المحاضرة // الخامسة

القوى المؤثرة في الحركة

إعداد

ا.د إنتصار كاظم عبد الكريم

2024 /2023 م

✧القوى المؤثرة في الحركة

إن ما يحدث من تغير في حالة الجسم من السكون أو الحركة سواء كان التغير زيادة أو نقصان في سرعة حركته أو حتى عند إيقاف حركته ، فانه يحدث نتيجة تعرض الجسم إلى نوع من القوى وقد تكون نتيجة قوة داخلية أو نتيجة لنوع من أنواع القوى الخارجية .

كما إن تأثير تلك القوة يعتمد على ثلاث عوامل هي (اتجاهها ، مقدارها ونقطة تأثيرها) وكل واحدة منها لها دور في تحديد شكل ومسار ومقدار الحركة ؛ إن وصف الحركات وفق مبادئ البايوميكانيك المختلفة ، تمنح اللاعب والمدرب القابلية على كيفية استثمار القوى المختلفة في تنفيذ الأداء بأفضل مستوى.

ومن أجل توضيح كيف تؤثر تلك القوى في أداء اللاعب لابد من معرفة نوعها لتحديد أتجاه القوة وحجمها ؛ ويوجد نوعين من القوة الأولى تسمى القوة الخارجية والثانية تسمى القوة الداخلية .

أولاً / القوى الخارجية منها:

- ✧ الجاذبية الارضية .
- ✧ القوة التطبيقية .
- ✧ مقاومة الهواء .
- ✧ قوة وزن الجسم (القوة الاعتيادية) .
- ✧ قوة الاحتكاك .

✧ الجاذبية الارضية

تعد الجاذبية الأرضية من أهم القوى الخارجية التي تؤثر على الأجسام المتحركة والمقذوفة بقيمة ثابتة مقدارها (9.8 م/ثا^2) ، (980 سم/ثا^2) ، (32 قدم/ثا^2) ، ويتغير تأثير الجاذبية الأرضية بين الإيجابي والسلبي وذلك وفقاً لإتجاه الجسم المقذوف .

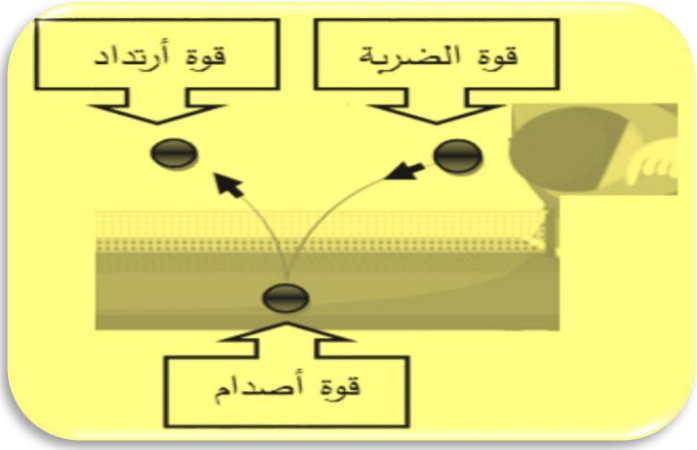
وعلى سبيل المثال عندما تقذف كرة إلى الأعلى سوف تبدء حركة الكرة بأقصى سرعة ومن ثم تبدء سرعتها بالإنخفاض تدريجياً إلى أن تصل إلى الصفر وذلك بسبب تأثير الجاذبية السلبي بقوة سحب مقدارها (9.8م/ثا^2) ضد الكرة التي تكون حركتها عكس اتجاه عمل الجاذبية، بعد ذلك يبدأ الجسم بالهبوط بنفس اتجاه عمل الجاذبية الأرضية مما يفسر تزايد سرعة حركته تدريجياً وتصل إلى أقصى سرعة قبل أن تصل الأرض .

أن العمل المتوازن بين تأثير الجاذبية الأرضية على أجسامنا ومحاولة السحب بإتجاه الأرض وعمل القوى الداخلية المتمثل بالعضلات المعاكس للجاذبية الأرضية هو ما يفسر استقرار وتوازن الجسم والحصول على قوام منتصب .

✧ **القوة التطبيقية**

هي القوة التي يتعرض لها جسم ما من جسم أخر وتسبب حركته ، فإذا قام شخص وليكن (أ) بدفع شخص أخر وليكن (ب) وغير من مكانه ، هذا يفسر وجود قوة مطبقة أثرت على الجسم (ب) وأدت إلى تغير مكانه ، أذن فإن القوة المطبقة هي قوة الدفع التي نفذت من الجسم (أ) على الجسم (ب) ؛ وفي المجال الرياضي ممكن مشاهدة هذا النوع من القوة في كثير من الفعاليات الرياضية ، وإن العاب المضرب واحدة من الالعاب التي يحدث فيها التفاعل بين جسمين أكثر من مرة ؛ ونتيجة للتفاعل بين المضرب والكرة والتفاعل بين الكرة وسطح الطاولة تنتج عنهما قوى مختلفة أحدهما القوة التطبيقية ، بالإضافة الى قوى أخرى مختلفة هي قوة التصادم وقوة الإرتداد وجميع هذه القوى تؤثر في حركة الكرة ، يبدأ التفاعل الأول ما بين المضرب والكرة لحظة التماس .

وعندما تنطلق الكرة وتتحرك باتجاه سطح الطاولة يحدث التفاعل الثاني بين (الكرة وسطح الطاولة) ويتكرر نفس العمل في كل ضربة ؛ ينتج من التفاعل الأول القوة الأولى ويطلق عليها القوة التطبيقية التي يسببها المضرب لحظة تماسه مع الكرة ، أما التفاعل الثاني فتنتج القوة الثانية ويطلق عليها قوة الاصطدام ، وتحدث بين الكرة وسطح الطاولة ، والذي ينتج بعدها قوة ثالثة أي بعد حدوث الاصطدام تسمى بقوة الارتداد التي تعيد الكرة إلى وضعها الأصلي .



وفي الشكل أعلاه يوضح أشكال القوى التي تنتج من لحظة ضرب المضرب للكرة والذي تمثل القوة التطبيقية ومن ثم قوة الاصطدام الحاصل بين الكرة وسطح الطاولة من جهة ، ورد الفعل الذي يحدث نتيجة التصادم من جهة أخرى الذي يمثل قوة الإرتداد.

✧ **مقاومة الهواء**

إن ما يحصل في السنوات الأخيرة ومن خلال التجارب التي أجريت في المختبرات والمصانع الخاصة بصنع الملابس والأجهزة الرياضية والجهد الواضح والمستمر من الخبراء والباحثين ما هي إلا

محاولة أو العمل من أجل تقليل تأثير مقاومة الهواء على حركة الأداة أو جسم اللاعب في العديد من الفعاليات الرياضية مثل فعاليات العاب القوى وبعض العاب الكرة .

ونرى غالباً ما تُهمل مقاومة الهواء في كثير من الدراسات والبحوث لغرض تبسيط عملية التحليل والمعالجة ، ولكن بالرغم من ذلك نجد تأثير مقاومة الهواء واضح في كثير من الفعاليات والألعاب الرياضية ، وهي تمثل عامل من عوامل الاحتكاك التي تؤثر على الأجسام أثناء إنتقالها عبر الهواء وتعمل على أعاقة حركة الجسم كما في القفز بالمظلات والتزلج على المنحدرات .

ويتوقف مقدار مقاومة الهواء على عوامل عدة منها سرعة الهواء وكذلك سرعة و شكل الجسم المقذوف أو المتحرك ، إذ تزداد مقاومة الهواء بتزايد سرعة الهواء وكذلك بزيادة سرعة المقذوف (مقاومة الهواء تتناسب طردياً مع مربع السرعة) .

وعلى سبيل المثال ومن خلال بعض الدراسات والبحوث توصلت إلى أن في حالة ضرب كرة المضرب بسرعة (17 م/ثا) فإن مقاومة الهواء تساوي ضعف السرعة وما يعادل أربع مرات من مقدار قوة الجاذبية الأرضية ، ويمكن أن تنخفض مقاومة الهواء إلى ربع مقدار الجاذبية الأرضية عندما تنخفض سرعة الكرة إلى (4.25 م/ثا) .

وهذا يعني في ألعاب الكرة عندما تصل سرعة الكرة إلى (11 م/ثا) تصبح مقاومة الهواء هي القوه المؤثرة والمسيطرة في تحديد مسار الكرة منذ بداية الحركة ، ونشاهد بأن مقاومة الهواء واضحة في الأجسام ذات الأشكال الكروية حيث تكون قوة الهواء في أتجاه مضاد لاتجاه حركة الكرة .

وبالنسبة لشكل الجسم المقذوف نلاحظ أن الأجسام اللولبية تتعرض إلى مقاومة قليلة من الهواء مقارنة مع باقي الأشكال بسبب مساحة التماس بين الهواء وسطح الجسم تكون صغيرة لذلك نرى الكثير من سيارات السباق وحتى واقيات الرأس لمتسابقي الدراجات تتصف بالشكل المدبب من الامام .

✧ **قوة وزن الجسم**

إن كل جسم موجود على سطح ما يُسلط قوة على ذلك السطح وأن تلك القوة ناتجة من وزن ذلك الجسم ، فإذا كانت كتلة لاعب (60 كغم) يقف ساكنا على أرض مستوية فأنه يسلط قوة بأتجاه الأسفل مقدار هذه القوة (600 نيوتن) تقريبا ، أن كل (1 كغم يقابلها 9.8 نيوتن).

وفي المقابل سوف تسلط الأرض أيضاً قوة مضادة على الجسم يكون اتجاه تأثير هذه القوة إلى الأعلى مقدارها مساوي إلى القوة التي يسلطها جسم اللاعب ؛ وهذا يعني وجود قوتين متساويتين ومتعاكستين تعملان على الجسم.

60 × 9.8 = 600 نيوتن تقريباً

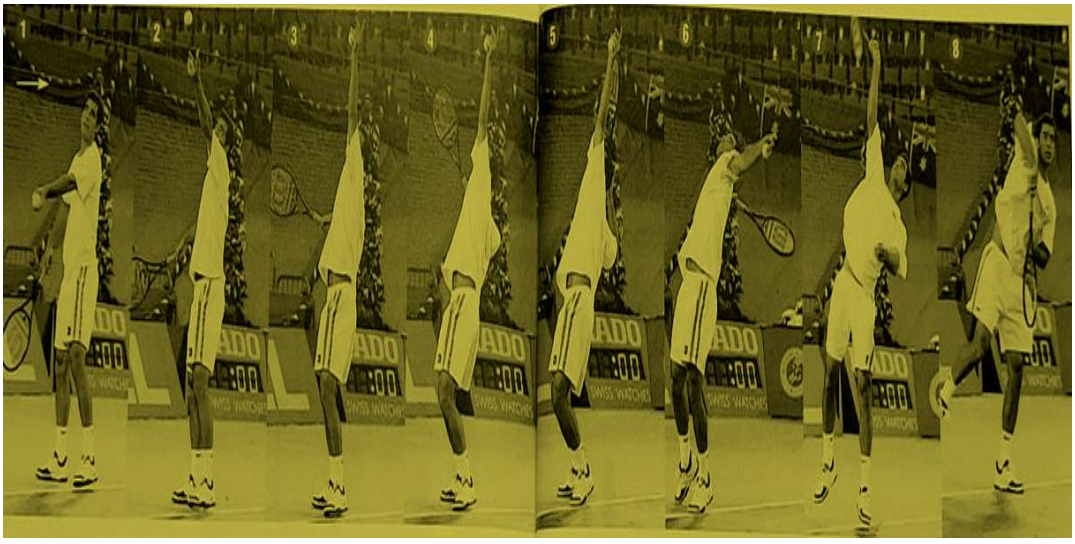
إن مقدار القوة التي تسلط من جسم اللاعب على الأرض تعتمد على مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم على الأرض والناتج من وزن اللاعب أضافة إلى الحركة التي تقوم بها كل من عضلات القدم والركبة والورك .

وسوف نوضح من خلال حركة الأرسال في كرة التنس ، كيف يتغير مقدار القوة التي تسلط على الأرض تبعاً لحركة أو مرجحة الرجلين بين الثني للأسفل والمد للأعلى وكيف يحدث التغير في القوة التي يسلطها وزن الجسم ؛ إذ ممكن أن تتغير وتزداد بمقدار من (4–3) مرات عن القوة الطبيعية أي (قوة وزن الجسم في حالة الثبات) .

إن تلك التغيرات تعتمد على كيفية عمل العضلات وأيضاً على التغير في مستوى ارتفاع مركز الكتلة وانخفاضه. ومن خلال الصور أدناه سوف نحاول تتبع كيف تتغير القوة الذي يسلطها جسم لاعب التنس لحظة تنفيذ ضربة الأرسال، لو فرضنا إن كتلته (80 كغم) فان كمية القوة التي يسلطها جسم اللاعب على الارض تكون (800 نيوتن) ؛ وفي اللحظة التي يرمي بها اللاعب الكرة في الهواء للأعلى سوف تمر عضلات جسم اللاعب بلحظة إسترخاء نسبي وهي تنخفض إلى الأسفل باتجاه الأرض لاحظ الصورة (2 ، 3)، وهذا يؤدي إلى أن القوة المسلطة من جسم اللاعب سوف تنخفض بمقدار (40%) من مقدار القوة الجسم التي يسلطها في حالة ثبات .

ونرى في الصورة (5) ان عمل العضلات يكون لا مركزي حتى يعمل اللاعب على كبح الحركة و ايقافها بالاتجاه نحو الأسفل مع زيادة بمقدار الضغط التي يسلطها اللاعب على الأرض ، وفي الصورة (6) يتغير عمل العضلات وتبدأ بالعمل المركزي مع استمرار الزيادة في ضغط اللاعب على الأرض بحيث يصل تقريباً إلى ضعف مقدار القوة الاعتيادية الذي يسلطها جسم اللاعب دون حركة .

وفي الوقت نفسه يتأثر جسم اللاعب بقوة مماثلة نحو الأعلى وبنفس المقدار (قوة رد فعل الارض) ، وبعد مرحلة الدفع ينقطع الأتصال بين جسم اللاعب والأرض في



الصورة (7) ، ويكون فيها جسم اللاعب في الهواء وكمية القوة المسلطة تساوي صفر ، وفي هذه اللحظة يحدث التلامس بين المضرب والكرة ويبدأ هبوط الجسم وملامسة الأرض مرة ثانية وكما في الصورة (8) ، وفيها تزايد كمية القوة المسلطة على الأرض مره أخرى وتصل تقريبا إلى أكثر من ضعف القوة الذي يسلطها جسم اللاعب وهو في حالة الوقوف ، ويكون عمل العضلات لا مركزيا لكبح حركة

الجسم نحو الأسفل.ان القوة التي يسلطها الجسم على المضرب هي نفس القوة التي تنتقل من المضرب إلى الكرة (قانون نيوتن 3)

✧ **الاحتكاك**

يمكن أن نرى الاحتكاك في كثير من الحركات في حياتنا اليومية وكذلك في الفعاليات الرياضية ، إذ تدعى القوة التي تحدث بين سطحين نتيجة حركة ما بقوة الاحتكاك وتعرف بأنها مقاومة الحركة التي تحدث نتيجة احتكاك جسم بأخر. وتعمل هذه القوة دائما باتجاه معاكس لأتجاه تأثير القوة التي تستخدم لتحريك الجسم

ويتحدد مقدار قوة الاحتكاك على عوامل عدة منها نوع السطح إذ يزداد الاحتكاك في السطوح الخشنة مقارنة مع السطوح الملساء وكذلك الكتلة وكمية القوة المستخدمة ونوع الاتصال لحظة الالتقاء بين الجسمين ؛ وفي المجال الرياضي غالباً ما يعتمد زيادة أو تقليل الاحتكاك على الهدف من الحركة وما يتلائم مع ميكانيكية التنفيذ ، إذ نرى اللاعب أو اللاعبة تستخدم بعض المواد من أجل المساهمة في مقدار كمية الإحتكاك بإتجاه الزيادة أو التقليل في الإحتكاك .

فنرى أن لاعب قافز الزانة يستخدم بعض المواد الكيمياوية واللاصقة على موضع القبضة من أجل زيادة الإحتكاك بين عمود القفز والقبضة ، في حين يستخدم لاعب او لاعبة الجمناستك مسحوق المغنيسيوم لتسهيل إنزلاق اليدين على البار أثناء أداء الدورانات على جهاز العقلة وجهاز المتوازي مختلف الإرتفاعات ؛ ويوجد أنواع متعددة لقوة الاحتكاك هي :

1. الاحتكاك الإنزلاقي
2. الاحتكاك التدحرجي
3. الاحتكاك الشروعي الذي يقصد به لحظة البدء أو الشروع بالحركة

معامل الاحتكاك= قوة الاحتكاك / مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم (الوزن) على السطح

إن أضعف أنواع الاحتكاك هو الاحتكاك التدحرجي أذ إن ما يحدث في الدحرجة هو اتصال الجسم المتدحرج في نقطة معينة مع السطح ومن بعدها يقطع الاتصال ويحدث أتصال أخر مباشر مرة أخرى في نقطة ثانية من سطح الجسم المتدحرج وهكذا تستمر حركة دحرجة الأجسام مع السطح ويكون التماس دائما بنقطة واحدة كما في دحرجة الكرة على الأرض أو البرميل وهو في الوضع الافقي ، فكلاهما يتصلان بالأرض بنقطة واحدة أثناء التدحرج .، ويمثل معامل الاحتكاك في مثل هذا النوع من الاحتكاك أقل قيمة إذ يبلغ مقداره (0.001) تقريباً .

أما الإحتكاك الإنزلاقي والذي يمكن ملاحظته من خلال سحب جسم او دفع برميل وهو في وضع عمودي على الأرض ؛ وفي هذا النوع من الإحتكاك يكون الإتصال بين البرميل والارض بأكثر من نقطة أي أن مساحة الأتصال بينهما تكون كبيرة مما ينتج عنه معامل أحتكاك كبير مقارنة بمعامل الأحتكاك التدحرجي .

وفي الاحتكاك الشروعي الذي يقصد به الشروع بالحركة أي أن الجسم يكون في حالة من الثبات أو عدم الحركة ، ويحتاج إلى قوة دفع أكبر مما لو كان الجسم في حالة حركة حتى يستطيع التأثير على الجسم وتحريكه بأتجاه معين ؛ وتبلغ قيمة الاحتكاك تقريباً لكلا النوعين الأنزلاقي والشروعي (1 -0.1) ، ولكي يحصل الاحتكاك لابد من قطع القوة التي تنتج نتيجة التلامس الحاصل بين الأجسام أو السطوح في لحظة ما حتى يستطيع كلا الجسمين أو أحدهما الأنزلاق عن بعضهما والاستمرار بالحركة