المحاضرة الخامسة

قوانين نيوتن خطيا ودورانيا كنظام لمراقبة التدريب وتقويم الحركات الرياضية

الاستاذ الدكتور صريح عبدالكريم

© جميع الحقوق محفوظة للأكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2006

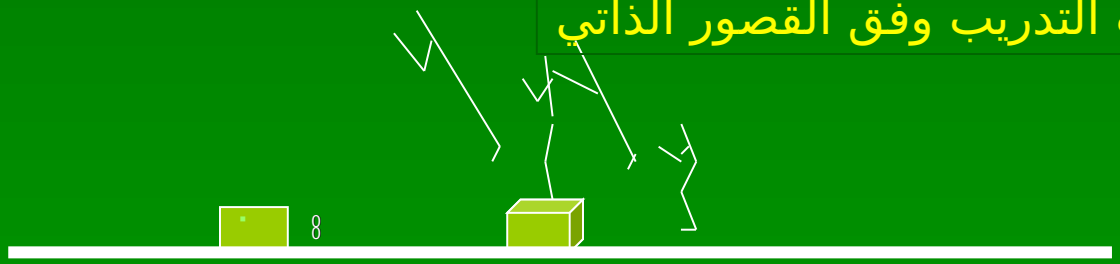
- يعتمد تطبيق القوانين الميكانيكية على المشاهدات التجريبية ، حيث يمكن من أي تجربة عملية استخراج العديد من المتغيرات والكميات الميكانيكية التي يمكن قياسها ، والتي تساعد الباحث على تحديد النتيجة لمثل هذه الكميات . وقد توجه العلماء لدراسة هذه القوانين الطبيعية ذات العلاقة بميكانيكية الحركات من أجل اختبار هذه الكميات لغرض التحليل للاستفادة من نتائج هذا التحليل وتطبيقها على الحركات الرياضية المختلفة.
- معظم القوانين الميكانيكية الأساسية يمكننا اشتقاق العديد من الكميات الميكانيكية الأخرى منها ، كالازاحه (البعد) والكتلة والزمن والتعجيل الارضي ، والتي تستعمل للحصول على السرعة وتعجيل الجسم والقوة وكمية الحركة والدفع والشغل والطاقة الحركية والكامنة والقدرة بالإضافة الى الكميات الميكانيكية الخاصة بالحركات الزاوية لكل ما سبق.
- ومن أجل التعرف على مدى الاستفادة من قوانين الحركة في مجال التطبيقات العلمية والعملية في المجال الرياضي ، يجب علينا أولاً إعادة المعلومات حول بعض الكميات الميكانيكية المهمة :
- الإزاحة Displacement : وهي تعني اقصر بعد بين بداية ونهاية حركة جسم ما ، ويجب تحديد اتجاهها ومقدارها وتقاس بوحدة (المتر) وهي كمية متجهه.
- القصور الذاتي Inertia : وهي مقاومة الجسم للحركة في خط مستقيم ، وكتلة الجسم عبارة عن مقياس قصوره الذاتي ، وحدة القياس (كغم).
- الزمن Time: وهى مدة حدوث تغير ما في حركة الجسم ويقاس بوحدة (الثانية).
- السرعة المتجهة Velocity: وهي تغير موقع الجسم (الإزاحة) بالنسبة للتغيير في الزمن. وتقاس بـوحدات (م/ث).
- التعجيل Acceleration : وهو تغير في السرعة بالنسبة للتغير في الزمن ويقاس بوحدات (م/ث2).
- القوة Force : وهي الفعل المؤثر التي يؤثر على الجسم بالدفع او الرفع او السحب او الشد ولها مقدار واتجاه وزمن ونقطة تأثير ، وتقاس بوحدات(النيوتن).

- من المعروف أن حركة الجسم يمكن أن تحدث بفعل (تحت تأثير) القوى المحركة المطبقة عليه ، أو بدون هذه القوى المحركة، وتحدث الحركة عندما تكون القوة المعيقة هي القوة المطبقة وبتأثير متبادل مع القوة المحركة ، فلا يمكن ان تحدث أو توجد حركة بدون هذا التأثير المتبادل بين القوى المعيقة والمحركة.
- فالتغير في الحركة يحدث من خلال تأثير هذه القوى ، وفي ذلك تنحصر فكرة الجزء الثاني من القانون الأول لنيوتن عن تغير الحركة تحت تأثير القوى المطبقة ، وبكلمات أخرى يمكن القول أن القوة ليست سبب الحركة ، ولكنها سبب التغير في الحركة ، وأن خصائص ومؤشرات القوى تكشف عن العلاقة بين تأثير القوى وبين التغير في الحركة.
- وعلى اساس ذلك اعتمد قانون نيوتن الاول للحركات الخطية في تطبيقاته الميدانية والتي يمكن استغلالها في المجال الرياضي وكما يلي:

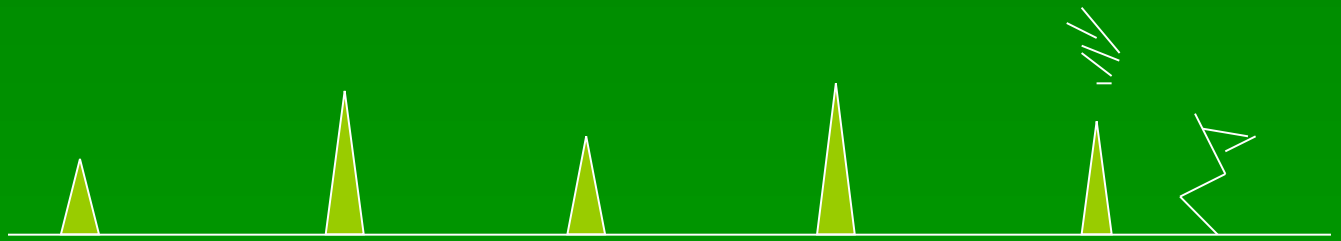
- تطبيقات قوانين الحركة الخطية:
- قانون القصور الذاتي : ينص على أن كل جسم يبقى على حالته من سكون او حركة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته.وبتعبير آخر يعني قدرة الجسم على مقاومة التغير في حالته (الساكنة أو الحركية) على شرط إن تكون القوة المؤثرة في تغير الحركة هي قوة مركزية (أي تمر من مركز ثقل الجسم) .
- لذا فأن مفهوم القصور الذاتي يعني " خاصية الأجسام المادية ، التي تظهر في سكون هذه الاجسام عند تعرضها لقوة خارجية او تغيير سرعتها بمرور الزمن ، عندما تؤثر عليها نفس القوة" أي يعني ارتباط كتلة الجسم بسرعته .
- من هذا القانون نستنتج أن أي محاولة يقوم بها الجسم (بذل قوة) للاحتفاظ بحالته التي يكون عليها سواء سكون أ و حركة (كمية القوة المقاومة للجسم) تتناسب طرديا مع كتلته ومع مساحة قاعدة ارتكازه وارتفاع م ك ج وزاوية سقوطه.
- وهذه المفاهيم جميعها تعطي – " مقياس القصور الذاتي للجسم في الحركة الانتقالية وتقاس بالنسبة بين مقدار القوة المطبقة وبين ما تنتجه هذه القوة من تعجيل لذلك الجسم أو مقدار ما تبيديه قوة ذلك الجسم من فعل لايقاف الحركة "
- وكلما زادت كتلة الجسم كأحد العوامل التي تلعب دورا كبيرا في قصور الجسم كلما كان القصور الذاتي اكبر للتغلب على المقاومات المختلفة ، فعلى سبيل المثال، لا يتمكن أن يتصارع مصارع كتلته (100 كغم) مع مصارع كتلته (60 كغم) وذلك لان صاحب الكتلة الأكبر سيكون عليه سهل جدا من تغيير حركة اللاعب ذو الكتلة الأقل ، وذلك لان القصور الذاتي للمصارع ذا الكتله الأكبر، سيكون اكبر بكثير من المصارع الأقل كتلة وبالتالي سيكون صعب جدا على المصارع الأقل كتلة من تغير الحالة الحركة للمصارع الأكبر كتلة ، وعلى هذا الأساس تم تقسيم اللاعبين الى أصناف وفق كتلهم وكذلك الحال في الالعاب القتالية الاخرى ورفع الاثقال ايضا. ومن جهة اخرى ان الذي يمتلك كتله اكبر دل ذلك على امتلاكه اتزان وثبات عاليين وذلك لان الكتلة احد العوامل التي تتناسب طردياً مع الاتزان والثبات والذي يعني احتفاظ الجسم بحاله عالية لقصوره الذاتي.
- وتحتاج بعض الرياضات إلى أن يمتلك اللاعب قصور ذاتي قليل لكل يبذل قوى للتغلب على قوة الجاذبية من اجل تحقيق انجاز اكبر ، كما هي الحال للاعبي الجمناستك عند ا داء الحركات الدر وانية وزيادة هذا القصور عند الهبوط من الأجهزة.

- ويمكن استغلال تأثير قوة الجذب الارضية (المعيقه) في تطبيق بعض التدريبات التي تهدف الى تطوير قوة القفز (دفع القوة) والتي تعد قوى محركة للجسم ، بكل انواعها وبالسيطرة على كتلة الجسم وكتل اجزاء الجسم كقصور ذاتي ، عند تطبيق حركات القفز من والى الصناديق مثلاً ، ا و حركات القفز على الارض كالحجل او الركض على شكل وثبات ، او القفز على حواجز مختلفة الارتفاعات ، حيث ان تطبيق هذه التدريبات يعني استغلال قوة الجاذبية كقوة معيقه لتطوير القوة العضلية التي تواجه هذه القوة المعيقه وبالتحكم بأطوال اجزاء الجسم وكتلتها ، للتغلب عليها من قبل العضلات المسؤوله عن هذه المواجه بشكل اساسي وهي تمثل نسبه محددة من كتلة الجسم الكلية ، وهذا يعني تطور القوة النسبية لهذه العضلات وهي المسؤوله عن احداث الحركة وتغيرها لجسم الانسان ، ومن الممكن ان تؤثر هذه التدريبات على تطور النواحي الفسيولوجية من خلال زمن الجهد التي تؤدى به هذه التدريبات. ومن جهة اخرى فأن تطور هذه القوة يمكن ان يسبب في تطور القوة المحركه (العضلية) والتي تعد السبب الحقيقي في تغير حركة الجسم كما في حركات الركض او القفز او السباحه ..الخ.

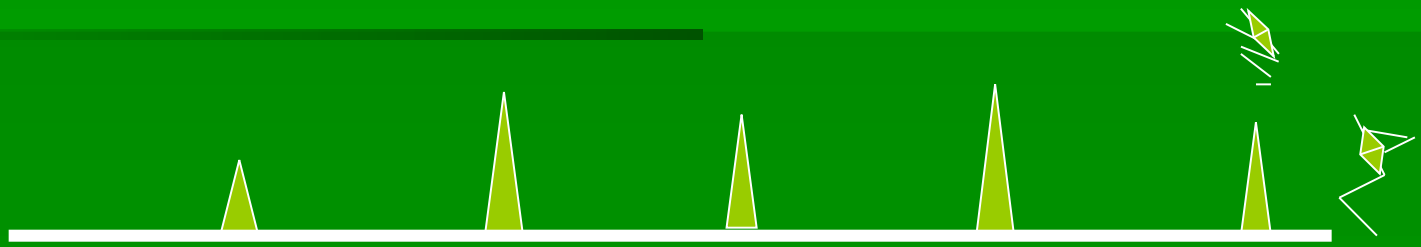
ذج من تطبيقات التدريب وفق القصور الذاتي



تمارين المساطب بالتحكم بأنصاف اقطار الجسم



تمارين القفز بين الحواجز بالتحكم بأنصاف اقطار الجسم



تمارين القفز بين الحواجز بالتحكم بكتلة الجسم وأنصاف اقطاره

- وكذلك تحتاج بعض الرياضات الى أن تكون كتلة الجسم قليلة من اجل أن تكون القوى التي تحاول تغير حالة الثابتة إلى الحالة الحركية قادرة على تنفيذ هذا التغيير (مثل لاعب الوثب العالي)، حيث كلما اقترب اللاعب من تخفيف أو تقليل المقاومة التي يتعرض لها (القصور الذاتي)، يكون قد اقترب من أداء الحركة بشكل ناجح.
- لذا يكون القصور الذاتي مفيداً عند تطبيق بعض الحركات عندما:
- - يحتفظ الجسم باتزان عالي في أثناء الأداء على بعض الأجهزة.

وعندما يكون المطلوب منه الاستمرار بحركة الجسم في بعض المهارات .

وهذا يتطلب من المدرب ان يضع بنظر الاعتبار عند تعليمه الحركات او تدريبها الى لاعبيه هذا المبدأ المهم.

- ويكون القصور معوقا كما يلي:
- -في بعض حالات البداية لبعض المهارات التي تتطلب قوة مميزة بالسرعة.
- - وفي مرحلة النهاية لبعض المهارات التي تتطلب توقف في الحركة او التوقف مرة واحدة، مثل الهبوط من الأجهزة.
- مما سبق نلاحظ انه يمكن تطبيق او الاستفادة من هذا القانون في التطبيقات الخاصة بالتعلم وأداء بعض المراحل الفنية الخاصة ببعض الألعاب وخصوصا في الألعاب الفردية ، مثال ذلك ، البداية في الاركاض ، جميع الركلات الثابتة او المتحركة بكرة القدم ، بعض المهارات بالجمناستك ، المصارعة وحالات تغير الاتجاه في بعض حركات الالعاب المنظمة (العاب الكرة) .....الخ.

- أما ما يخص قانون القصور الذاتي في الحركات الدورانية ، وهو مقياس القصور الذاتي للجسم خلال الحركة الدورانية (الزاوية).
- و هذا القانون ينص على إن أي جسم يميل للاستمرار بالدوران بكمية حركة زاوية إلا إذا أثرت عليه قوة لامركزية أو زوجين من القوى، أي تؤثر في نقطة تبعد بمقدار معين عن مركز ثقل الجسم.
- وجميع حركات الجسم وأجزاءه تعتبر حركات دو رانية ترتبط بمحاور دوران (مفاصل) وتتوزع كتل أجزاء الجسم حول هذه المحاور ، وعندما يكون مركز الكتلة قريب من محور الدوران فان هذا الجسم يمتلك اقل 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 بهذا التغير أو تقل (عزم القصور الذاتي = الزخم الزاوي / السرعة الزاوية ، وهذا المبدأ يمكن أن يستخدم كمبدأ تدريبي (من خلال التحكم بأنصاف أقطار أجزاء الجسم عند التدريب على تطوير الأداء مثل حركات القفزات في العاب القوى والجمناستك وحركات التهديف بألعاب الكرة والهجوم بالكرة الطائرة .....الخ) ، او التحكم بكتل هذه الأجزاء عند التدريب بإضافة أوزان بنسب محددة عند التدريب. والعلاقة الرياضية التالية هي التي تحدد ذلك:
- عزم القصور الذاتي = الكتلة × مربع الطول ^{2} (أو(نق^{2})
- والطول هنا نعني به طول الجسم أو جزء الجسم أي نصف قطر الدوران .

- ويرتبط هذا التغير بوجود قوة لامركزية ، أي تؤثر على بعده عن مركز ثقل الجسم.وجميع 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 فان هذا الجسم يمتلك اقل 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 بهذا التغير أو تقل ، وهذا المبدأ يمكن أن يستخدم كمبدأ تدريبي (من خلال التحكم بانصاف اقطار أجزاء الجسم عند التدريب على تطوير الأداء مثل حركات القفزات في العاب القوى والجمناستك وحركات التهديف بالعاب الكرة والهجوم بالكرة الطائرة .....الخ)
- فضلا عن ذلك، انه من الممكن إن تشير قيم عزم القصور الذاتي عن طبيعة القياسات الجسمانية التي يجب أن يتميز بها كل لاعب وفقا لخصوصية اللعبة والتي يجب أن تلائم مع طبيعة التدريبات والأداء. فمثلا في حركات التعلق بأجهزة الجمناستك يحتاج اللاعب إن يسلط قوة كبيرة للتغلب على قوة جذب الأرض، فعند القيام بالمرجحة فان اللاعب سيعمل على إطالة نصف قطر الحركة (المتمثل بطول الجسم) للأسفل من اجل زيادة سرعة الجسم (المحيطية او الزاوية) تحت تأثير قوة الجذب، ويعمل على تقليل نصف قطر الجسم عند الحركة باتجاه الأعلى من اجل زيادة السرعة الزاوية تحت نفس تاثير الجاذبية الأرضية ولزيادة الزخم الزاوي وحفظه، وبذلك يتم الحصول على السرعة الزاوية المطلوبة ليتمكن من الوصول الى وضع الوقوف على اليدين بعد عدة مرجحات توافقية، ونفس المبدأ يكون على العقله، ووفق القانون التالي الذي له علاقة بعزم القصور الذاتي الذي = الكتله × مربع الطول

- ان ما تقدم يساعدنا في كيفية الاستفادة من كتلة الجزء الاكبر في الجسم عند تطبيق مختلف لحركات حيث ان البدء بحركة الكتلة الاكبر اولا تساعد في اكتساب الجسم الزخم المطلوب والذي يسهل عمل اجزاء الجسم الاخرى الاقل كتلةً (كتل الجسم على الحركة وتوجيه المسار الحركي بدقة عالية).
- وهذا المبدأ قد يخفى على الكثير من المدربين في مختلف الالعاب عند تطبيق التكنيك لمهاراتهم ، مثلا حركة ذراع الكابس في الطائرة ، وحركة ذراع اللاعب الذي يقوم بالتهديف بكرة السلة او كرة اليد ، حيث ان من الناحية العلمية وفق المبدأ السابق ، فأن اللاعب الكابس اثناء اداء ضربته الساحقه يجب ان يبدأ بحركة الجذع ثم العضد ثم الساعد فاليد ، حيث نلاحظ الكثير من اللاعبين يبدؤون بحركة الذراع دون مراعاة هذا التسلسل والذي يعطي فاعلية عالية لحركة الذراع عند ضرب الكرة وهذا المبدأ يجب ان يقوم بتطبيقه لاعبي كرة السلة واليد،وكذلك عند تنفيذ حركات لاعبي الرمي بألعاب القوى ، حركات لاعبي المضرب بأنواعه، حركات لاعبي كرة القدم ..... الخ.
- حيث يرتبط هذا التدريب بمبدأ الزخم الزاوي الذي يحقق الجسم اثناء الدروان وارتباط هذا الزخم بالزخم الخطي الذي سبق وأن تكلمنا عنه سابقا ووفقا لما يأتي:

- فالزخم الزاوي = عزم القصور الذاتي × السرعة الزاوية
- وعندما نقول ان طول الجسم له علاقة بعزم القصور الذاتي، فأن الزخم الزاوي له علاقة ايضا بطول الجسم ووفقا للمعادلة اعلاه بعد ان نستعيض عن القصور الذاتي بـ (ك × نق 2) وكما يلي:
- الزخم الزاوي = ك × نق 2 × السرعة الزاوية
- ولما كانت السرعة الزاوية × نق = السرعة الخطية
- اذناً { الزخم الزاوي = ك نق × السرعة الخطية }
- ولما كانت (ك × السرعة الخطية = زخم خطي)
- لذا ((فالزخم الزاوي = نق × الزخم الخطي))
- وهذا يعني ارتباط سرعة الجسم الخطية بالزخم الزاوي للجسم ، وأن أي زيادة للزخم الزاوي يسبب زيادة في الجسم الخطي للجسم وهو ما يعطي التأثير الفعال لحركات رامي القرص والمطرقة وحركات لاعبي الجمناستك عند قيامهم بالدورانات المطلوبة منهم في بعض الحركات الارضية او على الاجهزة.

- ويلاحظ ان التحكم بأنصاف اقطار الجسم (أطوا له) يتناسب تناسب عكسي مع السرعة الخطية والمحافظة عليها طالما احتفظ الجسم بطول ثابت (التكور مثلا)، وفق القانون اعلاه وهذا ما يعطي انتقال سريع للجسم بعد تركه الجهاز كما في بعض حركات الجمناستك او بعض حركات القفز التي يهدف منها اللاعب الحصول على ابعد مسافة افقية او عمودية ، حركات التطويح التي تؤكد على اطالة الذراع برمي القرص او المطرقة والتي تعطي الافضلية في زيادة الزخم الزاوي لهذه الحركات مع الاحتفاظ بسرعة خطية مناسبة.ان كل ما تقدم يمكن ان تكون مؤشرات تدريبية وتعليمية للمهتمين بهذا المجال عند تنفيذ برامجهم سواء على الناشئين او الشباب او المتقدمين، وهذا يعني استخدام الاسس الميكانيكية التي تعكس قيم رقمية يمكن الاعتماد عليها في تقويم برامج التدريب والمتابعة الدورية وفق هذه الاسس لتعديل هذه البرامج وفق ما تقدم اعلاه.

- القانون الثاني الأساسي للحركة الخطية
- قانون نيوتن الثاني
- شكليا تعتبر القوة السبب الرئيسي في أحداث جهد عند الدفع أو السحب أو الرفع، وبهذا تحدث تغيرات في حركة الجسم إذا ما استخدمت هذه القوة. لذا فأن القوة هي سبب تغير حركة الجسم، وطالما ان الجسم مرتبط بكتلة، فان التغير في حركة الجسم يرتبط بمقدار كتلة هذا الجسم والسرعة التي يتحرك بها من بداية الحركة الى نهايتها، وهذه الحالة مثلا تكون عند انطلاق اللاعب للبدء باي أداء حركي يتعلق بتنفيذ واجب حركي محدد. ولما كان كل من كتلة الجسم وسرعته تعبر عن مقدار كمية الحركة التي يمتلكها ذلك الجسم والتي لها علاقة بشكل وحجم القوة المبذولة، لذا فأن القوة هي التي تسبب تغير في كمية حركة الجسم دائما. ولها فان كمية الحركة تعني

- كتلة الجسم × سرعته
- وهذه الكمية مرتبطة بمقدار القوة، لذا فأن القوة تعني التغير في كمية حركة الجسم

- **وطبقا لرأي نيوتن، فأن القوة هي مقياس لرد الفعل الداخلي للجسم، لذا فأن التغيير** في كمية الحركة يرجع الى مقدار كمية رد الفعل الداخلي (والتي تكون عند الإنسان ردود أفعال الجهاز العصبي – العضلي المشتركة)، حيث يمكن أن يكون التغير في السرعة أو لا يكون قياسا برد الفعل الداخلي هذا.
- أن معدل التغير في كمية الحركة يتناسب طرديا مع القوة المنتجة لهذا التغير، وهذا الكلام له علاقة بالقانون الأول للحركة (نيوتن الأول) والذي مضمونه إن كل جسم يبقى على حالته من سكون أو حركة منتظمة في خط مستقيم مالم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته. من الأمثلة على ذلك في الأجسام الصلبة، انه يمكن أن يكون اختلافات مابين القوة الداخلية والخارجية عند ضرب كرات البليارد (مثلا) أو حركة التهديف بكرة القدم او التدريب على تغير كتل الأدوات (كاستخدام كرات اقل او اعلى من الوزن القانوني) لتحقيق زيادة في مقدار القوة (وهنا القوة العضلية) التي تغير حركة الأداة، أو استخدام أدوات مساعدة وباوزان اكثر أو اقل من الأدوات القانونية في التدريب، (مثل عند تدريب المصارعين مع لاعبين اكثر من أوزانهم، أو أدوات رمي غير قانونيه في العاب القوى ..... الخ). وبهذا يمكن تحديد القوة الداخلية والقوى الخارجية في معظم الرياضات.
- ونشير هنا الى القوة الداخلية هي الانقباض العضلي، أما الجاذبية وقوى الاحتكاك والمقاومات الأخرى فهي قوى خارجية.

- أن مبدأ تغير كتلة الجسم والذي يحتم على اللاعب من زيادة القوة المبذولة لكي يحقق التعجيل المناسب، هو مبدأ يشير ان انه يمكن زيادة قدرة الشعور العضلي والنظام العصبي المصاحب لهذا الشعور لدى اللاعب عند استخدام هذه الادوات، وهو مبدأ تدريبي تعليمي يعتمد على تحسن التوافق العصبي العضلي، من خلال التحكم بثلاث متغيرات اساسية هي كما يلي:
- انه بثبات الكتلة (مثل كتلة الكرات او الاثقال او الادوات) يمكن زيادة القوة للحصول على تعجيل عالي لهذه الادوات ، وهذا ما يخدم الاداء الفني وما يرتبط بهذا الاداء من صفات بدنية اساسية لتطبيقة كالقوة. ومن هذا نستنتج ان لكل قوة تعجيل
- انه بثبات القوة (القوة العضلية المستخدمه في الاداء) وتغير كتل الادوات المستخدمة يمكن التحكم بتعجيل هذه الادوات (مثل استخدام اقصى قوة عضلية لرمي الادوات بالرغم من اختلاف كتلها) وهذا يعطي ايجابية عالية في تطوير سرعة القوة . ومن هذا تستنتج لن لكل تعجيل قوة.
- انه بثبات التعجيل(سرعة الجسم)وتغير القوة يمكن ان نحصل على الدقه المطلوبة باستخدام اداة واحدة(ككرة السلة عند التهديف من مناطق متعددة والتي تتطلب استخدام قوة تتناسب وبعد اللاعب عن الهدف ليتمكن من تحقيق التعجيل المناسب الذي يضمن وصول الكرة الى الهدف (حلقة السلة) بنفس التعجيل بالرغم من اختلاف مسافات التهديف والتي تتطلب مقادير مختلفة من القوة لإيصال الكرة الى الهدف بالدقة المناسبة والمطلوبة

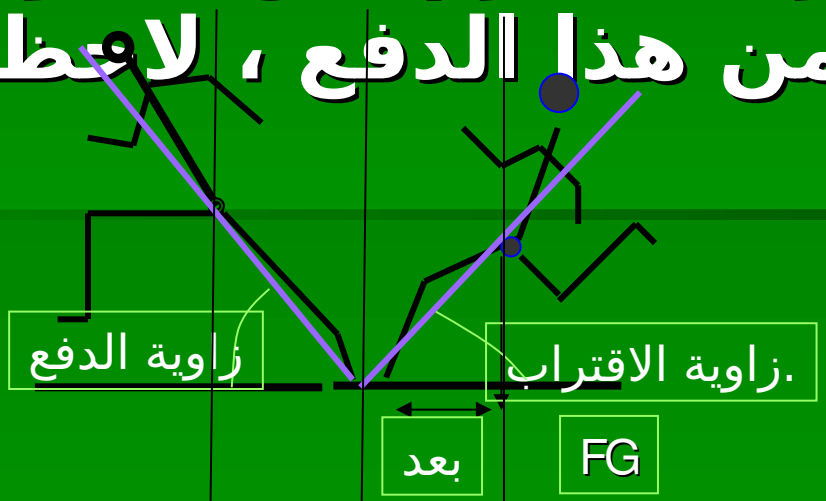
- هذه المبادئ الميكانيكية تعد مبادئ اساسية في عملية التعلم والتدريب الرياضي والتي من الممكن ان تصاحبها التغذية الراجعة على شكل معلومات ميكانيكية ذات علاقة بالكتلة والتعجيل والقوة والتي تستخدم في مهارات رياضية متعددة كالتهديف والمناولة بكرة القدم واليد والسلة والكرة الطائرة وألعاب المضرب وألعاب الرمي (في العاب القوى) وألعاب البولنك والبيزبول والمصارعة والملاكمة.. الخ ، من الالعاب الاخرى.
- وهذا يعد مجالا عمليا وتطبيق فعلي للاسس الميكانيكية في مجال التعلم الحركي والتدريب الرياضي والتدريس والتي تتطلب من الباحثين اجراء البحوث التجريبية لتعميم نتائجها على العاملين في المجالات فضلا عن اهميتها في تعزيز الجانب النفسي الذي له علاقة بالمدركات وأجهزة الاحساس الحركي.

- **قانون الحركة الثاني في الحركات الدورانية**
- ينص على إن العزم المؤثر على جسم ما يتناسب مع التغير في كمية الحركة الزاوية، لذا يكون العزم له مواصفات القوة في تغير كمية الحركة للأجسام الدورانية، وعندما يرتبط العزم بزمن الفعل عند الأداء، فنطلق علية عزم دفع القوة الذي يكون السبب في تغير كمية الحركة الزاوية:
- **عزم دفع القوة = التغير في كمية الحركة الزاوية**
- **ولما كانت كمية الحركة الزاوية = عزم القصور الذاتي × السرعة الزاوية**
- **وبما أن عزم القصور الذاتي = الكتلة × نق 2**
- **والسرعة الزاوية = السرعة المحيطية / نق (الطول)**
- **اذناً عزم دفع القوة = كتلة الجسم × نق × السرعة المحيطية**
- **وبما السرعة × الكتلة تعني كمية الحركة الخطية (زخم خطي)**
- **اذناً عزم دفع القوة = الزخم الخطي × نق**

- **أي انه من الممكن ان يؤثر الزخم الخطي على جسم يرتبط بمحور وتبعد نقطة التأثير بمسافة معينه عن هذا المحور ويسبب في توليد عزم دوراني لهذا الجسم ووفقا للقانون أعلاه، واذا تم حدوث هذا العزم بزمن محدد فيمكن ان نقول عليه عزم دفع القوة الذي يعني استخدام دفع القوة باقل زمن ممكن لتوليد قوة دورانية:**
- ***((عزم دفع القوة يعني هنا القوة المبذولة بأقل زمن لانتاج الدفع الدوراني))***
- ***[أي الدفع الزاوي = عزم دفع القوة × زمن التأثير]***

- لذلك نجد إن السرعة الخطية للجسم والتي لها علاقة بكمية القوة المبذولة تدخل في صياغة هذا القانون وفي تحديد عزم دفع القوة الذي يكون السبب الرئيسي في تغير كمية الحركة الزاوية، وهذا يعطي مؤشرا لفاعلية القوة العضلية في التأثير على التغير في كمية الحركة الزاوية والتي يجب أن تعطى لها الأولوية والأهمية في التدريبات الخاصة بنوع اللعبة.
- ويزداد عزم دفع القوة بزيادة القوة الداخلية للعضلات العاملة على أجزاء الجسم العاملة ويرتبط عزم القوة في التغلب على عزم وزن الجسم (عزم الجاذبية) المصاحب للأداء في كثير من المهارات الرياضية والذي يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار عند تنفيذ هذه الحركات، وهذا يرتبط بزوايا الدفع والاقتراب وزاوية الطيران والهبوط وما يصاحبها من ارتفاعات لمركز ثقل الجسم في هذه المراحل (زوايا الركبة والوركين. الخ) إن زيادة هذه الزوايا تعني نقصان من عزم الدوران المقاوم (عزم الوزن) وزيادة عزم القوة بزمن قصير والذي يعني زيادة عزم دفع القوة (الدفع الدوراني)

- **عزم الوزن = عزم دفع القوة عند مراعاة زمن هذا الدفع ، لاحظ الشكل التالي:**



إن هذا المبدأ يكون مهما عند تدريب الأداء الفني لحركات أوضاع الرمي في فعاليات الرمي بألعاب القوى ، وكذلك في لحظات الارتقاء عند لاعبي الكرة الطائرة وعند لحظات الارتقاء للاعبي كرة السلة .....الخ.

- قانون نيوتن في الحركة الثالث في الحركة الخطية
- إن وجود قوتين متساويتين في المقدار ومتضادتين في الاتجاه يشير الى تفاعل بين هذين الجسمين مع بعضهما، وفي المجال الرياضي الكثير من الحركات التي تتطلب وجود قوتين متعاكستين ومتساويتين في المقدار وحسب نوع الحركة ، حيث يمكن أن يكون الجسمين جزأين من أجزاء الجسم ، أو الجسم ذاته مع جسم آخر (كالأرض أو خصم اخر مثلاً) أو الجسم مع الأداة المستخدمه.
- وبشكل عام كل حركه يقوم بها الرياضي من ركض أو قفز أو رمي لايمكن ان تحدث الا بوجود قوى ، احدهما القوى الداخلية المتمثله بالقوة العضلية وردود افعالها العصبية العضلية ، والقوى الخارجية والتي تشمل قوى الجاذبية الارضية والاحتكاك ومقاومة المحيط (هواء او ماء)الخ.. ، والعلاقة بين هذه القوى اثناء اداء القفز او الركض او الرمي هي التي تنتج الفعل النهائي لهذه القوى من اجل دفع الجسم القفز او الركض ،

- ولتوضيح ذلك ، نقول إن في جميع حركات الركض أو حركات القفز هي عبارة عن فعل ورد فعل متبادل بين القوة الداخلية(العضلية) والقوة الخارجية (الجذب) ويكون التأكيد على حركة الدفع بالرجلين بشكل خاص من خلال العضلات العامله فيها ، وان يكون الدفع هنا بزاوية وخلف مركز كتلة الجسم ، حيث يمكن أن ينتقل الجسم بسبب هذا الدفع نحو الأمام،و يكون تسلسل الدفع بامتداد الوركين (الفخذ) والركبة ثم الكاحل، ولهذا السبب تتحدد السرعة بصورة رئيسية بمستوى قوة العضلات التي تقوم بالانبساط (الامتداد)وخصوصا العضلات ذات الرؤوس الثلاث الخلفية ، وهذه الفكرة تعطي إهمالا للمرحلة التي يكون فيها انثناء في هذه المفاصل (المرحلة التي تكون فيها الرجل المرجحة أمام مركز ثقل الجسم في لحظة الارتكاز) حيث يعتقد إن هذه المرحلة هي اكثر أهمية في تحقيق السرعة في الركض القصير القصوى من المرحلة التي يكون نقطة الارتكاز خلف مركز ثقل الجسم ، ولتفسير ذلك من خلال قانون نيوتن الثالث ، نقول:

- إن اللاعب يتمكن من الركض لمسافة قصيرة وبسرعة قصوى من خلال قوى رد الفعل الأرضية وفعل القوة الداخلية، وعلى ذلك فأن هذا التبادل للقوة تمكن العداء من العمل والتأثير على تحقيق السرعة فقط له عندما تكون قدم رجله الدافعة على الأرض (في مرحلة الارتكاز، والتوقف اللحظي، والدفع)، وتكون القوة المسلطة على الأرض مساوية ومقابلة للقوة التي تدفع اللاعب الى الأمام، ويعتمد حجم القوة بشكل رئيسي على القوة العضلية العاملة في مفاصل اللاعب المشاركة بشكل حقيقي في الحركة، ولهذا السبب ينبغي النظر في موضوع تدريب القوة مثل تلك الخاصة بتقوية العضلات العامله بالأداء والعضلات الظهرية والبطنية على وفق ردود الافعال التي تستطيع العضلات تحقيقها من اجل الحصول على ناتج افعال مقابله لها.
- وقد أظهرت نتائج بعض البحوث إن التغير في زوايا الورك والركبة والكاحل بين كل من الارتكاز والدفع كردود افعال هي كما يلي:

- يوضح زوايا مفاصل الطرف السلفي ومشاركتها في الاداء

الزاوية	لحظة الهبوط	لحظة الارتكاز	لحظة الدفع	الفرق الزاوي
الورك	148	-	203˚	55˚
الركبة	162˚	165135	3˚	
الكاحل	130˚	100˚	150˚	20˚

- وبناءً على هذه الحقائق ينبغي أن يكون مد الركبة ذو أولوية ثانوية، وبذا تكون نسبتها في إنتاج السرعة تشكل رقما اقل (رغم إنها تدرس منذ فترة طويلة ولا تزال كذلك يومنا هذا على إنها تشكل النسبة الأكبر في إنتاج السرعة)، إضافة الى ذلك لايمكن إن يكون مد الكاحل حاسماً في السرعة، وبهذا فأن مد الورك (الذي يقطع إزاحة زاوية تقريباً 55˚) هو الذي يشكل الأهمية الأكبر في هذا الصدد، ويكون فعلها اكبر من باقي المفاصل والتي تجتمع قيمها معاً في تكوين الفعل الداخلي المناسب لرد الأرض بفعل له نفس القيمة وباتجاه معاكس وفقاً لزاوية العمل مع الأرض (زاوية الدفع).

- -قانون نيوتن الثالث في الحركات الدورانية
- ينص على إن لكل عزم مؤثر من جسم الى أخر هناك عزم أخر مساوي له في المقدار ومضاد له في الاتجاه، ويكون لحظيا من الجسم الثاني إلى الجسم الأول، يمكن تفسير حركة كابس الكرة الطائرة بهذا الصدد، أم حالات الاتزان في بعض الألعاب، وكذلك لاعب الحواجز الذي يبدو واضحا على حركته أثناء اجتياز الحاجز إن حركة الرجل القائدة وسرعتها تعتبر فعل تحتاج الى فعل أيضا لرفع الطرف العلوي (كرد فعل) لذا فان الطرف العلوي سوف يعمل على الثني للأمام في الاتجاه العكسي للرجل كرد فعل وكل هذه الحركات عبارة عن عزوم قوى وعزوم مقاومة.
- أن مبدا قانون نيوتن الثالث في الحركات الدورانية يلزمنا معرفة عزم القصور الذاتي بدقه الى حد ما حتى يمكن استخدام قانون بقاء كمية الحركة الزاوية والذي يعطي معنى تفصيلي لقانون نيوتن الثالث في الحركات الدورانية، وينص هذا القانون على أن عزم الدفع الكلي لحركة دائرية يظل ثابتا اذا كان حاصل ضرب عزم القصور الذاتي في السرعة الزاوية ثابتا :
- عزم القصور الذاتي الاول × السرعة الزاوية الاولى = عزم القصور الذاتي الثاني × السرعة الزاوية الثانية
- (يقصد بعزم القصور الذاتي الاول بالنسبة لحركة لاعب كرة اليد عند التهديف هي للذراع وسرعتها الزاوية، وعزم القصور الذاتي الثاني هو للورك وسرعته الزاوية)