الجديدة، حيث أن إضافة وزن بمقدار 0,5kg يعني أن عزم القصور الذراع الجديد أصبح 4,48 $kg.m^2$ ، أي أن 90% من شدة التدريب الجديدة هذه تعادل 4,032$kg.m^2$ ، ويمكن التدريب وفق هذه الشدة مع الاخذ بنظر الاعتبار فترات الراحة والتكرار.

في حالة جسم الانسان والذي يتكون من اجزاء متعددة، فأن عزم القصور الذاتي الدوراني يقاس بجمع عزم القصور الذاتي الدوراني لكل النقاط المكونة للجسم.

أهمية الكتلة في التطبيقات الميكانيكية لتطوير العمل التدريبي:

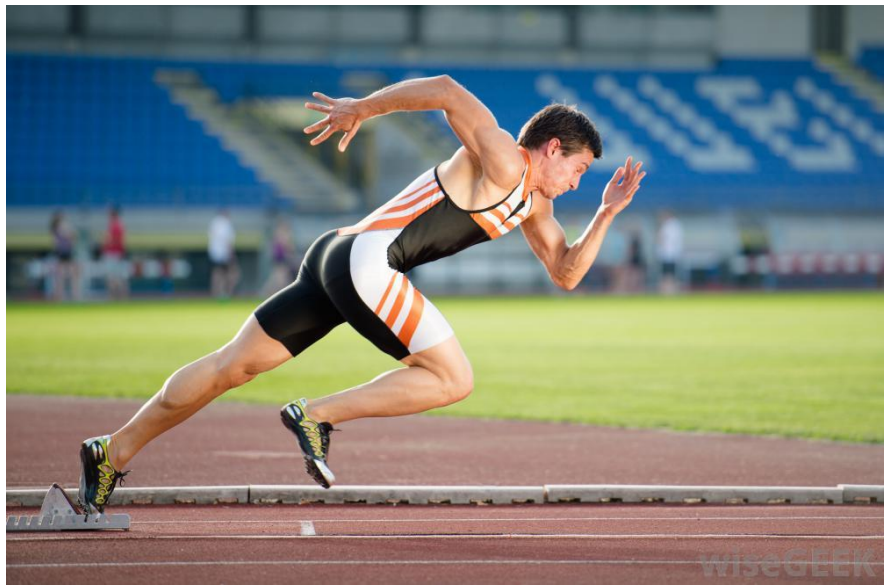
تطبيق1/ استخدام نظرية الطاقة احركية في تحديد شدة التدريب للاركاض القصيرة:

من المسلم به أن تحديد الشدة التدريبية لعداء المسافات القصيرة عند إجراء تدريبات السرعة ومطاولة السرعة الخاصة، تكون من خلال تحديد الزمن القصوي لقطع هذه المسافات والتي تمثل الشدة القصوية لها 100%، ثم يتم تحديد الشدة المراد التدريب عليها من هذه الشدة، فمثلاً عداء زمنه القصوي في 100م هو 10s، وهو يمثل الشدة القصوية له، واريد لهذا العداء التدريب بشدة 90% وبتكرار 3 مرات، فأن تحديد الشدة يكون بقسمة الزمن القصوي على الشدة المراد التدريب عليها، وتكون بذلك:

(زمن التدريب القصوي/ شدة التدريب المطلوبة)

10/ 0,90 = 11,11s الزمن بشدة 90%

وهذه الشدة يكون التدريب عليها من قبل العدائين الذين يمتلكون ازمان تقدر (10 – 10,1)s، دون مراعاة كتل العدائين او الفروق الفردية بينهم.. لهذا فقد جاءت نظرية الطاقة الحركية لتعطي واقع الفروق في ازمان هذه الشدد من خلال متغيرات الكتلة ومعدل السرعة لكل رياضي وكما يأتي:



الطاقة الحركية لعداء يمتلك 10s في سباق 100 وكتلته 70kg هي:

$KE = 0,5 \times m \times V^2$

حيث Kinetic Energy (KE) تمثل الطاقة الحركية

$KE = 0,5 \times 70 \times (10 /100)^2$

$KE = 3500$ Joule

فلو اريد لهذا العداء أن يتدرب بـ 90% من طاقته الحركية فيكون:

90% من الطاقة الحركية= $0,90 \times 3500 = 3150$ Joule

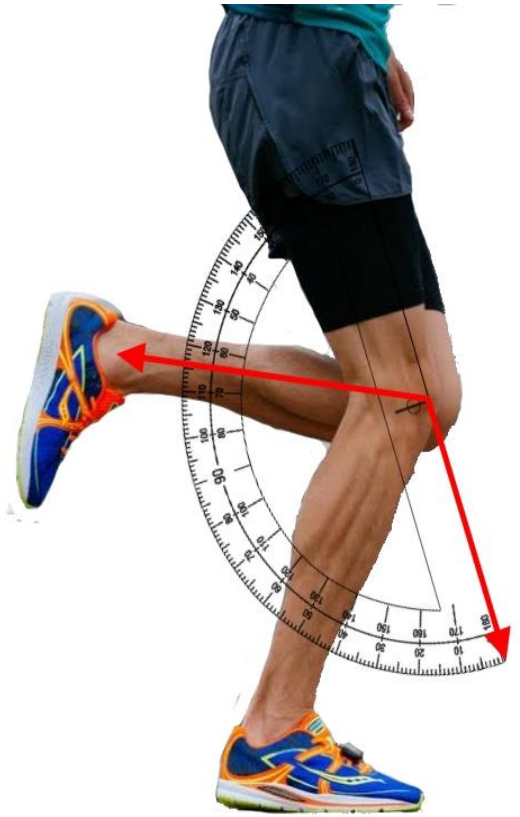
وبالرجوع بشكل عكسي الى المعادلة الاولى، نطبق:

$KE = 0,5 \times m \times V^2$

$3150 = 0,5 \times 70 \times (t /100)^2$

$t = 10,54$s

- وهو زمن التدريب بشدة 90% وهذا الزمن أخذ بنظر الاعتبار كتلة اللاعب والتي تعد أحد المقاومات المهمة التي يتعرض لها العداء اثناء أداء حركات الركض (عمليات الإرتكاز والطيران) وبذلك فأن العداء يبذل القوة الحقيقية التي يفترض أن يبذلها ضد الجاذبية وبقوة تتناسب مع هذه المقاومة.. حيث يلاحظ بأن الزمن المستخرج بطريقة الطاقة الحركية وبدلالة الكتلة والسرعة هو أقل بكثير من الزمن المستخرج بالطريقة التقليدية وهو 11,11s، وهكذا نكون قد حققنا الفائدة المرجوة من التدريب بشكل أكثر فاعلية وتأثير.



- **تطبيق2/استخدام نظرية الطاقة الحركية الزاوية في تحديد شدة التدريب للحركات الزاوية:**

- يمكن تحديد شدة التدريب للحركات الزاوية من خلال قانون الطاقة الحركية الزاوية:

- $\text{Rotational Kinetic Energy} = 0.5 \times I \times w^2$

- حيث تمثل Rotational Kinetic Energy الطاقة الحركية الدورانية (الزاوية)

- ويمثل I عزم القصور الذاتي أي $m \times k^2$

ويمثل W (ANGULAR VELOCITY) السرعة الزاوية
ولما كانت W= Q / T
حيث Q يمثل (ANGULAR DISPLACEMENT) الازاحة الزاوية
لذا يمكن تحديد شدة التدريب بإيجاد الطاقة الحركية الزاوية القصوية 100% وكما في التطبيق الاتي:
لو أردنا تدريب لاعب القرص بطاقة حركية زاوية 100% عند رمي القرص وكان زمن الحركة بالذراع 0,35ثا، وكتلة هذه الذراع 7KG وطولها 0.8م، والازاحة الزاوية التي تقطعها الذراع أثناء المرجحة هي 160درجة، فإن الطاقة الحركية الزاوية لها تساوي:

ROTATIONAL KINETIC ENERGY = $W^2 \times I \times 0.5$

$= (0,35 / 160)^2 \times (0,8)^2 \times 7 \times 0.5$

؟؟؟؟؟؟ = JOULE

فإذا اريد تدريب هذا اللاعب بشدة 90% من طاقته الحركية الزاوية عند اداء المرجحة وبنفس الازاحة الزاوية، فإن 90% من الطاقة الحركية= ؟؟؟؟؟؟ × 90%

JOULE =

وبالمقابل يمكن استخراج زمن التدريب المناسب لهذه الطاقة الحركية الزاوية من خلال الرجوع عكسياً بالمعادلة وكما يأتي:

؟؟؟؟؟؟؟= $0,5 \times 7 \times (0,8)^2 \times (T / 160)^2$

T= ؟؟؟ ثا عند التدريب بشدة 90% من الطاقة الحركية الزاوية

بينما الزمن المستخرج بالطريقة التقليدية بشدة تدريب 90% هو 0.38ثاعند حسابه من خلال القانون

(زمن التدريب القصوي/ شدة التدريب المطلوبة)

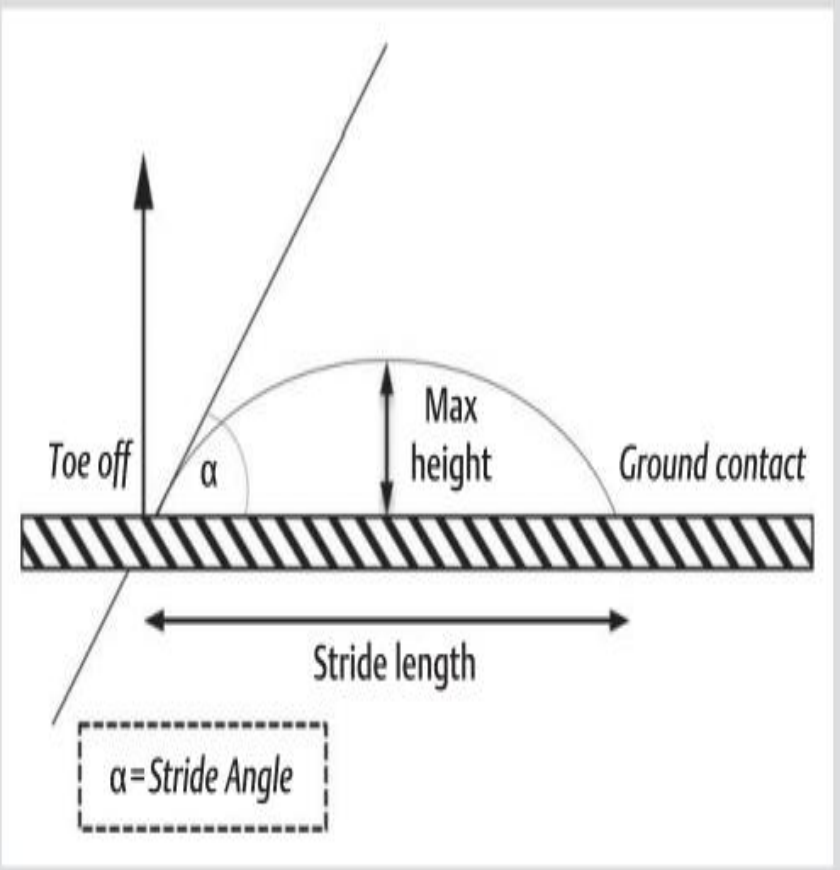


Fig. 1 Schematic representation of stride angle during running.

أفكار لفهم آليات تفسير الاحمال التدريبية انطلاقا من البايوميكانيك الرياضي:

- اولا : منحنى القوة و السرعة force-velocity curve

يمكن اعتبار هذا المنحنى خريطة تدريبية جيدة يم اعتمادها من قبل المدربين لمختلف الأهداف التدريبية.

الفكرة العامة في هذه الآلية هو (**العلاقة العكسية بين الكتلة (المقاومة) و السرعة (التعجيل)).**

- الاحمال العالية (الكتلة الكبيرة) : عندما تقترب الكتلة من اقصى قدرة للاعب فمن الطبيعي يقل التسارع و يصبح القصور الذاتي في اقصى حالاته، و هذا ما يمكن ان يسميه علم التدريب الرياضي (القوة المطلقة).
- الاحمال المتوسطة: و هنا نجد الحالة المثالية لتطوير (القدرة) power حيث يمكن التعامل مع احمال (كتلة) مناسبة و تسارع (تعجيل) عالي نسبيا، و يمكن ان نعتبر ذلك هو ما يمكن ننتج ما يسمى تدريبيا بمطاولة السرعة.
- الاحمال المنخفضة (الكتلة الصغيرة): و يكون التسارع فيه في اقصى درجاته و هذا ما يمكن ان نعتبره تدريبات السرعة القصوى.

- ثانيا: تخطيط الاحمال التدريبية بناء على الأهداف الفيزيائية:
أ : تدريب القوة القصوى:
المبدأ هو التغلب على قصور ذاتي كبير (كتلة كبيرة) و الحمل نظريا سيكون حوالي 85-100% من قدرة الرياضي، و التفسير البايوميكانيكي هنا ان الجسم سيقوم بتجنيد وحدات حركية اكبير لانتاج قدرا من القوة تتناسب مع الكتلة الكبيرة و يمكن ان تخيل مهارات الألعاب مثل رفع الاثقال او المصارعة).
ب : تدريب القدرة الانفجارية : المبدأ هو انتاج اقصى قدر من القوة في اقل زمن (اقصى سرعة) حسب القانون P=F.v ، و الحمل هنا سيكون حوالي 30-60% من قدرة الاعب، و التفسير البايوميكانيكي هنا هو باختيار مقاومات مناسبة (كتلة) بحيث تسمح للرياضي بالحفاظ على سرعة أداء عالي و هنا نحن نعمل على التوازن بين الكتلة (القصور الذاتي) التي تعمل على ابطاء الحركة بل نريد ان نحافظ على طاقة حركية عالية (زخم عالي) و من هذا ما يصلح ربطه بمختلف الفعاليات المهارية التي تتطلب قفز اثناء الأداء.
ج : تدريب السرعة: المبدا هو التغلب على قصور كتلة الجسم فقط و بأقصى تسارع (تعجيل)، و يكون الحمل التدريبي هنا حوالي من 5- 30% (وزن الجسم او اوزان خفيفة جدا) و التفسير البايوميكانيكي هنا هو تخفيف الاحمال (الكتلة) الى اقل ما يمكن او للحد الأدنى بهدف السماح للقوة العضلية ان تحقق اقصى تسارع او اكبر مدى حركي زاوي حسب القانون a=F/m و هذا ما يؤخذ به في تدريبات الانطلاقات السريعة للمسافات القصيرة او في الهجوم السريع في الألعاب الفرقية و هذا هو المبدأ الأساس في تدريبات القوة للناشئين او في بناء المناهج التأهيلية للاصابات.

- سؤال: لماذا تعد منهجية تدريبات السرعة أعلاه هي من اهم آليات تدريب الناشئين؟

مركز الثقل و تقييم الاداء

- يعتبر مركز الثقل هو العنصر الأكثر أهمية في قيادة الأداء لا بل في تفسير متطلبات الأداء الفني او البدني في مختلف الأهداف الحركية سواء كانت مهارية دقيقة او بدنية صرفة او مزيج من الاثنين.

- ان تقييم أي أداء بدني يبدأ من خلال تتبع مسار مركز الثقل (النقطة الوهمية التي تمثله) **لانها هي التي تحدد ما اذا كانت القوة العضلية قد استثمرت في الحركة ام ضاعت في محاولة الحفاظ على الاتزان!**

- النقطة آنفة الذكر يمكن ان تعطينا صورا عن معنى الاتقان المهاري الذي يرد في ادبيات وصف المهارة و التعلم الحركي، و ان فهنا لمتطلبات الأداء البايوميكانيكية يمكننا و وضع توصيفا رياضيا (رقميا) لكفاءة الأداء فضلا عن الفهم الدقيق لمصطلح (الميزة الميكانيكية).

- الخطوة الأولى للتعامل مع الفهم لموقع مركز الثقل هو فهم طبيعة الأداء و متطلباته، فهل سنتتبع النقطة الوهمية لمركز ثقل الرياضي ككل ؟ ام لجزء من جسمه فقط؟ او للاثنين معا؟ او ربما لمركز كتلة الأداة التي يتعامل معها الرياض]؟ و متى سيكون موقع هذه النقاط يحقق المكسب الميكانيكي و متى سيساهم بشكل مباشر إيجابا ام سلبا و متى سيدخل كعامل مساند خصوصا في الكتل المتعددة للأنظمة الميكانيكية التي قد تتولد نتيجة التحام المصارعين او تصادم الاعبين او حمل مجداف الزورق او ركوب الدراجة الهوائية.

تفسيرات موقع مركز الثقل من خلال امثلة رياضية مختلفة

- أولا: الرياضات التي تتطلب الرشاقة Agillity في هذا النوع من الأنشطة (المهارات المفتوحة) فالتحدي ليس فقط التحرك بسرعة بل تغيير لاتجاه بسرعة ناهيك عن التحكم بالادوات.

- تغيير الاتجاه: لكي يحقق الاعب تغيرا فعالا للاتجاه عليه التعامل مع قصوره الذاتي الذي يعمل عكسيا مع مقدار القوة المنتجة، و يمكن ان نستثمر هذه الحالة بحثيا من خلال التققيم الفني لمدى سرعة الاعب في خفض مركز ثقله قبل الانعطاف و القاعدة الأساسية للفهم هنا هي كلما انخفض مركز الثقل زاد الاستقرار (الاستقرار اللحظي) مما يسمح بإنتاج قوة جانبية اكبر دون انزلاق.

- الخروج عن قاعدة الاتزان (قاعدة الارتكاز): نلاحظ ان عداء السرعة يعمد الى اخراج مركز ثقله الى خارج جسمه لحظة الانطلاق، فالمسافة الافقية بين بين مركز الثقل و قدم الارتكاز في وضع البداية هي التي تحدد مقدار العزم (عزم الدوران) الذي سيتحول الى تعجيل قصوي (تسارع انفجاري).

تفسيرات موقع مركز الثقل من خلال امثلة رياضية مختلفة

- ثانيا التعامل مع الأدوات، الخصم، الآلات: و هنا يجب ان نتخيل اكثر من مركز ثقل تعمل مجتمعة ضمن (نظام ميكانيكي).

- في مهارة رفع الاثقال فالنجاح الفني (المكسب الميكانيكي) يقاس بمدى قرب مسار الثقل (البار) من الخط العمودي المار بمركز ثقل الاعب، فأذا ابتعد البار للامام سينتج ذراع عزم (ذراع مقاومة) طويل يسبب اجهادا (مركبات إضافية للمقومة) تتسبب في اجهاد الجسم و بالتالي فشل الرفعة.

- في العاب الالتحام المباشر بالمصارعة و الجودو فأن المكسب الميكانيكي المستهدف يمكن ان نسميه (مباغتة الخصم و الاخلال بتوازنه) و التقييم الفني يعتمد على قدرة الرياضي لخفض مركز ثقله تحت مركز ثقل الخصم و من يمتلك مركز الثقل الأدنى هو من يتحكم في قاعدة الارتكاز و يستطيع اخلال توازن المنافس.

- فعاليات رمي الأشياء و الأدوات الهدف منها هو نقل الزخم او مقدارا منه من مركز ثقل الاعب (او جزء من جسمه العامل على المهارة) الى الأداة و هنا لابد من الملاحظة الى ان الكسب الميكانيكي يتحقق من خلال الحفاظ على مركز ثقل الاعب خلف قدم الارتكاز او خلف محور الدوران اذا ما تخيلنا ان غالبية العتلات في الجسم البشري من النوع الثالث و ذلك لضمان تحويل القوة (الطاقة الحركية) او (المركبة الفعالة للقوة) تحويلها الى الأداة سواء كانت رمح او كرة او ثقل الخ عبر السلسلة الحركية النموذجية.

تقييم كفاءة الأداء المهاري من خلال تتبع مركز الكتلة COM

- الحركة الناجحة من وجهة نظر التعلم الحركي هو إمكانية تحقيق الهدف الحركي بكفاءة و دقة من خلال الانقباض العضلي المتوازن و يمكن اعتبار الاقتصاد بالجهد و تجنب الحركات الزائدة من العناصر الأساسية لوصف الأداء الماهر.

- في البايوميكانيك الرياضي و انطلاقا من مفاهيم علم الحركة kinesiology فالحركة الجيدة (الناجحة مهاريا) هي ليست انقباض عضلي فقط بل هي القدرة على تحريك مركز الكتلة (مركز الجسم) باقصر طريق و اقل جهد و اعلى دقة.

- فما الذي نعنيه بطريق الحركة؟ و هنا يمكننا ان نفكر انطلاقا من مفهوم القوة المجرد ككمية متجهة بحيث ان مجموع العمل العضلي الناتج من تضافر عمل اكثر من عضلة يوجه بأتجاه الهدف الحركي، أي ان السرعة او مدى الحركة هي في الحقيقة مؤشرات لكفاءة المهارة و بالتالي جودة تحقيق الهدف المهاري.

تقييم الكفاءة البايوميكانيكية للأداء المهاري من خلال تتبع مركز الكتلة COM

- لغرض الحفاظ على الأفكار ضمن هدفها نقدم هنا مصطلح (**البصمة الهندسية للمهارة**) و يعرف اجرائيا على انه الوصف الميكانيكي للنقل الحركي للطاقة الميكانيكية الفعالة بما يحقق الهدف الحركي.

- و تجدر الإشارة الى ان اختيارنا لمفردة البصمة تأتت من الربط بين الاشكال النموذجية للاداء المهاري بوصفها اشكالا فريدة بحد ذاتها تشبه بصمة الاصبع الفريدة للفرد او تشبه التوقيع الشخصي.
اما الهندسي فنقصد بها التمثيل البياني للحركة فضلا عن نسبية أي حركة بالنسبة للنقاط المرجعية المختلفة.

- من الوصف أعلاه نستطيع استنتاج مجموعة من المعايير لتقييم الكفاءة البايوميكانيكية للاداء:
- معيار الانسيابية: في الحركات الخطية (الركض، التجديف، الخ) يتم تقييم الكفاءة من استقامة مسار مركز الكتلة، فالاداء الضعيف يعني تذبذب مركز الكتلة للاعلى و الأسفل او يميننا و يسارا مما يعني ضياعا للطاقة الحركية (حركات جانبية لا تخدم الهدف). فيصبح الأداء الكفء: مسار شبه مستقيم لمركز الكتلة اثناء الأداء.

- سؤال: كيف نستطيع استثمار الرسم البياني في تصورنا لنسبية الحركة؟

- معيار الشغل المبذول: سنتناول مفهوم الشغل البايوميكانيك بمزيد من الاسهاب لاحقا لكن لابد هنا من التأسيس لمفاهيم خاصة جدا تتعلق بفهمنا لطبيعة حركة الجسم البشري، فبما اننا لا نتملك (لحد الان على الأقل) وسيلة او جهاز يعطينا مقدار القوة الفعلية المنتجة من عملية الانقباض العضلي بل اننا فقط نلمس نتائجها، و أوضح هذه النتائج هو مقدار الازاحة (المسافة النسبية) التي يتحركها الجسم او جزء منه او الأداة و هذا ما يجمعه قانون الشغل الفيزيائي بين دفتيه فهو يساوي W=F.d أي ان تحريك مركز الكتلة لجسم ما يتطلب (طاقة) كيميائية من عملية الانقباض العضلي للتغلب على الوزن (الكتلة) او (m.g).
كيف نقيم؟
بكل بساطة فان **(تكلفة الطاقة المهارية)** لكل متر يقطعه الجسم اذا كان يرفع مركز كتلته 5 سم في كل خطوة ركض فانه يبذل جهدا إضافيا (ضائعا) كبيرا مقارنة بمن يرفعه 2 سم فقط.

- الان من خلال ما تقدم، دعونا نحاول انتاج تعريفا اجرائيا لمصطلح (تكلفة الطاقة المهارية)..

- معيار التوافق الزمني: هذا المعيار يقيس و يفسر كفاءة انتقال مركز الكتلة من مرحلة الى أخرى في السلسلة الحركية.

- ففي رفع الاثقال مثلا نرقب المسار العمودي للبار بالنسبة الى مركز الثقل (مركز كتلة) الاعب، و الكفاءة القصوى تتحقق عندما يظل مركز الثقل للبار فوق مركز ثقل الاعب تماما طوال الرفعة (آلية الأداء المهاري للرفعة تتطلب امالة الجذع للخلف قليلا لحظة اقتراب البار من منطقة الحوض) مما يعني ان أي انحراف (ارجحة البار امام الجسم) سيخلق مركبة قوة غير مرغوب بها او ذراع عزم (ذراق مقاومة) يضع حملا إضافيا على الظهر مما يقلل الكفاءة للرفعة و بالتالي الفشل او ربما التعرض لاصابة.

كيف نحكم على الأداء بايومكانيكيا؟ (جمالية و كفاءة)

- الحد الأدنى للازاحة العمودية : مثلا في حركة الانطالاق في 100 متر عدو هل يضيع الرياضي طاقته في القفز للأعلى بدل التحرك للامام؟
- الحد الأدنى لذراع العزم (ذراع المقاومة) : هل الأداة الخارجية (الكرة، القرص، المجداف، الخ) قريبة من مركز الثقل لتقليل العبء على المفصل؟
- التوقيت المثالي لنقل الزخم (نقل الطاقة الحركية): هل يتحرك مركز الكتلة في اللحظة التي تصل فيها السلسلة الحركية لذروتها؟
- بأختصار و لغرض تحقيق الأهداف الثلاث أعلاه لابد أولا من فهم متطلبات المهارة او الأداء المهاري الذي نحن بصدد تحليله و تفسيره و هذا يأتي من خلال فهم الشكل النموذجي للأداء المهاري، وهنا سنجد ان مركز كتلة الرياضي المحترف (الماهر) يرسم مسارا هندسيا نموذجيا و كانه مرسوم بالمسطرة، بينما المبتدئ سنجد مساره الهندسي اشبه بخربشات عشوائية تستهلك طاقة هائلة لانتاج نتيجة ضئيلة.
- سؤال: هل يمكن إيجاد نوع من العلاقة الموضوعية بين المنحنى البياني لتتبع انتقال مركز الثقل للاعب ماهر و نفسره من خلال دراسة الخط البياني الذي ترسمه عضلاته العاملة على هذه المهارة من خلال جهاز EMG او قياس النشاط الكهربائي للعضلات.

المصادر:

1.سمير مسلط الهاشمي؛ البايوميكانيك الرياضي، ط3: (بغداد، النبراس للطباعة والتصميم،2010).
2.صريح عبدالكريم الفضلي؛ تطبيقات السوميكانيك في التدريب الرياضي والاداء الحركي، ط2: (بغداد، جامعة بغداد، 2010).
3.صريح عبدالكريم الفضلي ووهبي علوان البياتي؛ موسوعة التحليل الحركي، ج1: (بغداد، مطبعة دي العكيلي، 2007).
4.طلحة حسام الدين؛ مباديء التشخيص العلمي للحركة: (القاهرة، دار الفكر العربي، 1994).
5.محمد جاسم محمد الخالدي؛ البايوميكانيك في التربية البدنية والرياضة: (بغداد، جامعة الكوفة، 2012).
6.ياسر نجاح حسين واحمد ثامر محسن؛ التحليل الحركي الرياضي: (النجف الاشرف، دار الضياء للطباعة، 2015
7.د.حسين مردان؛ محاضرات في البايوميكانيك: (كلية التربية الرياضية، جامعة القادسية).
8.James G.Hay; The Biomechanics of Sports Techniques, 3rd edition: (New Jersey, prentice – Hall,1985).
9.Susan J.Hall; Basic Biomechanics, sixth edition: (New York, McGraw – Hill, 2012).

شكرا لطيب الاستماع