الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة محمد بوضياف المسيلة

معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

قسم النشاط البدني الرياضي المكيف

السنة الثانية

# محاضرات الميكانيك الحيوية

الدكتور: نطاح كمال

# برنامج المحاضرات

1. مدخل إلى الميكانيكا الحيوية
2. الأهداف البيوميكانيكية في المجال الرياضي
3. مركز ثقل الأجسام ( دراسة بيوميكانيكية )
4. دراسة ميكانيكية لحركة الروافع
5. كنماتيكا الحركة الخطية
6. كنماتيكا الحركة الدورانية
7. مبادئ وقوانين التحليل البيوميكانيكي
8. الدراسة البيوميكانيكية لحركة المقذوفات في المجال الرياضي
9. التحليل الكناتيكي لأشكال الحركة
10. دراسة قوى الاحتكاك والجاذبية

# 1. مدخل إلى علم الميكانيكا الحيوية

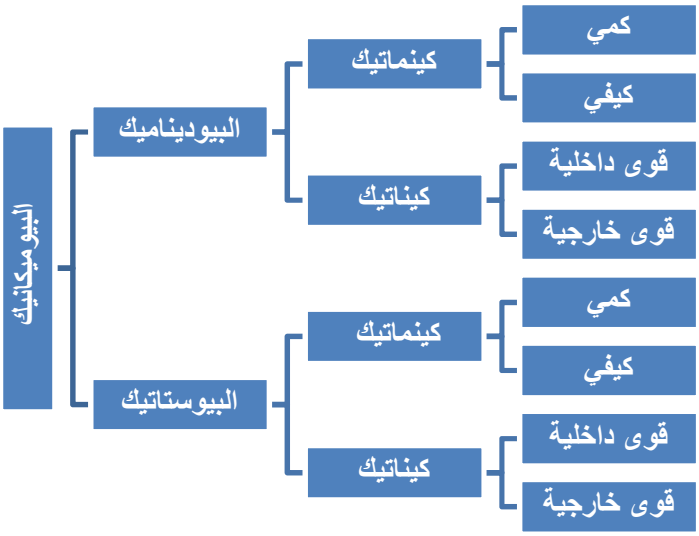
- **علم البيوميكانيك** : يعرف البيوميكانيك في المجال الرياضي على أنه العلم الذي يقوم بتحليل و دراسة المهارات الحركية للرياضي أثناء انجازه مهارة حركية معينة
- **تقسيمات البيوميكانيك** :
- **الأستاتيكا الحيوية**: ( البيوستاتيك ) : ويهتم هذا القسم بدراسة حركات ووضعيات الرياضي التي تكون في حالة السكون فمثلا الرياضي الذي يقوم بحركة الوقوف على اليدين في رياضة الجمباز هو يؤدي حركة رياضة من السكون وتحت تأثير قوتين متساويتين في الشدة ومختلفتين في الاتجاه هما (قوة الجاذبية وقوة رد فعل الذراعين).

صورة توضح حركة بيوستاتيكية . الانطلاق في سباق السرعة .

- **الديناميكا الحيوية**:( البيوديناميك ) : و هي قسم من البيوميكانيك تقوم بدراسة المهارات الحركية المتغيرة المكان (المتنقلة ) بسرعات متغيرة سواء كانت متزايدة أو متناقصة .

صورة توضح حركة بيوديناميكية . انهاء سباق السرعة .

- **معايير التحليل البيوميكانيكي :**
- **الكنماتيكا :** وتهتم بدراسة ووصف حركة الأجسام من الناحية **الكمية** ( الزمن ، المسافة ، السرعة ، الزوايا التردد ن التسارع ...) ، وكذلك يهتم الكنماتيك بتحليل الميكانيكا الحيوية من الجانب **الكيفي** أي الوضعيات والكيفية اللازمة لتنفيذ المهارة الحركية بشكل صحيح فمثلا : في رمي كرة السلة يجب ملاحظة حركة كل من مفصل الركبة والحوض و المرفق و الساعد و توالي ( تتابع ) اشتراك هذه المفاصل فيما بينها
- **الكناتيكا :** ويهتم بدراسة مسببات الحركة أي **القوى اللازمة** لأداء الحركة سواء كانت قوى **داخلية مثل قوة العضلات والمفاصل و الأربطة** أو قوى **خارجية** مثل قوى الاحتكاك والثقل والجاذبية.




شكل يوضح تقسيمات البيوميكانيك

- **التحليل البيوميكانيكي :**

تختص البيوميكانيك في مجال التدريب الرياضي و التعلم الحركي في تحليل ودراسة المهارات الحركية عالية المستوى من جهة والحركات البسيطة التي تهدف إلى دراسة مهارة معينة من جهة أخرى ، بحيث يكون تحليل هذه المهارة من الجانب الكنماتيكي ( الوصفي ) بشقيه الكمي من سرعة و تسارع و زوايا و أزمنة وترددات أو الكيفي بتحليل هذه الحركات و اكتشاف الأخطاء الموجودة في عملية التنفيذ و أداء كل مراحل المهارة وتزامنها مع بعضها البعض . أما دراسة الحركة فيتطلب التعرف على مسبباتها بمعنى القوى المؤثرة واللازمة لانجاز المهارة الحركية سواء كانت هذه القوى داخلية مصدرها العضلات و الأربطة و المفاصل الموجودة في جسم الرياضي أو خارجية كقوة الاحتكاك و الجاذبية و قوة الرياح وقوة التصادم و القوة الطاردة .

- **المصطلحات و المفاهيم البيوميكانيكية :**

يعتبر الفهم الجيد وقدرة التحكم في المصطلحات والمفاهيم الخاصة بأي علم هو إتقان للغة هذا العلم .

ولفهم مواضيع علم البيوميكانيك لابد من فهم المصطلحات و المفاهيم الخاصة بهذا العلم ، مثل : البيوستاتيك والبيوديناميك و الكناتيك والكنماتيك والسرعة والتسارع و القصور الحركي و القوة و حركة المقذوف و غيرها من المصطلحات.

- **السرعة :**

هي العامل الميكانيكي إلى انجاز فعل حركي في اقل وقت زمني ممكن بحيث يكون للمسافة و طول الخطوة أو الذراع و تردد الحركة عدد الخطوات دور هام في التحليل الحركي للمهارة التي تتطلب السرعة .

- **طول الخطوة و الذراع:**

و المقصود بهذين المصطلحين ليس الطول المتري المعروف لرجل أو ذراع الرياضي وإنما طول المسافة التي يقطعها مرة واحدة أثناء أداء حركة معينة

- **التردد :**

هو مقدار ما يقوم به الرياضي من عمل واحد في وحدة زمنية معينة ، مثلا : عدد الخطوات لعداء السرعة في الثانية الواحدة أو عدد ضربات الذراع عند السباح في الثانية الواحدة أو عدد اللكمات عند الملاكم في الثانية الواحدة .

- **القصور الحركي:**

و يعني مقدار مقاومة الجسم لتغير حركته حيث يتأثر بعامل الكتلة. و قد يكون له أثر سلبي مثل الانطلاق عند عدائي السرعة كما قد يكون له أثر إيجابي مثل التوازن عند رياضي الجيدو .

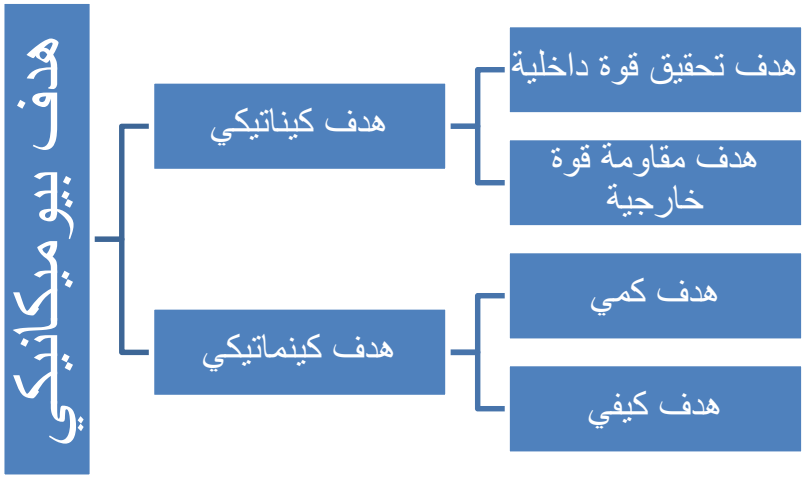
- **القوة:**

هي العامل الميكانيكي الذي يرمز إلى الدفع أو الشد الذي يقع على الجسم و يؤدي إلى تغيير حالته الحركية ، و هناك عدة قوى تؤثر على انجاز المهارة الحركية منها القوى الداخلية مثل : قوة العضلات أو قوى خارجية مثل : الجاذبية ، الرياح ، التصادم .... الخ.

## 2.الأهداف البيوميكانيكية

يعتبر تحديد الأهداف البيوميكانيكية في المجال الرياضي للمهارة الحركية أمرا ضروريا فبغض النظر عن طبيعة الهدف سواء كان تعليم مهارة حركية عند المبتدئين أو تطوير المهارات للرياضيين ذوي المستوى العالي (المحترفين )

فأن النجاح في تحقيق هذا الهدف لابد أن يحدد له مجموعة من الأهداف الميكانيكية سواء كانت أهداف **كنماتكية كمية وكيفية** أو **كناتيكية** .




شكل يوضح الأهدافالبيوميكانكية في المجال الرياضي

وعليه يمكن القول أن الغاية من وضع بعض الأهداف الميكانيكية الأساسية للحركة هو السماح للمربي الرياضي أو المدرب بتحليل الأداء المهاري الحركي لمعرفة الأخطاء المرتكبة من جهة ومن جهة أخرى تطوير فاعلية الأداء من خلال تحديد مجموعة من الأهداف البيوميكانيكية بناءا على المعرفة المسبقة بمعايير الانجاز ومقارنتها بنتائج التحليل الحركي فمثلا : لتحديد الأهداف الميكانيكية الأساسية في مهارة رمي الجلة لا بد من معرفة معايير الانجاز التالية :

| المهارة الحركية | الهدف البيوميكانيكي | | |
|---|---|---|---|
| | الهدف الكمي | الهدف الكيفي | الهدف الكيناتيكي |
| رمي الجلة | زاوية الذراع 40° الرمي لأبعد مسافة الرمي في التوقيت المحدد | عدم الخروج عن الدائرة التنسيق بين العضلات عدم خروج الجلة عن مجال الرمي | الدفع بأقصى قوة لعضلات الرجل والجذع والذراع مقاومة قوة ثقل الجلة مقاومة كتلة الجسم(القصور) |

# 3. دراسة بيوميكانيكية لمركز ثقل الجسم

**مقدمة :**

يتطلب التحليل البيوميكانيكي لحركة الرياضيين دراسة مركز الثقل من حيث موقعه في الجسم اثناء السكون وتغيره أثناء الحركة وكذلك من حيث تأثيره على انجاز المهارة بالشكل الصحيح فمثلا: يحتاج لاعب كرة القدم إلى تجميع أطرافه بالشكل الملائم حول مركز ثقله حتى يستطيع رمي الكرة بأكثر قوة ودقة و سهولة في الأداء ( انسيابية ) فتحليل تغير وضع مركز الثقل جد مهم لوصف الصعوبات التي تعترض أداء المهارة بالشكل الصحيح والفعال وبالتالي الوصول إلى نتائج التحليل البيوميكانيكي الدقيق.

- **تعريف مركز الثقل :**

هو النقطة المركزية لجميع النقاط التي تملك كتلة في الجسم ، أما أثناء أداء المهارة الحركية فان مركز الثقل يصبح النقطة التي تلتقي فيها جميع القوى المؤثرة عل الجسم أثناء أدائه الحركي .

ويتأثر مركز الثقل بعدة عوامل منها:( الكتلة ، الطول ، طبيعة المهارة التي يقوم بأدائها الرياضي ، عرض و طول اللاعب ).

- **أهمية مركز الثقل :**

عند دراسة الحركات الرياضة و أثناء تحليلها يتعرض الباحث لصعوبة دراسة جسم اللاعب ككل لذا يجب أن يختار نقطة مادية تمثل الجسم تمثيلا صادقا و ذلك لتسهيل تحديد مسار الحركة و سرعة الجسم و تسارعه كما تسهل دراسة تأثير القوى عليه و أنسب نقاط الجسم في هذه الحالة هي نقطة مركز الثقل .

- **الثبات والاتزان وعلاقتهم بمركز الثقل :**

الاتزان يعني أن مجموع القوى المؤثرة على الرياضي أثناء أدائه للمهارة الحركية تساوي الصفر (0) ونعني به في البيوميكانيك الحركات البيوستاتيكية. وينقسم الاتزان إلى نوعين فهناك الاتزان الثابت مثل حركات الثبات في الجمباز كما هناك الاتزان المتحرك كما هو الحال في سباقات الدرجات أو رياضة كرة القدم (الجري بسرعة ثابتة).

إذن يمكن أن نقول أن الجسم في حالة اتزان عندما تكون مجموعة القوى الدافعة (الموجبة) والقوى المثبطة (السالبة) تساوي الصفر (0).

أم الثبات فيعني قدرة اللاعب على مقاومة اختلال حالته أثناء التوازن أي القدرة على المحافظة على توازنه من خلال الزيادة أو الإنقاص من القوى المؤثرة عليه في الوقت المناسب و يتوقف ثبات لجسم على عدة عوامل منها .

| | |
|---|---|
| مساحة قاعدة الإستناد | • كلما كانت قاعدة الإستناد أكبر كلما كان الثبات أكبر |
| مرور الخط العمودي على قاعدة الإستناد | • كلما كان الخط العمودي لمركز الثقل قريبا من منتصف قاعدة الاستناد كان الثبات أكبر |
| إرتفاع مركز الثقل عن قاعدة الإستناد | • كلما إقترب مركز الثقل من قاعدة الإستناد كلما كان التوازن أكبر |

- **تحديد مركز الثقل لأطراف الجسم:**

.**الرأس:** مركز الثقل يقع بين العينين أعلى الأنف

.**الجذع:** يقع مركز الثقل في منتصف العمود الواقع بين المحورين الواقعين بين الرأس و الحوض.

.**الرأس والرقبة والجذع** :مركز الثقل هو **66%** بين المحورين الواقعين بين الرأس والحوض

.**العضد** : مركز الثقل هو **43.6%** من طول العمود الواقع بين نقطي مفصل الكتف ومفصل المرفق

.**الساعد** : يمثل **43%** من طول العمود الواقع بين نقطي مفصل المرفق ومفصل الرسغ.

.**اليد** : **50.6%** من طول العمود الواقع بين نقطي مفصل الرسغ و المفصل الثاني للأصبع الأكبر

.**الفخذ** : **43.3%** من العمود الواقع بين نقطي مفصل الحوض و مفصل الركبة

.**الساق** : **43.3%** من العمود الواقع بين نقطي مفصل الركبة ومفصل القدم

.**القدم**: **50%** من العمود الواقع بين نقطي مفصل القدم ورأس الأصبع الثاني .

ومنه نستنتج أن الدراسة البيوميكانيكية لمركز الثقل تلعب دورا فعالا في تحليل المهارات الحركية الرياضية ونذكر منها

.معرفة تأثير بعد مركز الثقل لأطراف الجسم عن مركز ثقل الجسم ككل في انجاز المهارة الحركية

.معرفة تموضع مركز ثقل جسم الرياضي أثناء أدائه للمهارة و مدى تأثيره على نجاح الحركة أو فشلها

.معرفة تأثير قرب أو بعد أطراف الجسم المؤدية للحركة على إنتاج القوة اللازمة لانجاز الحركة حيث كلما كانت أطراف الجسم المؤدية للحركة قريبة من مركز الثقل كانت القوة المنتجة أكبر ومثال عن ذلك (**مهارة قذف الكرة في رياضة كرة القدم : حيث يقوم اللاعب بعملية الانحناء بالشكل المثالي ووضع رجل الارتكاز بالقرب من الكرة و هذا بغرض تقريب جميع مراكز ثقل أطراف الجسم إلى مركز ثقل الجسم الرئيسي وبالتالي القدرة على إخراج اكبر قوة ممكنة أو القوة المثالية لمهارة قذف الكرة**).

# 4. دراسة بيوميكانيكية لحركة الروافع

**مقدمة :**

إن الجهاز الحركي للإنسان يشبه إلى حد بعيد جهاز آلي له خاصية الروافع ، فالعظام هي الأجسام المادية الصلبة التي تأثر عليها القوة العضلية المرتبطة بها لتقوم بتدويرها ولهذا يطلق على هذه الأجسام والعضلات التي تعمل عليها بالروافع.

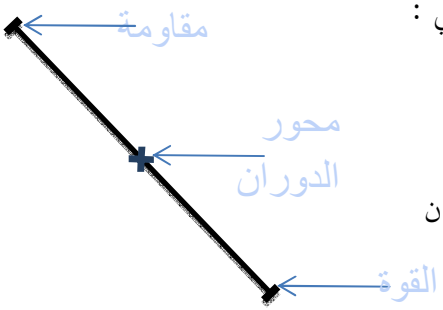
- **الرافعة:**

هي عبارة جسم صلب يتكون من عضلات وعظام يدور حول نقطة ثابتة بسبب تأثير قوة معينة هذه القوة المطبقة على الرافعة تهدف إلى التغلب على المقاومة للتغير من وضعية إلى أخرى ففي جسم الإنسان تعتبر العظام والعضلات عبارة عن روافع ، إما المفاصل فهي مركز الدوران أما الأدوات المحمولة مثل الجلة أو الكرة أو الرمح تسمى المقاومة في حين إن القوة الرافعة تنتج من حركة العضلات.

- **أنواع الروافع:**

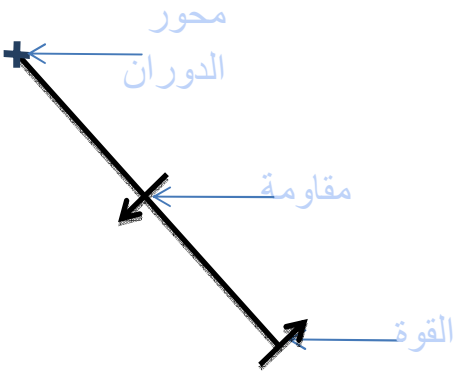
نستطيع تصنيف حركة الروافع في جسم الإنسان إلى ثلاث أصناف مختلفة هي :

**.رافعة من النوع الأول:**




ويتميز هذا النوع من الروافع بأن القوة المطبقة والمقاومة يقع بينهما مركز الدوران

مثل مهارة حركة كرة القدم



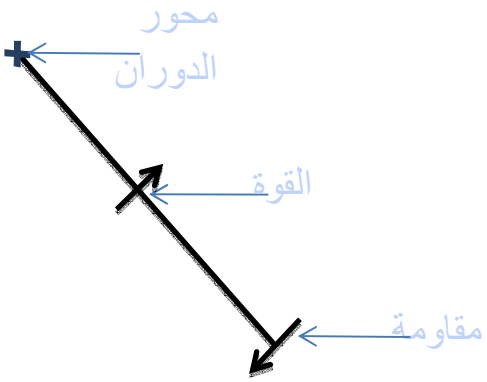

**.رافعة من النوع الثاني:**

أما النوع الثالث فهو عندما تكون القوة والمقاومة في اتجاهين مختلفين وتكون القوة بين مركز الدوران و المقاومة

مثل : (ضرب الكرة بالرأس في كرة القدم)

**.رافعة من النوع الثالث:**

أما النوع الثاني من الروافع فهو عندما تكون القوة والمقاومة في اتجاهين مختلفين وتوجد نقطة تأثيرهما في جهة واحدة من مركز الدوران




وتكون المقاومة موجودة بين مركز الدوران

و القوة المطبقة .مثل حركة الإرسال البسيط في كرة الطائرة

- **أهمية الدراسة البيوميكانيكية لحركة الروافع في التحليل الحركي للمهارات:**

**.من الناحية الكنماتيكية:**

.معرفة تأثير انجاز عمل الرافعة على الإصابات الرياضية حيث تزداد خطورة التعرض للإصابة كلما كان أداء المهارة بشكل سلبي لطريقة عمل الرافعة مثل (مهارة حمل الأثقال في حركات التقوية العضلية لعضلات الظهر )

.معرفة كيفية أداء المهارات مع التركيز على العضلات المعنية بانجاز المهارة مثل ( تغيير شكل الجري عند تغير ارتفاع مضمار الجري )

.معرفة تأثير طول الرافعة على الأداء المثالي للمهارة الحركية .

**.من الناحية الكناتيكية :**

.معرفة القوة اللازمة للدوران والتغلب على المقاومة

.معرفة تأثير طول الرافعة على إنتاج القوة حيث كلما كان ذراع القوة أطول كلما كانت القوة المنتجة اكبر و هذا يتضح في مهارات الرمي و السحق في كرة الطائرة و الإرسال في التنس.

## 5. كنماتيكا الحركة الخطية

كنماتيكا الحركة الخطية هي تحليل المهارات والحركات الرياضية التي يتم انجازها في خط مستقيم مثل (سباقات السرعة و السباحة والجري بالكرة في خط مستقيم و الجري قبل القفز عند رياضيي الوثب ..... ) ويعتمد تحليل هذا النوع من المهارات كنماتيكا على عدة معايير كمية وكيفية منها

- **المعايير الكيفية**

**.وضعية مركز ثقل الجسم:**

أي تتبع وضعية مركز ثقل الجسم طيلة زمن أداء المهارة من جهة ووضعيته بالنسبة لمراكز ثقل أطراف الجسم من جهة أخرى ويشكل مسار مركز الثقل خط مستقيم طيلة زمن أداء الحركة.

**.طبيعة حركة الروافع:**

أي ما هي الأطراف المعنية بحركة الروافع دون غيرها فمثلا في سباق السرعة وعند انتهاء العداء من حركة الوقوف من الانطلاق تصبح كل من الذراعين والرجلين هي الأطراف المعنية دون غيرها( الجذع والرأس) بحركة الروافع.

**.المعايير الكمية**

عند تحليل الحركة الخطية تلعب معايير مثل ( السرعة ، المسافة ، الزمن ، التسارع ، زوايا الأطراف ، طول الخطوة وترددها ...) دورا بارزا في التحليل الحركي للمهارة.

حيث يمَكن لهذا النوع من التحليل من فهم مواطن الخطأ و التشخيص السليم وبذلك نستطيع رسم إستراتيجية للتصحيح (عن طريق برنامج تدريبي) وبالتالي الوصول للأداء المثالي أو الاقتراب منه.

صورة توضح وضعية عداء السرعة بعد الانطلاق

- **دراسة متغير السرعة في التحليل الكنماتيكي للحركة الخطية :**

حيث يلعب هذا المكون دورا بالغ الأهمية في تحليل المهارات الحركية فمن خلاله يمكن معرفة عدة متغيرات أخرى مثل ( زمن الأداء والمسافة المقطوعة) باعتبار أن سرعة الرياضي يمكن حسابها من خلال العلاقة التالية :

كما يمكن حساب متوسط السرعة من خلال المعادلة التالية :

المسافة= طول الخطوة X عدد الخطوات

حيث أن طول الخطوة هو مقياس كمي يقاس بالمتر أما تردد الخطوة يعني عدد الخطوات المنجزة في وحدة الزمن .

**. ملاحظة :**

يعتبر طول الخطوة من العوامل الكنماتكية المهمة في تحديد سرعة العداء حيث يجب أن يكون مناسبا لطول الرجل فلا ينبغي أن يكون طولها مبالغا فيه حتى لا تؤثر على التردد، ولا يجب أن تكون قصيرة جدا فتؤثر على عدد الخطوات اللازمة لأداء المهارة.

**.التسارع :**

وهو تغير السرعة بالنسبة للزمن ففي العديد من الأنشطة البدنية الرياضية يلعب عامل الزيادة والتخفيض من السرعة أهمية بالغة في تحقيق الهدف من المهارة فمثلا : تلعب قدرة الرياضي على تخفيض سرعته دورا مهما في تجنب الوقوع في وضعية تسلل عند لاعبي كرة القدم وهذا يعني انه عند تحليل مهارة حركية لابد من فهم متطلبات هذه الحركة و ذلك لتقديم التحليل الصحيح.

**.معادلة التسارع :**

صورة توضح حركة خطية لعدائي سباق السرعة 100متر

## 6. كنماتيكا الحركة الدورانية

كنماتيكا الحركة الدورانية هي تحليل المهارات والحركات الرياضية التي يتم انجازها في مسار دائري مثل (سباقات المضمار 400م، 800م، الدوران حول الحلقتين أو العارضة الثابتة في الجمباز، ..... ).

- **أنواع الحركات الورانية**

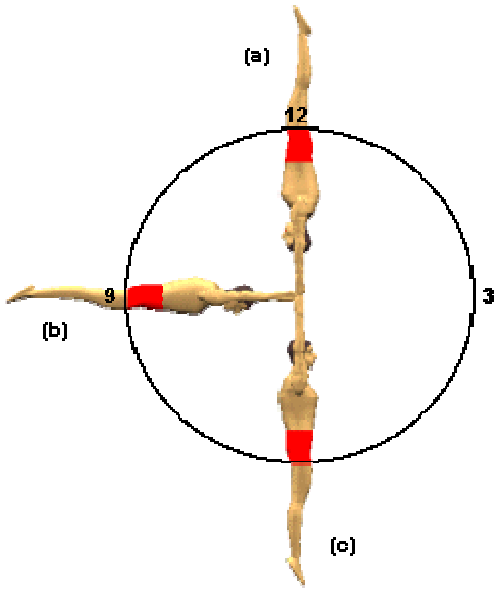
**. الحركة المحيطية:**

هي نوع من أنواع الحركات الدورانية يشكل مسارها محيط دائري دون وجود لاتصال مباشر بين الرياضي ومركز الدوران، ويقطع خلالها مسافات معينة مثل سباقات الجري في مضمار الملعب أو سباقات الدراجات الهوائية داخل القاعة

صورة توضح حركة دورانية محيطية

. **الحركة الزاوية:**

هي نوع من أنواع الحركات الدورانية يشكل مسارها محيط دائري مع وجود اتصال مباشر بين الرياضي ومركز الدوران، ويمسح خلالها زوايا معينة. مثل بعض الحركات في رياضة الجمباز كالدوران على الحلقتين أو حول العمود الثابت. أو الدوران حول مركز الثقل مثل حركة الدوران في الهواء والعودة إلى مكان الانطلاق.




صورة توضح حركة دورانية زاوية

- **معايير التحليل الكنماتيكي للحركة الدورانية**

**.وضعية مركز ثقل الجسم:**

عند تتبع وضعية مركز ثقل الجسم طيلة زمن أداء الحركة نلاحظ أنه يشكل مسار دائرة سواء في الحركات المحيطية أين يكون نصف قطر الدائرة هو البعد بين مركز ثقل الرياضي ومركز الدائرة.

أما في الحركات الزاوية يمثل البعد بين مركز الدوران ومركز ثقل آخر طرف (القدمين أو اليدين أو الرأس) تدور في جسم الرياضي هو نصف قطر الدائرة التي يشكلها الرياضي. فمثلا عند أداء حركة الدوران حول العمود الثابت يكون مركز الدوران في اليدين (مكان مسك الرياضي) ونصف القطر هو البعد بين اليدين ومركز ثقل قدم الرياضي

**.طبيعة حركة الروافع:**

عند تحليل حركة الروافع في الحركات الدورانية نلاحظ أن هناك اختلاف بين حركة الروافع في الحركة المحيطية والحركة الزاوية فمثلا عند تحليل حركة رياضيي العدو حول مضمار الملعب تصبح كل من الذراعين والرجلين هي الأطراف المعنية دون غيرها( الجذع والرأس) بحركة الروافع، أو عند تحليل حركة رياضي سباق الدراجات نلاحظ أن الرجلين فقط هما الأطراف المعنية بحركة الروافع أي تصبح كل من (الجذع والذراعين والرأس) هي أطراف غير معنية بحركة الروافع.

أما في الحركات الزاوية فنلاحظ عدم وجود حركة روافع لأن أغلب الحركات الزاوية تتطلب تثبيت أطراف الجسم عند أداء الحركة

**.المعايير الكمية:**

عند تحليل حركة دورانية سواء كانت حركة محيطية أو زاوية فإن معايير مثل ( السرعة، المسافة، الزمن، التسارع، زوايا الأطراف، زوايا المسح، زاوية الميلان باتجاه المركز، طول الخطوة وترددها ...) تلعب أهمية بالغة في التحليل الحركي الصحيح للمهارة الحركية.

**.الفرق في التحليل الحركي بين الحركة الدورانية والحركة الخطية**

تتميز الحركة الدورانية بوجود متغير كناتيكي (قوة طاردة مركزية) غير موجودة في الحركة الخطية. هذا المتغير بالرغم من أنه يخص الجانب الكناتيكي الذي يختص بتحليل الحركات من جانب القوى المؤثرة في انجازها إلا أنه يؤثر بشكل مباشر في الجانب الكنماتيكي، ويظهر هذا جليا في الحركات المحيطية . فمثلا عند تحليل حركة عداء مستوى عالي في سباق 400م نلاحظ في الجزء الدائري من المضمار أن طريقة عدوه تتغير خلال المسار الدائري (حركة دورانية) عن المسار المستقيم (حركة خطية) حيث نلاحظ وجود ميلان لجسم اللاعب باتجاه المركز خلال المسار الداري وذلك لمقاومة القوة الطاردة المركزية التي تعرف.

على أنها قوة مضادة تتشكل نتيجة تأثير عاملين أساسيين هما سرعة الرياضي وطبيعة المسار الدائري. فكلما كان الرياضي أكثر سرعة وجب عليه الميلان بزاوية أكثر باتجاه المركز وذلك لمقاومة هذه القوة.

صورة توضح طريقة جري عدائي سباق 200م لمقاومة القوة الطاردة المركزية

## 7- قوانين ومبادئ التحليل البيوميكانيكي.

### 1 – معادلات الحركة :

معادلةالمسافة بدلالة الزمن: $V=\frac{D}{T}$ لدينا $D=d-d_0$ و $T=t-t_0$ : و

$V=\frac{D}{T}$ $V=\frac{d-d_0}{T}$ $d-d_0=VT$ $d=vT+d_0$

إذن : ومنه : أي : ومنه :

**معادلة السرعة بدلالة الزمن** $a = \frac{v}{t}$ ومنه: $\alpha = \frac{v - v_0}{T}$ ومنه:أي : $v - v_0 = \alpha T$

$$d = vT$$

حيث في السرعة المنتظمة تكون كالآتي : $v = \alpha T + v_0$

- **الحركة المنتظمة** :**هي الحركة التي تكون فيها السرعة ثابتة** . **مثل** : المرحلة التي يصل فيها عداء 100 متر إلى أقصى سرعته ويحافظ عليها خلال زمن معين .

**تطبيق** : ضع معادلة المسافة بدلالة الزمن لعداء سباق السرعة في المرحلة بين 50-80 م حيث بلغت سرعته في تلك المرحلة 11m/s.

**الحل** :المعادلة $d = 11T + 50$ هي :

**2- معادلات القوة :**

- **في الحركات المنتظمة** :ويكون فيها مجموع القوى الدافعة والمثبطة لحركة الرياضي تكونان متساويان $\sum F = 0$ . أي :
- **في الحركات المتغيرة** :ويكون فيها مجموع القوى الدافعة والمثبطة لحركة الرياضيتساوي إلى ناتج ضرب كتلة الرياضي في $\sum F = m\alpha$ تسارعه . أي :

**مثال** :لو أردنا معرفة مجموع القوى المؤثرة على رياضي يكفي أن نعرف قيمة التسارع الذي ينتقل به في كتلته فمثلا رياضي يزن 100kg وينتقل بتسارع قدره $2m/s^2$ فإن مجموع القوى $\sum F = 100 \times 2$ هو : $\sum F = 200N$ أي :

## 8- الدراسة البيوميكانيكية لحركة المقذوفات في المجال الرياضي.

حركة المقذوفات هي تلك التي تكون على شكل قوس والتي عند دراستها تدرس على أساس أنها حركة خطية ذات بعدين أفقي وعمودي .

## أنواع المقذوفات في الميدان الرياضي :

1. **حركة يكون فيها الرياضي هو القاذف** :مثل رمي الجلة، القرص، ...
2. **حركة يكون فيها الرياضي هو المقذوف** :مثل القفز بالزانة ..
3. **حركة يكون فيها الرياضي قاذف ومقذوف** :مثل الوثب الطويل، العالي ...

## الدراسة الكنماتيكية لحركة القذيفة في المجال الرياضي :

وهي وصف لحركة المقذوفات أثناء مسارها وما يتخللها من تغيرات كمية وكيفية بالنسبة للزمن .

**مفاهيم :**

- **الذروة** :وهي أقصى ارتفاع عمودي يمكن أن يصل اليه المقذوف ففي بعض النشاطات الرياضية كالقفز العالي والقفز بالزانة يكون الهدف هو الوصول إلى أبعد ارتفاع عمودي يمكن .
- **المدى** :هو أبعد مسافة أفقية يمكن أن يصل اليها المقذوف كما هو الحال في مسابقات الرمي حيث يكون الهدف هو تحقيق أقصى مسافة أفقية ممكنة .
- **السرعة**: لقد أثبتت التجارب العلمية عند تحليل سرعة المقذوف الأفقية أنه يقطع نفس المسافات في نفس الزمن على هذا المحور أي أن السرعة الأفقية ثابتة والحركة منتظمة ويمكن دراستها على أساس أنها حركة منتظمة وتطبق عليها معادلات هذا النوع من الحركة .

أما على المحور العمودي فوجد أنه بعد انطلاق المقذوف بأن سرعته الابتدائية تبدأ بالتناقص حتى تنعدم وهذا ما يفسر وصولها إلى الذروة وبداية عودتها إلى السطح بمعنى أن الحركة على هذا المحور حركة متغيرة ويمكن تطبيق معادلات هذا النوع من الحركة عليها .

- **نقطة الوصول** :المقصود بها النقطة التي يتم عندها تحقيق النتيجة مثل نقطة الوصول في القفز العالي هي نقطة تجاوز العارضة الأفقية .
- **نقطة الإنطلاق** :هي النقطة التي يغادر منها المقذوف السطح الذي يقذف منه أو هي النقطة التي يغادر فيها المقذوف الأداة القاذفة .

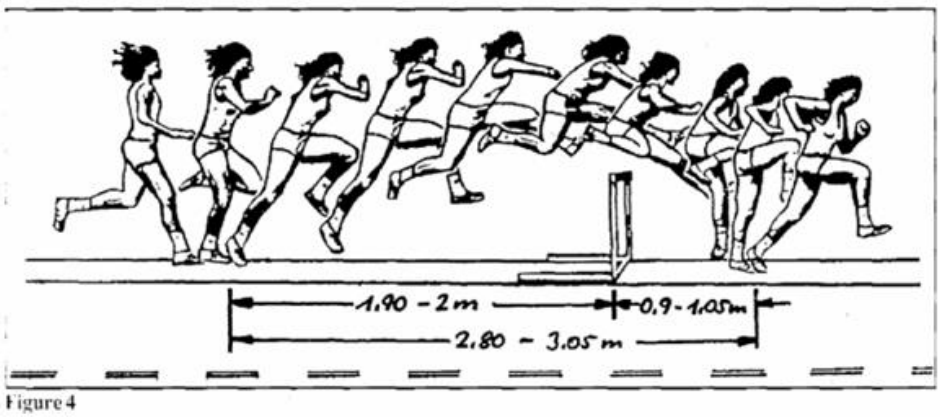


Figure 4

صورة تمثل حركة جسم في حالة قاذف ومقذوف

## العوامل المؤثرة في حركة المقذوفات :

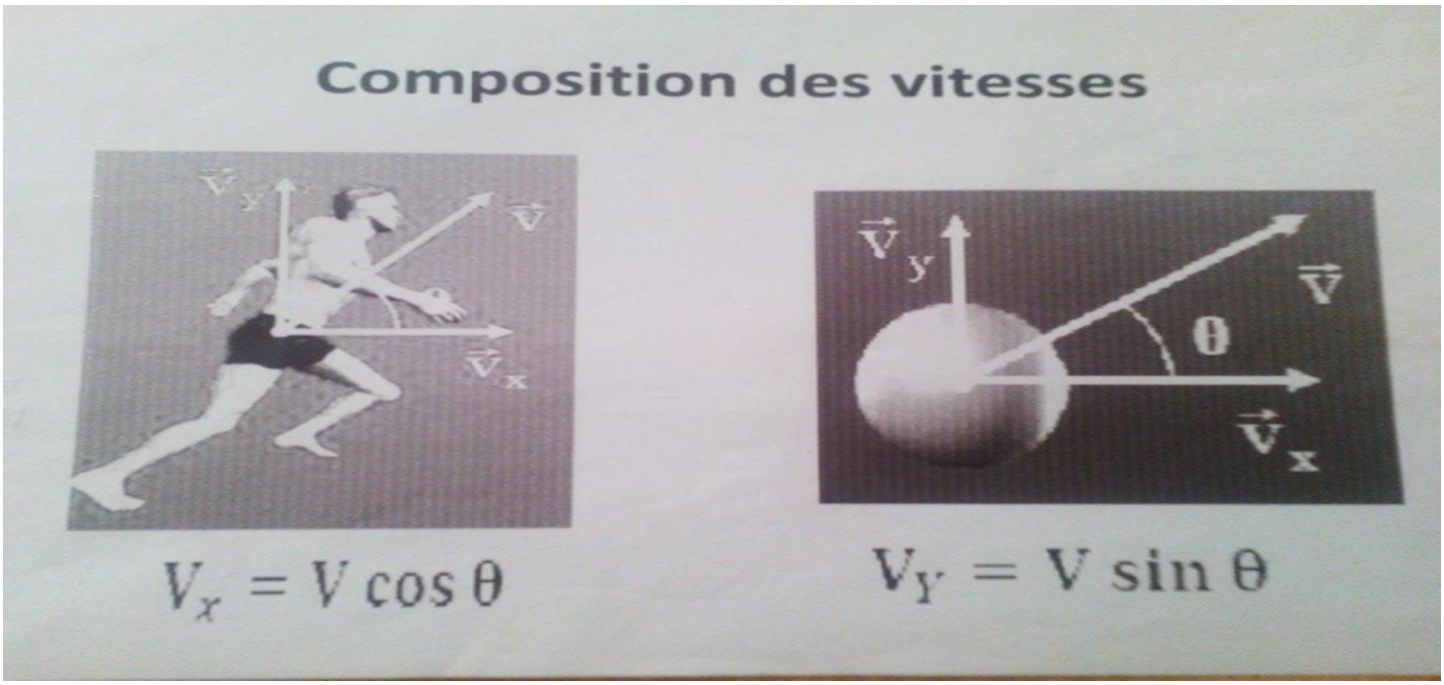
عند تحليل حركة المقذوفات لا بد من مراعاة العوامل التالية :

1- **زاوية الإنطلاق** :وتحدد الزاوية من خلال محور الحركة والمستوى الأفقي على نقطة القذف وفي حالة غياب مقاومة الهواء . ففي حالة غياب مقاومة الهواء فإن شكل مسار المقذوف يتأثر كثيرا بزاوية الإنطلاق . ولهذا فإن مسار الجسم المقذوف يتخذ مسارا عاليا وضيقا إذا اقتربت من 90° ويتخذ مسارا منخفضا إذا اقتربت من 0° كما تتأثر زاوية الإنطلاق بنقطة الوصول والإنطلاق .

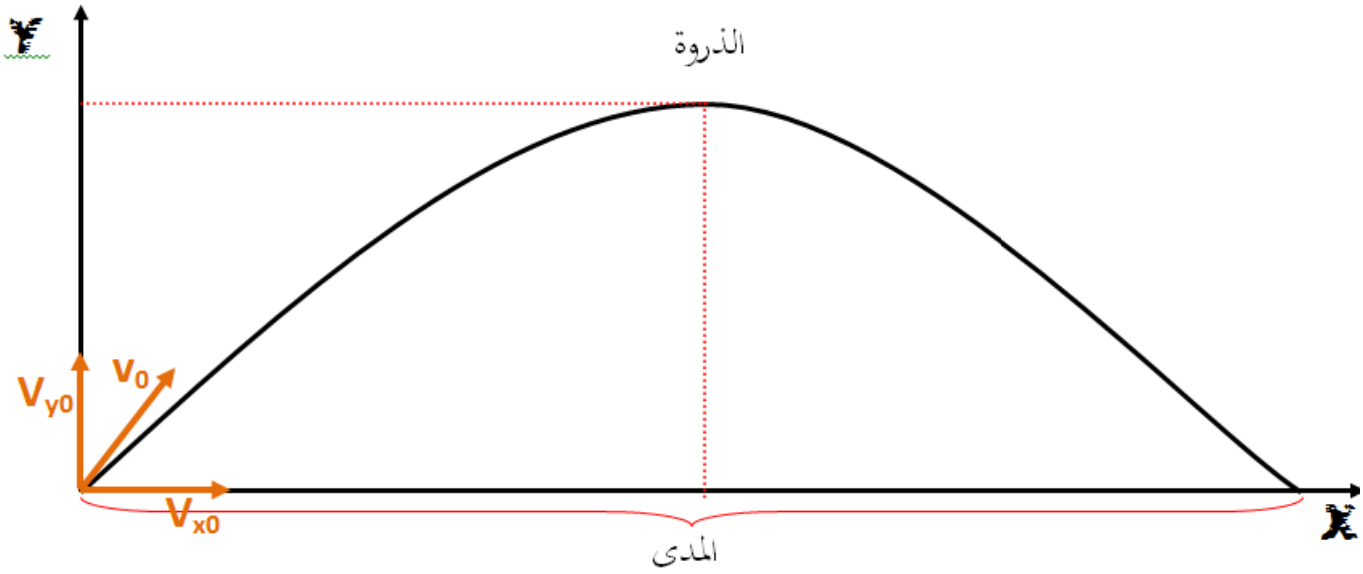
2- **نقطة الوصول والإنطلاق** : تأثر نقطتي الوصول والإنطلاق على مسار المقذوف :

- **في حالة ارتفاع نقطة الوصول عن نقطة الإنطلاق** : فإن القذوف يأخذ مسارا عاليا وزاوية تقترب من 90°.
- **في حالة نقطة الإنطلاق في نفس مستوى نقطة الوصول** : فإن المسار يأخذ مدى وذروة متوسطين والزاوية تقترب من 45° .
- **في حالة انخفاض نقطة الوصول عن نقطة الإنطلاق** : فإن المسار يكون ضيقا والزاوية تكون أقل من 45° وتقترب من 0° .

3- **السرعة الإبتدائية** :تأثر سرعة الإنطلاق في حركة المقذوفات بصورة واضحة على المسار فمثلا في حالة ثبات الزاوية وارتفاع نقطة الوصول عن الإنطلاق فإن السرعة الإبتدائية هي التي تحدد سعة المسار .




**تابع التحليل البيوميكانيكي لحركة المقذوفات :**



$$\sin a = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} \text{و} \cos a = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$$

- **التحليل الكنماتيكي الكمي لحركة المقذوفات :**

بما أن حركة المقذوفات حركة ذات بعدين أفقي وعمودي بحيث أنها مستقيمة منتظمة على المحور الأفقي ومتغيرة بانتظام على المحور العمودي وبالتالي يمكن دراستها كميا بمعادلات هذان النوعان من الحركة وبما أن كذلك كل حركة مقذوف لديها معطيات واضحة تتمثل في زاوية الانطلاق وسرعة الانطلاق مما يسهل هذا النوع من التحليل (التحليل الكمي).

- التسارع : انطلاقا من معادلة الحركة على الجانب العمودي التي تنص $\sum F = m\alpha$ على أن وانطلاقا من أن القوة الوحيدة المؤثرة على حركة المقذوف هي قوة الثقل P أي P=mg ومنه P=ma أي mg=ma إذن g=a

أثناء صعود المقذوف و $a = -10\ m/s^2$ ومنه نستنتج بأن التسارع على المحور العمودي يساوي قيمة الجاذبية أي $a= 10\ m/s^2$. أثناء هبوط المقذوف.

- السرعة : من خلال الشكل السابق يمكن حساب السرعة على المحورين كالآتي :

$$\sin\alpha = \frac{v_{x_0}}{v_0} \Longrightarrow v_{y^0} = v_0 \sin\alpha$$

$$\cos\alpha = \frac{v_{x_0}}{v_0} \Longrightarrow v_{x^0} = v_0 \cos\alpha$$

$$v_y = \alpha t + v_{y^0} \qquad v_{yo} = 0$$

- الزمن :وبما أن النقطة الأخيرة هي الذروة فإن :

$$0 = \alpha t + v_{y^0} \Rightarrow gt + V_0 \sin\alpha \Rightarrow t = \frac{V_0 \sin\alpha}{g}$$

- المدى $d = vt$ :لدينا معادلة المسافة هي : وبما أننا ندرسها على المحور الأفقي $d_x = v_x t$ فإنه :

$$d_x = v_0 \cos\alpha \frac{v_0 \sin\alpha}{g} \qquad d_x = \frac{v_0^2 \cos\alpha \sin\alpha}{g}$$

$$\Longrightarrow$$

وهاته المعادلة للنصف الأول :

$$d_x = 2\frac{v_0^2 \cos\alpha \sin\alpha}{g}$$

أما للمسار ككل فنحسبه بالمعادلة التالية :

**تمرين :** قام رياضي قفز طويل بمحاولة ناجحة حيث كانت سرعته الابتدائية بعد الدفع على لوحة الارتقاء هي 5m/s. بزاوية قدرها 45° . حدد أهم المعايير التي تميز حركة هذا الرياضي.

## 9- التحليل الكناتيكي لأشكال الحركة :

- **كناتيكا الحركة الخطية :** ونعني بها التحليل الحركي للمهارات الحركية من حيث القوى المؤثرة في الحركة فمن الناحية البيوميكانيكية يمكن تقسيم القوة إلى قوتين من حيث الشكل هما :

1. **قوة ناجمة عن التجاذب (الثقل) .**
2. **قوة ناجمة عن التلامس (تصادم، احتكاك ...) .**

- **قوانين نيوتن :** قام اسحاق نيوتن باكتشاف ثلاثة قوانين للحركة يمكن تطبيقها على المهارات الحركية وهي كالآتي :

1. **قانون القصور الذاتي :** وهو ينص1 على أنه يبقى أي جسم في حالة سكون إلا إذا تعرض لقوى تلزمه بتغيير حالته الحركية فمثلا في الميدان الرياضي لاعبوا السرعة يعملون على تقوية عضلات الأرجل من أجل التفوق على كتلتهم وبالتالي ليكتسبون قوة الانطلاق بقوة انفجارية لذا يعمل المدربون على تطوير بعض الصفات البدنية مثل سرعة رد الفعل والقوة الانفجارية اللتان من خلالهما يستطيع العداء إنجاز الانطلاق في أقل وقت زمني ممكن .
2. **قانون التسارع :** وينص قانون التسارع على أن التغير في الحركة يتناسب مع القوة المؤثرة في الجسم ويحدث في الاتجاه الذي تأثر فيه هاته القوة فمثلا : في كرة القدم قذف اللاعب للكرة يؤدي إلى التحرك بالسرعة التي تتناسب مع قوة الضربة وبالاتجاه المناسب الذي ضربت إليه الكرة .

ويتأثر الاتجاه بمكان ضرب الكرة في الرجل ولهذا يقوم المدربون بتعليم الرياضيين الكيفية الملائمة (التحضير المهاري) لضرب الكرة بتوجيهها إلى المكان المحدد وبالسرعة الملائمة .

3. **قانون الفعل ورد الفعل :** وينص هذا القانون على أنه لكل فرد رد فعل مساوي له في المقدار ومضاد له في الاتجاه .

## 10– دراسة قوى الاحتكاك والجاذبية والقوة العضلية .

**1.القوى الداخلية والقوى الخارجية :** حيث تلعب هذه الأنواع من القوة دورا بالغ الأهمية في إنجاز المهارات الحركية بالشكل الأمثل حيث في أغلب الأحيان تكون القوة الداخلية مدعمة للحركة أما القوى الخارجية فتكون معيقة للحركة . لكن هذا لا يعني أنها قوة تؤثر سلبا على الأداء الحركي .

- **قوة الدفع :** هو مقدار انتتاج قوة خلال زمن معين وتأثيرها خلال ذلك الزمن على أداء المهارة الحركية ولأن قوة الدفع تكسب الجسم المدفوع حركة معينة فإنها تتأثر بعاملين أساسيان هما الكتلة وسرعة الدفع .

**مثال :** رامي الجلة يطبق قوة لمدة طويلة على الكرة للرفع من قيمة الدفع (لكسب سرعة أكبر لكتلة الجلة) .

أما أثناء القفز للأعلى الرياضي يطبق قوة على الأرض حتى يكتسب قوة رد فعل (قانون نيوتن الثالث) . والتي تسمح له بالإقلاع بكتلته بأكبر سرعة ابتدائية ممكنة .

**قوى الاحتكاك :** تحدث قوى الاحتكاك عندما يكون سطحان متلامسان مثل : رجل اللاعب والأرض، ويؤدي هذا النوع من القوة إلى إعاقة الحركة نسبيا ويخضع هذا إلى معامل الاحتكاك . (القوة التي ينتجها السطحان بينهما) . فمثلا : عند ممارسة رياضة المشي فوق سطح أملس تصبح قوة الاحتكاك ضعيفة ويصعب أداء المهارة وهذا ما يبين بأن لقوة الاحتكاك تأثير إيجابي في إنجاز المهارات بالشكل الأمثل .

وفي الميدان الرياضي تلعب قوة الاحتكاك حسب نوع النشاط الرياضي دورا في دعم الإنجاز الصحيح للحركة أو إعاقة الإنجاز للحركة وهذا يخضع لطبيعة المهارة من جهة ولمقدار معامل الاحتكاك من جهة أخرى .

### القوى المتكافئة والغير متكافئة :

**القوى المتكافئة :**ونعني بها مجموع القوى التي تدفع الرياضي إلى إنجاز الحركة والقوى التي تكبحه تكون متكافئة أي متساوية في الشدة ومتعاكسة في الاتجاه وهذا ما ينتج عنه إنجاز حركة تتميز بالثبات في الاتزان أو الثبات في الحركة .(حركة بسرعة ثابتة ومنتظمة). ويظهر هذا النوع من الحركات بشكل كبير في حركات الجمباز كحركة الوقوف على الرأس أو اليدين أو محاولة الحفاظ على السرعة القصوى عند عدائي السرعة أو حركة الانطلاق في السباق .

**القوى الغير متكافئة :** عند التحليل الكناتيكي لحركات رياضي كرة قدم أو عداء سباقات السرعة نجد تغير في حالته الحركية بين فترة زمنية وأخرى ويعود سبب هذا التغير إلى التغير المستمر في القوى الدافعة والقوى الكابحة من فترة لأخرى وهذا ما يفسر ديناميكية الحركة .

## 10- علاقة الجانب الكنماتيكي بالجانب الكيناتيكي :

من خلال دراستنا لمواضيع البيوميكانيك يتضح أنه من الصعب التفريق بين التحليل الكنماتيكي (الكم والكيف) والتحليل الكناتيكي (القوى المؤثرة) . فمثلا رياضي رمي الجلة الذي يمتلك عضلات قوية لا يمكنه أداء رمية مثالية تتناسب مع قدراته إلا إذا قام بانجاز الحركة بالكيفية الصحيحة .

ولعل أهم مثال عن علاقة هذان المتغيران هما القوة والسرعة حيث أن كلا منهما ضروريان في إنجاز أي فعل حركي

.

**التسارع*القوة = الكتلة** $F = m * a$

وهذا يعني بوضوح (من خلال القانون السابق) أن السرعة تتناسب مع القوة تناسبا طرديا (زيادة القوة تؤدي إلى زيادة في السرعة والعكس صحيح) أي لتنمية صفة السرعة للرياضي لا بد من تنمية صفة القوة البدنية وهذا ما يفسر وبوضوح لماذا يقوم المدربون بتطوير صفة القوة قبل تطوير صفة السرعة (مرحلة الإعداد البدني العام في بداية الموسم الرياضي) .

**المراجع**

**باللغة العربية**


1. الهاشمي، سمير مسلط: البيوميكانيك الرياضي،ط2، دار الكتب للنشر، الموصل، العراق، 1999.
2. حسام الدين طلحة: الميكانيكا الحيوية الأسس النظرية والتطبيقية، ط1، دار الفكر العربي،عمان، الأردن،1993.
3. خليل أحمد بدر الدين وآخرون: أسس الميكانيكا، دار الفكر العربي، القاهرة، 2005.
4. سيراوي، ريموند: الفيزياء الميكانيكا والديناميكا الحرارية، الجزء الأول، ترجمة محمد محمود عمتر، دار المريخ، الرياض، 2008.
5. صريح عبد الكريم الفضلي:تطبيقات البيوميكانيك في التدريب الرياضي والأداء الحركي، ط1، دار دجلة، الأردن، عمان، 2010.
6. عايد حسين عبد الأمير: تأثير أحمال بشدة مختلفة باستخدام الأثقال في تطوير القدرة العضلية وحركة المدافع بكرة السلة وفق بعض المتغيرات البيوميكانيكية، أطروحة دكتوراه، كلية التربية الرياضية، جامعة بغداد، 2005.
7. عبد الحسين طالب فيصل: تأثير ثلاثة أساليب تدريبية في بعض المتغيرات الكنماتيكية، في فعالية 110 متر حواجز، أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد.
8. قاسم حسن وأيمان شاكر: الأسس الميكانيكية والتحليلية والفنية في فعاليات الميدان والمضمار، ط1، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، 2000.


**باللغة الفرنسية**


1. Paul grimshaw, Adrian burden : biomécanique du sport et de l’exercice, traduction français par simon pradel, 1édition, DE BOECK,2006,Bruxelles.