أساسيات ميكانيكية الحركات وتطبيقات القوانين الميكانيكية في التدريب الرياضي

المحاضرة (2)

أ.د. صريح الفضلي

آب 2005

إن الفلسفة المتبعة في التعامل مع جسم الإنسان من خلال دراسة التحليل الميكانيكي بالاعتماد على التحليل البيولوجي ، يعتمد على المحاولات العلمية لدراسية الترابط بين عمليات التدريب الرياضي وبين طرق تحسين الأداء والإنجاز الرياضي من خلال تحسين الأدوات والمستلزمات الخاصة بالرياضي والتي تساعده في الحصول على انسب المسارات الحركية ووفقا لحدود الحركة التي يؤديها وبالشكل الاقتصادي لكل مستويات التدريب.

إن اتباع نتائج التحليل الميكانيكي واعتماد النظريات الميكانيكية في التدريب وتطبيقها بشكل ميداني وعملي سوف يؤدي بشكل مباشر إلى تحسين التكنيك والأداء وبالتالي نستطيع بناء فلسفة خاصة لتقويم هذا الأداء وتطوير النواحي الميكانيكية التي يعتمد عليها في تطوير الإنجازات الرياضية بالاعتماد على النتائج المستخلصة من القوانين والنظريات الميكانيكية والتي تساعد في التعرف بشكل علمي على نواحي الضعف والقوة في الصفات البدنية ذات العلاقة بتحقيق الشروط الميكانيكية الصحيحة. لذا فأن فلسفة استخدام القوانين الميكانيكية في تطبيق طرق التدريب الرياضي يتطلب بالحقيقة معرفة مايلي:

1. المعلومات الأساسية التي تدخل في بناء معظم القوانين الميكانيكية المستخدمة في المهارة الرياضية وعلاقة كل واحدة منها بالجانب الرياضي، وهذه بالحقيقة تقودنا إلى معرفة كل من (الزمن –ألا زاحه– الكتلة) والتي من خلالها يمكن إن تتوفر لنا المعلومات عن تفاصيل التمرين المستخدم ، مثلا لتطوير السرعة أو التدريبات التي تطور التعجيل

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

وعلاقتها بتطور القوة أو المجاميع العضلية المسؤوله عن هذا التطور من اجل وضع المعـــايير التي تحكم هذا التطور.

2. تحديد المكونات البدنية للأداء وتحديد المداخل الميكانيكية الخاصة بدراسة هـــذا الأداء ونعني بالمدخل الميكانيكي ، نوع المعالجة المتبعة في التعامل مع المسارات المدروسة بالقوانين التي تتلاءم وطبيعة الحركة.
3. معرفة الأسس الحركية للأداء البشري والذي يعتبر القاعدة الأساسية التي يبنى عليهـــا محتوى أي برنامج تدريبي ، أي يعنى إن هناك مبادئ عامة تحكم الأداء حركيا ووظيفيـــا، وان الالتزام بهذه المبادئ هو أحد شروط نجاح البرنامج.

- التطبيق الأول:-

عند دراسة أحد الأرقام العالمية المتحققة بركض (100) متر ، نلاحظ إن هـــذا الـــرقم يتأثر بكميات كل من معدل السرعة والذي يرتبط بكل من المسافة والزمن المستغرق لقطعها، من جهة، ومن جهة أخرى يرتبط هذا الرقم أيضا بمميزات ومكونات خطوة العـــداء الـــتي ترتبط بالعديد من المميزات البدنية ذات العلاقة بتطبيق الشروط الميكانيكية لاداء هذه الخطوة ، وبهذا يمكن إن يكون معدل السرعة هو نتاج لكل من طول الخطوة وترددهـــا ويمكـــن إن تكون العلاقة التي تربطهم معا هي

معدل السرعة = طول الخطوة × ترددها

فمعدل السرعة بالنسبة للعداء هو قدرته على أداء حركات متكررة متتالية من نوع واحد في اقل زمن ممكن

السرعة= المسافة / الزمن

وكذلك معدل السرعة = طول الخطوة × ترددها

- طول الخطوة هو مقياس كمي يقاس بالمتر (ويعبر عنه بالطول الزمني)

إما تردد الخطوات فهو يعني عدد الخطوات في زمن محدد (ويعبر عنه بالتردد الزمني)

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

- زمن الخطوة له علاقة بزمن دفع القوة (القوة × الزمن) والتي أطلقنا عليها اللحظة الزمنية ، وهي لها علاقة بتغير كمية الزخم (الكتلة × السرعة) .
- عدد الخطوات التي يقطعها العداء في زمن محدد يتحدد بمعرفة الزمن المستغرق في الخطوة الواحدة، فإذا كان الزمن كبير نجد عدد الخطوات قليلة والعكس صحيح ، ووفقا لمعادلة سرعة التردد والزمن المستغرق لاداء الخطوة يتحدد زمن الارتكاز وزمن الطيران.

ويشير بعض العلماء إلى إن النسبة بين زمني الارتكاز والطيران عند كل خطوة ركض يكون كما يلي:

- في مرحلة البداية بعد الانطلاق تتراوح النسبة بين (2-1) تقريبا بين كل من زمن الارتكاز والطيران (أي ان زمن ارتكاز يكون ضعف زمن الطيران)
- وعند أقصى سرعة تتراوح النسبة بين زمن الارتكاز وزمن الطيران ما بين (1.30-1.50) تقريبا.
- يبذل العداء حوالي 67% من زمن الخطوة في ملامسة الأرض أثناء الخطوات القلائل الأولى بعد الانطلاق ، ويتناقص هذا الرقم إلى 40% أو اقل عند بلوغ السرعة القصوى.
- يستطيع العداء التحكم بالزمن عن طريق سرعة عمل عضلات الرجلين والتي قد تكون جيدة عند عداء وضعيفة عند آخر ، وهنا تدخل العوامل الوراثية ، وهذا يتطلب أيضا سرعة انقباض وانبساط العضلات العاملة والتي تتأثر بعمل الجهازين العصبي والعضلي.

وقد أوضح الكثير من الباحثين إن كلا العاملين يكونان في حالة توازن تقريبي ، لكن في حالة ثبات القوة فان الارتفاع في زيادة التردد يؤدي إلى الإقلال من طول الخطوة .. إلى جانب إن طول اللاعب يلعب دور كبير في هذا المقدار ، نلاحظ إن العلاقة بين طول الخطوة وترددها من خلال المثال التالي:

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

تنظيم السرعة	طول الخطوة	ترددها	معدل السرعة
طول خطوة جيد،تردد ضعيف	2م	3 خ/ث	6م/ث
طول(خطوة + تردد)جيدين	2م	4خ/ث	8م/ث
طول خطوة جيد،تردد ضعيف	2م	3خ/ث	6م/ث
تردد جيد ،طول خطوة اقل	1.50م	4خ/ث	6م/ث
طول خطوة جيد+تردد ضعيف	2 م	3خ/ث	6م/ث
طول خطوة جيد+تردد جيد	1.75م	4خ/ث	7م/ث

يمكن من خلال تحليل زمن الـ (100متر) التعرف على قيم كل من طول الخطوة وترددها وتحديد الضعف في هذه العوامل والتي تساعد من بناء برنامج تدريبي لتطويرها ، ويمكن توضيح ذلك من المثال التالي :

عندما يكون لدينا عداءين اثنين يمتلكان الأزمان التالية في 100 متر :

9.92 ث (زمن إنجاز العداء لأول) ويعمل 44 خطوة على طول مسافة السباق

10.50 ث (زمن إنجاز العداء الثاني) ويعمل 48 خطوة على طول مسافة السباق

فأنه من خلال هذين الزمنيين يمكن التوصل إلى المتغيرات الميكانيكية آلاتية والتي تعطي للمدرب الأسباب الحقيقية للضعف في الجانب البدني والذي يكون مسؤولا عند هذه المتغيرات الميكانيكية:

أولا- نستخرج معدل السرعة لكل عداء من خلال معطيات المسافة والزمن(س= م/ن)

يكون معدل سرعة العداء الأول 10.08 م/ث وللثاني 9.52 م/ث

ثانيا- نستخرج طول خطوة الركض لكل عداء (كمعدل) بقسمة المسافة الكلية على عدد الخطوات لكل عداء ، فيكون معدل طول خطوة العداء الأول 2.27 متر وللثاني 2.08 متر، أذن الفرق بين طول الخطوتين هي0.18 سم أي انه في كل خطوة يكون الفرق ثابت وهو (0.18 سم وهذا الفرق يكون لصالح العداء ذو الزمن الأقل ويكون 0.18 × 45 خطوة

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

=8.1 متر) أي يصل العداء ذو الزمن الأقل قبل الآخر بمسافة (8.1 متـــر) ، وإذا أريـــد زيادة كفاءة العداء الثاني ، فيجب أن نعمل إما على زيادة طول خطوتـــه أو زيـــادة تـــردد خطواته، فلو فرضنا أننا نعمل على زيادة طول خطوته من 2.08 متر إلى 2.12 متـــر أي بزيادة 4 سم وهذه الزيادة ممكنة جدا لأنها لا تؤثر على زوايا الرياضي أثناء الركض ولأنها من الممكن تحقيقها بسهولة أما بالتأكيد على تطوير تكنيك الخطوة أو بأجراء تدريبات الوثـــب المختلفة لتطوير القوة السريعة ، وبذا نرجع إلى المعادلات السابقة لنرى مدى الفائدة من هذه زيادة معدل طول الخطوة فنقول:

أولا- إن معدل السرعة = طول الخطوة × ترددها

في هذه الحالة يكون تردد الخطوة بالنسبة للعداء الثاني هو 9.52 \2.08 و =4.57خ/ث

ثانيا-آذن لو فرضنا إن هذا التردد يمكن تحقيقه مع الزيادة في طول الخطوة (4 سم) فيكون معدل السرعة هنا = 2.12م ×4.57 خ/ث و = 9.70 م/ث

ثالثا - فلو رجعنا إلى معادلة السرعة (س= م/ن) وطبقناها هنا فتكون السرعة = المـــسافة \ الزمن (والسرعة هي 9.70م /ث= المسافة100م \ والزمن مجهول ن)

آذن الزمن الجديد =10.30 ثانية أي بنقصان 0.20 ثانية عن الوقت الأصلي وهـــذا يمكن تحقيقه فقط بالتركيز على تكنيك الخطوات وتدريباتها (رفع الركبـــة أثنـــاء الـــركض والمرجحة الصحيحة وتطبيقات عزوم قصور الرجلين الذاتية بالشكل الصحيح)، فضلا عـــن ذلك يمكن تنفيذ تدريبات القوة المميزة بالسرعة بالصورة الصحيحة والتي تطور مـــن زمـــني الارتكاز والطيران لخطوات ركض العداء وهذا يعني إن زمن الدفع اللحظي يكون جدا قصير ويعطي ردود أفعال عالية أثناء الدفع لتطبيق حركات الارتكاز والطيران عند الركض.

هذه واحدة من المشاكل العلمية التي تخص الأداء الفني لاحد الفعاليـــات ذات الأداء المميز بالسرعة القصوية والتي يجب الانتباه لها إذا كان لدينا عـــداء ذو مواصـــفات بدنيـــة وفسيولوجية وجسمانية جيدة والذي من الممكن إن يكون لديه مؤهلات عداء سرعة.وماتم تطبيقه من تطوير في سرعة عداء 100 متر ، يمكن إن نطبقة على تدريبات السرعة لمختلف الألعاب بالاعتماد على هذه القيم الرقمية

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

التطبيق الثاني – استخدام نظرية الطاقة الحركية في تحديد شدة التدريب للاركاض القصيرة:

من المسلم به إن تحديد الشدة التدريبية لعداء المسافات القصيرة عند إجراء تدريبات السرعة ومطاولة السرعة الخاصة تكون من خلال تحديد الزمن القصوى لقطع هذه المسافات والتي تمثل الشدة القصوية لها (100%) ثم يتم تحديد الشدة المراد التدريب عليه من هذه الشدة، فمثلا عداء زمنه القصوى في 100 متر هو (10 ثانية) وهو يمثل الشدة القصويه له (100%) واريد لهذه العداء التدريب بشدة 90% وبتكرار (3 مرات) فان تحديد الشدة يكون بقسمة الزمن القصوى على الشدة المراد التدريب عليها وتكون بذلك:

10 ثانية \ 0.90 = 11,11 ث الزمن بشدة 90%

وهذه الشدة يكون التدريب عليها من قبل العداءين الذين يمتلكون أزمان تقدر(10 – 10.1 ثانية) دون مراعاة أوزان العدائيين او الفروق الفردية لهم. لهذا فقد جاءت نظرية الطاقة الحركية لتعطي واقع الفروق في أزمان هذه الشدد من خلال متغيرات معدل السرعة والكتلة لكل رياضي وكما يلي:

الطاقة الحركية لعداء يمتلك 10 ثانية في مسافة 100 مثلا وكتلته 70 كغم ، هي

ط ح = 0.5 الكتلة × مربع السرعة

$= 0.5 \times 70 \times (100 \backslash 10)^2$

=3500 جول

فلو أريد لهذه العداء إن يتدرب بـ (90%) من طاقته الحركية فنقول:

90% من طاقته الحركية = 3500×0.90=3150 جول

وبالرجوع بشكل عكسي الى المعادلة الأولى نقول

ط ح= 0.5 ك س ^{2}

$3150 = 0.5 \times 70 \times (100 \backslash ن)^2$

ن=10.50 ث وهو زمن التدريب بشدة 90% وهذا الزمن اخذ بنظر الاعتبار كتله اللاعب والتي تعتبر أحد المقاومات الهامة التي يتعرض لها العداء أثناء أداء حركات الركض (عمليات الارتكاز والطيران) وبذلك فأن العداء يبذل القوة الحقيقية التي يفترض إن يبذلها ضد

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

الجاذبية وبقوة تتناسب مع هذه المقاومة، حيث يلاحظ إن الزمن بشدة 90% المستخرج بطريقة الطاقة الحركية هو اقل بكثير من الزمن المستخرج بالطريقة التقليدية وهو (11,11 ث)وبهذا نكون قد حققنا الفائدة المرجوة من التدريب بشكل اكثر فاعلية وتأثيرا من الطريقة التقليدية .

ويمكن استخدام نفس الخطوات فيما يخص الطاقة الحركية الزاوية لتحديد شدة التدريب للحركات الزاوية باستخدام قانون الطاقة الحركية الزاوية ، ويترك واجب للطلبة في إيجاد

دفع القوة :

دفع القوة – هو مقياس تأثير القوة على الجسم خلال الفترة الزمنية المعطاة (وذلك في الحركات الانتقالية) ، وهو يعادل في الفترة الزمنية النهائية تكامل محدد للدفوع الأولية (الجزئية) للقوة ، حيث تنحصر حدود التكامل بين لحظتي بداية ونهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة.

وفي لحظة تزامن تأثير عدة قوى فأن مجموع دفوعها يعادل دفع محصلتها خلال نفس الزمن . حيث يكون هناك دفع لأي قوة ، مطبقة حتى ولو لاجزاء صغيرة من الثانية (مثلا – لحظة الارتقاء في الوثب الطويل)

دفع القوة بالذات يعين مقدار التغير في السرعة ، أما القوة نفسها فهي مسببة للتعجيل فقط باعتبارها معدل التغير في السرعة،

دفع القوة يعني (القوة في زمن تأثيرها) وهي تتحدد بالعلاقة (ق × ن) (T . F) ، وهي لها علاقة بمقدار التغير في الزخم والذي يرتبط بكتلة الجسم وسرعته لحظة دفع القوة وكما يلي:

القوة = الكتلة × التعجيل ..... (1)

ولما كان التعجيل = التغير في السرعة في زمن معين (التعجيل = س2 – س1 \ ن)

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

آذن يمكن ان نكتب المعادلة (1) كما يلي:

القوة = الكتلة × س2– س1 \ ن .....(2)

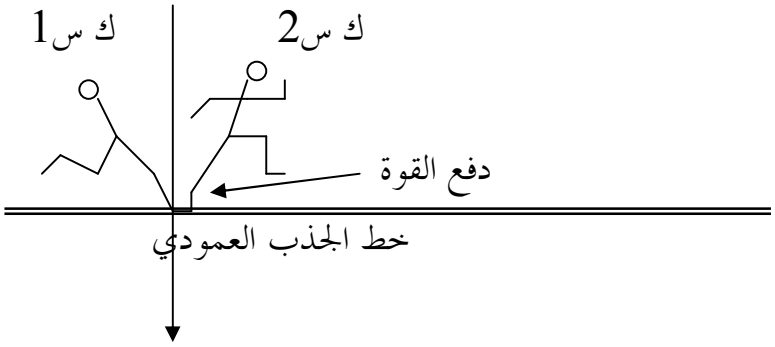
ولما كان الزخم = الكتلة × السرعة

اذن يكون المعادلة (2) كما يلي:

القوة = الزخم الثاني – الزخم الأول \ الزمن .....(3)

اذن القوة × الزمن (دفع القوة) = التغير في الزخم (** الزخم)

وكلما كانت قيمة التغير في الزخم موجبة فأن ذلك يعني إن دفع القوة كبيرا وان تغير الزخم كان نحو تحقيق سرعة اكبر ، والعكس صحيح ، وهذا يمكن أن يكون مؤشرا تدريبيا يعطي فكرة عن كمية الدفع الذي يحقق اللاعب أثناء الارتقاء مثلا – في حركات التهديف في بعض الألعاب او في لحظات الارتقاء في فعاليات القفز بالعاب القوى او في الحركات المشابهة (ولنأخذ المثال التالي لإيضاح ذلك) :



لحظة الدفع للارتقاء بالوثب الطويل مثلا فان دفع القوة هنا يكون :

دفع القوة = الزخم الثاني – الزخم الأول

فلو كانت كتلة اللاعب (70 كغم) و السرعة الأولى لحظة مس القدم الأرض قبل الارتقاء (8 م/ث) والسرعة التي ينطلق بها اللاعب بعد الارتقاء (5م/ث) فأن دفع القوة يكون هنا (70 ×5 – 70 ×8) ويساوي (– 210 كغم .م/ث) وهذه القيمة تدل على أن دفع القوة كان غير مناسب ، أما إذا كان العكس ، أي ان السرعة الثانية هي 8 م/ث والسرعة الأولى (5م/ث) فان دفع القوة يكون (+ 210) وهي تدل على أن دفع القوة كان عاليا وان التأثير إيجابي في الحصول على تزايد في سرعة بسبب بذل قوة اكبر لحظة

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

الدفع. أن هذا المؤشر يعطي دلالة للمدرب عن كمية دفع القوة المطلوبة والتي يجب على اللاعب ان يطبقها في حركات متعددة (مثل – كحركات الدفع عند الركض السريع – او حركة الارتقاء للتهديف بكرة اليد او السلة او الكبس بالطائرة .....الخ).

عزم القوة :

بالرغم من كثرة الحديث عن القوة ونتيجة تأثيرها (فعلها) فأن ذلك ينطبق فقط على ابسط الحركات الانتقالية للجسم أما حركات الإنسان كمجموعة أجسام ، حيث تكون جميع حركات أجزاء جسمه دورانية ، فأن التغير في الحركة الدورانية لا يتعلق بالقوة بل بعزم القوة.

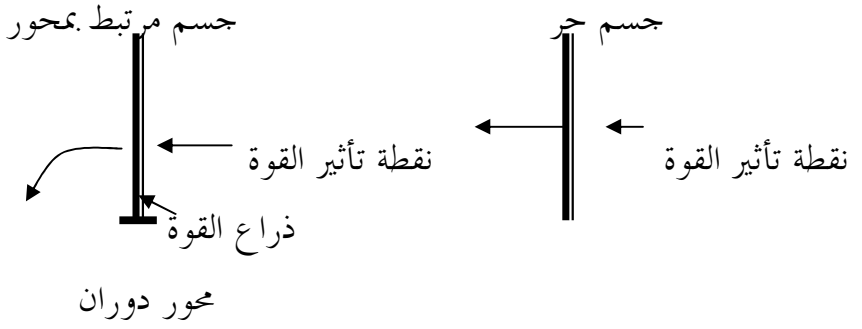
وعزم القوة – هو مقياس التأثير (او الفعل) الدوراني للقوة على الجسم ، ويعين كناتج لحاصل ضرب متجه القوة في ذراع هذه القوة:

عزم القوة = القوة × ذراعها (بعدها عن مركز الدوران)

ويحسب عزم القوة موجبا عندما تسبب القوة دوران الجسم عكس اتجاه عقرب الساعة ، وسالبا عند دورانه في اتجاه عقرب الساعة(من جانب الفرد القائم بالملاحظة).

وعزم القوة – كمية متجه لها نفس مواصفات القوة الميكانيكية (أي له مقدار واتجاه ونقطة تأثير وزمن) الا أن العزم له بعد(أي مسافة عمودية بين نقطة تأثير القوة ومحور الدوران) وتسمى بذراع القوة (في حالة المقاومة تسمى بذراع المقاومة) .

ولفهم اعمق للعزم نقول ، ان فعل القوة عندما يكون في مركز ثقل الجسم ، فأن فعل هذه القوة سوف يسبب انتقال ذلك الجسم خطيا ، أما إذا تقيد أحد أطراف هذا الجسم ، فأن هذه القوة سوف تسبب دوران هذا الجسم حول نقطة (التقييد) والتي تكون محور دوران ، لاحظ الشكل،:



جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

وتظهر القوة تأثيرها الدوراني عندما تطبق على ذراعها ، وبكلمات أخرى ينبغي الا يمر خط عمل القوة خلال محور الدوران. فأذا لم تقع القوة في المستوى العمودي على محور الدوران ، نشأ عن ذلك مركبه للقوة تقع في هذا المستوى ، تسبب عزم دوران حول المحور ، أما بقيـــة مركبات القوة فلا تؤثر عليه.

ومن مفهوم ان القوة المطابقة لمحور الدوران او الموازية له ، أيضا لا يكون لها ذراع بالنـــسبة للمحور ، وبالتالي لا يكون لها عزم.

ويتولد عن الشد الحادث في أي عضلة عزم قوة حول المحور بالمفصل ، حيث يعتـــبر مدغم العضلة في أجزاء جسم الإنسان نقاط لتأثير القوة ، والمفصل هو محـــور الـــدوران ، ومركز ثقل الجسم هو المقاومة .

أذن القوة =ك س /ن

وبهذا يمكن الحكم من الناحية النظرية على إن كمية حركة الجسم التي يمتلكها عند سرعة معينة تتناسب طرديا مع القوة المبذولة حسب هذا القانون وعكسيا مع الزمن، وهذا القانون يعطينا دلالة واضحة على أهمية السرعة في حصول الجسم على اكبر زخم (كمية حركة) ،

حيث إن **زخم الجسم = كتلة الجسم × سرعته**

أذن يمكن من القانون أعلاه من إن نشتق العلاقة التالية

س = دفع القوة \ الكتلة

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org