استخدام القوانين الميكانيكية في التدريب الرياضي وقياس بعض مظاهر الحركة والاداء

Use of mechanical laws in athletic training and measuring some aspects of the movement and performance

Prepared by:

Prof. Dr. Ahmed Waleed Abdulrahman

Assist Prof. Dr. Mohammed Mutlak Badr

Postgraduate Studies (Ph.D)

2025 - 2026

مدخل:

الهدف من المحاضرة هو في استخدام القوانين الميكانيكية في مجال التربية الرياضية وخصوصا في التدريب الرياضي والتعلم الحركي، ففي المجال الاول تتلخص فكرة الدراسة في استخدام قانوني الطاقة الحركية والشغل - القدرة لتحديد الشدة التدريبية في الاركاض السريعة، والسبب في استخدام القانون الاول هو ان لكل رياضي كتلتة الخاصة التي تعد احد العوامل المؤثرة على الاداء والتي بزيادتها تزداد قوة الجذب عليها (كقوى خارجية) لذلك لايمكن التعامل مع جميع الرياضيين باختلاف كتلتهم على اساس الزمن المنجز لهم دون الاخذ بنظر الاعتبار كتلة كل رياضي.. وايضا تم استخدام قانون الشغل - القدرة لتحديد شدة التدريب على اساس ان الشغل = التغير بالطاقة الحركية، ويمكن استخدام هذا القانون في حالة اذا تقاربت كتل الرياضيين فيمكن التدريب على وفق مايمتلكون من قدرة عضلية والتي حتماً تختلف من رياضي الى اخر، لذا يمكن تحديد الشدة التدريبية وفقا لقانون الشغل والقدرة لكل رياضي.

- تم استخدام قوانين الحركة لقياس بعض مظاهر التعلم الحركي التي تقاس نوعيا منذ القدم ولحد الوقت الحاضر، واستخدم قانون (دفع القوة = التغير بالزخم) المشتق من قانون نيوتن الثاني في قياس انسيابية الحركة التي تعد من اهم المظاهر الحركية للمهارات المختلفة، واستخدم ايضا قانون كفاءة الانسيابية بالاعتماد على قانون كفاءة المحولة الكهربائية الفيزيائية (كفاءة الانسيابية = الزخم الخارج \ الزخم الداخل).

- كما تم استخدام قانون الزخم ومجموع الزخوم في قياس ظاهرة النقل الحركي بين اجزاء الجسم المختلفة اثناء الاداء الحركي، واستخدام قانون مؤشر النقل الحركي بالاعتماد على زاوية الطيران (الانطلاق) وتناقص الطاقة الميكانيكية عند تطبيق حركات القفز، وكذلك تم الاعتماد على النسبة بين زمن الدفع وزمن الطيران عند الركض والقفز لقياس الايقاع الحركي، واخيراً تم استخدام قانون الدقة الحركية = ناتج الاداء /زمن الاداء لقياس الدقة الحركية.
- اذ اثبتت هذه التجربة على صلاحية تطبيق هذه القوانين الميكانيكية من الناحية العملية، لتعديل التدريب الرياضي وبعض مظاهر الحركة الدالة على مستوى تعلم الحركات، اذ لم يسبق وان تم اعتماد هذه القوانين في هذا المجال سواء على الصعيد العالمي او العربي، وانما كان التقويم نوعي يعتمد على الخبرة الذاتية الشخصية للمدرب.

في مجال التدريب الرياضي:

- يمكن استخدام (1)قانون الطاقة الحركية لتحديد زمن التدريب المناسب في الاركاض القصيرة لمختلف الالعاب الرياضية باعتبار ان $KE = 0.5 \times m \times V^2$ والتي نحصل منهاعلى مايعادل 100 % من الطاقة الحركية (القصوية) التي ينطلق بها اللاعب عند قطعه مسافة محددة باعلى سرعة ممكنة، ويمكن التدريب بشدة اقل من الطاقة الحركية القصوية مع مراعاة كتلة كل رياضي والسرعة المتحققة.
- من الممكن استخدام قانوني الشغل والقدرة لتحديد الشدة في الاركاض القصيرة باعتبار ان الشغل = التغير بالطاقة الحركية، وعند بدء الحركة من الثبات فان الشغل = الطاقة الحركية على اساس:

- أن (1)..... $F = m \cdot g$
- $g = V^2 / 2\ d$
- وبالتعويض عن g في المعادلة (1)
- تكون $F = m \times V^2 / 2\ d$ ومن هذه العلاقة نستخرج مايأتي:
- وحيث أن $F\ d = 1\backslash 2\ m\ V^2$
- أي إن $Work = Ke$.....(2)
- بما إن Power = تعني الشغل المنجز بوحدة الزمن
- و$Work = Ke\ (0.5\ m\ V^2)$ وفقا لما تم ذكره اعلاه
- اذن (Power) الشدة المطلوبة $= 0.5\ m\ (d/t)^2 \div t$
- اذن $Power = 0.5\ m\ (d/t)^2 \times 1/t$
- $= 0.5\ m\ d/t^3$
- نحصل على مايعادل 100 % من القدرة القصوية التي ينطلق بها اللاعب عند قطعة مسافة محددة باعلى سرعة ممكنة، ويمكن التدريب بشدة اقل من القدرة القصوية بعد معرفتنا للشدة القصوية مع مراعاة قدرة كل رياضي.

(1) قانون الطاقة الحركية في التدريب الرياضي:

- من المسلم به إن قانون الطاقة الحركية هو قانون ميكانيكي فيزيائي وطبق على العديد من الالات والاجهزة الميكانيكية، الا انه لم يستخدم بشكل تطبيقي على حركات جسم الانسان وذلك من خلال ما يمتلكة الرياضي من قدرة عضلية تسبب له الانتقال واكتساب الطاقة الحركية، لذا جاءت فكرة استخدام هذا القانون وتطبيقه بشكل تجريبي على تدريبات لاعبي الاركاض القصيرة وكما يأتي:
- من المعروف ان تحديد الشدة التدريبية لتدريبات السرعة لعدائي المسافات القصيرة يتطلب اولاً تحديد الزمن القصوى لقطع هذه المسافة القصيرة التي يراد التدريب عليها، الذي يمثل الشدة القصوى له (100%) ثم يتم تحديد الشدة المراد التدريب عليها من هذ الزمن القصوي، فمثلا لاعب m100 زمنه القصوى في هذه المسافة هو (10ثانية) وهو يمثل (100%) من الزمن القصوي له، وأريد لهذا العداء التدريب بشدة 90% من هذا الزمن القصوي وبتكرار ثلاث مرات اي (m100×3) فان تحديد الشدة بالطريقة المستخدمة حاليا في التدريب يكون بقسمة الزمن القصوى على الشدة المراد التدريب عليها وتكون كما يلي:

- 10 ثانية \0.90 = 11.11 s هذا الزمن يمثل شدة 90%من الزمن القصوي
- اي يمكن تكرار مسافة 3 m100 تكرارات بزمن 11.11s وبراحة معلومة وفق نظام الطاقة

- (اي بشدة اقل من الشدة القصوية للتدريب على تطوير تحمل السرعة لهذه المسافة)

- والتدريب بهذه الشدة يكون دون مراعاة كتل الرياضيين (اوزانهم) او الفروق الفردية بينهم، لهذا يمكن استخدام نظرية الطاقة الحركية لتعطي واقع الفروق في أزمان هذه الشدة من خلال متغيرات معدل السرعة والكتلة لكل رياضي وكما يأتي:
- فعند حساب الطاقة الحركية لنفس العداء في مثالنا اعلاه وعلى فرض ان كتلته هي Kg70، فتكون طاقته الحركية لنفس المسافة وفقا لزمنه القصوي هي:
- $Ke = m½ \times V^2$
- $= ½ \times 70 \times (10\100)^2$ .....(1)
- = 3500 J وهي تمثل طاقته الحركية 100 %
- فلو أريد لهذه العداء إن يتدرب بـ (90%) من طاقته الحركية اعلاه فنقول:
- 90% من طاقته الحركية = 3500×0.90=J 3150

- وبالرجوع بشكل عكسي الى المعادلة الأولى نقول ان:
- $Ke\ \%90 = m½ \times V^2$
- $3150 = 0.5 \times 70 \times (t\backslash 100)^2$
- $t^2 = 111.111$
- $t = 10,54\ s$

اذن فالزمن المستخرج هو (10.54) وهو زمن التدريب بشدة 90% وفق الطاقة الحركية لرياضي كتلته 70 كيلوغرام.

وهذا الزمن يأخذ بنظر الاعتبار كتلة اللاعب والتي تعتبر أحد المقاومات الهامة (من خلال تأثير قوة الجذب) التي يتعرض لها العداء أثناء أداء حركات الركض (عمليات الارتكاز والطيران) والمسافة المقطوعة، وبذلك فأن العداء يبذل القوة الحقيقية التي يفترض إن يبذلها ضد الجاذبية وبشكل يتناسب مع هذه المقاومة (كتلة جسمه).

الاستنتاج العلمي:

يلاحظ ان الزمن (s10.54)المستخرج بقانون الطاقة الحركية والذي يمثل شدة 90% وهو اقل بكثير من الزمن المستخرج بالطريقة التقليدية والذي كان (s11.11) وبهذا نكون قد حققنا الفائدة المرجوه من التدريب بشكل اكثر فاعلية وتأثيرا من الطريقة التقليدية مع مراعاة الفروق الفردية بين اللاعبين، ويكون التدريب وفق هذه النظرية فعالا في مراحل تدريب الشباب صعوداً لان الخصوصية تأخذ دورها في هذه الفئة من العمر، وتستخدم الطريقة أعلاه لتدريب السرعة لجميع المسافات القصيرة ولجميع أجزاء هذه المسافات

(من 10 الى 20 الى.....m400)

ولجميع الالعاب اذا اريد تحسين الانجازات الرياضية في هذه الالعاب التي تعتمد على السرعة.

(2) قانونا الشغل- القدرة في التدريب الرياضي:

- ان قانوني الشغل والقدرة استعملا في العديد من التطبيقات الميكانيكية البحته، ومن الضروري تجربة استخدام هذين القانونين في التطبيقات الحيوية ذات العلاقة في المجال الرياضي، إذ يمكن استخدام قانون الشغل في تحديد شدة التدريب، حيث يعتمد الشغل الذي ينجزه جسم الرياضي عند أداء أي جهد بدني على بذل قوة لمسافة معينة بدلالة القدرة المبذولة:
- أي ان الشدة = الجهد المبذول/الزمن (الشدة تعني Power والجهد المبذول يعني Work)
- فلو رمزنا للشدة بالحرف (P)
- وللجهد المبذول بالحرف (W)
- وللزمن الجهد بالحرف (t)
- أي ان P = W / t .....(1)
- أي أن عمل أو جهد مبذول إنما يتم من خلال بذل قوة منتجة مضروبة في طريق بذلها (المسافة التي تدفع بها هذا القوة الجسم)
- لذا فيمكن التعبير عن الجهد المبذول بـ (القوة × المسافة)، أي ان:

- $W = F \times d$
- و بما أن $F = m \times g$
- $g = V^2 / 2\ d$
- وبالتعويض عن g في المعادلة (1)
- تكون $F = m \times V^2 / 2\ d$
- وحيث أن $F\ d = 1\backslash 2\ m\ V^2$
- أي إن $Work = Ke$ .....(2)
- بما إن Power = تعني الشغل المنجز بوحدة الزمن
- و $Work = Ke\ (0.5\ m\ V^2)$ وفقا لما تم ذكره اعلاه
- اذن (Power) الشدة المطلوبة $= 0.5\ m\ (d/t)^2 \div t$
- اذن $Power = 0.5\ m\ (d/t)^2 \times 1/t$
- $= 0.5\ d\ m/t^2/t^3$

وبالرجوع الى نفس معطيات المثال السابق الذي طبقنا عليه قانون الطاقة الحركية وتطبيقها على قانون القدره اعلاه:

$$\text{Power} = 0{,}5 \times 70 \times (100)^2/(10)^3$$

W 350= تمثل شدة 100%

0.90 من هذه القدرة تساوي

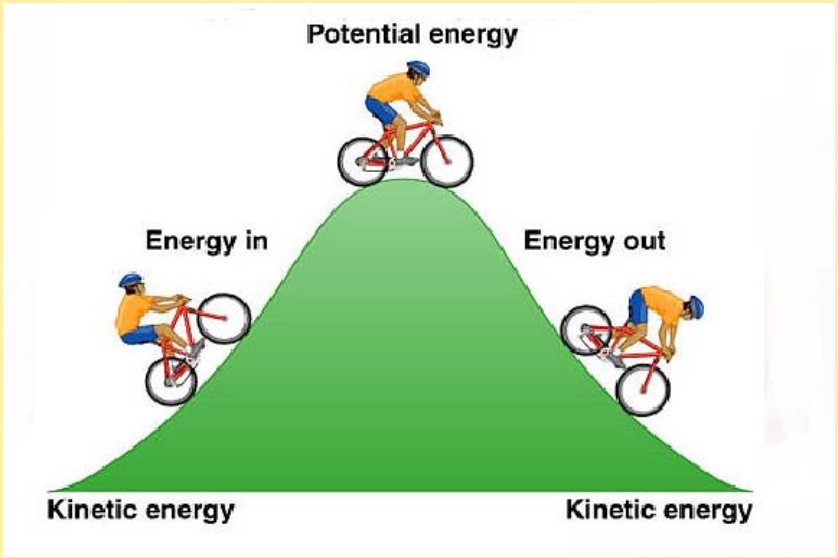
W 315 =0.90×350

وبالرجوع الى نفس المعادلة نستخرج الزمن الذي يعادل 0.90

$$315 = 0.5 \times 70 \times (100)^2 / (t)^3$$

$$t^3 = 350000 / 315$$

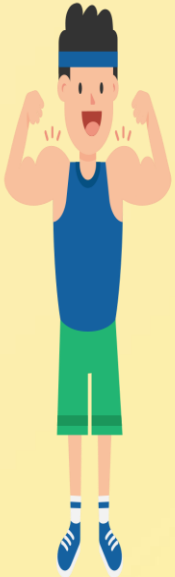
$$t = 10{,}35\ s$$



ويمكن تطبيق هذه النظرية لتحديد الشدة المطلوبة للتدريب لعدائي المسافات القصيرة وبنفس الخطوات التي أجريناها في نظرية الطاقة الحركية سابقاً.

الاستنتاج العلمي:

- الشدة المحسوبة بقانون الشغل – القدرة تختلف عن الشدة التي تم حسابها بقانون الطاقة الحركية وتختلف أيضا عن شدة التدريب التقليدية، لارتباطها بطاقة حركة الفرد وقوته الداخلية المتمثلة بقوة العضلات والاربطة والمفاصل وردود الافعال وعزوم القوى العضلية و التي تختلف من لاعب إلى أخر، أي أن اللاعب الذي يمتاز بمقادير عزوم قوة عالية في عضلاته تكون قدرته على إنجاز الشغل أعلى بكثير من اللاعب الأقل قدره، ولهذا يكون عداء المسافات القصيرة ضخم العضلات، والضخامة تعني زيادة المقاطع الفسيولوجية للعضلات العاملة والتي تعني زيادة قوة هذه العضلات لارتباط زيادة مساحة العضلات بإنتاج القوة.
- و هذا ما يوصلنا لحقيقة علمية مهمة هي **(لا يمكن بأي حال من الأحوال تعميم نمط للشدة او للجهد بشكل جماعي للاعبين).**
- و من نفس المنطلق **(لا يمكن بأي حال من الأحوال وضع تفسير ميكانيكي عمومي لاي أداء مهاري لكن يمكن وضع أساس حسابي يفسر كل أداء بشكل مستقل).**
- إن القوانين الميكانيكية النظرية التي تم الإشارة إليها سابقا تتضمن جميعها احتساب الزمن للشدة التدريبية المطلوبة من الزمن القصوى وهذه القيم تشير إلى أن هناك تناقص في الزمن المطلوب التدريب عليه عندما نستخدم هذه الطرق النظرية الثلاثة ووفقا
- لما يأتي:



- التقليدي: (الزمن= 11,11 s).... يمثل شدة 90%
- بطريقة الطاقة الحركية: (الزمن =10,54s).... يمثل شدة 90%
- بطريقة الشغل- القدرة: (الزمن = 10,35 s).... يمثل شدة 90%
- وخلاصه لما تقدم فان تحديد الشدة بالطريقة التقليدية يمكن أن يكون نافع عند تدريب الناشئين، ونظرية الطاقة الحركية تكون جيدة مع تدريب الشباب، ونظرية الشغل - القدرة تكون فعاله مع تدريب المتقدمين.
- وهذه القوانين قابلة للتطبيق العملي، اذ يمكن تحديد اي شدة تدريبية مناسبة لنوع التدريب والحجم والحمل التدريبي، ويمكن ان تواكب هذه القوانين والعمل بها من قبل مدربينا التقدم الحاصل في الارقام العالمية في مسابقات الاركاض القصيرة التي ابتعد ابطالنا العراقيين والعرب عنها شوطا كبيراً.

1 اما في مجال التعلم الحركي : 2

خلال لحظات الركض والقفز تكون بكفاءه عالية، وجاءت فكرة هذا القانون من قانون كفاءة المحولة الكهربائية الفيزيائي، والحاجة ماسة جدا للتعرف على كفاءة الانسيابية من عدمها عند تطبيق الاداء الحركي في مجال تقويم نستخدم (1)قانون دفع القوة لقياس انسيابية الحركات الرياضية من خلال (Impulse) F × t = (التغير بالزخم) m (V_2 – V_1)... ولما كان دفع القوة مؤشر في تغير الزخم لذا يرتبط دفع القوة هذا في الدلالة على الانسيابية الجيدة بدلالة اقل تناقص بالزخم لحظات الارتكاز والدفع عند الركض والمشي والركض لغرض القفز، اي ان (انسيابية الحركة = التغير بالزخم)
من جهة ثانية تم قياس (2)مؤشر كفاءة الانسيابية من خلال قانون كفاءة الانسيابية = (الزخم النهائي ÷ الزخم الابتدائي)، وكلما كان الناتج قريب من الرقم (1) فان انسيابية الحركة عند مس وترك الارض لحظات الارتكاز لاداء حركات الركض او اداء الحركات الرياضية من هذا القانون.

وتم قياس (3)مؤشر النقل الحركي بدلالة الزخوم بين الاجزاء المساهمة بالاداء من خلال قانون الزخم الزاوي (I ×w) اي ان النقل الحركي = مجموع زخوم اجزاء الجسم، باعتبار ان اجزاء الجسم مرتبطة مع بعضها البعض وحركة جزء تكون على حساب تحقيق الفائدة في الجزء الاخر وفقا للهدف الحركي من الاداء.
ويستخدم (4)مؤشر النقل الحركي عند لحظات القفز بدلالة زاوية الطيران وتناقص الطاقة الميكانيكية.
مؤشر النقل الحركي = زاوية الانطلاق / تناقص الطاقة
(د/ جول/كغم) كمؤشر لتكامل اداء الحركة عند نقطة الانتقال من الاقتراب الى الدفع وبداية الطيران في حالات القفز.
كما يمكن قياس (5)الايقاع الحركي = زمن الارتكاز/ زمن الطيران.. الذي يبين النسبة بين الازمان المكونه لزمن خطوة الركض او المشي.
(6)الدقة الحركية = ناتج الاداء بالدرجات ÷ زمن الاداء

ولهذا فان قياس هذه المظاهر يعد من المتطلبات العلمية الملحة التي تعطي قيمة رقمية لكل مظهر من اجل المقارنة والمتابعة والتقويم اذ ان الذي يحصل الان ان العلماء والمهتمين بهذه المظاهر قد اكتفوا بالوصف الظاهري لها والذي لايعطي تقويما حقيقيا والذي له سلبياته في التطبيق كونه يرتبط بقدرة الفرد وخبرته .

(1) قياس الانسيابية في التعلم الحركي:

- ان فكرة تغير الزخم بدلالة قانون نيوتن الثاني يمكن تطبيقه في تقويم الحركات الرياضية وأجزاءها كظاهرة الانسياب الحركي والتي تعني ان يمتلك اللاعب القدرة على التوزيع الأمثل للقوة العضلية المبذولة خلال زمن أداء الحركة.. فمن وجهة النظر البيوميكانيكية تعني الانسيابية الحركية وجود توافق في الدفع بين أجزاء الحركة المختلفة وباقل مايمكن من فقدان لكمية الزخم التي يمتلكها اللاعب وذلك يعني وجود تعاقب بين ظهور القوى أي بين نهاية الحركة الاولى مع بداية الحركة الثانية، وبداية ونهاية الحركة ترتبط بتعاقب متكامل بين دفع القوة عند الارتكاز والدفع (بدون وجود تناقص كبير للسرعة بثبات كتلة الجسم طبعاً).

- فإذا كان قيمة تغير الزخم سالبة او كبيرة (أي ناتج ضرب كتله اللاعب في سرعة اقترابه في لحظة مس الأرض تكون اكبر بكثير من ناتج ضرب نفس الكتلة في السرعة الثانية لحظة ترك الأرض)، فان ذلك مؤشر على ضعف اللحظة الزمنية التي يؤدي اللاعب بها الدفع في أثناء الارتقاء، وهذا يعني دفع قوة ضعيف والذي يعني عدم تكامل انسياب حركة الجسم خلال هذه اللحظة، ويمكن التعبير عن علاقة الدفع والزخم بالمعادلة الاتية :-

- $F \times t = m \times$ التغير بالسرعة
- $F t = m (_1V - _2V)$
- اي Momentum = Impulse
- مثال (لاحظ الشكل): اذا كان رياضي كتلته 70Kg ويركض بسرعة 7m/s(وهي سرعة اقترابه لحظة مس الارض) لاداء قفز طويل، وبلغت سرعته لحظة انطلاقه 6.5 m/s عند الدفع، فان تغير زخم جسمه (كمية حركة الجسم) في لحظة الارتقاء، تبلغ كما يلي:

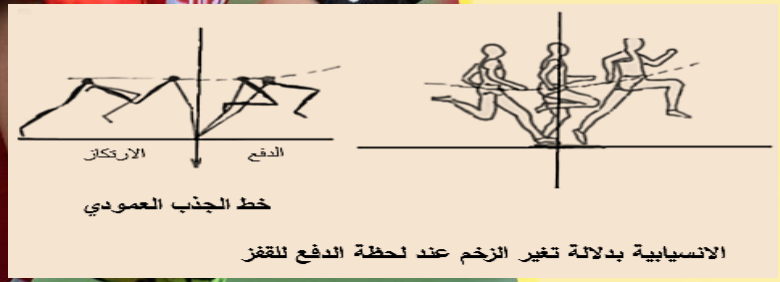
$70\ Kg (7\ m/s - 6.5\ m/s) = -35\ Kg.m/s$

وهي قيمة قليلة تدل على فقدان قليل جداً بالزخم وفقا لمتطلبات القفز هذه، وهذا يدل على ان دفع القوة كان جيداً لديه في هذه اللحظة وان دفع القوة الجيد دل على ان انسيابية الحركة كانت جيدة لديه عند الارتقاء وبدون ان خلل فيها، اما اذا كانت سرعته انطلاقه لحظة الدفع مثلا 4.5 م/ث مثلاً فيكون التغير(-175 كغم.م/ث)، وهذه القيمة اكبر من السابقة وتدل على تغير كبير بالزخم وهذا يعني ضعف واضح في دفع القوة والتي تعني انسيابية رديئة.

(ك س$_2$) الزخم لحظة الدفع (ك س$_1$) الزخم لحظة الاقتراب

)=F_1V – /m ($_2$V Impulse time

هنا تجب الإشارة [ان القوانين آنفة الذكر و كما يتضح لحضراتكم تتكلم عن لحظة زمنية محددة بدليل انها تتعامل مع الفرق بين سرعتين (v1-v2) فى تلك اللحظة، و الأسلوب المنطقى للتفسير اننا نتعامل مع مرحلة حركية او مهارية محددة ضمن السلسلة الحركية او مراحل الأداء (التحضيرى،الرئيسى،الختامى) لذلك اذا اردنا الاستفادة المثلى من هذه المقاربة علينا ان نحدد فى البدأ المرحلة الزمنية او النقطة المهارية التى يقع فيها التأثير الأكبر لهدف الأداء او الهدف العام للسلسلة الحركية موضوع الدراسة].



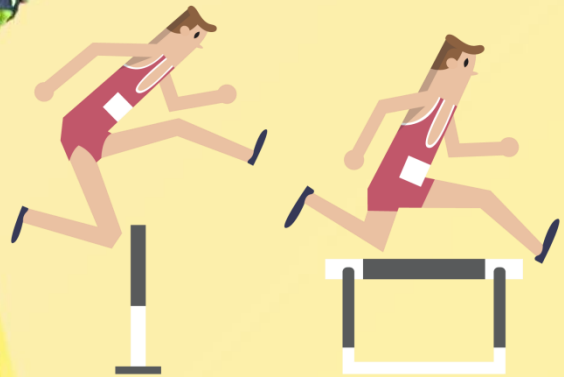
الانسيابية بدلالة تغير الزخم عند لحظة الدفع للقفز

الاستنتاج العلمي:

- ان قيمة تغير الزخم عندما تكون موجبه بين اللحظات الزمنية المكون للأداء، فان قيمة الانسيابية تكون مثالية (كما هي الحال عند الانطلاق من الثبات او عند التحرك لأخذ موضع محدد في ملعب كرة القدم او السلة او اليد، او عند اداء حركات الجمناستك الأرضية...الخ) اذ تتطلب هذه الحركات تزايد سرعة.
- أما اذا كان تغير الزخم بقيمة سالبة قليله (أي كلما كانت القيمة بأقل مايمكن وبإشارة سالبه) فان ذلك يدل ايضا على انسيابية عالية خصوصا عند لحظات الربط بين الاقتراب والقفز (وثب طويل – ثلاثي- تهديف من الحركة والقفز – ضربة ساحقه من القفز...الخ) والعكس صحيح اذا ظهر غير الذي اشرنا اليه اعلاه ، اذ ان ذلك يدل على انسيابيه ضعيفه.
- اما اذا كانت قيمة تغير الزخم تساوي صفر، فان ذلك يدل على انسيابية ثابتة لانتظام السرعة.
- ولهذا يمكن قياس التغير في الزخم بثبات كتلة الرياضي وتغير سرعته من عدمه للدلالة على انسيابية الحركة ان كانت تمت بشكل جيد ام رديء، وهذا مقياس كمي حقيقي يعبر عن مظهر من مظاهر الحركة كان لحد الوقت الحاضر يقاس وصفيا عن طريق النظر (نوعيا) لذا فإنه يمكن القول على ان انسيابية الحركة = التغير بالزخم على اعتبار ان دفع القوة الجيد يعني الانسيابية الجيدة وفقا لقانون نيوتن الثاني.

الاستنتاج العلمي:

- ويمكن قياس ظاهرة الانسياب الحركي من الناحية الميكانيكية للاعبي الحواجز مثلا وهم يربطون بين مرحلتي الشد و الارتخاء دون توقف والمتمثل في الركض بين الحواجز واجتياز الحاجز وفي لحظات القفز عند التهديف بكرة اليد والسلة وحالات التعجيل الايجابي بعد الانطلاق من مكعبات البداية او حالات التعجيل السلبي بعد ظهور حالات التعب ... الخ.
- كذلك الحال للاعب كرة القدم عند المراوغه بالكرة و تغير الاتجاه، حيث يمكن قياس تغير الزخم في حالات تغير الاتجاه لتكون دليلا على انسيابية الأداء لديه. وكذلك لاعب الجمباز وهو يؤدي حركاته على الأجهزة المختلفة دون توقف ، كل ذلك يعطي دليلا على أهمية قياس الانسيابية من خلال قيم رقمية لتكون دليلا على جمالية الأداء.



(2) قياس كفاءة الانسيابية في التعلم الحركي:

أُعتمد في صياغة قانون كفاءة الانسيابية وتطبيقه في المجال الرياضي على قانون كفاءة المحولة الكهربائية والذي ينص على ان كفاءة الانسيابية يمكن قياسها من تقسيم عدد لفات الملف الخارج على عدد لفات الملف الداخل، اذ كلما كانت النتيجة قريبه من (1) عدد صحيح كان كفاءة المحولة عالية.

وهذا القانون اعطى فكرة في امكانية تطبيقه لقياس كفاءة الانسيابية بدلالة الزخم الخطي الخارج (النهائي) والزخم الخطي الداخل (الابتدائي) اللذين يمكن قياسهما من خلال التصوير والتحليل الفيديوي وقسمة الزخم النهائي على الزخم الابتدائي.

كفاءة الانسيابية = (الزخم النهائي ÷ الزخم الابتدائي)

وكلما اقترب الناتج من (1) عدد صحيح يعني ان الانسيابية باعلى كفائه للاعب

مثال: اذا كان الزخم الخطي الخارج هو s/m.385 Kg للاعب الوثب العالي والزخم الداخل هو s /m.420 kg فما كفاءة انسيابية هذا اللاعب.

كفاءة الانسيابية = (الزخم النهائي ÷ الزخم الابتدائي)

= (385÷420)

= 0.91

هذه النتيجة تدل على امتلاك لاعب الوثب العالي كفاءة عالية بانسيابيته

الاستنتاج العلمي:

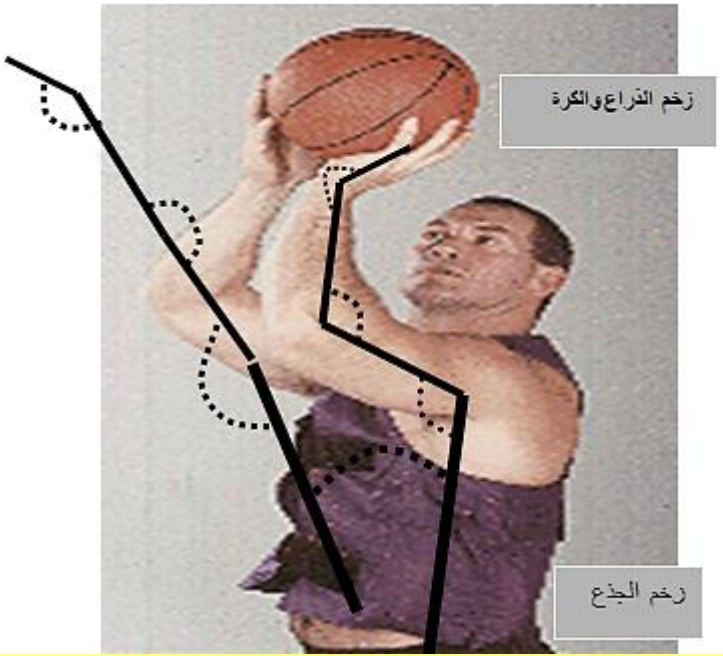
ان النتائج المستخلصة من قانون كفاءة الانسيابية تعطي للباحثين المهتمين ببحوث التعلم الحركي وسيلة جديدة وسهله للحكم على حدوث التعلم الصحيح للحركات ذات العلاقة بالانسيابية الصحيحة للحركات الرياضية واجراء المعالجات الاحصائية التي يتم قياسها بهذا القانون وبشكل منطقي وعلمي.

Have a break

- **(3) مؤشر النقل الحركي بدلالة الزخوم بين الاجزاء المساهمة بالاداء في التعلم الحركي:**

- إذا ما نظرنا إلى انتقال الحركة بين اجزاء الجسم البشري (الاطراف العليا والسفلى والجذع) عند اداؤه حركة ما سواء من الجذع إلى الإطراف ومن ثم إلى الأداة، أو تناسق انتقال هذه الحركة بين مفاصل الجسم المشاركة بالحركة بما يخدم تحقيق الزخم النهائي، فان تحقيق ذلك يجب إن يحدث بمرونة عالية وبتوافق عالٍ لانقباض المجاميع العضلية المشاركة مع بعضها.
- وهذا يعني تحقيق الزوايا الصحيحة والمناسبة وبمدياتها المثالية والتي تضمن عدم حدوث إي توقف في مسارات الأجزاء المساهمة بالحركة وبدون إن يحدث إي تناقص بالسرعة الزاوية لهذه الأجزاء، مما يضمن لنا ذلك انتقال مثالي للزخوم بين هذه الأجزاء ، لهذا يمكن إن تقاس الزخوم المتولدة بين هذه الأجزاء (كتلة كل جزء وسرعته في حالة الزخم الخطي لها، زخم خطي = m × V) و(كتلة كل جزء ومربع طوله وسرعته الزاوية في حالة الزخم الزاوي لها، زخم زاوي = I × w) اثناء تطبيق هذه الحركة او تلك، وبهذا فان نحصل على مؤشر حقيقي يشير إلى تحقيق نقل القوة العالي بين هذه الاجزاء من عدمه إذا ماكان الفروق بالزخوم بأقل مايمكن من فقدان للسرعة المكتسبة حتى تتوقف الحركة.
- مثال: لاعب كرة سلة كتلة ذراعة Kg3.5 وطولها 0.75 m وسرعتها الزاوية اثناء اداء التهديف هي 200 s/d ، اما كتلة جذعه فكانت 45 Kg وسرعة جذعه الزاوية(90 s/d) وطول الجذع هو 0.55 m، مامقدار الزخم (نقل القوة) الذي يضيفه الجذع الى زخم الذراع في حالة اشراك الجذع بشكل فاعل في الاداء:
- كتلة الجذع ×سرعته الزاوية× مربع طوله + كتلة الذراع × سرعتها الزاوية في مربع طولها = مبدأ انتقال الزخم الخطي
- = 45 Kg ×90 s /d ×(0.55 m)^2 + 3.5 Kg ×200 s/d ×(0.75 m)^2
- = 1225.125 Kg.m.s/d^2 زخم الجذع + 393.75 Kg.m.s/d^2 زخم الذراع
- = 1618.875 Kg.m.s/d^2

يلاحظ مقدار الزخم الذي يضيفه الجذع لو ساهم بحركة التهديف بالسلة الى زخم الذراع، وقد دل الرقم المقاس على 4 و3انتقال عالي للزخم او لنقل القوة بين الجذع والذراع، لاحظ الشكلين



شكل 3

يوضح انتقال الزخم بين الجذع والذراع الرامية لمهارة التهديف بالسلة بما يخدم تحقيق الزخم النهائي

الاستنتاج العلمي:

يمكن قياس انتقال القوة بدلالة الزخوم بين الاجزاء المساهمة بالاداء من خلال قانون الزخم الزاوي والذي هو

$I \times w$

اي النقل الحركي = مجموع زخوم اجزاء الجسم المساهمة بالاداء

والذي له علاقة بتناسق وانسيابية الحركة الزاوية في المفاصل العاملة وبذا يمكن ان يكون هناك انتقال للزخم الزاوي بين هذه الأجزاء.. اي زخم ز= $I \times w$ لكل جزء يضاف اليه الزخم الزاوي للجزء الاخر.

(4) مؤشر النقل الحركي بدلالة زاوية الطيران وتناقص الطاقة الميكانيكية في التعلم الحركي:

من المعروف ان كل لحظة من لحظات الارتكاز سواء عند الركض او عند لحظات الارتقاء للقفز (انواع القفز) هناك مرحلتين مهمتين هما مرحلة الاستناد ومرحلة الدفع، ولكل مرحلة من المراحل يمكن ان نحسب الطاقة الميكانيكية بنوعيها (الكامنة والحركية) والتي تشكل بالنهاية الطاقة الميكانيكية الكلية، لذا يمكن ان نحسب هذه الطاقة وكما ذكرنا سابقا وفقا الى لحظات الاستناد والدفع عند عملية النهوض وفقا لما يأتي:

-الطاقة الكلية لحظة الاستناد وهي تتكون من طاقة حركية وطاقة كامنة.

- الطاقة الكلية لحظة الدفع وهي تتكون من طاقة حركية وطاقة كامنة.

ويمكن أن نطلق على الطاقة الكلية في لحظة الاستناد بالطاقة الميكانيكية الكلية الأولى وفي لحظة الدفع بالطاقة الميكانيكية الكلية الثانية

الطاقة الكلية الأولى(الاستناد) = الطاقة الكلية لحظة الاستناد / كتلة الجسم

الطاقة الكلية لحظة الاستناد هي عبارة عن مجموع الطاقة الحركية (½ك س^2 + الكامنة (ك ج ع) لحظة أول مس لقدم الرجل الدافعة للأرض (الطاقة الابتدائية) اي في لحظة الاستناد، تقسم على كتلة الجسم لكي نتعامل مع الطاقة الكلية لكل 1 كغم من الجسم.

الطاقة الكلية الثانية (الدفع) = الطاقة الكلية لحظة الدفع / كتلة الجسم

وهي الطاقة الكلية النهائية لحظة الدفع وهي ايضا عبارة عن مجموع الطاقة الحركية (½ك س^2 + الكامنة (ك ج ع) قبل ترك القدم الأرض (قبل لحظة الطيران)

وتحسب الطاقة الحركية في كل من لحظة الاستناد والدفع من خلال القانون التالي:

الطاقة الحركية Ke½ = m × ^{2}V

أما الطاقة الكامنة فتحسب من خلال القانون التالي:

الطاقة الكامنة PE = m × g × h

أذن يمكن أن نستخرج تناقص الطاقة وهي = الطاقة الكلية الأولى لحظة الاستناد – الطاقة الكلية الثانية لحظة الدفع

ونتعامل مع كل من زاوية الطيران طرديا وتناقص الطاقة عكسيا لقياس مؤشر النقل الحركي الجيد لحظات الارتقاء للقفز وفقا للعلاقة التالية :

مؤشر النقل الحركي = زاوية الانطلاق / تناقص الطاقة (Kg/J /d)

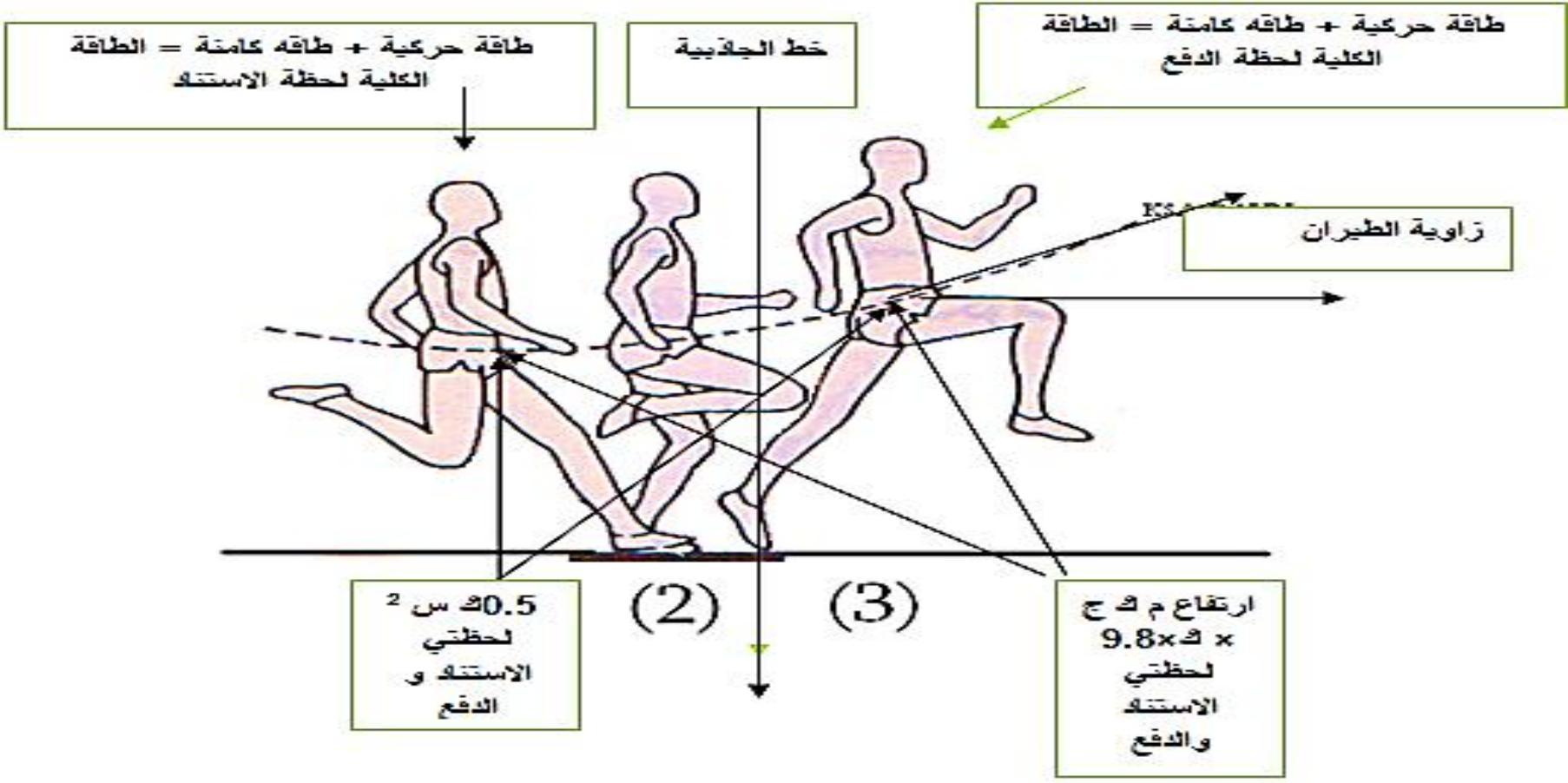
اذ يمكن تقسيم الناتج على كتلة الجسم، إذ ان المغزى من قسمة الطاقة الكلية على كتلة الجسم هو لمعرفة مقدار هذه الطاقة بالجول لكل 1 كغم من كتلة الجسم ولتسهيل العمليات الحسابية.

مثال.. (لاحظ الشكل): اذا كان مجموع الطاقة الكلية الابتدائية (لحظة الاستناد) للاعب الوثب العالي هي 35.15 J / Kg، ومجموع الطاقة النهائية (لحظة الدفع) تساوي 30.88 J/Kg، وبلغت زاوية الانطلاق لهذا اللاعب 48.83° ، ماهو مؤشر النقل الحركي لهذا اللاعب ؟

مؤشر النقل الحركي = زاوية الانطلاق / تناقص الطاقة الكلية

= 48.83 / 35.15 – 30.88

= 12.05 d /J / Kg



يوضح النقل الحركي بدلالة تناقص الطاقة و زاوية الطيران

لحظة ارتقاء بالقفز العالي مثلا

- الاستنتاج العلمي:
- يعد مؤشر النقل الحركي أحد المؤشرات الميكانيكية والتي تعطي تفسيراً حقيقيا لنوع النقل الحركي المنجز في لحظات الارتقاء في جميع القفزات، وذلك من خلال علاقة زاوية الانطلاق (لحظة الطيران) والطاقة الميكانيكية (مجموعة الطاقة الحركية والكامنة) المنجزة لحظة الارتقاء، اذ ان زاوية الطيران والتي هي الزاوية التي تحدد مسار الجسم المقذوف لحظة البدء بالطيران تتناسب طرديا مع المسافة الافقية او العمودية التي يحققها الجسم المقذوف.
- الشئ المهم هنا ماذا يعني هذا الرقم بالنسبة للمدرب او اللاعب ؟
- الجواب: انه كلما كان تناقص الطاقة اكبر لكل (1جول /كغم) مع بقاء زاوية الانطلاق بقيمتها او بقيمة اقل، قل مؤشر النقل الحركي تبعا لذلك وحسب زاوية الانطلاق المناسبة لذلك، وهذا يعني ان هناك ضعف في تكامل النقل الحركي لحظة النهوض وبما يتناسب والحصول على أفضل مسار حركي لمركز ثقل الجسم المقذوف والذي يعبر عن عدم تحقيق الأداء المثالي الذي يتمكن من خلاله اللاعب تحقيق أفضل انجاز، أي أن مفاصل الجسم العاملة لم تعطي المديات المناسبة للعمل العضلي ولنقل القوة من جزء إلى أخر وفقا لمبدأ نقل الزخم والذي يسبب في عدم الحصول على زاوية انطلاق جيدة، والعكس صحيح، اذ يهمنا هنا ان تكون قيمة مؤشر النقل كبيرة لان ذلك يدل على ان تناقص الطاقة باقل مايمكن.
- **<u>في الأداء المهاري العالي لا تنتج الطاقة الحركية في كل لحظة بل يمكن القول بأنها (عملية اقتراض مستمرة) حيث ان الاعب الماهر يستفيد من الجاذبية الأرضية و الزخم كطاقة كامنة لحظية تخزن في الاوتار العضلية ثم يطلقها كطاقة حركية مرة أخرى، و المهارة الدقيقة هي إيجاد التوازن اللحظي المناسب للانتقال بين هاتين المرحلتين (حالة اقتراض الدين و رده).</u>**

(5) مؤشر الايقاع الحركي في التعلم الحركي:

- الايقاع الحركي الجيد يعني ان يكون تقسيم دفعات القوة على مراحل زمنية متناسقة ومنتظمة، أي إخراج القوة بالقدر الأمثل في الزمن المناسب، مثل إيقاع راكض الحواجز، وإيقاع راكض المسافات الطويلة، و إيقاع الحركات المتكررة في التجديف او الجمباز.
- ويأتي الإيقاع الحركي من الجانب الميكانيكي من خلال التبادل الأمثل بين زمني الانقباض والانبساط في العضلات العاملة، والذي يجب ان ينسجم مع المديات الزاوية المتحققه في المفاصل العاملة وما يتحقق من سرع زاوية لها والذي يحقق الاقتصاد بالطاقة المصروفة، ويتعين علينا إيجاد النسبة بين الأطوال الزمنية لاجزاء الحركة لحساب هذا الايقاع.
- ويوصف إيقاع حركات الركض– على سبيل المثال – بالنسبة بين زمن الاستناد إلى زمن الطيران في الركض، أو زمن الامتصاص (الثني في الرجل) إلى زمن الدفع (المد في الرجل) خلال الارتكاز او الاستناد في حركات الركض.
- ويمكن أن تصلح النسب بين الأطوال الزمنية لاجزاء الحركة (التناسب بين الفترات المكونة لخطوة الانزلاق) كمثال يعبر عن الإيقاع في خطوة الانزلاق على الجليد، فبتغير تردد الخطوات يتغير إيقاعها، ويشير بعض العلماء إلى إن النسبة بين زمني الارتكاز والطيران عند كل خطوة ركض يكون كما يأتي:
- مثال: لو فرضنا ان زمن خطوة الركض هو 0.50 s ولنفرض ان زمن الارتكاز يمثل نسبة (20%) من زمن الخطوة، وتبقى نسبة 80% لزمن الطيران، فنحسب الازمان المطلقة كما يلي:
- 0.50 s ×0.02= 0.1 s زمن الارتكاز وفقا للنسبة المفترضة
- 0.50 s×0.80= 0.4 s زمن الطيران وفقا للنسبة المفترضة

ولكي نحكم ان الازمان هذه تشكل ايقاعاً حركيا جيداً يجب ان تكون النسبة بين زمن الارتكاز الى زمن الطيران تقريبا تساوي صفر او قريبة من قيمة الصفر من اجل ان لايشكل زمن الارتكاز عائقا لاستمرار الحركة بشكل انسيابي فيما لو كانت قيمته كبيرة، وعلى هذا الاساس يمكن استخراج الايقاع بدلالة زمن الارتكاز الى زمن الطيران (المكونين لزمن الخطوة) في مثالنا السابق كما يأتي :

الايقاع الحركي = زمن الارتكاز/ زمن الطيران

وفي مثالنا اعلاه يكون الايقاع مساوي الى 0.25، وفقا لهذه النسبة عند السرعة القصوى، واي نقصان في نتيجة هذه المعادلة فان ذلك يدل على ان الايقاع اقترب من الانسيابية العالية.

ان النسب اعلاه لها علاقة بالايقاع الحركي الذي يعد احد مظاهر الحركة الجيدة اذ باستخراجنا هذه النسب نستطيع ان نحكم على ان الحركة تمت بايقاع حركي جيد من عدمه.

وهكذا يمكن ايجاد الايقاع من خلال معرفة زمن كل طول زمني ولحظة زمنية تتكون منها الحركة وايجاد النسبة المثالية لها من خلال القانون.

الاستنتاج العلمي:

ان النتيجة المستخلصة من معادلة الايقاع اعلاه تشير الى ان الرقم الناتج كلما اقترب من الصفر كلما اشار ذلك الى انسجام زمني الارتكاز والطيران والذي يعني عدم وجود فارق بين هذين الزمنين وان الحركة تشير الى تكامل المسار الحركي من ناحية المجال الزماني والمكاني وهو المطلوب في ظهور ايقاع حركي منسجم مع هذين المجالين

(6) الدقة الحركية = ناتج الاداء بالدرجات ÷ زمن الاداء

تمثل دقة الحركة تطبيقا للاداء المثالي الذي يتميز بالسرعة العالية وتحقيق الهدف من الاداء بشكل صحيح، مثال ذلك لايمكن للاعب كرة القدم ان يحقق الدقة العالية بوضع الكرة في مرمى الخصم اذا طبق الاداء بشكل بطئ وذلك لان حارس المرمى سيكون مستعدا لمسك الكرة البطيئة التي ارسلها ذلك اللاعب ، لذا فان تحقيق الدقة العالية لايمكن ان يحقق الهدف من الاداء بوجود خصم، وعلية يجب ان يمتلك لاعب كرة القدم الدقة في التهديف مع سرعة عالية في الاداء من اجل تصعيب الوضع على حارس مرمى الخصم في التصدى للكرة، وهذا ينطبق على جميع المهارات التي تتطلب دقة عالية مع سرعة مناسبة للاداء من اجل تحقيق الهدف الحركي من هذه المهارات، وعلى هذا الاساس يمكن ان ترتبط الدقة مع السرعة لينتج عنهما ناتج للاداء عالي المثالية.

- لذا فان الأداء المهاري المثالي الذي يتميز به لاعبي المستويات العليا والإبطال الدوليين، وكما ذكرت بعض المصادر يعني:
- الاداء المهاري المثالي = سرعة الاداء (بالزمن) × الدقه
- ولما كان الاداء المثالي يعني ناتج العمل المهاري النهائي والذي يمكن ان يحسب من خلال تحقيق الدرجات الموضوعة للاختبار لذا فانه ومن خلال المعادلة اعلاه يمكن قياس الدقة من مايلي:
- الدقة = الاداء المثالي (درجة)/ زمن الاداء (بالدقيقه او بالثانية)
- اذ ان الاداء المثالي يقاس من ناتج الاداء (بالدرجة)، وكلما كانت النتيجة كبيرة دلت على دقة عالية.

مثال عملي:

اعطي اختبار التهديف على مرمى كرة القدم بعد ان حددت في المرمى مناطق خاصة (مربعات) ولكل مربع درجة معينة تقيس فاعلية الاداء كناتج وكما يأتي:
الزاوية اليمنى من الهدف قسمت الى اربعة مربعات تكون درجة المربعين المجاورين للعمود 5 درجة لكل منهما ودرجة المربعين الاخرين هي 3 درجة، واعطيت خمس محاولات لكل لاعب لاصابة المربع الذي يحقق له اعلى الدرجات، ويتم قياس زمن الاداء لكل محاولة (وهو زمن طيران الكرة من لحظة ترك الكرة القدم الى لحظة دخوله المربع)، فاذا حقق اللاعب من خمس محاولات11 درجة، وكان مجموع زمن طيران الكرة الكلي لخمس محاولات 3 ثانية بذلك نحصل على ما يلي:

ناتج الاداء= مجموع الدرجات التي جمعها اللاعب من اصابة المربعات

زمن الاداء= مجموع الزمن لطيران الكرة لهذه المحاولات.

وبما ان الدقة = مجموع ناتج الاداء / مجموع زمن الاداء

= 11درجة / 3 s

= 3.66 درجة/ s

واذا حقق اللاعب 20 درجة بنفس الزمن فدرجة الدقة ستكون وفقا لذلك:

الدقة = 20 d/ 3 s

d= 6.66 / s

وكلما زاد عدد الدرجات كناتج اداء وقل زمن الاداء فان النتيجة ستكون اكبر وهذا يدل على الاداء تم باسرع مايمكن وباعلى دقة،و بذلك يمكننا ان نحقق الغاية من قياس الدقة بشكل علمي دون الاعتماد على حساب الدرجات الذي حققها اللاعب والتي لاتعبر عن حقيقة السرعة المطلوبة في اللعب والتي تعد من المتطلبات الاساسية في الاداء ، من اجل خلق موقف صعب للمنافس وتحقيق الهدف من الاداء.

إن الأداء المهاري له علاقة بتكامل جميع العوامل التي تلعب دورا في هذا الأداء من القدرات البدنية و الخصائص الميكانيكية وقدرة الإحساس الحركي.

لذا فإن (الدقة الحركية = 3 ناتج الاداءبالدرجات/3 زمن الاداء)

- الاستنتاج العلمي:
- من المسلم به ان لتحقيق الدقة الحركية العالية يجب ان نلجأ الى الاقلال من السرعة لتحقيق الدقة العالية، وهذا الامر قد يكون مناسبة للحركات التي لاترتبط بهدف معين كالحركات اليومية او حركات ربة البيت في اداء بعض واجبات البيت.
- الا ان الحركات الرياضية التي ترتبط جميعها بهدف معين كأن يكون الهدف تحقيق اقل زمن او اعلى سرعة او الحركة بسرعة من اجل خداع المنافس **(هذا ما يتوافق مع تكوين اطراف الجسم البشري التي هي في معظمها عتلة من النوع الثالث)**، فان هذه الحركات يجب ان ترتبط بمستوى عالي من السرعة فضلاً عن اتقان الحركة بشكل دقيق.
- وغالبا ما يرتبط الاداء الدقيق والسريع في معظم حركات التهديف في جميع الالعاب، كالعاب كرة القدم وكرة اليد والكرة الطائرة والتنس ورمي السهام وغيرها من الالعاب المرتبطة بتحقيق سرعة عالية ودقة كبيرة، لذا جاء القانون اعلاه في بيان اهمية قياس زمن الاداء وناتجه وربطهما بمعادلة لتعبر عن قياس كمية لمظهر دقة الحركة والتي نحن بامس الحاجة لقياس ، لانها غالبا ما كانت تقاس فقط من ناتج الدرجات المتحققة دون مراعاة زمن الاداء (السرعة).
- **و السؤال الختامي هنا: اذا كانت المهارة هي حالة التوازن المتبادل و السيطرة على اطلاق الطاقة الكامنة و الحركية في لحظات محددة، فكيف لنا ان نفسر الخطأ الفني (الخطأ المهاري)؟ هل هو خلل في انتاج القوة؟ ام هو فشل في توقيت انتاج هذه القوة الذي يحول الطاقة من صورة الى أخرى في لحظة حرجة؟**

شكرا لطيب الاستماع