جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

البايو ميكانيك

العلوم الرياضية

الاول

المؤلفون

أ.د احمد ثامـــر محسـن

أ.د مصطفى صالح مهدي

أ.د ريـاض خليل خماس

أ.م.د عدنان كاظم أمنسف

الطبعة الأولى

2025 م – 1447 هـ

المصمم الفني: ريام عدنان رديف

المقدمة:

عزيزي الطالب عملت وزارة التربية على استحداث فرع التربية البدنية وعلوم الرياضة من أجل بناء جيل رياضي متطور يواكب البلدان المتطورة فضلاً عن ذلك الرياضة من العوامل المهمه في بناء صحة الإنسان وبناء فكره وقوامه ليكون مواطناً قادراً على بناء البلد وتمثيله تمثيلاً يليق بحضارة العراق وسمعته، والرياضة تلامس حياة الإنسان وتتعامل معه لذا من البديهي ان نقول ان الرياضة هي عبارة عن سلسلة من العلوم المختلفة التي تتظافر فيما بينها للوصول إلى الانجاز ، ومن بين هذه العلوم علم البايوميكانيك الذي يدرس كل حركة في جسم الإنسان ويقوم بتحليلها وفق القوانين الفيزيائية ومعرفة مسببات كل حركة لذا فان هذا الكتاب هو مدخل إلى علم البايوميكانيك في عالم الرياضة، حيث يلتقي الأداء البشري بدقة العلم.

ويبرز علم البايوميكانيك الرياضي كأحد علوم الرياضة الأساسية التي تكشف عن القوانين الخفية التي تحكم حركة الجسم وتؤثر على الأداء الرياضي، إن فهم كيفية تأثير القوى الميكانيكية على الجسم البشري وكيفية الاستفادة منها لتحسين الأداء والوقاية من الإصابات هو محور هذا المجال المتقدم.

والبايوميكانيك الرياضي هو العلم الذي يدرس حركة الجسم البشري عن طريق تطبيق مبادئ الميكانيكا، ويمثل حلقة الوصل بين علم الحركة والرياضة. فهو يوفر للمدربين، والرياضيين، والمعالجين، والممارسين الأدوات اللازمة لتحليل الحركات الرياضية بدقة، مما يساهم في تطوير استراتيجيات تدريب فعّالة وتحسين الأداء الرياضي بشكل ملموس.

من خلال تحليل القوى والضغوط الميكانيكية التي يتعرض لها الجسم أثناء الحركة، يتمكن هذا العلم من تقديم رؤى عميقة في كيفية تحقيق أقصى استفادة من التمرين وتقليل مخاطر الإصابات، كما يعزز من فهمنا للطرائق التي يمكن بها تحسين تقنيات الأداء الرياضي لزيادة الكفاءة والسرعة والدقة.

في هذه المواضيع، سنستعرض أساسيات البايوميكانيك الرياضي، ونستعرض كيف يمكن تطبيق مبادئ الميكانيكا لفهم مختلف جوانب الحركة الرياضية وتحليلها. وسنغوص في تفاصيل كيفية استخدام تقنيات التحليل الحركي والاختبارات البايوميكانيكية لتوفير تقييم شامل لحركات الرياضيين، ونكشف عن كيفية تصميم برامج تعليمية وتدريبية تتسم بالكفاءة والفعالية.

انضم إلينا عزيزي الطالب في رحلة استكشاف هذا العلم المثير، حيث نكشف الستار عن الأسس العلمية التي تسهم في تحسين الأداء الرياضي وتطوير الممارسات التدريبية، ونستعرض أحدث الأبحاث والتقنيات التي تشكل مستقبل البايوميكانيك الرياضي.

محتويات الكتاب

المفردات	رقم الصفحة
الفصل الاول	
البايوميكانك الرياضي:	8
نبذة تاريخية عن علم البايوميكانيك	8
تطور البايوميكانيك في العراق	11
تعريف البايوميكانيك:	12
أهمية البايوميكانيك في المجال الرياضي	15
أهداف البايوميكانيك في المجال الرياضي	17
الواجبات الرئيسية للبايوميكانيك	20
فروع البايوميكانيك	21
علاقة البايو ميكانيك بالعلوم الرياضية	22
أقسام البايوميكانيك	24
الأسس التشريحية للحركة	28
تحليل حركات الجسم	29
الجهاز العضلي	32
المصطلحات العضلية	33
أنواع العمل العضلي	34
تركيب الجهاز العظمي	36
الميكانيكا الحيوية للعظام	37
التطبيقات العملية لميكانيكا الجهاز العظمي	37
التحليل البايوميكانيكي باستخدام التصوير	40
المتغيرات الميكانيكية التي يمكن قياسها من خلال التصوير	44
البرامجيات المستخدمة في التحليل الحركي	47
أسئلة الفصل الأول	50

الفصل الثاني

البايوميكانيك النظري	51
الكينماتك الخطي	52
العلاقة بين المسافة والسرعة والزمن	60
العلاقة بين السرعة والتعجيل	61
التطبيقات العملية للسرعة والتعجيل في الرياضة	61
نسبية الحركة	62
الكميات القياسية والكميات المتجهه	62
أسئلة الفصل الثاني	65

الفصل الثالث

الحركة من ناحية مسارها الهندسي	66
الحركة بالمسار المستقيم	66
الحركة بالمسار المنحني	67
الحركة بالمسار المتعدد	68
أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني	69
الحركة المنتظمة	69
الحركة غيرالمنتظمة	69
أسئلة الفصل الثالث	72

الفصل الرابع

المحاور والمسطحات	73
المحاور	74
المستويات والمسطحات	76
المحاور والمسطحات في بعض الحركات	76
أهمية دراسة المسطحات في الرياضة	79

مركز كتلة الجسم ومركز ثقل الجسم	**81**
أسئلة الفصل الرابع	**84**
الفصل الخامس	
المقذوفات في الرياضة	**85**
المقذوفات العمودية	**86**
المقذوفات الأفقية	**91**
ميكانيكية الركض السريع	**104**
أسئلة الفصل الخامس	**118**
الخاتمة	**119**

الفصل الأول

البايوميكانيك الرياضي:

ان علـم البايوميكانيـك يتكـون مـن مقطعـين وهمـا (بـايوBio) بمعنـى (الحيـوي) و (ميكانيـك Mechanic) بمعنى (ميكانيك) ويعرب المصطلح تحت عنوان (الميكانيكا الحيوية)، ويمتزج في هذا العلم كل من علوم التشريح ، الميكانيك ، الفيزياء والرياضيات فضلا عن علوم أخرى مثل صناعة الأجهزة والأدوات وغيرها.

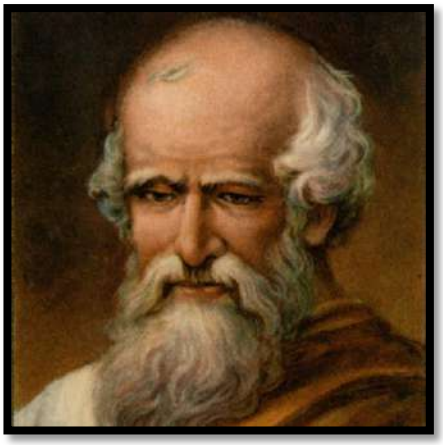
نبذة تاريخية عن علم البايوميكانيك:

إن علم الميكانيكا الحيوية لم يكن علما حديثا من الناحية التاريخية ان صح التعبير، بل هو علم قديم بالنسبة لبقية العلوم الأخرى ذات العلاقة بميدان التربية الرياضية.

كـان (أرسطو) أول المهتمين بهذا العلم في العام (323-284 ق.م) ، اذ تطرائق في مؤلفاتـه إلـى مركـز الثقل وقوانين الروافع (العتلات) وأثرها في حركة الأجسام كما وصف حركة المشي وسرعة الركض،ثم تبعه أرخميدس (287-212ق.م) حيث تناول قوانين الحركة واستعملها على السوائل.

وقد برهن العالم والطبيب المعروف جالن (301 –131 ق.م) على أن الدفع الحركي ينتقل من المخ إلى العضلات عن طريق الأعصاب إذ يؤثر في العضلات التي تنقبض وتسبب حدوث الحركة، وأسهم جالن في تطوير علم التشريح الذي بدأه على القردة والكلاب والاغنام، وكانت ابحاثه قاصرة على الحيوانات، لأنه لم يكن بالإمكان تشريح جثث بشرية .

العالم ارسطو



العالم أرخميدس

ثم جاء العالم والرسام الإيطالي (ليوناردو دافينشي) (1452- 1519م) الذي درس الطبيعة والتشريح والذي كان مولعا بدراسة حركة الإنسان، فقام بدارسة تكوين جسم الإنسان على الجثث البشرية، وأعلن ان جسم الإنسان خاضع لقوانين الميكانيكا، وكان ذلك يعد عملا عظيما في ذلك الوقت كما وضع وصفا ميكانيكيا لجسم الإنسان في عدة نماذج. ولقد اضطر ليونارد دافنشي ان يحيط اعماله بسياج من السرية خوفا من بطش الكنيسة آنذاك ولذلك لم تنشر أبحاثه إلا بعد مائة عام، وفي عام (1452-1519م) وضع (اسحاق نيوتن) قوانينه في الحركات التي لا تزال معروفة باسمه، التي أحدثت نقلة نوعية في علوم الحركة وما زالت تدرس إلى اليوم في أعرق الجامعات العالمية.

ألعالم دافنشي

العالم نيوتن

وفي عام (1679م) وضع العالم الإيطالي ألفونسو بوريلي اول كتاب في الميكانيكا الحيوية، كما أسهم بوريلي في تطوير حركة الإنسان واهتم بتطبيق المعادلات الرياضية في مشاكل الحركة وأوضح ان العضلات تعمل وفقا لمعادلات وقوانين ميكانيكية وطبيعية، ويعتبر اول من وضع تدريبات للعلاج الطبيعي على أساس ميكانيكي.

وفي عصر النهضة الصناعية عام (1836م) ازدهرت العلوم الطبيعية وزادت الرغبة في بحث حركة الأجسام الحية حتى نشر العالمان ا ى.ب فيبر نتائج ابحاثهما عن الحركة الانتقالية للإنسان وعن حركة المشي، ووضعا بعض النظريات عن حركة المشي حيث وضعا سلسلة موضوعية من التحليل الحركي. كما قدما الأدلة العملية على صحة ما ذهبا اليه.

وفي عام (1877 م) تم اختراع الة التصوير السينمائي والتي ساعدت الباحثين في تحليل حركات الإنسان وكان العالمان الالمانيان (برونه وفشر) رائدين بأبحاثهما حول حركات الإنسان واستنتجا طريقة

جديدة لتحديد مركز الثقل كما حددا المسار وفقا للزمن أي مسار السرعة ومسار التعجيل، ظهرت فيما بعد عدة طرائق في التصوير منها التصوير المتتابع دائريا، ثـــــم تلي ذلك ما قام به المصور الأمريكـــي (هاي بريدج) من عمل سلسلة صور للحركة حيث اقام (24) الة تصوير بجانب بعضها لتصوير حركة الحصان وراكبة بطريقة اوتوماتيكية اثناء ركضه كاملة. وبدئوا في تصوير حركة الجري. بعد ذلك عندما تقدم وتطور التصوير السينمائي تم تصوير الإنسان بعد وضع ستارة خلفية سوداء والبسوه ملابس بيضاء، ثم بدله بها شرائط لامعة بيضاء ليمكن تحديد محاور الجسم بها.

واستبدلت الشرائط بعد ذلك بنقاط مضيئة عند نهاية المحاور بعد ذلك تمكنوا من تحديد المسارات الحركية للحركة الرياضية تم دراساتها بطريقة موضوعية إذ أمكن بعد ذلك قياس الزمن مع التصوير السينمائي. ولقد عقدت اول دورة ألقيت فيها محاضرات عن (البايوميكانيك للحركات الرياضية) في معهد (لينين غراد للتربية البدنية) لأول مرة (1931 م).

وفي عام (1939م) لعب كتاب الميكانيكا الحيوية للتمرينات البدنية الذي الفه (كوتوتيكوفا) وهو استاذ مادة البايوميكانيك بمعهد لينجراد للثقافة البدنية دورا كبيرا في اعداد الرياضيين حيث ظهرت العديد من الكتب، بعد ذلك في هذا المجال وبارتفاع المستوى العلمي وتطوير السينما ثم التوصل إلى معلومات جديدة في مجال أبحاث الميكانيكا الحيوية، وكذلك قام (ابلاكوف) بتطوير مجموعة خاصة من أجهزة تسجيل القوى لاستخدامها في قياس القوى في المجال الرياضي .

ومع بداية عام 1950 ظهر البايوميكانيك كمجال هام للبحوث العلمية بنظم متنوعة ومختلفة كعلم الفضاء والتشريح الوظيفي الأمان في صناعة السيارات وجراحات تقويم الأعضاء والهندسة الحيوية الطبية والتأهيل البدني وعلم النفس الصناعي وطب الطيران والرياضة البدنية.

وعقد اول مؤتمر علمي للبايوميكانيك الرياضي في مدينة (لايبزك) في (المانيا) في سنة (1960 م).

تطور البايوميكانيك في العراق:

تطور علم البايوميكانك والتحليل الحركي في جمهورية العراق بعد استخدام تقنيات العرض البطيء للحركات الرياضية باستخدام كاميرات سينمائية بسرعة (64 صورة/ثانية) سنة (1985) وخصص مختبر البايوميكانيك سنة (1985) في كلية التربية الرياضية في جامعة بغداد لغرض تدريب طلبة الماجستير بتحليل الحركات الرياضية من الأفلام السينمائية ، واحتوى المختبر على جهاز (لارجر) مكبر للصور السينمائية يتم أسقاط الصورة وهي مكبرة على لوحة خشبية بيانية ، وكانت اولى الدراسات هو رسالة الماجستير للطالب (جاسم محمد نايف الرومي) وبإشراف (الأستاذ الدكتور عبد علي نصيف) سنة (1986) في جامعة بغداد بعد ان تم تحديد مسار الحركات فوق الحواجز كجزء من برنامج للتعلم الحركي، كما تم تحليل مسار مهارة قفزة اليدين الأمامية على حصان القفز للطالب (عبد الواحد لازم) وبتاريخ (1988) تم تحليل حركـــة لاعبي المنتخب الوطني العراقي فـــي ركض (110 متر حواجز) للطالب (حسين مردان عمر) بإشراف (الأستاذ الدكتور قاسم حسن حسين) وتم استعمال تقنية العرض البطيء للأفلام السينمائية والتحليل على جهاز (الميفيولا) للإنتاج السينمائي. ولقد استخدام الحاسوب لأول مرة في تحليل الحركات وإيجاد القيم الكينماتيكية للاعبين اثناء اجتيازهم للحواجز، وقد كان البرنامج المصمم يعرض على شاشة الحاسوب ويحسب مساره وسرعته وتعجيله وزوايا أجزاء الجسم وسرعته الزاوية ثم يطبعه على ورقة باستخدام طابعة، وكان البرنامج يحتوي على محاكاة الزوايا بلغة البيسك.

صورة رقم (1) جهاز المفيولا

وحدثت نقلة نوعية عند استخدام برنامج (الاوتوكاد اصدار14) لإيجاد الزوايا والإزاحات للحركات الرياضية في سنة (1999) في جامعة بغداد بعد تحويل التصوير الفيديوي بسرعة (25صورة/ ثانية) إلى صورة متسلسلة عن طريق برنامج تقطيع الفيديو من ثم تحليل الصورة من خلال البرنامج المثبت على الحاسوب.

أدرجت مادة (التحليل الحركي) التي هي احدى مكونات البايوميكانيك ضمن مناهج الدراسات الأولية في سنة (2011) في جامعة بغداد، ولم يتوفر منهج مستقل معتمد لأن المادة لم تعتمد في جميع الكليات وتم تدريسها بمفردات مستقلة (ملزمات) ليصبح هو العلم الاخر المعتمد في كليات التربية الرياضية.

وفي عام 2015 تم اعتماد الكتاب الأول للتحليل الحركي الرياضي في جامعة بغداد. ولقد ظهرت بوادر الاهتمام في هذا العلم في (جمهورية العراق) في أول مؤتمر دولي تخصصي ألقيت فيه أبحاث على مستوى عالٍ من الأهمية تعالج جميع الفعاليات وألقيت فيه محاضرات علمية أسهمت جامعات عراقية وعربية فيها وكان ذلك في تاريخ (2009/03/26) في (كلية التربية الرياضية) في (جامعة القادسية) وكان مؤتمرا ناجحا وعرضت فيه مجموعة من الأجهزة والبرمجيات التي تعالج الوضع الحركي للرياضيين.

تعريف البايوميكانيك:

علم البايوميكانيك رياضيا : فهو العلم الذي يهتم بدراسة الحركات الرياضية وتحليلها والوقوف على مسبباتها كميا ونوعيا لغرض الوصول إلى الأداء الامثل والانجاز الافضل.

ويعتمد على :-

1- القوانين الفيزيائية والرياضيات

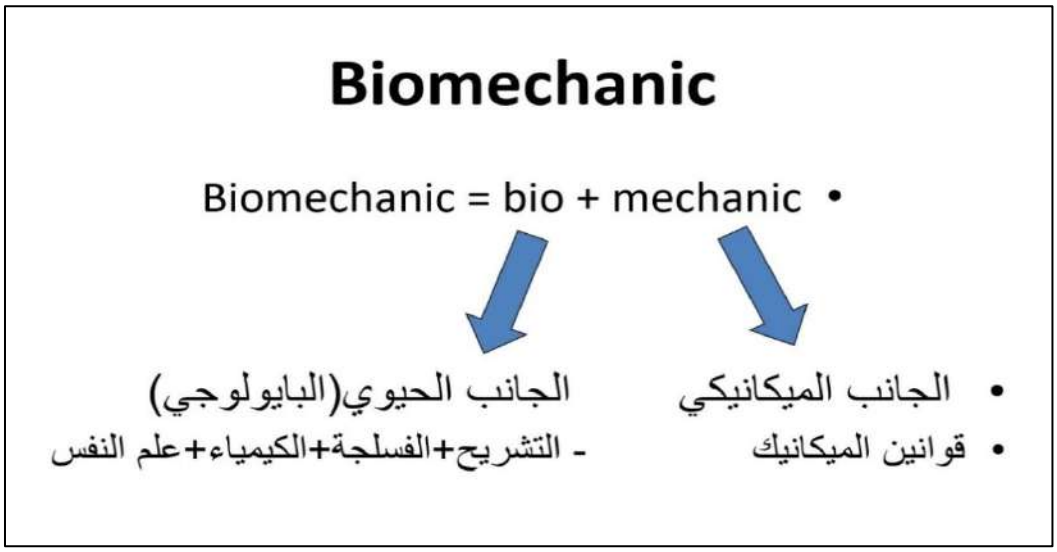
2- القياسات الجسمية للانسان

3- الوضع التشريحي للعضلات

4- طريقة الأداء الحركي (تكنيك الحركة)

5- خصوصية الفعالية الرياضية حيث لكل فعالية رياضية خصوصية معينة تختلف باختلاف نوع الفعال.

صورة رقم (2)



صورة رقم (3)

صورة رقم (4)

وهو في حقيقته علم تجريبي تطلب عصور طويلة وبذل فيه مجهود كبير حتى تحول ال صيغة قوانين كانت أساسا لعلم الميكانيكا الحديثة، علم الميكانيكا الحيوية (البايوميكانيك) وبعد انتشار الدراسات بالاعتماد على هذا العالم تم برمجة البحوث بفرعي الديناميكي وهما (الكينماتيك) والذي يهتم بوصف الحركة من حيث مسارها الهندسي (المكاني والزماني) دون التدخل بالقوة المسببة للحركة.

والفرع الاخر هو(الكينتيك) الذي يهتم بدراسة القوة المسببة للحركة. وقد أسهم علم البايوميكانيك بتحسين التكنيك (الأداء الفني) الرياضي منذ منتصف القرن التاسع عشر إلى الأن .

ساعد التطور الكبير في علوم الحاسبات والتقنيات الالكترونية على سرعة انتشار البايوميكانيك وكثرة البحوث والمعارف كما تداخلت علوم أخرى مثل التعلم الحركي فقدمت الدراسات أساليب البايوميكانيكية للتغذية الراجعة لنتيجة الأداء من خلال رسم المنحنيات فضلا عن استعمال الات التصوير السينمائية مع أجهزة قياس القوى (منصات القوى). ولوضع أسس لتحليل الحركات الرياضية اعتمدت مفاصل الجسم كأجزاء مادية وضحت للباحثين مسارات أجزاء الجسم ومدى توافقها مع الأداء المهاري ووضعت لكل حركة الأسلوب الانسيابي من خلال ذلك .

صورة رقم (5)

أهمية البايوميكانيك في المجال الرياضي:

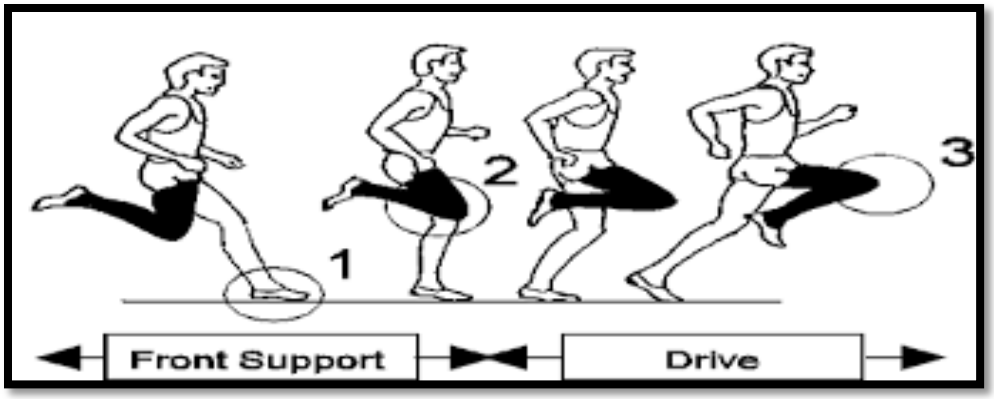
1- يساعد الفرد على اتقان الحركات والمهارات الفردية الرياضية مما يوفر الكفاية في الحركة.

صورة رقم (6)

2- عن طريق تطبيق المبادئ والقوانين التشريحية والميكانيكية في التدريب لتهيئة الرياضي الذي يتوفر فيه المواصفات المطلوبة وحالة الاستعداد للوصول إلى مستوى الإنجاز.

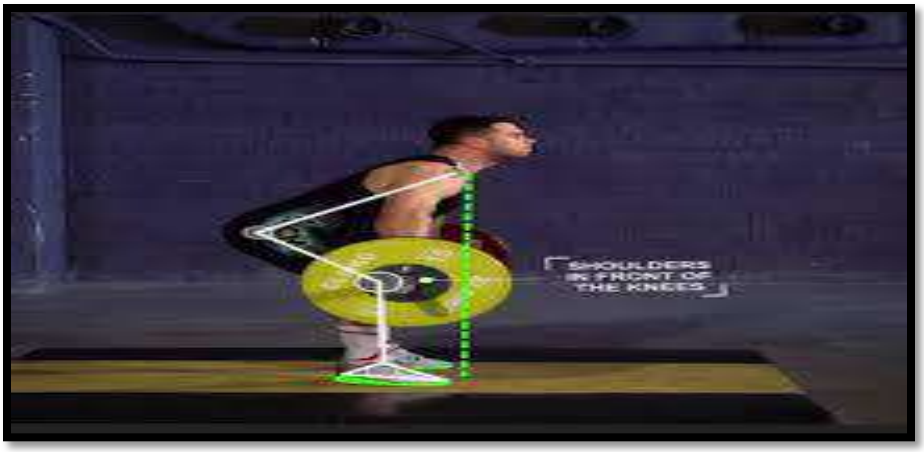
صورة رقم (7)

3- يساعد المدرب والمدرس الجيد الذي يقوم بتعليم المهارات الحركية على أسس علمية سليمة.



صورة رقم (8)

4- توفر للمدرب والمدرس القدرة على تقويم الحركات والمهارات الرياضية والتمرينات البدنية بأسس ومعاملات علمية يمكن الاستفادة منها لتصحيح الأخطاء مستقبلا.



صورة رقم (9)

5- دراسة هذه المادة ضرورية بالنسبة لمن يعدون أنفسهم للعمل في ميدان التربية الرياضية والعلاج الطبيعي البايوميكانيك يزودنا بالمعلومات الدقيقة التي تعد أفضل الوسائل المهمة في تحقيق هدف الحركة، إذ إن لكل مهارة هدفاً يسعى اللاعب لتحقيقه وهذا الهدف يشكل القاعدة التي يستطيع عن طريقها تصنيف المهارات، وان تحقيق هذا الهدف يرتبط بالأسس البايوميكانيكية للمهارة المعينة ومدى ملائمتها لتحقيق الهدف حيث يوفر البايوميكانيك المعلومات الضرورية في مساعدة المدرس او المدرب في الحكم على الحركة وفهم أجزائها ومكوناتها ومعرفة المسارات الحركية المعقدة للمهارة من الناحية التشريحية وفهم اداء العلاج اللازم لكل مفاصل الحركة التي تحصل اثناء اداء مهارة معينه.

صورة رقم (10)

أهداف البايوميكانيك في المجال الرياضي:

أولا- تحسين الأداء الفني (التكنيك):

إن تطبيق الميكانيكا الحيوية لتحسين الأداء الفني يتخذ اتجاهين: -

1- إما ان يستخدم المدرب أو المدرس المعلومات الميكانيكية لتصحيح أداء (عمل) الرياضي أو الطالب لكي يحسنوا تنفيذ المهارة.

2- وأما عن طريق إجراء البحوث (الميكانيكا الحيوية) لاكتشاف تكنيك جديد وأكثر تأثير للأداء المهارات الرياضية.

ففي الإتجاه الأول: يستخدم المدربون او المدرسون طريقة " التحليل البايوميكانيكي االنوعي في عمليات التدريب او التدريس ليؤثروا على تغيير التكنيك.

وفي الاتجاه الثاني: يستخدم باحثوا الميكانيكا الحيوية " التحليل البايوميكانيكي الكمي لاكتشاف التكنيكات الجديدة ثم يعرضها على المدربين والمدرسين لتطبيقها على لاعبيهم.

صورة رقم (11)

ثانيا- تطوير واستحداث أدوات جديدة:

ساهمت الميكانيكا الحيوية أيضا في تصميم الأجهزة والأدوات الرياضية، مثل تصميم الأحذية الرياضية الخاصة بالرياضات المختلفة، الجري، المشي، السكواش، كرة السلة، وغيرها حيث يستند التصميم على وظيفتين امتصاص الصدمات والتحكم وغيرها من الأدوات التي ساهمت الميكانيكا الحيوية في تصميمها او تطويرها.

صورة رقم (12)

وقد يكون لهذه الأدوات والمعدات تأثيرا مباشر على الأداء، او عن طريق حماية اللاعب ومن الإصابة (كتأثير غير مباشر) وبجانب هذه الأدوات والمعدات التي ذكرت هناك كثير من الرياضات تحتاج إلى أنواع معينة من الأجهزة .

ثالثا- تحسين التدريب:

يساعد تحسين التدريب في تحليل الأداء والوقوف على العيوب او مميزات التكنيك المستخدم من الرياضي يمكن ان يساعد المدرب او مدرس التربية البدنية على تعيين او تحديد نوع التدريب الذي يحتاجه ويتناسب مع الرياضي لتحسين اداءه. فقد يكون العيب في نقص صفة القوة للاعب او صفة التحمل مثلا او في مجموعات عضلية معينة، او في نقص سرعة الحركة، او في أداء اللاعب نفسه للتكتيك.

صورة رقم (13)

رابعا- الوقاية من الإصابة وعمليات التأهيل:

يعتقد بعض الدارسين ان هذا الهدف من أهداف دارسة البايوميكانيك في المجال الرياضي هو هدف ثانوي، ولكننا نقول ان هذا الهدف هو رئيسيا، فالدراسة والتحليل تؤدي إلى تعمق فهم المدربين والمدرسين، وكذلك الممارسين بتفصيلات الحركات وبالطرائق وبالأساليب الصحيحة لتعليمها وتأديتها وكيفية تطويره، وبذلك ممكن ان تتلاشى الأخطاء المؤدية للعديد من الإصابات المرتبطة ببعض المسابقات والأنشطة الرياضية. هذا بالإضافة إلى الاسهام في استحداث تدريبات وقائية من الإصابة بالنسبة لكل نوع من أنواع الأنشطة الحركية مثل التدريبات الوقائية او المخففة لإصابة الركبة او المفصل القدم او إصابة مفصل المرفق، كما تساهم أيضا في تحديد الأسباب والأوضاع التي تؤدي إلى وقوع الإصابة.

ونقول مرة أخرى ان الميكانيكا الحيوية يمكن ان تمدنا بالأساس لتعديل او تغيير التكنيك، الأدوات، التدريبات، لتوقي او منع الإصابة وكذلك في عمليات التأهيل بعدها.

صورة رقم (14)

الواجبات الرئيسة للبايوميكانيك:

1- بحث الأداء المهاري (التكنيك) الرياضي المثالي.

2- تعميم المعلومات المكتسبة عن التكنيك المثالي لأنواع الرياضات المتعددة وجعلها اسسا عامة للبايوميكانيك، وخاصة ما يتصل منها بالاستخدام المناسب للقوى.

3- إيجاد طرائق سهلة لبحث الحركة الرياضية (الاختبارات الرياضية) لتساعد المدرس والمدرب في تحديد الأخطاء واكتشافها موضعيا اثناء الحركة الرياضية.

4- تقييم التمارين البدنية على أساس مدى تحقيقها لأغراض التربية الرياضية عن طريق تحليل بعض التمارين الخاصة التي يمكن بواسطتها ان تزداد وتنمو عناصر اللياقة العامة والخاصة.

5- يعمل البايوميكانيك كذلك على اتساع معلوماتنا التشريحية والفسيولوجية لأنها تكشف وتفسر لنا الارتباطات والعلاقات القائمة بين شكل جسم الإنسان الذي هو جهاز الحركة وبين وظائفه وما حركة الإنسان الا انعكاسا لسير بعض العمليات في جهازه العصبي المركزي.

فروع البايوميكانيك:-

اولاً- البايوميكانيك الثابت:-

هو النوع الذي يهتم بدارسة الأنظمة التي تكون ثابتة الحركة، بمعنى إنها تعنى بأجسام ذات الحالة الثابتة او ذات السرعة الثابتة

ثانياً- البايوميكانيك الحركي:-

وهو الفرع الذي يهتم بد ارسة الأجسام المتحركة بتعجيل تزايدي أو تناقصي أو الاثنين معا و يقسم هذا النوع إلى قسمين

1- البيوكينتك:-

علم يعنى بد ارسة أسباب الحركة والقوى المصاحبة سواء أكانت ناتجة عنها أو محدثة لها ، ويبحث في مسببات الحركة ونتائج الانقباض العضلي وعلاقته بمثالية الأداء

2- البيوكينماتيك :-

وهو دراسة الحركة دراسة وصفية (وصف الحركة ظاهريا) من حيث الزمان و المكان دون التطرائق إلى القوة المسببة لها وان الخصائص الكينماتيكية لحركة الإنسان تتحدد من خلال دراسة الشكل الخارجي الهندسي ورسم المسار الحركي للإنسان في الفضاء وتغيراته في الزمن ، (المسافة ، الزمن ، السرعة) ورسم مساراتها ، وان اعتماد الاساليب الدقيقة من التحليل بواسطة الكاميرات السريعة واستخدام أجهزة الكمبيوتر ذات البرمجيات الحديثة والمتخصصة في هذا المجال هو الذي قاد إلى تلك النتائج ، إذ إن العين البشرية المجردة غير قادرة على متابعة الأداء الذي يتميز بالسرعة الكبيرة كذلك لا يمكن قياس المتغيرات الاخرى كالسرعة أو مقدار الزوايا عن طريق النظر فقط.

علاقة البايوميكانيك بالعلوم الرياضية:

علم البايوميكانيك الرياضي هو مجال متعدد التخصصات يدرس القوانين الفيزيائية المطبقة على حركة الجسم البشري في سياق الأنشطة الرياضية. العلاقة بين البايوميكانيك والعلوم الرياضية الأخرى مثل التدريب والتعلم الحركي والتشريح والفسيولوجي هي علاقة تكاملية تؤثر بشكل كبير على تحسين الأداء الرياضي والوقاية من الإصابات. دعنا نلقي نظرة مفصلة على هذه العلاقات:

1- البايوميكانيك والتدريب الرياضي:

الارتباط:

- **تحليل الأداء :**البايوميكانيك يوفر أدوات وأساليب لتحليل الحركات الرياضية، مما يساعد المدربين في فهم كيفية أداء الرياضيين للحركات وتحديد المجالات التي يمكن تحسينها.
- **تصميم البرامج التدريبية :**باستخدام مبادئ البايوميكانيك، يمكن تصميم برامج تدريبية تستهدف تحسين الأداء من خلال تعزيز الحركات الفعالة وتقليل الحركات غير الضرورية.
- **تقليل الإصابات :** عن طريق فهم الآليات التي تؤدي إلى الإصابات، يمكن للمدربين تعديل تقنيات التدريب لتقليل مخاطر الإصابة.

تطبيقات:

- تحليل تكنيك الرياضيين في رياضات معينة، مثل كيفية تحسين طريقة الجري أو رمي الكرة.
- تصميم تمارين تقوية ودعامة بناءً على الفهم البايوميكانيكي لكيفية عمل العضلات والمفاصل.

2- البايوميكانيك والتعلم الحركي:

الارتباط:

- **تحليل الحركات :**يساعد البايوميكانيك في فهم كيفية تعلم الرياضيين للحركات المعقدة وكيفية تحسينها من خلال التدرب على تقنيات معينة.
- **تحسين الكفاءة :**من خلال دراسة كيفية تنفيذ الحركات بأقل جهد وأقصى كفاءة، يمكن تحسين أساليب التعلم الحركي.

تطبيقات:

- تصميم أساليب تعليمية وتدريبية تستند إلى المبادئ البايوميكانيكية لتحسين إتقان المهارات.
- استخدام التكنولوجيا لتحليل الحركات وتقديم ملاحظات دقيقة للرياضيين لتصحيح الأخطاء وتحسين الأداء.

3- البايوميكانيك والتشريح:

الارتباط:

- **فهم التكوين البشري :**البايوميكانيك يعتمد على المعرفة التشريحية لفهم كيفية تأثير تشريح الجسم على الحركة.
- **تحديد أدوار العضلات والمفاصل والعظام:** دراسة كيفية تفاعل العضلات والمفاصل خلال الحركات الرياضية.

تطبيقات:

- تحليل وظائف العضلات والمفاصل في الحركات الرياضية المختلفة، مثل كيفية عمل عضلات الساقين خلال الجري.
- فهم كيفية تأثير تشوهات التشريح على الأداء وإمكانية التعديل لتحسين الحركة.

4- البايوميكانيك والفسيولوجي:

الارتباط:

- **الاستجابة للجهد :**البايوميكانيك وفسيولوجيا التمارين الرياضية مرتبطان في دراسة كيفية استجابة الجسم للجهد البدني وكيفية تأثير ذلك على الأداء.
- **التكيف مع التدريب :**من خلال فهم كيفية تكيف الجسم مع التمارين الرياضية على مستوى فسيولوجي، يمكن للعلماء تصميم برامج تدريبية فعالة.

تطبيقات:

- دراسة كيفية تأثير التعب والإجهاد على الحركة وأداء الرياضيين.
- تحليل كيفية تأثير تقنيات التدريب المختلفة على الاستجابة الفسيولوجية، مثل كيفية تحسين التحمل البدني من خلال التمارين البايوميكانيكية المناسبة.

أقسام البايوميكانيك:

اولاً -البايوميكانيك النظري:

يدرس هذا النوع المبادئ والقوانين الميكانيكية، فالمدرب والمدرس او الرياضي الذي يمتلك خلفية عامة عن طبيعة القوانين الميكانيكية وأثرها على حركة الجسم البشري يكون أكثر قدرة على تحصيل وتطوير التكنيك المثالي في الألعاب الرياضية، وكما ان المعرفة العامة بالأسس الميكانيكية تمكن العاملين علي في الوسط الرياضي من معرفة الوضع العضلي والمفصلي الصحيح الذي يساعد على سهولة الأداء الحركي المثالي. كما انها تمكن من تفهم نقاط القوة والضعف عند الرياضي مما يساعد في العمل على معالجتها.

إن جسم الإنسان يمكن أن يعتبر آلة ميكانيكية تتحرك حسب القوانين الميكانيكية لذلك لا بد من معرفة هذه القوانين لكي تساعدنا على تحسين قابليات طلابنا ولاعبينا من مختلف الفعاليات الرياضية.

ويقسم هذا النوع من البايوميكانيك إلى:

1- الكينماتيك.

2- الكيناتيك.

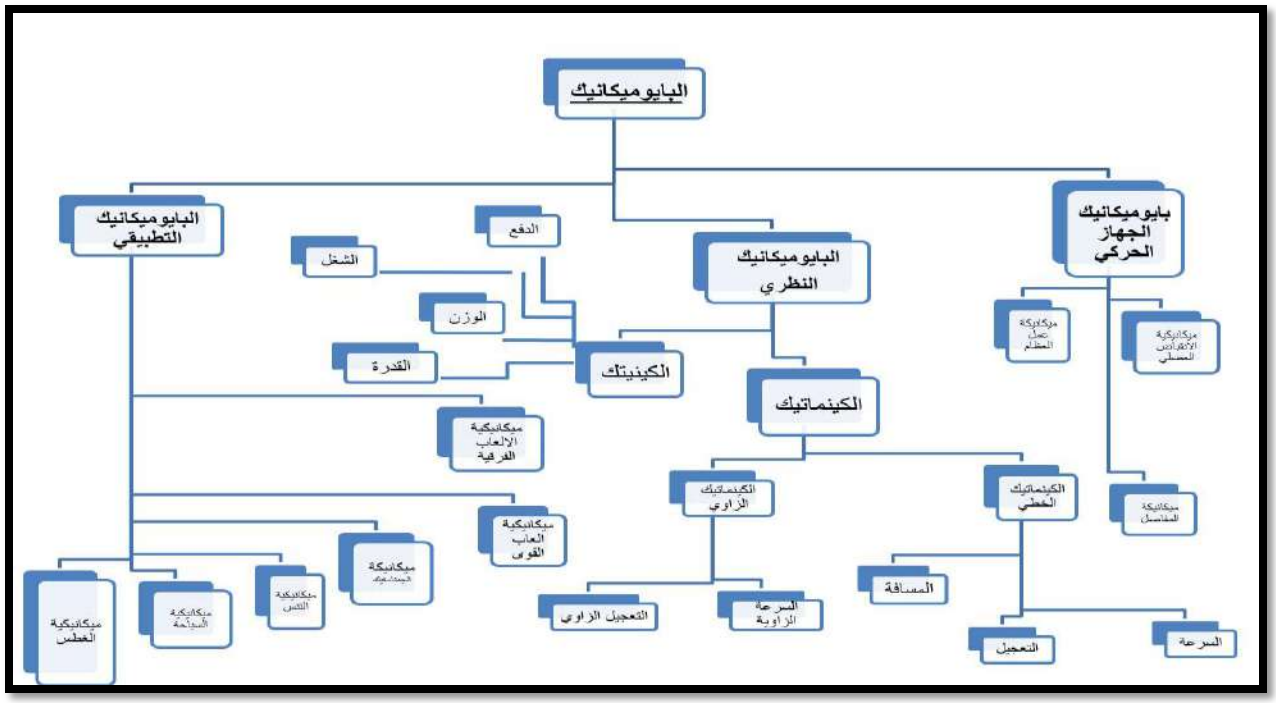
ثانياً- البايوميكانيك التطبيقي:

ان الفعاليات الرياضية مختلفة ومتشبعة وليس بالضرورة تعميم القوانين التشريحية والميكانيكية على جميع الفعاليات الرياضية المختلفة بشكل متساو.

فبعض الفعاليات تستوجب إسهام عضلة او مجموعة عضلية في زاوية تختلف عن استخدامها في فعاليات أخرى، لذلك فان الضرورة تستوجب من المهتمين في التربية الرياضية أن يطبقوا كل ما تعملوه من علوم وقوانين خاصة بالتشريح والفيزياء والفسلجة على فعالية رياضية معينة، وذلك عن طريق معرفة القوانين التشريحية والميكانيكية التي هي من المتطلبات الضرورية لنجاح أي مدرب أو مدرس يعمل في الحقل الرياضي.

ثالثاً- بايوميكانيك التأهيل والعلاج الطبيعي:

تستخدم في هذا النوع العلوم التشريحية والفيزيائية كعلاج لمشاكل جسمية خاصة. لذلك فمسألة فهم الإصابات الرياضية والحالات التي تسبب خللاً عضلياً وكيفية معالجتها ضروري بالنسبة للعاملين في المجال الرياضي. فعلى سبيل المثال نجد ان أسباب آلام الظهر وخاصة في المنطقة القطنية هو خلل في التوازن العضلي اثناء أداء العمل.



صورة رقم (19)

تشمل رسالة الميكانيكا الحيوية للتمارين الرياضية على توسيع معلوماتنا عن نظريات التربية الرياضية حيث تبحث في التمارين البدنية من حيث التكنيك فتخدم بذلك التربية الرياضية العملية مباشرة.

حدد فارتن فيلد مجالات الميكانيكا الحيوية فيما يلي:

- التربية الرياضية

- الأطراف الصناعية

- الأجهزة والأدوات

ويعد مجال الرياضة والتربية الرياضية هو المجال الحيوي بالنسبة لدراستنا الحالية، إذ يهدف هذا المجال إلى اشتراك الميكانيكا والتشريح والبيولوجي والفسيولوجي جنبا إلى جنب لدراسة الحركة البشرية في المجال الرياضي، ولاسيما أن حركات الجسم البشرى معقده إلى حد كبير ويتطلب دراستها التعمق العملي من أجل البحث في اسرارها، ويسهم في ذلك مختلف العلوم المذكورة آنفاً حيث يتناولها كل علم من زاويته للحصول على معلومات متكاملة للمهارات الحركية المختلفة في مجال الأنشطة الرياضية.

ويمكن القول إن المجال الرئيسي للميكانيكا الحيوية هو البحث في القواعد والشروط والأصول الفنية لمختلف المهارات الحركية في التربية الرياضية بطريقة موضوعية ملموسة. وليس من شك أن الدراسة الموضوعية للمهارة الحركية تسهم في إيجاد الأسس والقواعد والشروط المناسبة لأفضل وأنسب وأعلى أداء مهاري ممكن.

كذلك تعمل دراسة البايوميكانيك على توسيع قاعده المعلومات النظرية في مختلف أنواع الأنشطة الرياضية من أجل القدرة على الابتكار في المجال الرياضي وتحقيق أقصى انجاز حركي ممكن والمشاهد للدورات الأولمبية وبطولات العالم يلمس ذلك عن قرب.

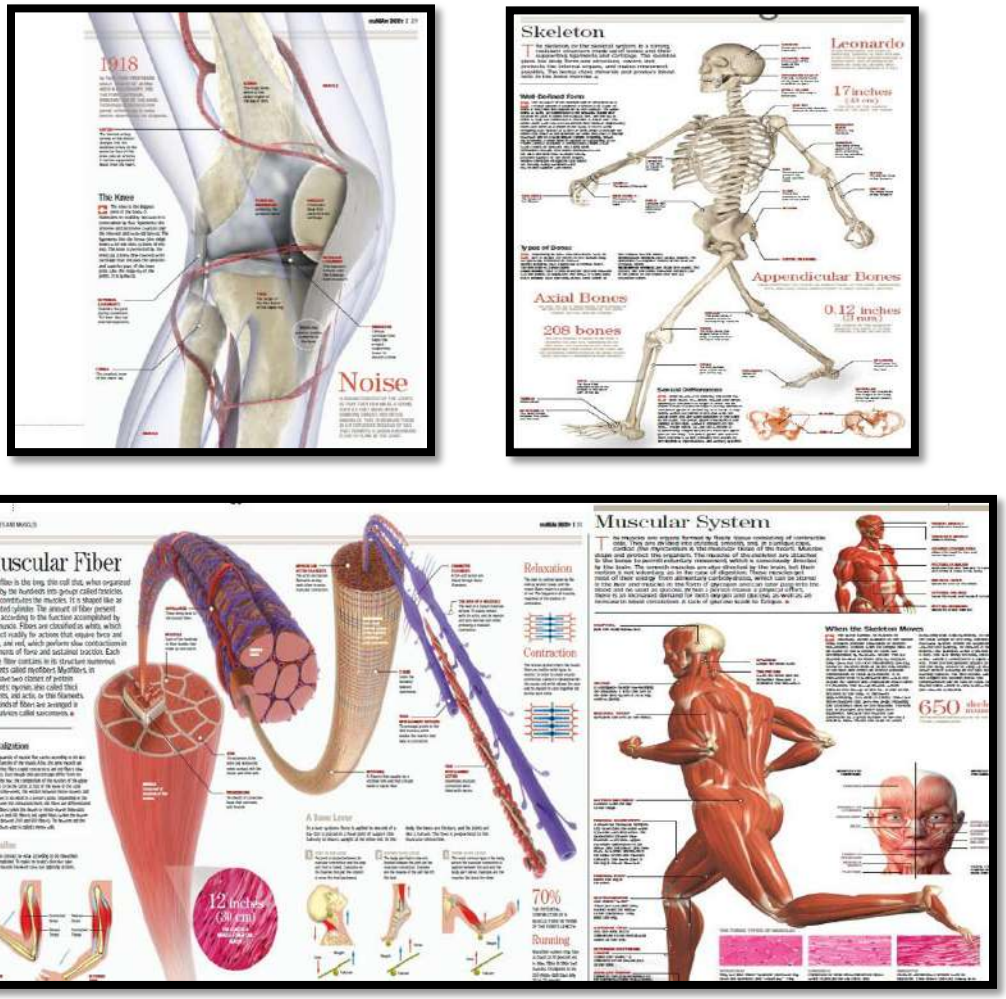
وتلعب الميكانيكا الحيوية دورا مهماً في مجال التعلم المهاري للمبتدئين، في المدرسة، وكذلك للمتقدم على المستوى المهاري العالي في الأداء بالنسبة لمجال التدريب.

وتساهم الميكانيكا ايضا في ميدان العلاج الطبيعي والتمرينات العلاجية للمعاقين حركيا وايضا في مجال تركيب الأطراف الصناعية، وذلك من خلال قياس مقادير الزوايا والمدى الحركي للمفاصل البشرية، وتصنيع أطراف متشابهة لها، وتتميز بنفس القواعد الفنية.

رابعاً- بايوميكانيك الجهاز الحركي:

والذي يشمل:

1. بايوميكانيك عمل العظام
2. بايوميكانيك عمل المفاصل
3. بايوميكانيك الانقباض العضلي



صورة رقم (15) بايوميكانيكية الجهاز الحركي للإنسان العضلات

ميكانيكا الجهاز العظمي هي دراسة كيفية تأثير القوى على الهيكل العظمي للجسم وكيفية استجابته لهذه القوى. فهم ميكانيكا الجهاز العظمي مهم في مجالات عدة ، بما في ذلك الطب الرياضي، الهندسة الطبية، والتأهيل البدني. يمكن أن يساعد هذا الفهم في تحسين الأداء الرياضي، تقليل الإصابات، وتصميم أجهزة تعويضية وأدوات علاجية فعّالة.

الأسس التشريحية للحركة

عند تحريك الجسم او جزء منه نجد أن هناك ثلاث مركبات تشترك سوية لأداء الحركة وهي:

1- الجهاز العضلي الذي يبعث القوة.

2- الجهاز العظمي الذي يقوم مقام العتلات التي تعمل عليها العضلات.

3- المفاصل التي تتمفصل عليها العظام وتكون هذه المفاصل بمثابة نقاط ارتكاز حركات الأطراف السفلى.

ان دراسة الحركة في جسم الإنسان لا يمكن تحديد مساراتها وفق نظام محدد كما هو الحال بالنسبة إلى الآلات المستخدمة في حياتنا نظرا لطبيعة الاختلاف بين تركيب جسم الإنسان ككائن عضوي يتكون من أجزاء متصلة ببعضها بمفاصل تختلف في حركتها عن الأجزاء التي تتكون منها الآلات الاخرى، ويمكن هذا الاختلاف في أن حركة أجزاء جسم الإنسان تختلف في اتجاهاتها ومدياتها تبعا لاختلاف طبيعة مفاصل الجسم التي تسمح بالحركة وكذلك الحدود التشريحية لأجزاء جسم الإنسان، فنجد ان المفاصل تقسم إلى ثلاثة أقسام رئيسيه وهي:

1- مفاصل عديمة الحركة:

ويطلق لهذا النوع على المفاصل التي لا تسمح بالحركة ، ولكنها تشكل فقط موضع اتصال بين العظام كما في المفاصل بين عظام الجمجمة.

2- مفاصل قليله الحركة:

ان هذا النوع من المفاصل يسمح بحركة محدودة جدا ومثال لهذا النوع هو التمفصل بين أجزاء الفقرات المكونة للعامود الفقري.

3- مفاصل حرة الحركة:

يختلف هذا النوع من المفاصل عن النوعين السابقين كونها تسمح بمدى واسع من الحركة وباتجاهات مختلفة.

إن دراستنا لحركة جسم الإنسان يعني بها حركة الجسم بأكمله من مكان إلى اخر، وعنده تناولنا حركة أجزاء الجسم نجد أن حديثنا سيقتصر على النوع الثالث من المفاصل وهي المفاصل حره الحركة وعلى الرغم من أن هذه المفاصل تختلف فيما بينها من حيث اتجاهات الحركة التي يسمح بها فإنها جميعا تسمح بحركة الأجزاء المتفصلة: -

تحليل حركات أجزاء الجسم

يمكننا تقسيم أجزاء الجسم إلى أقسام رئيسيه بحسب موقعها في الجسم.

ان هذه الأجزاء هي التي تشكل الجسم بكامله وكالاتي:

1- حركات الأطراف السفلى

- حركات القدم:

ان الحركات التي يسمح بها القدم هي تبعيد رأس القدم من أسفل الساق وكذلك عكس الحركة السابقة اي تقريب رأس القدم من الساق ومن الحركات التي يسمح بها القدم أيضا حركتان متعاكستان هما تدوير القدم إلى الناحية الإنسية والحركة المعاكسة عليه تدوير القدم إلى الناحية الوحشية.

- حركات الساق:

ان الحركات التي يتحرك فيها الساق والقدم معا تتحول حولها مفصل الركبة وهذه الحركات هي الثني والمد فحركة الفني هي تقليل الزاوية بين الساق والفقد اما الحركة الاخرى فهي عكس حركة الثني اي كبر الزاوية بين الزاق والفخذ.

- حركات الفخذ:

تتم كافه الحركات التي يتحرك فيها الفخذ في مفصل الورك ولما كان مفصل الورك من المفاصل ثلاثية المحور، فأنها تسمح بعدد كبير من الحركات مثل الثني، المد، المد الزائد، التبريد والتقريب، فضلا عن حركة التدوير.

2- حركات هيكل محور الجسم

- **حركات الجذع:**

ان الحركات التي يقوم بها الجذع تتم اما حول مفاصل الورك او عند المفاصل بين فقرات الجذع، فالحركات التي تتم حول مفاصل الورك انثناء الحوض على الفخذ، وبهذا تقل الزاوية بينهما كما في تمارين رفع الجذع من وضع الاستلقاء على الظهر وكذلك عكس هذه العملية ، وهو ابعاد الجذع عن الفقرات تسمى عمليه المد، وهناك حركات اخرى يمكن القيام بها والتي تتم في المفاصل بين الفقرات مثل حركة حني الجذع أماما وكذلك رفع الجذع إلى الأعلى والمد الزائد إلى الخلف فضلا عن الجانبي وكذلك عمليه التدوير اي فتل الجذع يمينا وشمالا حول المحور الطولي للجذع.

ان عمليه تدوير الجذع حول محوره الطولي (الفتل يمين ويسار) غالبا ما تتم بشكل مشترك مع تدوير الحوض الذي يتم حول مفاصل الورك.

- **حركات الرأس والرقبة:**

تحدث حركات الرأس والرقبة عاده في المفاصل ما بين الفقرات ويمكن القول بشكل عام ان حركات الرأس والرقبة تشبه تماما الحركات التي يؤديها الجذع وهي الثني، المد، المد الزائد، الانحناء الجانبي والتدوير حول محور الطولي.

3- حركات الأطراف العليا :

- **حركات الذراع:**

تشمل حركة الذراع بكاملها حركة الأجزاء المكونة لها، وهي العضد والساعد واليد فان حركة الذراع تتم اما حول مفصل الكتف او حول مفصل المرفق، وكما علمنا مسبقا فان مفصل الكتف هو من المفاصل الثلاثية المحور اي واسعه الحركة فهي يسمح بحركات الثني، المد، المد الزائد، التقريب، التبعيد، الثني الأفقي للتقريب ، الثني الأفقي للتبعيد، التدوير للداخل والخارج وكذلك عمليه الدوران .

إن حركات مفصل الكتف ترتبط عاده بحركات حزام الكتف، حيث تعمل حركات حزام الكتف ليس في زيادة قوه حركات الذراع وحسب، ولكن تعمل على توجيه لوح الكتف بالاتجاه المطلوب، فضلا عن مدى حركات الذراع.

عند ابعاد الذراع يؤدي هذا إلى تدوير علوي للوحي الكتف ويحصل العكس عند تقريب الذراع من الجسم اي تدوير للوح الكتف نحو الأسفل.

- **حركات الساعد:**

تتضمن حركات الساعد الحركات كافة التي تحدث في مفاصل المرفق والمفصل الكعبري الزندي ومفصل الرسغ، وتتم حركتي الثني والمد في مفصل المرفق أي تقليل الزاوية وزيادتها بين المحور الطولي للساعد والمحور الطولي للعضد ، اما الحركات التي تتم في المفصل الكعبري الزندي فهي الكب ، البطح وبطبيعة الحال إن هاتين الحركتين تتمان في المحور الطولي للساعد فيما يتعلق بالحركات التي تتم في مفصل الرسغ فهي الثني والمد والتقريب والتبعيد .

- **حركات اليد :**

ان حركات اليد تتم عادة في مفصل الرسغ والحركات التي تحدث هي الثني (اي تقليل الزاوية بين المحاور الطولية لكل من الساعد واليد) المد والمد الزائد (أي حركة اليد للخلف اكثر من الوضع التشريحي)، التبعيد (الحركة خارجا)، التقريب (الحركة داخلا) فضلا عن حركة الدوران التي هي مزيج من الحركات السابقة .

وطبيعة هذا الجهاز عند الإنسان تتيح له بإن تعمل العظام كروافع (عتلات) عند الأداء الحركي، وتتميز هذه الروافع بوجود نقاط لتأثير القوه والتي تعني ان القوى العضلية يكون فعلها عند مدغم هذه العضلة ، ووجود المفصل كمحور دوران ، ووجود مركز ثقل جزء الجسم كنقطه تأثير مقاومه ، وبذلك تسمى المسافة بين المحور (المفصل ونقطه تأثير القوة بذراع القوة ، المسافة بين المحور ونقطة تأثير المقاومة بذراع المقاومة .

الجهاز العضلي:

لابد من معرفه العضلات الرئيسة للجسم والتي لها مهمة أساسية في تنفيذ الحركات الرئيسة للإنسان وتطبيق المهارات الرياضية المختلفة.

فالحركة في جسم الإنسان هي جهد بدني ناتج من قوه التقلص العضلي وهذه القوه هي القوه العضلية التي تؤثر في نقطه ما على العظم الذي تحيط به او كالذي تدغم فيه النهاية البعيدة للعضلة (وتر العضلة البعيدة عن منشأءها) ، وتولد ما يسمى بعتلات جسم الإنسان، وهذه العضلات تتألف من عدد كبير من الوحدات الحركية الصغيرة والتي تتألف من ألياف أو الويفيات عضليه وفروع عصبية، والتي تنتج من خلالها السيطرة في الاستجابة العضلية.

- هناك 52 زوجاً من العضلات في الأطراف العليا.
- هناك 52 زوجاً من العضلات في الأطراف السفلى .
- هناك 112 زوجاً من العضلات في الظهر .
- هناك 52 زوجاً من العضلات في أعلى الصدر .
- هناك 8 زوجاً من العضلات في الخصر .
- هناك 16 زوجاً من العضلات في أسفل الصدر .
- هناك 25 زوجاً من العضلات في الرأس .

وعدد العضلات التي لها قابلية على التقلص في جسم الإنسان هو 437 عضله إرادية مختلفة وأساس عمل كثير من هذه العضلات هو قابليتها على انتاج الحركة عن طريق تقلصها ، وكما ذكرنا سابقا، فان عمل هذه العضلات على العظام يعطيها ميزة نظام العتلات، وهذا النظام هو السبب في جعل الإنسان قادرا على الوقوف، وتنفيذ حركات الحياتية اليوم ، وتحقيق الحركات الرياضية والمشاركة في الانجازات الرياضية التي تتطلب كفاءه عالية جدا في تناسق الانقباض والتقلص العضلي ، وهذه الحركات في نظام الجهاز الهيكلي يقررها كل من القوه العضلية والبناء الهيكلي .

وهذا النظام العضلي الهيكلي هو الذي يعطي الحركة للإنسان في تناسق مذهل، حيث ان كل حركة تحتاج إلى مجموعه من هذه العضلات وحسب نوع الأداء ، مثل حركة المشي ، وكل مفصل ينتج الجزء الخاص به من حركة ، وكل جزء من الجسم يتعاقب في تعجيله ، وكل هذه المجاميع العضلية تعمل بانسجام ايقاع منفرد وجماعي ، وتندمج هذه التعقيدات بنوع من البساطة والوضوح والتناغم ، والمنسق والموحد لهذه التعقيدات هو الجهاز العصبي المركزي .

العمل العضلي :

1- منشأ العضلة يعتبر الجزء الأقل حركة عند التقلص.

2- مدغم العضلة هو النهاية البعيدة.

دائما هناك تقلصان أساسيان هما التقلص المركزي (ضد الجاذبية) والتقلص اللامركزي (مع الجاذبية) وغالبا ما يوصف التقلص المركزي (بالتقلص الموجب للقوى العضلية) والتي يصاحبها كبر في زاويه المفصل ،اي تسبب حركة جزء من الجسم ضد الجاذبية الأرضية ، والقوى الخارجية ، اما التقلص اللامركزي فيتطلب استطالة العضلة تحت تأثير الشد، ويحدث عندها تناقص في قوه الشد بشكل تدريجي من أجل السيطرة على الهبوط ومقاومته ، وهذه الحركة تتطلب تقلصاً لا مركزياً مع الجاذبية الأرضية او المقاومة، وتوصف على أساس انها تقلص سالب .

3- إن عدد الألياف العضلية المتقلصة في وحده حركيه يتناسب مع حجم المقاومة التي تتغلب عليها وبهذا فان الجهاز العصبي يكون هو المسؤول عن استثاره هذه الألياف وقع عدد الوحدات الحركية .

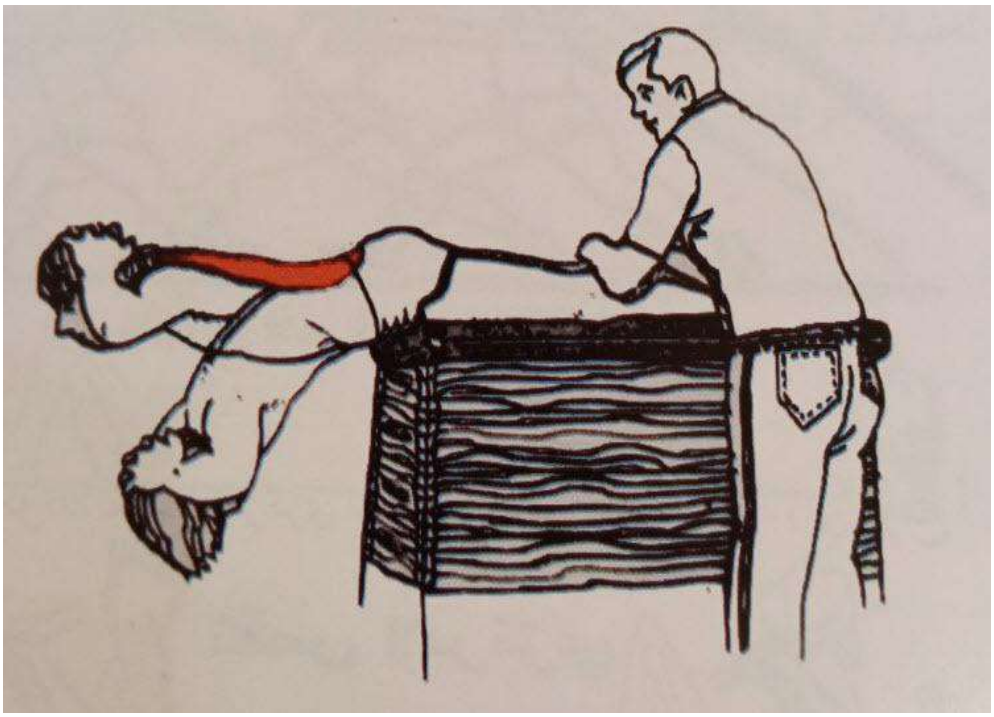
4- هناك علاقة بين قوه التقلص و طول العضلة ، حيث ان أعظم قابليه شد وانقباض للعضلة تتغير تبعا للتغير في طول العضلة ، حيث يكون اعظم مقدار للشد ما بين (100 % - 130%) مين طول العضلة الأصلي ، وعندما تقصر العضلة ما بين (60% - 50%) من طولها الأصلي ، فان قابليتها الانقباضية قد تصل إلى الصفر.

ان النقاط اعلاه يمكن اعتمادها كمبادئ ميكانيكيه عند تنفيذ العضلات للحركات الخاصة بالمهارات الأساسية.

أنواع العمل العضلي :

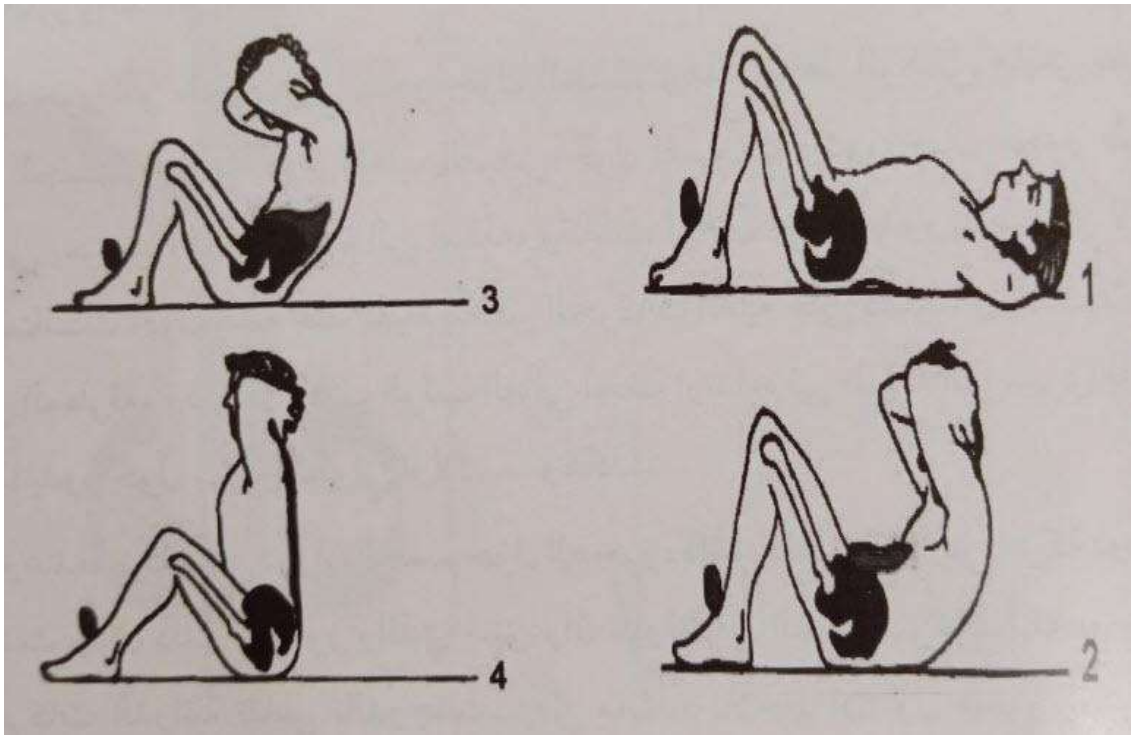
عند القيام بعمل عضلي معين من الضروري التمييز بين الأداء العضلي الحركي (الديناميكي) والأداء العضلي الثابت (الاستاتيكي)، فالأداء العضلي الديناميكي يعني ان هناك تأثيراً قوياً على منشأ ومدغم العضلة مما يؤدي إلى أحداث تغيير في طول العضلة ، حيث تسبب القوه العضلية تحريك منشأ ومدغم العضلة باتجاه بعضهما الاخر، ويسمى هذا العمل العضلي بالتقلص المركزي (أي إن العضلة قصر طولها) أما اذا انتجت العضلة القوه في حين لم يلحظ تقارب بين المنشأ والمدغم (تحاول العضلة وقف الحركة في المفصل)، يسمى هذا العمل بالثابت (على الرغم من محاولة التقصير ، لكن هناك قوى خارجية تحاول اطالتها)، وعندما تتقلص العضلة بدون حدوث ايه حركة في المفصل ، يسمى هذا التقلص العضلي بالتقلص الثابت (الايزومتري) .

يظهر الصورة رقم (16) التمرين الذي يعطينا مثال على العمل العضلي المركزي للعضلات القطنية (الحركة التي تحدث في جزء صغير من الظهر عند رفعه) ، ويكون عمل هذه العضلات لا مركزيه عند هبوط الجذع للأسفل ، كذلك حدوث تقلص ثابت في عضلات الرقبة والصدر.



صورة رقم (16)

وتظهر الصورة رقم (17) في الأسفل تسلسل العمل العضلي عند جلوس الشخص من وضع الاستلقاء، العمل العضلي الرئيسي بين الوضع 1 و 2 هو تقلص مركزي للعضلة البطنية المستقيمة والعمل العضلي بين الوضع 2 و 3 هو تقلص ثابت لعضلات البطن وتقلص مركزي لعضلات ثني الورك على الاغلب لا يوجد عمل عضلي بين الوضع 3 و4 لعضلات البطن ، بل هناك عمل عضلي مركزي في العضلات الثانية للورك ونوع التقلص في 4 هو تقلص ثابت للعضلات الباسطة للظهر .



صورة رقم (16)

تركيب الجهاز العظمي:

الجهاز العظمي يتكون من العظام والمفاصل والأربطة يلعب كل جزء من هذه الأجزاء دورًا مهمًا في ميكانيكا الجسم:

1- العظام:

الوصف : تشكل العظام الهيكل الأساسي للجسم وتعمل كدعائم. هناك نوعان رئيسيان من العظام: العظام الطويلة (مثل عظمة الفخذ) والعظام القصيرة والمسطحة (مثل عظام الجمجمة).

الميكانيكا : توفر العظام نقاطًا للربط بين العضلات وتساعد في نقل القوى من العضلات إلى الهيكل العظمي. العظام تُعتبر "عناصر" في النظام الميكانيكي للجسم، حيث تتحمل الأحمال وتوزع القوى بشكل متوازن.

2- المفاصل:

الوصف : المفاصل هي نقاط التقاء بين عظام متعددة، وتسمح بالحركة بين هذه العظام. هناك أنواع مختلفة من المفاصل مثل المفاصل المتحركة (مثل مفصل الركبة) والمفاصل الثابتة (مثل المفاصل في الجمجمة).

الميكانيكا : تحدد أنواع المفاصل نوع الحركة التي يمكن أن تحدث. يمكن أن تكون الحركة في المفاصل دورانًا، انحناءً، أو تمتد. المفاصل تعمل كآلية لتحويل القوى الميكانيكية الناتجة عن العضلات إلى حركة فعالة.

3- الأربطة:

الوصف : الأربطة هي أنسجة ضامة تربط بين العظام وتدعم المفاصل.

الميكانيكا : توفر الأربطة الاستقرار للمفاصل وتحافظ على الوضع الطبيعي للعظام داخل المفاصل. تساعد في توجيه حركة العظام ومنع الحركات غير الطبيعية التي قد تؤدي إلى إصابات.

الميكانيكا الحيوية للعظام:

ميكانيكا العظام تركز على كيفية تحمل العظام للأحمال وتوزيع القوى الميكانيكية. يمكن تقسيمها إلى:

1-التحميل والتوتر:

العظام تتعرض لقوى تحميل وضغط من الأنشطة اليومية: مثل المشي والجري، تعتمد قدرة العظام على تحمل هذه الأحمال على كثافة العظام وهيكلها،وبالتحميل المستمر يمكن أن يؤدي إلى تقوية العظام، بينما الأحمال الزائدة أو غير المتوازنة يمكن أن تسبب كسورًا أو أضرارًا في العظام.

2- التوتر والانحناء:

العظام تتعرض لقوى تسبب التوتر أو الانحناء. هذه القوى قد تنشأ من النشاطات الرياضية أو حتى من الحركات اليومية،، ان التوتر والانحناء يمكن أن يؤدي إلى تغير في شكل العظام أو حدوث تشققات إذا كانت القوى تفوق قدرة العظام على التحمل.

التطبيقات العملية لميكانيكا الجهاز العظمي:

1- الوقاية من الإصابات:

فحص ميكانيكا العظام والمفاصل يساعد في التعرف على نقاط الضعف المحتملة والتقليل من خطر الإصابات،و تصميم برامج تدريب خاصة لتحسين القوة والمرونة وتجنب التحميل الزائد على العظام والمفاصل.

2- إعادة التأهيل:

بعد الإصابة، يجب أن يتم التأهيل بشكل يتماشى مع ميكانيكا الجسم لضمان الشفاء الكامل،ان استخدام تقنيات مثل العلاج الطبيعي والتقنيات الحديثة لإعادة تأهيل العظام والمفاصل بشكل آمن وفعال.

3- تصميم الأجهزة التعويضية:

أجهزة تعويضية مثل الأطراف الصناعية والأدوات المساعدة تحتاج إلى أن تصمم بناءً على فهم ميكانيكا العظام لضمان الراحة والكفائة،وان تصميم أطراف صناعية وأدوات دعم تتوافق مع طبيعة الحركة والتحميل على العظام لتوفير أفضل أداء للمستخدمين.

ميكانيكية الانقباض العضلي:

الانقباض العضلي هو العملية التي تؤدي إلى تقصير العضلات أو تقليل طولها تحت تأثير منبه عصبي، مما يسبب حركة أو قوة في الجسم. تعتبر ميكانيكية الانقباض العضلي جزءًا أساسيًا لفهم كيف تتحرك العضلات وتعمل، ولها تأثير كبير على الأداء الرياضي، التأهيل البدني، والطب الرياضي.

يتيح فهم هذه العملية للمتخصصين في الرياضة والطب تحسين الأداء، علاج الإصابات، وتصميم برامج تدريب فعالة.

الأساسيات البيولوجية للانقباض العضلي:

الانقباض العضلي يعتمد على التفاعل بين العناصر البيولوجية التالية:

1- الألياف العضلية:

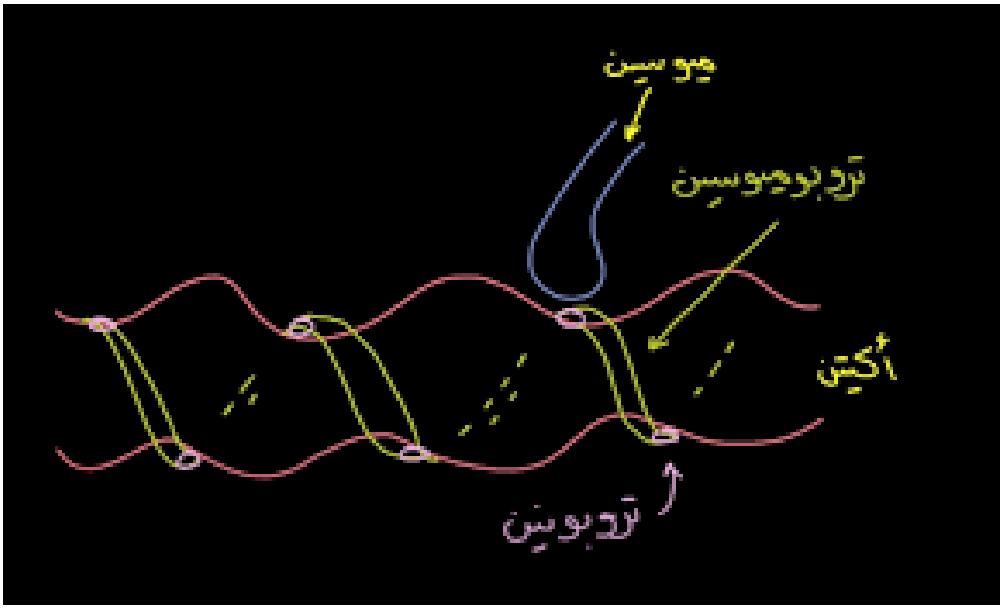
تتكون العضلات من خلايا عضلية طويلة تسمى الألياف العضلية. كل ليف عضلي يحتوي على مكونات أساسية مثل الأكتين والميوسين ، ان الألياف العضلية هي الوحدة الأساسية التي تنقبض وتسبب الحركة.

2- الأكتين والميوسين:

الأكتين هو بروتين نحيف والميوسين هو بروتين سميك. يشكلان معًا ما يسمى بالوحدات الوظيفية للعضلة المعروفة باسم "الألياف العضلية."

عندما تنقبض العضلة، يتفاعل الأكتين والميوسين عبر عملية تُعرف بالانزلاق الأكتيني، مما يسبب تقصير الألياف العضلية.

الاستنتاج: فهم ميكانيكا الجهاز الحركي هو مفتاح لتحسين الأداء الرياضي، الوقاية من الإصابات، وإعادة التأهيل الفعّال عن طريق دراسة كيفية تأثير القوى على العظام والمفاصل والعضلات، يمكن تحسين التصاميم الرياضية، وتقديم استراتيجيات للتعامل مع الإصابات، وتطوير أجهزة تعويضية تتوافق مع احتياجات الجسم البشري.



صورة رقم (18)

التحليل البايوميكانيكي باستخدام التصوير الفيديوي وبرامجيات الكومبيوتر:

كيف يمكننا تشخيص الحركات الخاطئة ومناطق الضعف والقوة في الأداء الحركي للاعب ؟ وكيف يمكن أن نقوم باعطاء التمارين والتدريبات اللازمة ؟ كل ذلك يكون من خلال التصوير الفديوي الذي يقوم به المختص او المدرب لتشخيص هذه الاخطاء، لذا سنتطرق بشكل عام إلى اهم النقاط التي يجب مراعاتها والتعرف عليها اثناء عملية تصوير اداء الرياضي ولاحقا سنتناولها بالتفصيل.

المبادئ الأساسية للتصوير :-

نظرا لأهمية التصوير في مجال بحوث البايوميكانيك ولكي نحصل على نتائج موضوعية ينبغي على الباحث أو المختص الإلمام بأسس التصوير والإجراءات المتبعة وكذلك الامكانيات الواجب توفرها عند القيام بعملية التصوير ومن ثم إجراءات التحليل. وفيما يلي اهم النقاط الأساسية التي يجب اجراءها عند التصوير والتحليل :-

اولا- إجراءات ماقبل التصوير :

هناك مجموعة من الإجراءات الضرورية التي يجب على الباحث او الدارس تحديدها وتنفيذها قبل التصوير ومن اهم هذه الإجراءات :

1- التحديد المسبق للمستوى أو المستويات الفراغية التي تتم عليها الحركة أو المهارة الرياضية المراد تصويرها ، إذ ان هذا التحديد المسبق سوف يساعد في تحديد مكان وضع الة التصوير بالنسبة للمستوى الفراغي الذي تتم عليه الحركة وعدد آلات التصوير، ففي حالة كون الحركة او المهارة تؤدى على مستوى فراغي واحد، مثل حركة الرجلين في مرحلة النهوض في الوثب الطويل فانه يمكن استخدام آلة تصوير واحدة توضع على احد الجانبين اما في حالة كون الحركة او المهارة تتم على اكثر من مستوى فراغي واحد فانه يفضل استخدام اكثر من الة تصوير واحدة حتى تتحقق الرؤية الكاملة لتفاصيل الأداء كأن توضع آلة تصوير من الجانب والة اخرى من الامام او من الأعلى. ولكن هذا لا يمنع استخدام اكثر من آلة تصوير واحدة عندما يراد تحليل الحركات او المهارات التي تؤدى على مستوى فراغي واحد عندما يكون المطلوب دراسة هذه الحركة بدرجة عالية من الدقة.

2- يجب على الباحث او الدارس ان يحدد العينة التي سيتم تصويرها ومن ثم تحليلها وكذلك الاسلوب الذي سيختار بموجبه هذه العينة حيث ان تحديد عينة البحث وعددهم وعدد المحاولات المصورة لكل واحد منهم ،كلها امور يجب ان تكون محسومة قبل البدء بالتصوير.

3- هناك بعض القياسات الواجب تسجيلها التي تحتاج اليها بعض الدراسات او البحوث ، وان هدف التحليل هو الذي يحدد هذه القياسات مثل (العمر والوزن وطول الجسم واطوال أجزاء الجسم،....الخ) حيث يتم تسجيل هذه البيانات في استمارة خاصة لكل فرد من افراد العينة.

4- يجب تحضير لوحة ترقيم تستخدم لترقيم اللاعبين او ترقيم محاولاتهم وعادة ما يتم تصوير هذه اللوحة قبل البدء بتصوير لكل محاولة حتى يمكن معرفة رقم المحاولة اثناء تحليل الفيلم .

5- يجب على الباحث او الدارس ان يحدد مسبقا فريق العمل الذي سيعمل معه حيث يفضل ان نستعين بأفراد لهم خبرة في هذا المجال من حيث التصوير واخذ القياسات المطلوبة وإن طبيعة افراد فريق العمل وأعدادهم يتحدد من أهداف البحث او الدراسة والإجراءات المتبعة وعدد افراد العينة التي سيتم تصويرها وعدد المحاولات لكل فرد من افراد العينة.

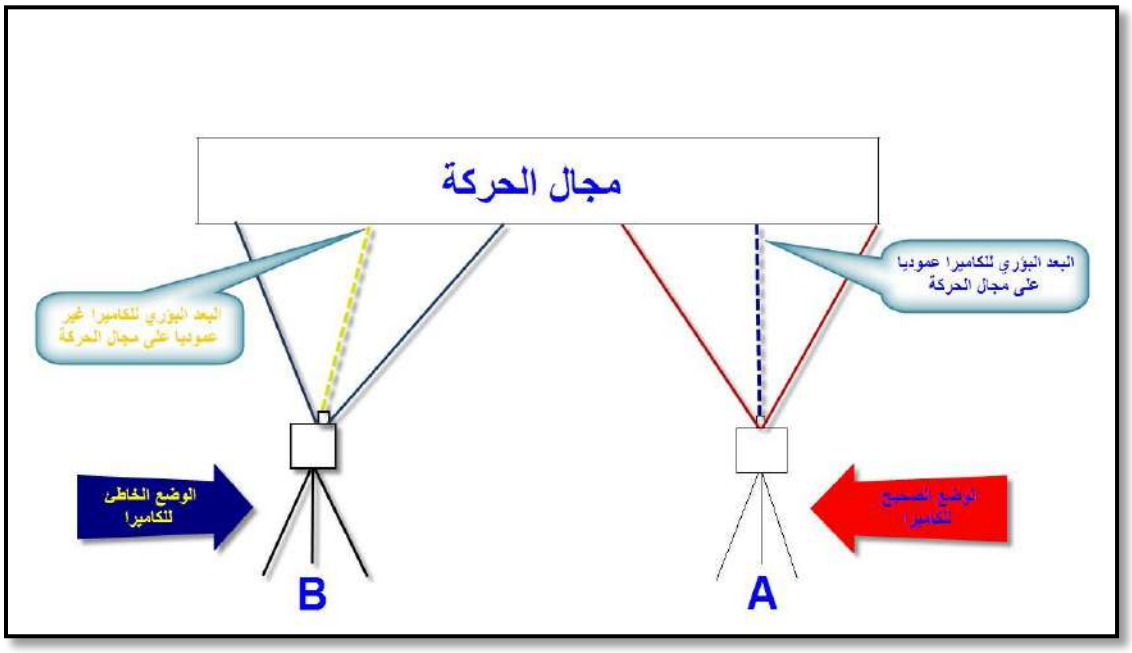
ثانيا- ثبات الة التصوير :

يجب ان يكون وضع آلة التصوير ثابتا أثناء تصوير الحركة أو المهارة الرياضية ، ومن الخطأ تحريك آلة التصوير بأي اتجاه من الاتجاهات اثناء التصوير، إذ ان تحريك آلة التصوير سوف يؤدي إلى اختلاف في القيم الميكانيكية المدروسة عن قيمها الحقيقية ، لذلك ولغرض الحفاظ على ثبات آلة التصوير يتم استخدام (حامل ثلاثي) تثبت عليه الة التصوير تثبيتاً جيداً.

ثالثا- تعامد الة التصوير :

يجب أن يتحرك اللاعب الذي يتم تصويره بزاوية قائمة (90 درجة) مع آلة التصوير (البعد البؤري للعدسة) وتعد هذه النقطة غاية في الأهمية عندما يقوم الباحث او الدارس بقياس الزوايا ، إذ ان القيم الحقيقة للزوايا لا يمكن الحصول عليها الا في حالة تحرك اللاعب بزاوية قائمة مع الة التصوير فقط، حيث ان الوضع غير العمودي لالة التصوير يؤدي إلى اختلاف في القيم الميكانيكية مثل الزوايا وان مقدار هذا الاختلاف في قيم الزوايا يكون حسب وضعية تحريك الة التصوير عن وضعها العمودي .

والشكل أدناه يوضح في الحالة –A– عندما تكون آلة التصوير عمودية على مجال الحركة ، والحالة - B– عندما تكون الة التصوير غير عمودية على مجال الحركة. وفي الحركات الدائرية فيجب أن تثبت آلة التصوير (البعد البؤري) بصورة عمودية على محور الدوران.



صورة رقم (20)

رابعا- الاضاءة :

إن الاضاءة لها وظيفة مهمة في التصوير، ولا سيما اذا كان التصوير يجري داخل القاعات الداخلية أو المختبرات، هناك مجموعة من العوامل تحدد الشدة المطلوبة من الاضاءة وهي :

1- سرعة تردد آلة التصوير : فكلما كانت سرعة تردد آلة التصوير عالية كلما احتجنا إلى شدة إضاءة أكبر .

2- مكان آلة التصوير عن موضع الحركة : فكلما ازدادت المسافة بين آلة التصوير ومكان اللاعب كلما كانت الحاجة أكبر للإضاءة .

3- طـــول مســـافة الحركـــة او المهـــارة : كلمـــا كانـــت مســـافة الحركـــة او المهـــارة المـــؤداة طويلـــة (مثـــل تصـــوير الركضـــة التقربيـــة للوثـــب الطويـــل او الســـباحة) كلمـــا كانـــت الحاجة لشدة اضاءة أكبر .

خامسا- مقياس الرسم :

يجب استخدام وحدة قياس (مقياس الرسم) لنتمكن من خلالها قياس المسافة او الارتفاع أثناء أداء الحركات التي تتطلب ذلك، وغالبا ما تستخدم وحدة قياس على شكل مربعين طول ضلع كل مربع 20 سم وتكون المسافة بين مركزي المربعين هي 1 متر .

سادسا- تحديد نقاط مفاصل الجسم و الادوات :

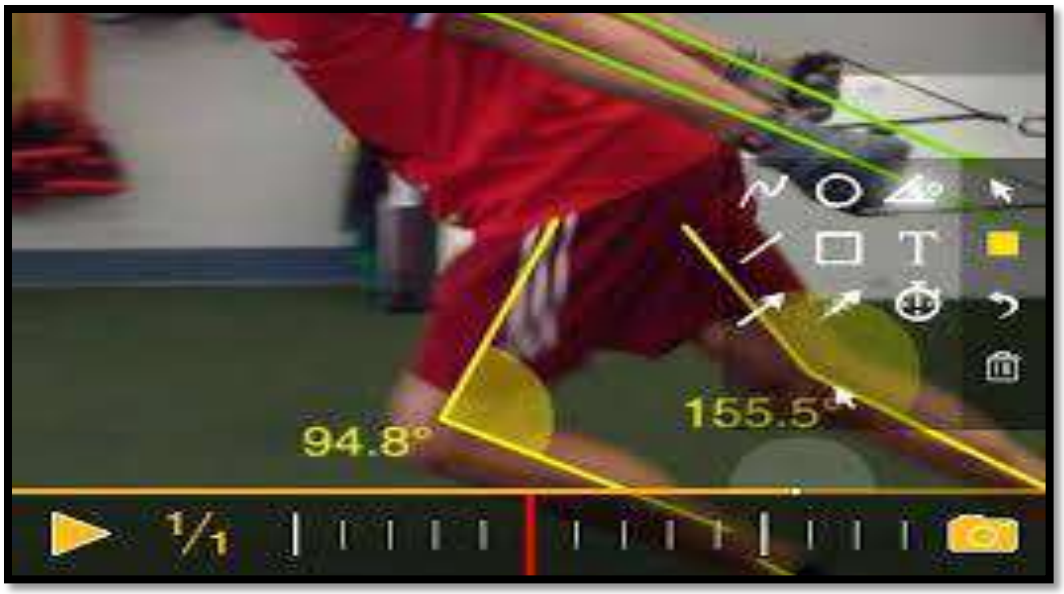
أحيانا لكي نحدد حركة جسم اللاعب أو أحد أجزائه بصورة واضحة جدا نثبت على كل مفصل نقطة واحدة بعلامات يكون لونها مغايرا للون الملابس او خلفية الصورة وغالبا ما تكون هذه النقاط هي: (الرأس، الكتف، المرفق، الرسغ، الورك، الركبة والكاحل). وفي الحركات او المهارات التي يتم فيها استخدام الكرات او الادوات مثل فعاليات الرمي (الثقل، الرمح، القرص) أو القفز بالزانة أو التنس أو في كرة الطائرة ..... إلخ فيجب ان يكون لون الأداة أو الكرة مغايرا للون الجسم والملابس التي يرتديها اللاعب والمجال الذي تتم فيه الحركة.

صورة رقم (21)

المتغيرات الميكانيكية التي يمكن قياسها من خلال التصوير :

من خلال التصوير هناك مجموعة من المتغيرات الميكانيكية التي يمكن الحصول عليها ، وان الحصول على هذه المتغيرات يعتمد على هدف الدراسة او البحث حيث ان اختيار المتغير الميكانيكي المناسب بما يشمله من مجموعة إجراءات سوف تساعد في الكشف على المكونات الداخلية لأي أداء حركي، ويمكن استخدام او الحصول على اكثر من متغير ميكانيكي واحد خلال التحليل الواحد ووفقا لأهداف التحليل من الحركة -و المهارة المؤداة ، ومن هذه المتغيرات الميكانيكية :

1- قياس الزوايا (زوايا مفاصل الجسم، الزوايا التي يشكلها الجسم، زوايا الادوات وغيرها).



صورة رقم (22)

2- قياس المسافة الأفقية

صورة رقم (23)

3- قياس الارتفاع العمودي

صورة رقم (24)

4- قياس الزمن

صورة رقم (25)

5- قياس السرعة (سرعة الانطلاق، سرعة النهوض، سرعة الدوران.....الخ)

صورة رقم (26)

6- قياس التعجيل (التعجيل الخطي،التعجيل الدوراني)

صورة رقم (27)

7- قياس الطاقة الحركية او الطاقة الكامنة

صورة رقم (25)

8- رسم المسار الحركي

صورة رقم (28)

البرامجيات المستخدمة فى التحليل الحركى :

كما هو معروف لدى الجميع ان برامجيات الكومبيوتر تعددت وتنوعت إلى الحد الذي يصعب معه رسم حدود له ولقد تعددت ايضا أغراض استخدام هذه البرامجيات وعلى الرغم من وجود اكثر من برنامج واحد يؤدي نفس الغرض الا اننا اردنا هنا ان نستعرض اهم تلك البرامجيات التي تستخدم في عملية التحليل الحركي مع ذكر الهدف من استخدام كل برنامج .

إن الحقيقة التي يجب أن نؤكد عليها هنا هي ان هناك عدد كبير من البرامجيات التي يمكن استخدامها والتي توفر نفس الغرض من استخدام البرامجيات التالية والتي لا تتميز الا بشيء واحد لا غير الا وهو معرفتنا باستخدامها ليس الا !! وهذه البرامجيات هي :-

اولا- برنامج Windows movie maker يستخدم هذا البرنامج لغرض نقل الفيلم من آلة التصوير او جهاز الفيديو إلى جهاز الحاسوب .

صورة رقم (29)

ثانيا- برنامج Adobe Premiere : يستخدم هذا البرنامج لغرض تحويل الفيلم إلى مجموعة من الصور وكذلك تقطيع الفيلم إلى مقاطع صغيرة او دمج المقاطع الفيديوية لتكون فيلم كامل

صورة رقم (30)

ثالثا- برنامج Dartfish : يستخدم هذا البرنامج لغرض قياس جميع المتغيرات الميكانيكية المختلفة ، كما ان هذا البرنامج يدعم خاصية المقارنة بين رياضيين اثنين بوقت متزامن وغالبا ماتستخدم هذه الخاصية عندما تكون هناك مقارنة مع نموذج عالمي والشكل ادناه يوضح واجه للبرنامج.

صورة رقم (31)

أسئلة الفصل الاول

س1 – ما هو تعربف علم البايوميكانيك الرياضي؟

س2- كيف تطور علم البايوميكانيك في العراق؟

س3- عدد أهمية البايوميكانيك في المجال الرياضي؟

س4- كيف يمكن تحسين الأداء الفني (التكنيك) ؟

س5- عدد الواجبات الرئيسية لعلم البايوميكانيك؟

س6- تكلم عن علاقة علم البايوميكانيك الرياضي بعلم التدريب الرياضي؟

س7- عدد علاقة البايوميكانيك بالعلوم الرياضية ، ثم اشرح علاقة أحد هذه العلوم بالبايوميكانيك الرياضي؟

س8- عدد أقسام البايوميكانيك، ثم اشرح إحداها بالتفصيل؟

س9- تكلم عن اجراءات ماقبل التصوير؟

س10تكلم عن البايوميكانيك النظري وماعي اقسامه؟

الفصل الثاني

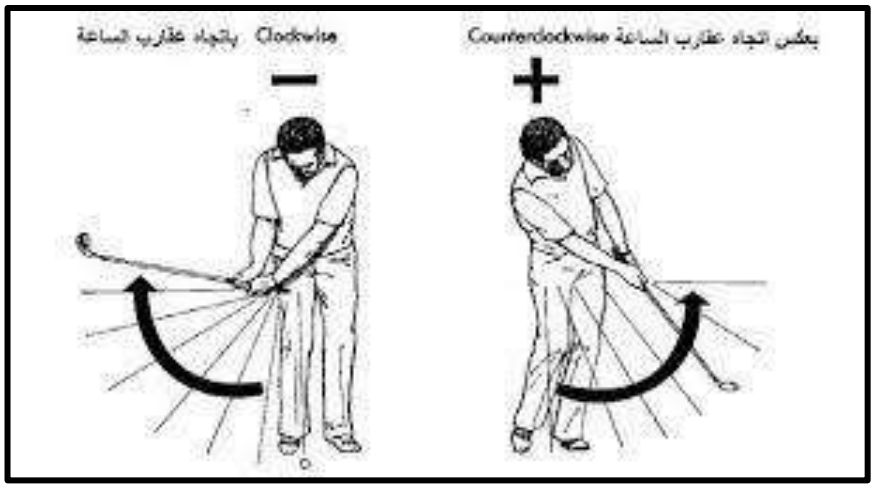
البايوميكانيك النظري

- الكينماتيك:

يشير هذا القسم من أقسام البايوميكانيك إلى هندسة الحركة ووصفها من دون البحث عن مسبباتها، فهو يصف الحركة من جوانب الزمن والمسافة والسرعة والتعجيل والزوايا.

يدرس الكينماتيك الحركة الخطية فيسمى (الكينماتيك الخطي)، أو الحركة التي تحدث في محور ثابت (داخل أو خارج الجسم) فيسمى (الكينماتيك الدائري).

يطلق على جسم أنه في حالة حركة من وجهة نظر البايوميكانيك عندما يغير مكانه في فترة زمنية، ويدلل على حدوث الحركة بالمقارنة نسبة إلى ثبات او حركة الأجسام في محيطه ويقاس أثر الحركة بالمقدار من خلال مصطلح المسافة او الزاوية او الاثنين معا في وحدات زمنيه وينتج عن هذه الوحدات او المصطلحات مقادير للسرعة والتعجيل الخطي والزاوي.



صورة رقم (1)

المسـافة: هـي الطـول الإجمـالي للمسـار الـذي يقطعـه جسـم أثنـاء حركتـه، المسـافة هـي كميـة قياسـية (غير متجهة)، مما يعني أنها تُقاس فقط بكمية (أي طول) دون النظر إلى الاتجاه.

مثال: إذا مشيت على طول شارع ثم اتجهت إلى اليمين في زاوية، ثم مشيت مسافة أخرى، فإن المسافة التي قطعتها هي مجموع الأطوال التي مشيتها في كل جزء من المسار، بغض النظر عن الاتجاه.

الإزاحة: الإزاحة هي مفهوم في الفيزياء يُستخدم لوصف التغيير في موقع جسم ما من نقطة إلى أخرى. تُعَرَّف الإزاحة بأنها المسافة المستقيمة بين النقطة التي يبدأ منها الجسم والنقطة التي ينتهي إليها، مُراعياً الاتجاه. بمعنى آخر، هي طول الخط المستقيم الذي يربط بين الموقع الابتدائي والموقع النهائي للجسم، وليست المسافة الإجمالية التي قطعها الجسم خلال حركته.

ببساطة، المسافة هي قياس للطريق الذي قطعته، بينما الإزاحة هي قياس لمقدار واتجاه التغير في موقعك النهائي مقارنة بموقعك الابتدائي.

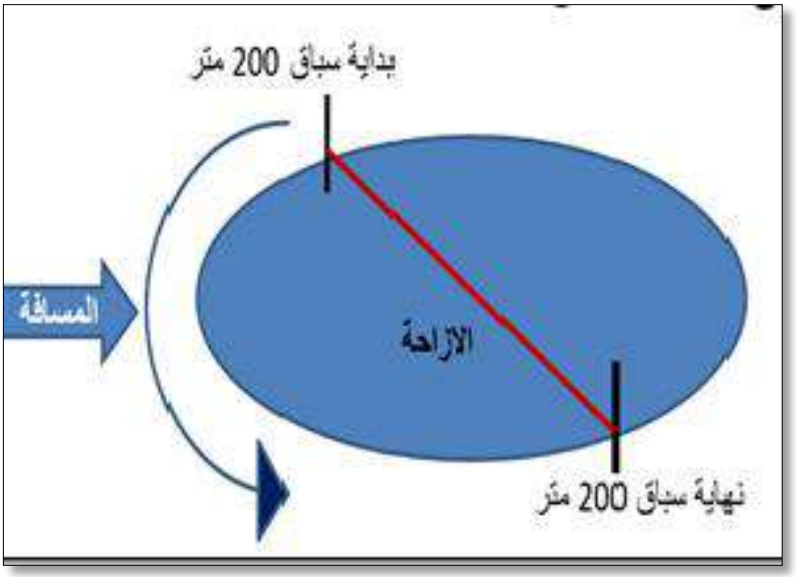
الكينماتيك الخطي:

المسافة والإزاحة:

عندما يتحرك جسم لقطع مسافة معينة في زمن محدد وبعد فترة يعود الجسم إلى نفس النقطة التي إنطلق منها ، فيمكن القول أن الجسم قطع مسافة محددة ولكن إزاحته كانت صفراً، مثال ذلك عداء مسافة ال400 م فأنه يقطع دورة كاملة وهذه هي المسافة التي قطعها أما إزاحته فأنها = صفر.

أما عداء مسافة ال 200م فأن المسافة المقطوعة تكون 200 م أما الإزاحة فهي الخط المستقيم من بداية الإنطلاق إلى نهايته.

المسافة كمية قياسية يكفي لتحديدها ذكر مقدارها فقط، أما الإزاحة فهي كمية متجهة أي يلزم لتحديدها ذكر مقدارها وإتجاهها.



صورة رقم (2)

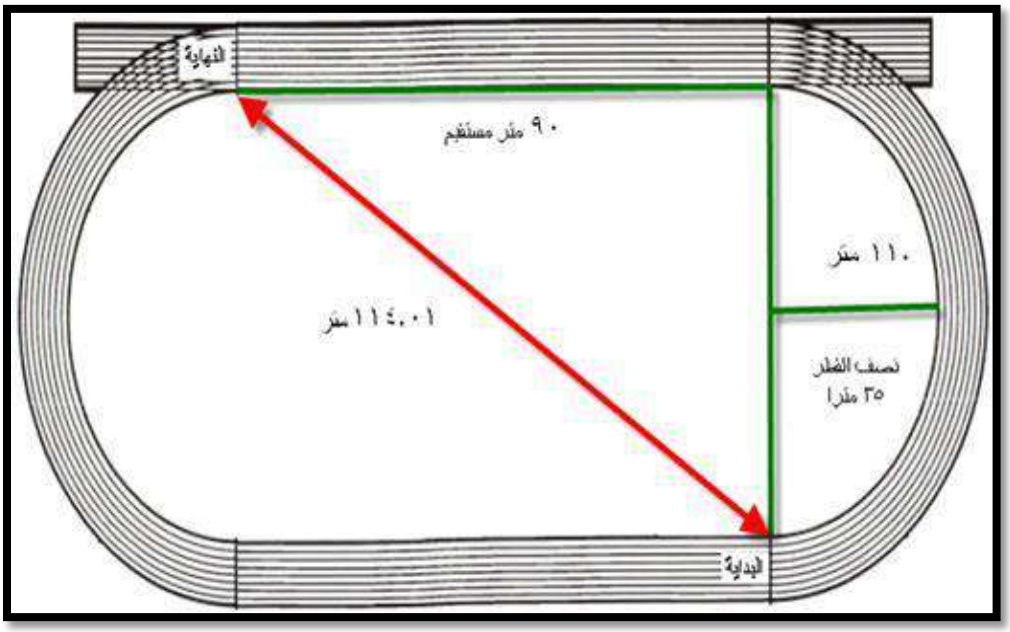
ما هو الفرق بين المسافة والإزاحة؟

ان المسافة والإزاحة ليس شيئاً واحداً فهناك عدة فروقات بينهما سوف ندرجها بالجدول ادناه

اوجه المقارنة	المسافة	الإزاحة
المفهوم	تعبر عن كمية الفراغ بين موقعين قياساً بالمسار الفعلي بين النقطتين	تعبر عن كمية الفراغ بين موقعين قياساً بأقرب مسار مستقيم بين الموقعين
التعريف	طول المسار الحقيقي الذي يقطعه الجسم	الخط المستقيم الموصل بين نقطتي بداية ونهاية الحركة
الكمية	عددية (غير متجهة)	متجهة
اعتمادها على المسار	يمكن قياس المسافة على طول مسار مستقيم او غير مستقيم	لا يمكن قياس الإزاحة الا على طول مسار مستقيم
التفاصيل	تعطي المعلومات الكاملة عن المسار الذي قطعه الجسم	لا تعطي المعلومات الكاملة عن المسار الذي قطعه الجسم
المقدار	لا يقل مقدار المسافة مع الوقت	يمكن للإزاحة ان تقل مع الوقت او تكون صفراً
القيم الممكنة	موجبة دائماً	موجبة او سالبة
المسار	غير محدد	محدد بخط مستقيم
المعادلة	السرعة × الزمن	السرعة المتجهة × الزمن

ومن مثالنا السابق ركض 200 متر فان الاتجاه يمكن تقديره من خلال الدرجة أي مقدار ميلان المحصلة عن الخط الأفقي او العمودي. الشكل ادناه يوضح المسافة والإزاحة في سباقات 200 متر.

المسافة= 200 متر
الإزاحة = 114 متر



صورة رقم (3)

السرعة: المسافة المقطوعة للجسم او أحد أجزائه في وحدة الزمن.

السرعة = المسافة ÷ الزمن

$$V = d \div t$$

التعجيل: هو مقدار التغيير في السرعة في وحدة الزمن

التعجيل = السرعة النهائية – السرعة الابتدائية ÷ الزمن

$$a = v_f - v_i \div t$$

سؤال: رياضي يتحرك بسرعة ثابتة قدرها 10 متر في الثانية. بعد مرور 5 ثوانٍ، كم سيكون بعده عن النقطة التي بدأ منها؟

صورة رقم (4)

الحل: نستخدم معادلة السرعة = المسافة ÷ الزمن

المسافة = السرعة × الزمن

= 10 × 5

= 50 متر

سؤال: سباح في فعالية سباحة 100 متر سباحة حرة، يقطع مسافة الـ 50 متر الأولى بزمن قدره 25 ثانية ويقطع مسافة الـ 50 متر الثانية بزمن قدره 27 ثانية.. احسب سرعة جسم السباح خلال كل مسافة من مسافات السباق؟ ثم احسب السرعة النهائية؟

صورة رقم (5)

الحل : سرعة السباح خلال مسافة الـ 50 متر الأولى:

V= d ÷ t

= 50 ÷25

= 2 متر/ ثانية

سرعة السباح خلال مسافة الـ 50 متر الثانية:

V= d ÷ t

= 50 ÷27

= 1.85 متر/ ثانية

سرعة السباح النهائية:

هناك طريقتان لحساب السرعة النهائية للسباح

الطريقة الأولى:

عن طريق استخدام قانون السرعة، إذ تكون المسافة هنا هي مسافة السباق كاملة (100متر)

اما الزمن فهو الزمن الكلي:

(27+25) = 52 ثانية

السرعة النهائية = 100 ÷ 52

= 1.92 متر/ ثانية

الطريقة الثانية:

عن طريق أخذ متوسط السرعتين الأولى والثانية

السرعة النهائية = السرعة الأولى + السرعة الثانية ÷ 2

= (1.85 + 2) ÷ 2

= 3.85 ÷ 2

= 1.92 متر/ ثانية

ملاحظة :

عند حساب السرعة النهائية نستخدم طريقتين هما :

الأولى: من خلال حساب مسافة السباق الكلية وهي سباحة 100 متر ومن ثم تقسيم المسافة على الزمن الكلي (زمن الإنجاز).

اما الطريقة الثانية فكانت من خلال حساب سرعة كل جزء(50 متر) من أجزاء السباق الكامل ومن ثم نستخرج الوسط الحسابي للسرعتين

سؤال : إذا كانت سرعة دراجة هوائية 15 متراً/ثانية، وركبها شخص لمدة 12 ثانية، فكم تكون المسافة التي قطعها؟

الحل : المسافة = السرعة × الزمن.

المسافة = 15 متر/ثانية × 12 ثانية

= 180 متر.

صورة رقم (6)

سؤال : متسابق دراجات أثناء إحدى البطولات انطلق من السكون ويدفع نفسه لتسريع سرعته حتى يصل إلى سرعة نهائية قدرها 30 متر/ثانية خلال 20 ثانية. احسب تعجيل راكب الدراجات.

الحل: في هذه الحالة:

- **السرعة الابتدائية =** صفر متر/ ثانية (لأن المتسابق بدأ من السكون).
- **السرعة النهائية =** 30 متر/ ثانية.
- **الزمن =** 20 ثانية

التعجيل = التغير بالسرعة ÷ الزمن

$$a = v_f - v_i \div t$$

$$a = 30 - 0 \div 20$$

$$= \quad 1.5$$

أمثلة على قياس المسافة:

مثال (1): ركض لاعب في سِباق الجري بمتوسط سرعة 8 متر/ثانية، واستغرق ذلك مُدّة 120 ثانية، فمَا هو مِقدار المسافة التي قطعها اللاعب؟

الحل:

المسافة= السرعة × الزمن

المسافة= 8 × 120 = 960 متر.

مثال (2): قطعت سيارة مسافة مِقدارها 150 كيلومتر، وكانت سُرعتها تُقدّر بـ 50 كيلومتر/ساعة، فكم الوقت الذي استغرقته السيارة للوصول إلى نهاية الطريق؟

الحل:

المسافة= السرعة × الزمن

الزمن= المسافة / السرعة

الزمن= 150 / 50 = 3 ساعات.

مثال (3): سار شخص من بداية الشارع إلى نهايته، وكان يسير بسرعة تُساوي 6 متر/دقيقة، واستغرق من الوقت 15 دقيقة للوصول إلى نهاية الشارع، فمَا مِقدار المسافة التي سارها ذلك الشخص؟

الحل:

المسافة= السرعة × الزمن

المسافة= 6 × 15 = 90 متر/دقيقة.

مثال (4): إذا قطع سائق مسافة مقدارها 6,5 كيلومتر، في زمن مِقداره 13 دقيقة، فمَا هي سرعة السيارة بوحدة (متر/ثانية)؟

الحل:

أولاً: يتم تحويل الوحدات في المسألة بالمتر

المسافة= 6,5 × 1000 = 6500 متر.

الزمن= 13 × 60 = 780 ثانية.

ثانياً: كما يأتي:

المسافة = السرعة × الزمن

السرعة= المسافة / الزمن

السرعة= 6500 / 780 = 8,33 متر/ثانية.

العِلاقة بين المسافة والسرعة والزمن:

من قانون المسافة السابق يُمكن استنتاج العلاقة التي تربُط المسافة بالسرعة والزمن.

أولاً: العلاقة بين المسافة والسرعة:

نجد أن العِلاقة بين المسافة والسرعة عِلاقة طردية وذلك عِند ثبوت الزمن، فكُلما زادت سرعة الجسم المُتحرك، زادت المسافة التي يقطعها في زمن ثابت.

ثانياً: العلاقة بين المسافة والزمن:

أمّا العلاقة بين المسافة والزمن تكون عِلاقة عكسية وذلك عِند ثبوت السرعة، فكُلما زاد الزمن الذي يتحرك خلاله الجسم المتحرك، قلت المسافة التي يقطعها الجسم بسرعة ثابتة.

مثال (1):

إذا ركض شخص لمسافة 200 متر خلال 40 ثانية، فيُعني ذلك أنّهُ تحرك بمتوسط سرعة 5 متر في الثانية.

الحل:

حيثُ إنّ المسافة= السرعة × الزمن

إذاً السرعة =5.

مثال (2):

إذا ذهب شخص ليتمشى بسرعة 4 كيلومترات في الساعة، واستغرق وقتاً في المشي مُدته ساعتين، كم هي المسافة التي قطعها هذا الشخص في المشي؟

الحل:

حيثُ إنّ المسافة= السرعة × الزمن

المسافة= 4 × 2 = 8 كم

العلاقة بين السرعة والتعجيل:

السرعة والتعجيل مرتبطان إرتباطاً وثيقاً في دراسة الحركة. في حين السرعة تشير إلى مدى سرعة جسم ما، فإن التعجيل يصف كيف يتغير معدل السرعة بمرور الوقت.

علاقة التعجيل بالسرعة:

- عندما يكون هناك تعجيل إيجابي، فإن سرعة الجسم تتزايد مع الزمن.
- عندما يكون هناك تعجيل سلبي (أو تسارع سالب)، فإن سرعة الجسم تتناقص مع الزمن.

مثال: إذا كان جسم يتحرك بسرعة 10 م/ث وتزداد سرعته بمعدل 2 م/ث²، فإن التعجيل هو 2 م/ث²، مما يعني أن السرعة تزيد بمقدار 2 م/ث في كل ثانية.

الوحدات المُستخدمة لقياس المسافة:

تقاس المسافة في علم الفيزياء باستخدام وحدات الطول القياسية، فعلى سبيل المثال وحدة قياس المسافة تِبعاً للنِظام العالمي للوحدات (النِظام المِتري) هي الكيلومتر (كم) والمتر (م) والسنتيمتر (سم) والمليمتر (مم)، وتُستخدم أيضاً لقياس المسافة وحدات النِظام الإنجليزي مِثل الميل، والقدم، والإنش، وهكذا.

فيُمكننا استنتاج وحدات السرعة في قانون المسافة، بمعرفة وحدة المسافة والزمن كما يأتي:

إذا كانت المسافة بالكيلومتر، والزمن بالساعة، إذاً وحدة السرعة تكون كيلومتراً/ساعة.

وإذا كانت المسافة بالمتر، والزمن بالثانية، إذاً وحدة السرعة تكون متر/ثانية.

التطبيقات العملية للسرعة والتعجيل في الرياضة:

- **تحليل الأداء :**يمكن استخدام مفاهيم السرعة والتعجيل لتحليل أداء الرياضيين وتحسينه، مثلاً يمكن دراسة السرعة والتعجيل للعداء لتحسين تقنيات الجري وزيادة الأداء.
- **الوقاية من الإصابات :** إن فهم كيفية تغيير السرعة والتعجيل، يمكن أن يساعد في تصميم برامج تدريبية تقلل من خطر الإصابات.

نسبية الحركة:

نسبية الحركة هي مقارنه حركة الرياضيين بالنسبة للموجودات حوله من أدوات أو لاعبين آخرين، فالأجسام في حركتها تقارن بالموجودات حولها، ويمكن اكتشاف تحرك لاعب الوثب العريض بالمقارنة مع ثبات لوحه الارتقاء، وكذلك عداء الموانع والحواجز بالمقارنة مع المانع والحاجز كما يمكن ملاحظه ارتفاع لاعب الوثب العالي من خلال ثبات ارتفاع جهاز العالي وكذلك ممكن اكتشاف اللاعب الاول نسبة إلى بطء اللاعب الثاني في الركض اذا فالحركة تحدث نسبة إلى موجودات في متحركة او ثابته.

ان الهدف الأساسي من نسبية الحركات هو:

١- تقدير قرب الاشياء وبعدها نسبة إلى الأجسام الثابتة او المتحركة

٢- تقدير سرعة الأشياء وبطئها نسبة إلى الأشياء المتحركة

٣- تقدير أبعاد الأشياء إلى مقاييس الأجسام الثابتة او المتحركة (مقياس الرسم)

أشكال الحركات:

توصف الحركة في البايوميكانيك بشكلين مهمين هما:

أولا- أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي.

ثانيا- أشكال الحركة من ناحية المسار الزمني.

الكميات القياسية والكميات المتجهة

إذا أردنا التفريق بين الكميات الميكانيكية التي يتولى علم البايوميكانيك دراستها يتم ذلك من حيث خاصية تلك الكميات فيوصف بعض منها بانها (قياسية)، اي يتم تعريفها من خلال مقدارها فقط (كالمسافة)، اما البعض الاخر فيوصف بانها (كمية متجهة) اي يتم تعريفها بمقدارها واتجاهها ايضا (كالإزاحة).

كيف نفرق بين الكميات القياسية والكميات المتجهة

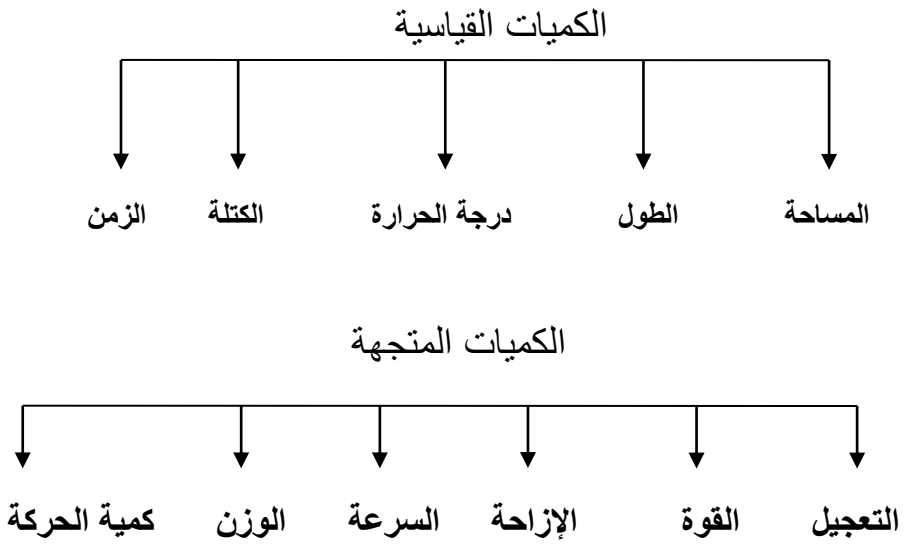
الكميات الفيزيائية نوعان:

أ- **الكميات القياسية**: هي كميات غير متجهة يتم تعيينها تماماً إذا عرف مقدارها فقط.

ومن أمثلة الكميات الغير متجهة (الكتلة، الزمن، الطول، درجة الحرارة والطاقة) وجميعها كميات قياسية.

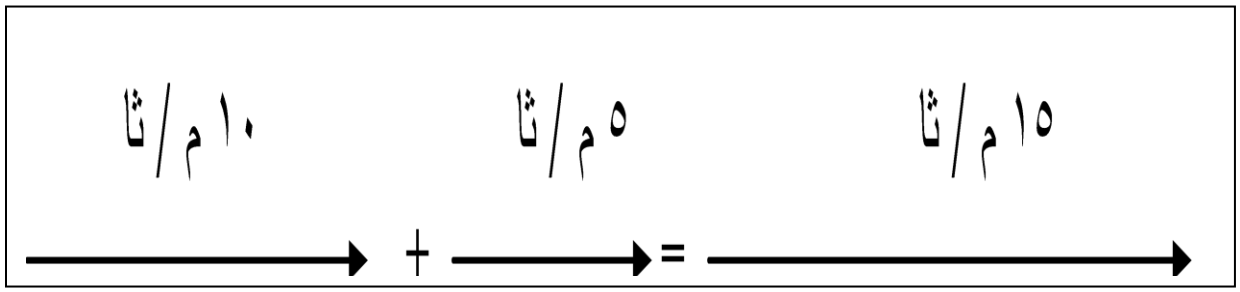
ب- **الكميات المتجهة:** هي كميات متجهة يتم تعيينها تماماً إذا عرف مقدارها واتجاهها.

ومن امثلة الكميات المتجهة (السرعة، القوة).



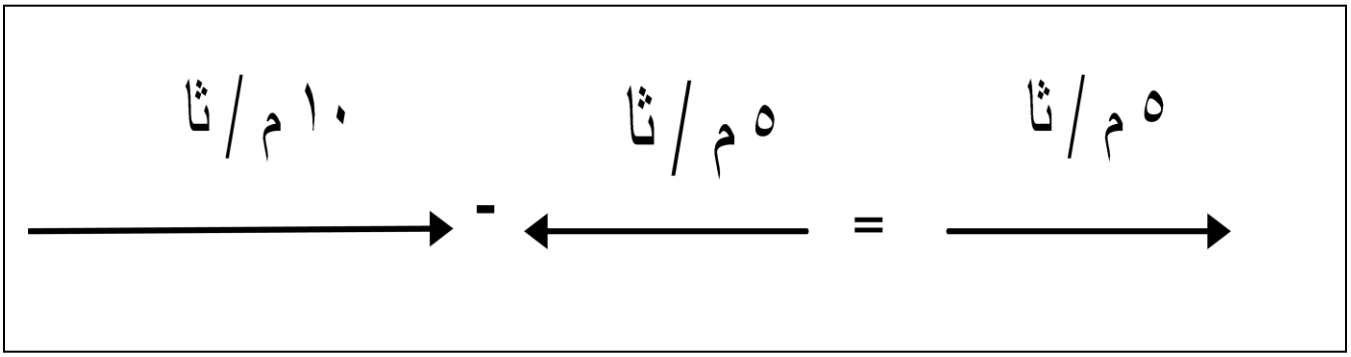
شكل رقم (1)

اما في حالة كون المتجهات تعمل في خط عمل واحد فان المتجهات يمكن ان تجمع مع بعضها إذا كان اتجاهها واحد. فاذا ما ضُربت الكرة بالقدم بسرعة (10 م / ثا) وكانت سرعة الريح مع اتجاه الكرة وبسرعة (5 م / ثا) فان الكرة ستتحرك بسرعة (15 م / ثا) كما هو مبين في الشكل ادناه.



شكل رقم (2)

اما اذا كان المتجهان يسيران باتجاه مضاد كما هو الحال عند ضرب الكرة والريح ضدها فان محصلة السرعة ستكون كما مبين في الشكل الاتي إلى (5 م / ثا) وباتجاه القيمة الأكبر اي باتجاه الضربة .



شكل رقم (3)

أسئلة الفصل الثاني

س1- ما الفرق بين المسافة والإزاحة؟ مع إعطاء بعض الأمثلة الرياضية؟

س2- عرف السرعة والتعجيل؟

س3- اكتب القانون الميكانيكي للسرعة والتعجيل؟

س4- سباح يقطع مسافة سباق 50 متر سباحة حرة بزمن مقدراه 24 ثانية، ما سرعته؟

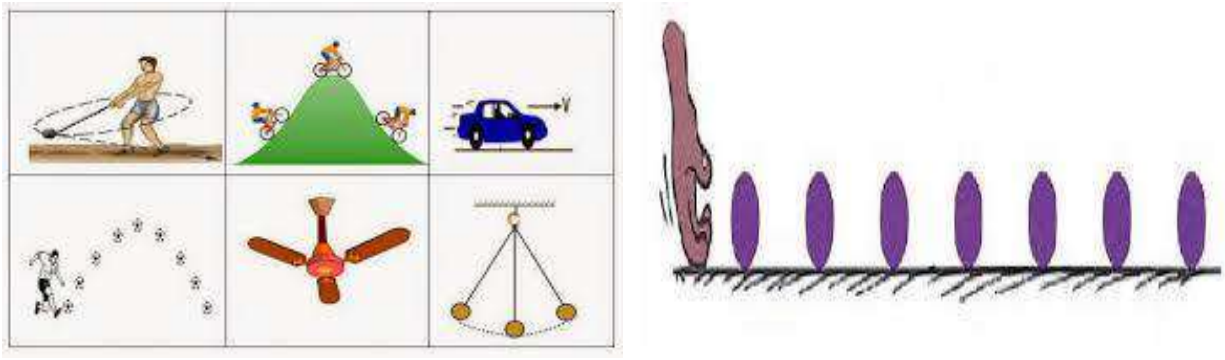
س5- عداء 100 متر كانت سرعته خلال مسافة الـ 60 متر (10.80 متر/ ثانية)، ثم أصبحت سرعته في مسافة الـ 70 متر (11 متر/ثانية)، وكان زمن الانتقال لهذه المسافـــة هو (0.85 ثانية)، احسب التعجيل.

الفصل الثالث

أولا- الحركة من ناحية مسارها الهندسي:

1- الحركة بالمسار المستقيم (الحركة الخطية):

إن هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم أو مركز ثقله أو أجزائه من وضع إلى آخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات خطية في انتقالها وتحدث في خط مستقيم بالاتجاه الأفقي او العمودي. ومن امثله ذلك المسار الأفقي لمفصل للورك او الكتف في مسابقات الدراجة والمسار العمودي لمفصل الورك أو الكتف في الاستحواذ على الكرة أو القفز العمودي للتهديف في كرة السلة.



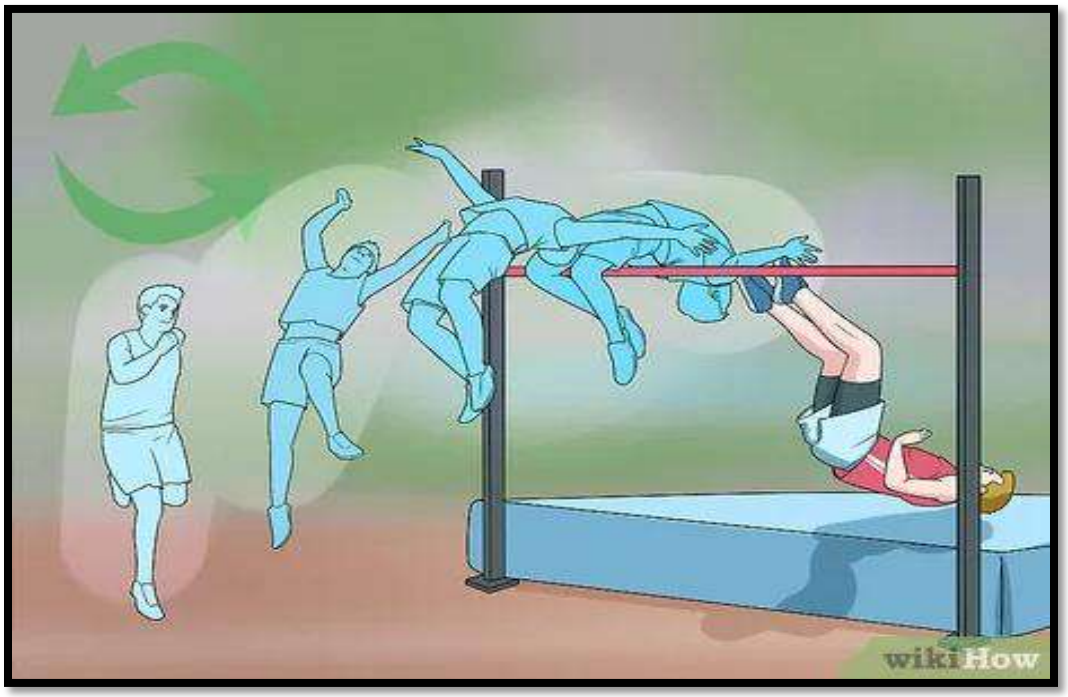
صورة رقم (1)

صورة رقم (2)

2- الحركة بالمسار المنحني:

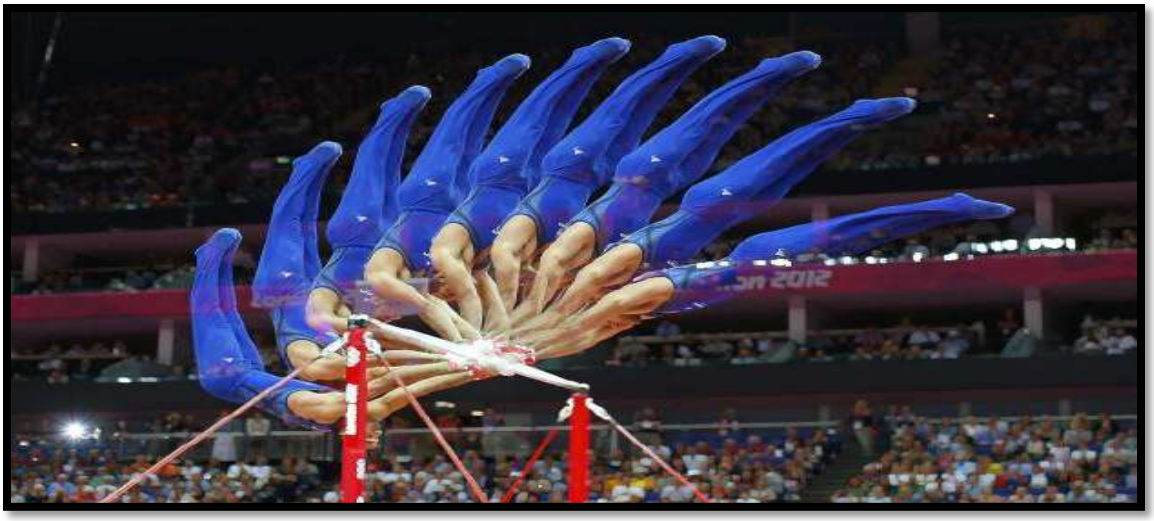
في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزائه من وضع إلى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسيه منحنية في انتقالها وتحدث في خط منحي بالاتجاهين الأفقي والعمودي. ومن امثله ذلك مسار مفصل الورك في اجتياز الحواجز او الوثب الطويل وغيرها من الفعاليات الكثيرة.

صورة رقم (3)



صورة رقم (4)

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مركز ثقله او أجزائه من وضع إلى آخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسيه دائريه منتظمة او غير منتظمة وتحدث حول محور داخل الجسم او خارجه وان الجزء البعيد عن المحور يكون أسرع من الجزء القريب منه لأن المدى الحركي للجزء البعيد أكبر من المدى الحركي للجزء القريب ومثال ذلك مسار مفصل القدم والورك في مهاره الدوران الكبير حول العقلة في رياضة الجمناستيك.



صورة رقم (5)

3- الحركة بالمسار المتعدد (الحركة المركبة):

هي الحركة التي تكون مزيجا ما بين الحركة الانتقالية أو الحركة المنحنية والحركة الدائرية، مثال ذلك حركة مركز ثقل الجسم الانتقالية أثناء الركض أو الغطس للماء التي تكون نتيجة حركة الرجلين والذراعين الدائرية

صورة رقم (6)

ثانيا- أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني:

1- الحركة المنتظمة:

ويقطع فيها الجسم مسافات متساوية في أزمنة متساوية فمثلا في سباق معين يقطع لاعب (10 متر) بزمن (٤ ثانيه) ثم يقطع (10 أمتار) اخرى بنفس الزمن، اي انه يتحرك بسرعه متساوية.

صورة رقم (7)

2- الحركة غير المنتظمة:

ويقطع الجسم فيها مسافات غير متساوية في أزمنة متساوية أو مسافات متساوية في أزمنة غير متساوية، فمثلا عند تساوي المسافات في سباق معين يقطع لاعب (10 متر) في زمن (3 ثانيه) ثم يقطع (10 متر) اخرى بزمن (4 ثانيه) هذا يعني انه اصبح بطيئا ، او يقطع (10 متر) الاخرى بزمن (2 ثانيه) أي انه اصبح سريعا ،أي يتحرك بسرعه متغيره، اما عند تساوي الأزمنة فيكون المعيار للمقارنة هو (الزمن بتغير المسافة) اذ يكون اللاعب في الثانية الاولى على بعد 10 متر من البداية وفي الثانية الثانية يكون على بعد 15 متر من اخر قياس وفي الثانية الثالثة على بعد 25 متر من اخر قياس وهكذا.

وتقسم الحركات غير المنتظمة إلى:

- حركة غر منتظمة بتعجيل تزايدي (السرعة في اللحظة الاخرى تزداد)
- حركة غير منتظمة بتعجيل تناقصي (السرعة في اللحظة الاخرى تقل)

مثلا في فعالية ركض 100 متر نجد أن العداء يمر في ثلاثة مراحل بعد أن يبدأ بالانطلاق

1- التزايد في السرعة (حركة بتعجيل تزايدي)
2- السرعة القصوى (حركة منتظمة)
3- تباطئ السرعة (حركة بتعجيل تناقصي)

صورة رقم (8)

Distance	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
Time	1.88	1.07	0.91	0.88	0.85	0.84	0.84	0.84	0.86	0.87
Velocity	5.31	9.34	10.98	11.36	11.76	11.90	11.90	11.90	11.63	11.49

صورة رقم (9)

من خلال الجدول أعلاه نلاحظ ان العداء قد قطع مسافة السباق (100 متر) بزمن قدره (9.84 ثانية)، وحيث ان سرعة العداء لم تكن منتظمة طوال مسافة السباق، حيث نلاحظ انه تم تقسيم مسافة السباق الكلية إلى عشرة أقسام (كل قسم لـ 10 أمتار) وتم حساب زمن كل عشرة أمتار على حدة، وكذلك تم حساب سرعة كل عشر أمتار حسب قانون السرعة:

$$V = d \div t$$

من خلال الجدول نلاحظ ان سرعة العداء بدأت بالتزايد كل عشرة أمتار (من بداية السباق إلى مسافة (الـ 60 متر) ليصل العداء في هذه المسافة إلى سرعته القصوى، أي ان تعجيل العداء خلال هذه المرحلة كان تعجيلا متزايد (تعجيل موجب) وحسب قانون التعجيل:

$$a = vf - vi \div t$$

اما خلال مرحلة السباق من (60- 80 متر) نلاحظ ثبات سرعة العداء، أي ان السرعة النهائية كانت هي نفسها السرعة الابتدائية، اما خلال مسافة السباق الأخيرة (80 – 100 متر) نلاحظ ان سرعة العداء بدأت بالهبوط، أي ان التعجيل هنا تناقصي (تعجيل سالب)

ان العداء يمكن له ان يطور من إنجازه من خلال الحقائق الميكانيكية التالية:

1- الحصول على مرحلة السرعة القصوى بوقت مبكر
2- المحافظة على مرحلة السرعة القصوى لأطول مسافة ممكنة
3- تأخير مرحلة هبوط السرعة

أسئلة الفصل الثالث

س1- تكلم عن التقسيم الهندسي للحركة.

س2- تكلم عن التقسيم الزمني للحركة.

س3- ما الفرق بين الحركة المنتظمة والحركة غير المنتظمة؟ مع إعطاء بعض الأمثلة الرياضية؟

س4- ما أنواع التعجيل في الرياضة؟ مع إعطاء بعض الأمثلة الرياضية؟

س5- اعط مثالا رياضيا لكل من:

- الحركة الخطية
- الحركة الدائرية
- الحركة المركبة

الفصل الرابع

المحاور والمسطحات:

يتكون جسم الإنسان من محاور ومسطحات عدة حيث إن هذه التقسيمات هي عبارة عن محاور ومسطحات وهمية تمر بجسم الإنسان وتقسمه إلى أقسام نتمكن من خلالها معرفة الحركات التي يؤديها الإنسان واهم القوانين الفيزيائية الملائمة لهذه الحركة لتمكننا من دراسة هذه الحركات ومن خلال هذه المحاور نتمكن من معرفة العضلات والمفاصل العاملة ومدى تأثيرها في كل حركة مثل حركة الفتل واللف والدوران والدحرجة والانحناء للأمام او إلى الخلف وإلى ما ذلك من حركات يقوم بهاء الإنسان بشكل عام والرياضي بشكل خاص .

ان ميكانيكية المحاور والمستويات في المجال الرياضي هما مفاهيم أساسية في الرياضيات والفيزياء. فالمحاور هي خطوط تمتد في اتجاهين بينما المستويات هي مجموعة من النقاط التي تكون في نفس السطح ، في ميكانيكية المحاور والمستويات، وهي التي تقودنا لدراسة الفيزياء و المعادلات الرياضية وتطبيقاتها على جسم الإنسان إن جميع حركات الأجسام الحية ومنها جسم الإنسان تخضع دون إستثناء إلى قوانين الميكانيكا الأساسية وذلك لأن كل حركة تعد ناتجا ميكانيكيا ينتج عن تغير المكان الخاص بأجزاء الكتلة في حيز من المكان والزمان معا.

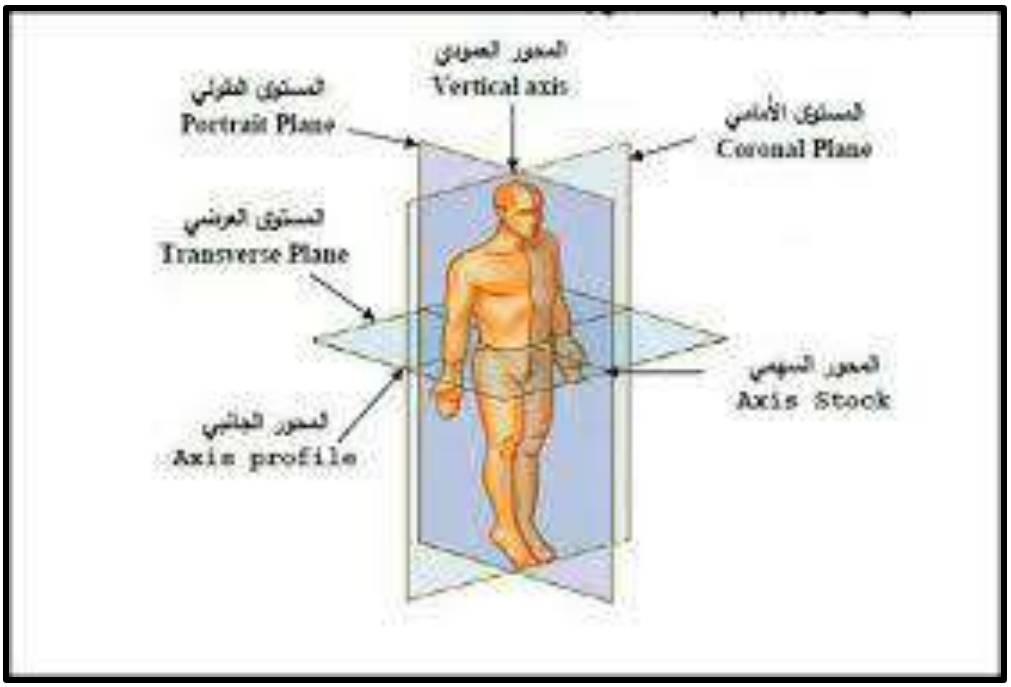
لماذا تم استخدام المحاور والمسطحات في البايوميكانيك

ان استخدام المحاور والمستويات هو من أجل التصنيف، إذ أن نقطة التقاء هذه المحاور والمستويات (تمثل نقطة مركز ثقل الجسم) وهذا التصنيف يساعد في فهم وصف الحركة التي يتحركها الجسم بكامله او جزء منه والتي يجب ان نقرنها إلى المحاور والمستويات وهي عبارة عن خطوط ومستويات وهمية ، وان حركات الجسم تتم حول محور وتقع ضمن مستوى (مسطح).

أولا- المحاور:

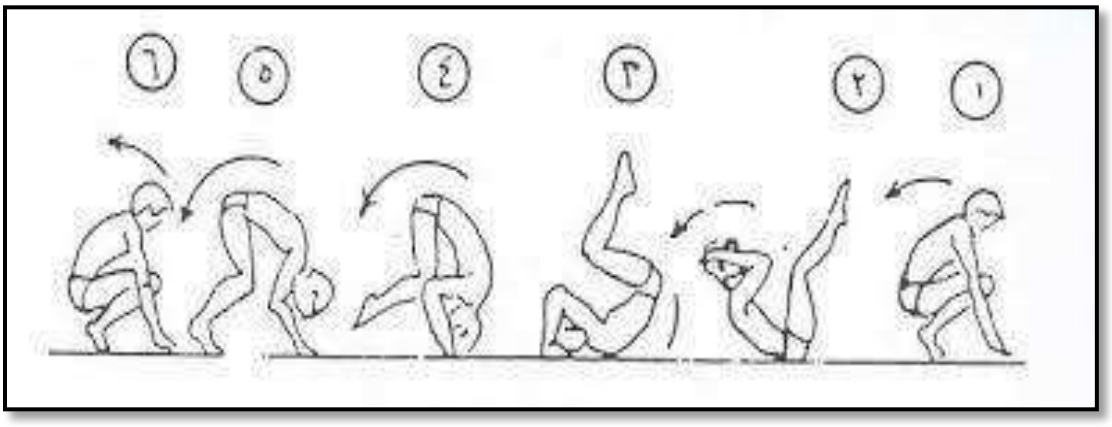
هناك ثلاثة محاور وهمية أساسية تدور حولها الحركات الرياضية وهي:

1- **المحـور الطـولي:** وهـو المحـور الـذي يمكـن تمثيلـه بخـط عمـودي وهمـي يختـرق الجسـم مـن أعلـى الـرأس ويسـتقر علـى الأرض بـين القـدمين، ويـدور الجسـم حولـه ومثـال علـى ذلـك الدوران حول الجسم في الجمناستيك او في فعالية رمي القرص او المطرقة ..... وغيرها.



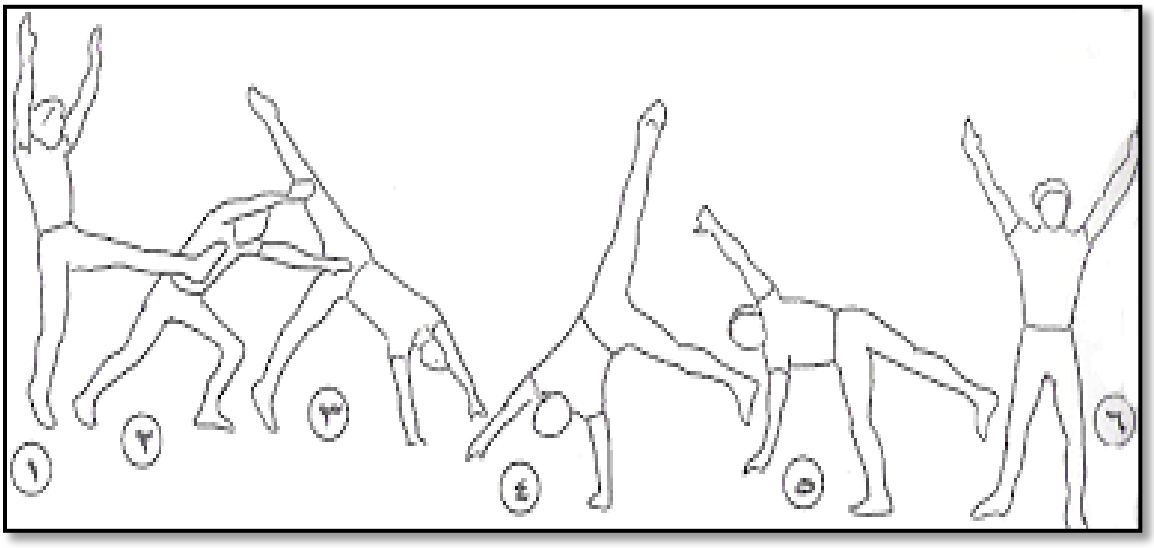
صورة رقم (1)

2- **المحـور العرضـي:** وهـو المحـور الـذي يمكـن تمثيلـه بخـط أفقـي وهمـي يختـرق حـزام الـورك من الجانب اليمين إلى جانب اليسار ويدور الجسم حوله ومثال ذلك الدحرجة الأمامية.



صورة رقم (2)

3- **المحـور العميـق:** وهـو المحـور الـذي يمكـن تمثيلـه بخـط افقـي وهمـي يختـرق الـبطن ويخـرج مـن الظهـر أي يختـرق الجانـب الامـامي ويخـرج مـن الجانـب الخلفـي، ويـدور الجسـم حولـه ومثال ذلك العجلة البشرية.



صورة رقم (3)

ثانيا- المستويات او المسطحات:

استنادا إلى ابعاد الحركة او محاورها فان الحركة تحدث في ثلاث مستويات وهي:

1- **المستوى (المسطح) الامامي:** وهو مستوى الذي يقسم الجسم إلى قسمين متساويين أحدهما امامي والاخر خلفي.

2- **المستوى (المسطح) الأفقي:** وهو المستوى الذي يقسم الجسم إلى قسمين متساويين احداهما علوي والاخر سفلي.

3- **المستوى (المسطح) الجانبي:** هو المستوى الذي يقسم الجسم إلى قسمين متساويين أحدهما في اليمين والاخر في اليسار.

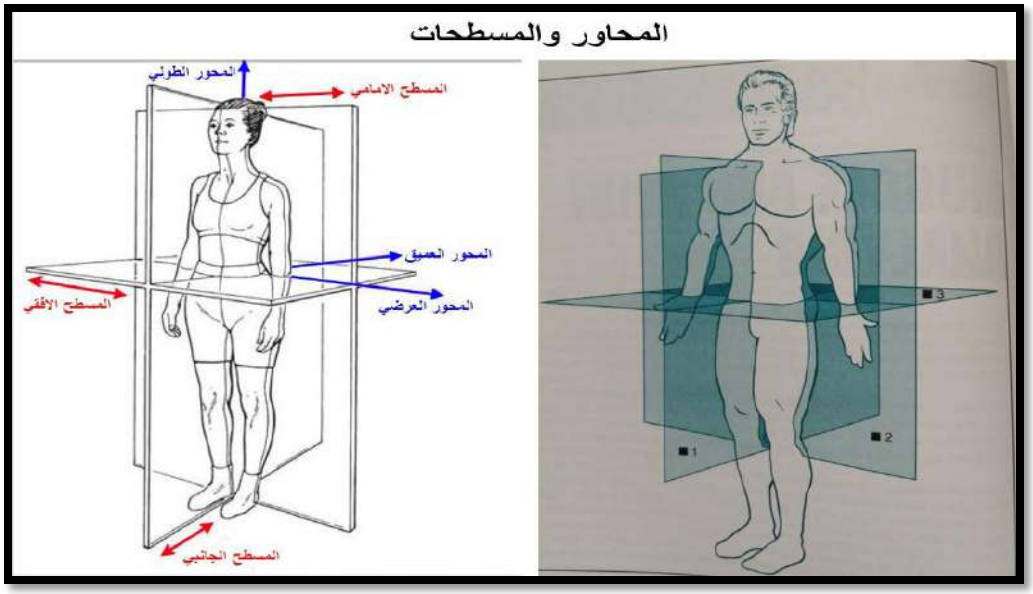
المحاور والمستويات في بعض الحركات

1- الدحرجة الأمامية المتكورة ... (حول المحور الأفقي وفي المسطح الجانبي).

2- العجلة البشرية ... (حول المحور العميق وفي المسطح الامامي).

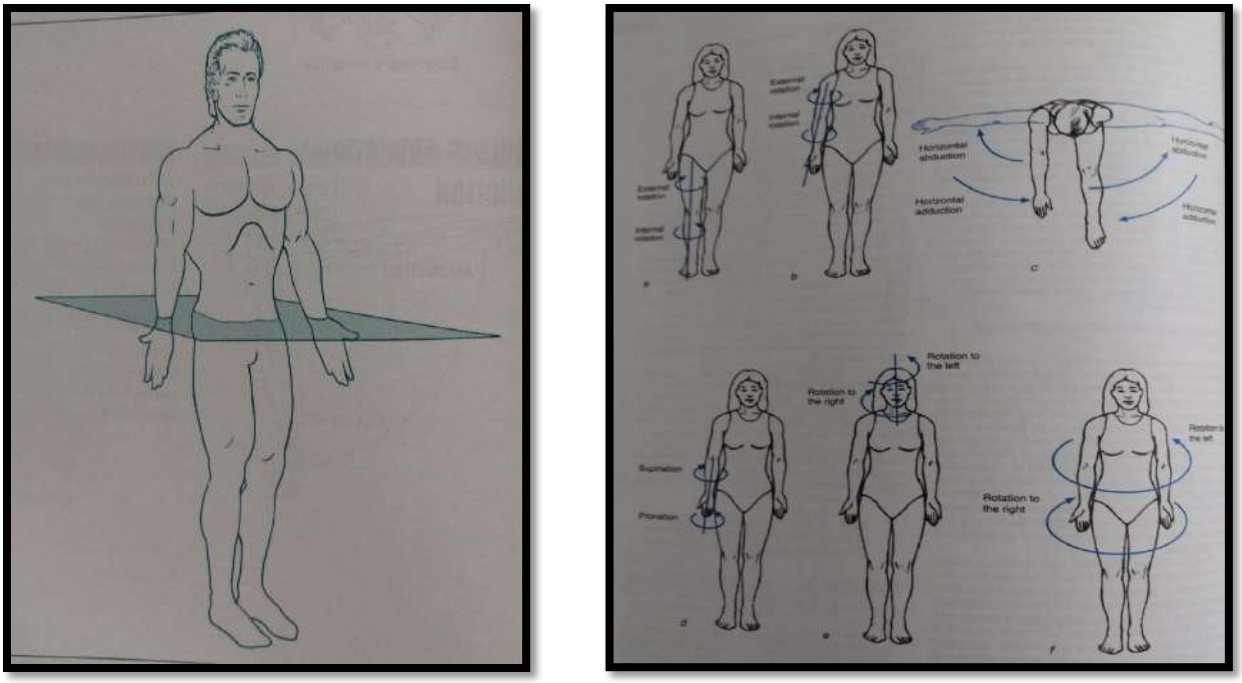
3- الدوران حول النفس ... (حول المحور الطولي وفي المسطح الأفقي).

حيث ان كل محور يكون عموديا على مسطح واحد، فالمحور الطولي يكون عموديا على المسطح الأفقي، والمحور العرضي يكون عموديا على المسطح الجانبي، في حين يكون المحور العميق عموديا على المسطح الامامي.



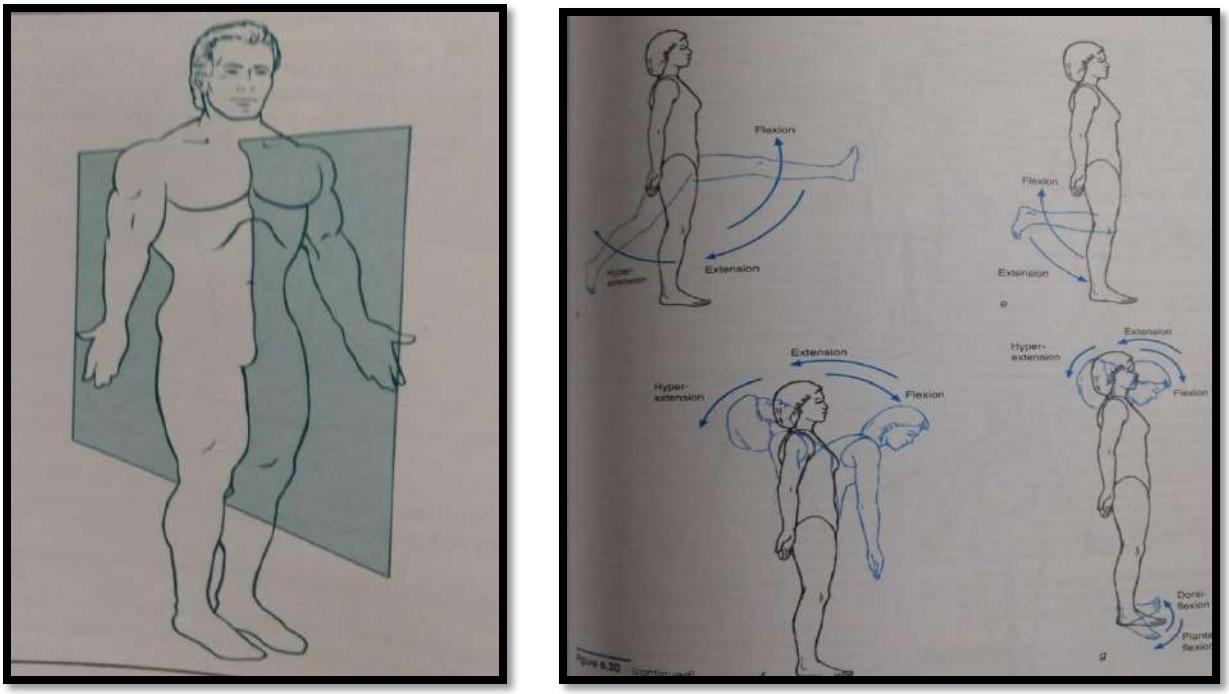
صورة رقم (4)

- الحركات حول المحور الطولي (في المسطح الأفقي):



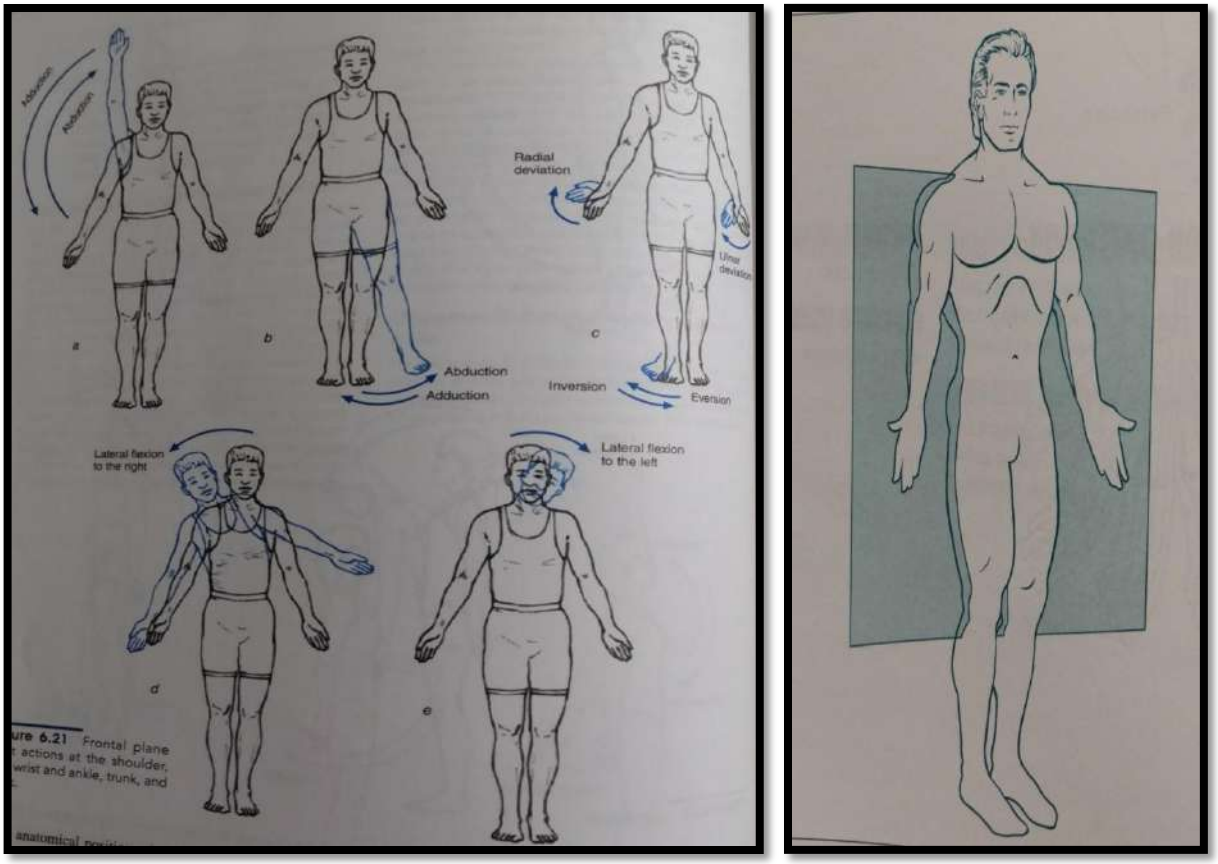
صورة رقم (5)

- الحركات حول المحور العرضي (في المسطح الجانبي)



صورة رقم (6)

- الحركات حول المحور العميق (في المسطح الامامي):



صورة رقم (7)

مثال: مهارة العجلة البشرية في الجمناستيك تكون حول المحور العميق (في المسطح الجانبي).

أهمية دراسة المحاور والمسطحات في الرياضة:

اولاً. تحليل الحركات الرياضية

- **تحسين الأداء :**من خلال فهم المحاور والمسطحات، يمكن تحليل الحركات الرياضية بدقة. هذا يساعد في تحسين تقنيات الأداء، مثل كيفية تحسين فعالية الجري أو تحسين تقنيات الرمي في الرياضات المختلفة.

صورة رقم (8)

- **تحديد الأخطاء :** تحليل الحركات بناءً على المحاور والمسطحات يمكن أن يكشف عن الأخطاء التقنية التي قد تؤثر على الأداء، مما يتيح تصحيحها وتحسين الكفاءة.

صورة رقم (9)

ثانياً- تطوير استراتيجيات التدريب

- **تصميم التمارين :**يمكن استخدام المعرفة بالمحاور والمسطحات لتصميم تمارين تستهدف تحسين حركات معينة. على سبيل المثال، يمكن تصميم تمارين تقوية عضلات معينة لتحسين الحركات التي تحدث في مسطح محدد.

- **التدريب المتخصص :**يساعد فهم المحاور في تطوير برامج تدريبية متخصصة، مثل تدريب الرياضيين على تحسين حركات الدوران أو الحركات الجانبية التي تتطلبها الرياضة.

ثالثاً- الوقاية من الإصابات

- **تحديد الحركات الخاطئة التي تسبب الاصابات** :ان دراسة المحاور والمسطحات يمكن أن تساعد في تحديد الحركات التي قد تؤدي إلى إصابات مثلاً، يمكن فهم كيفية تأثير الحركات الجانبية على الركبة وتقليل خطر الإصابات من خلال تقنيات تدريبية ملائمة.

صورة رقم (10)

- **تصحيح الوضعية :**من خلال تحليل الحركات بناءً على المحاور، يمكن تحديد وتصحيح الوضعيات غير الصحيحة التي قد تؤدي إلى الإصابات على المدى الطويل.

د. تحسين التخطيط والتكتيك الرياضي:

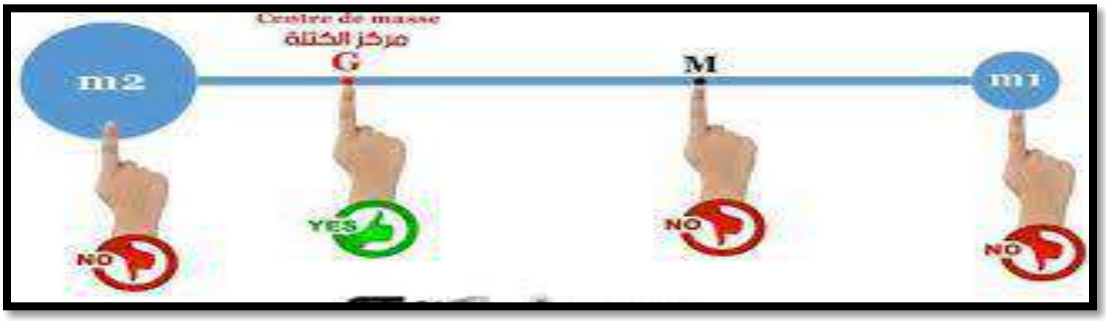
- **استراتيجيات اللعب :**في الرياضات الجماعية مثل كرة القدم أو كرة السلة، يمكن أن يساعد تحليل المحاور والمسطحات في تطوير استراتيجيات لعب فعالة. على سبيل المثال، يمكن تحديد أفضل الطرائق لتحريك اللاعبين وتحديد المواقع المثلى في الملعب بناءً على الحركات المتوقعة.

هـ. تعزيز التناسق والتوازن

- **تحسين التناسق :** فهم المحاور والمسطحات يعزز التناسق بين الحركات، مما يساعد على تحسين التوازن والتحكم في الحركة، وهو أمر حيوي في معظم الرياضات.
- **تحسين الأداء العام :** من خلال تحسين التناسق والتوازن، يمكن للرياضيين تحسين أدائهم بشكل عام، مما يؤدي إلى تحقيق نتائج أفضل في المنافسات.

مركز كتلة الجسم ومركز ثقل الجسم:

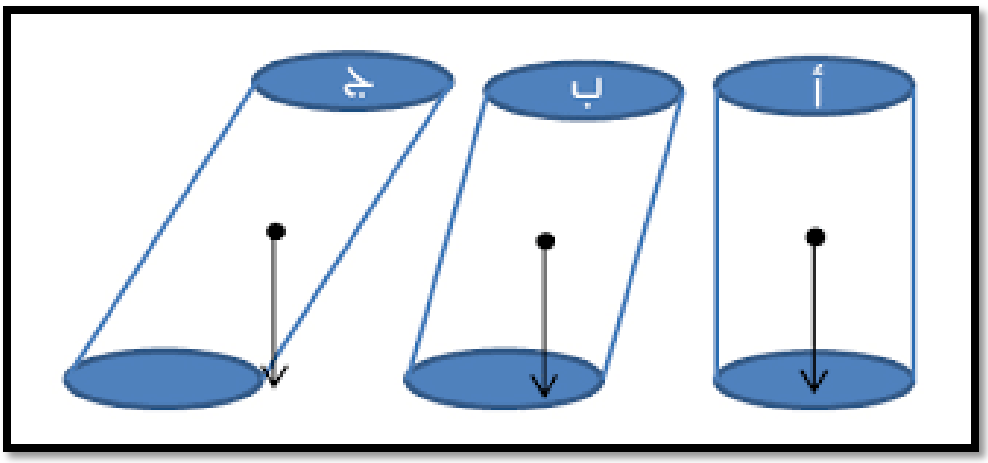
كل جسم فيه نقطة تتزن جميع الأعضاء عليها، أي ان هذه النقطة هي مركز الاتزان ، فالمسطرة التي طولها (30 سم) يكون مركز الكتلة في منتصفها أي في المسافة (15 سم) وبما ان المسطرة مستطيلة الشكل فان تقاطع قطري المستطيل عند منتصفها هي مركز اتزان المسطرة .



صورة رقم (11)

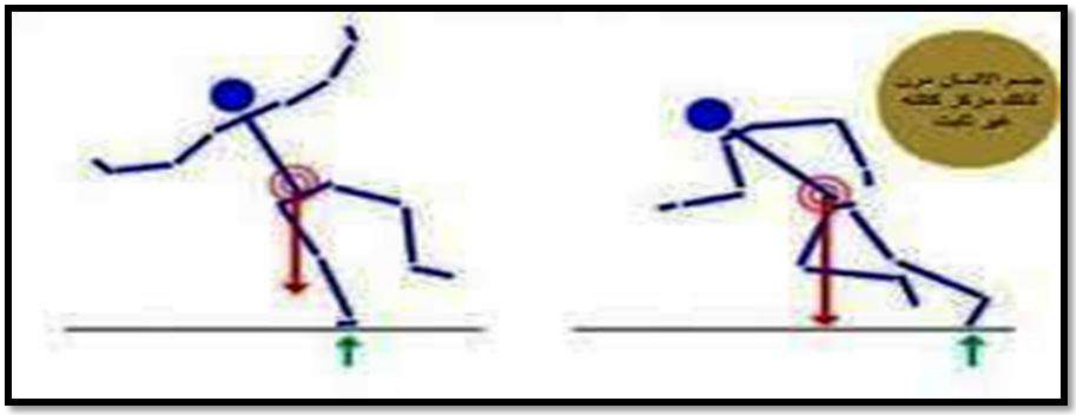
ولو استلقى شخص على مصطبة مستطيلة طويلة وإتزن على محور فان جسمه سيتزن عند نقطة معينة بحيث ان وزن الأجزاء الموجودة في اليمين ستساوي وزن الأجزاء الموجودة في اليسار ومن هنا تتجلى أهمية معرفتنا لمركز كتلة او ثقل الجسم وهي خاصية مهمة للاتزان.

ولذلك نرى ان الأجسام تتعامل مع مراكز اثقالها اكثر من تعاملها مع مراكز كتلتها، (ومركز ثقل الفخذ يكون في الطرف الأكثر عضلات ويكون اقرب إلى الورك من قربها إلى الركبة) ، تم معرفة الوزان النسبية لأجزاء الجسم بعد وضعها على موازين خاصة من خلال تشريح الجثث ، وعند تحليل الحركات يتم في بعض الأحيان الاستعاضة عن مركز ثقل الجسم بنقطة على الورك فنسميها مركز كتلة الجسم اذ لا يوجد فرق كبير بين مركز كتلة الجسم ومركز ثقله اذا كان الجسم في حقل جاذبية موحد ، مركز الثقل مصطلح يتعامل مع الجذب الأرضي اذا كان في الأرض ، ولا يتعامل مركز الكتلة بالجذب الأرضي .



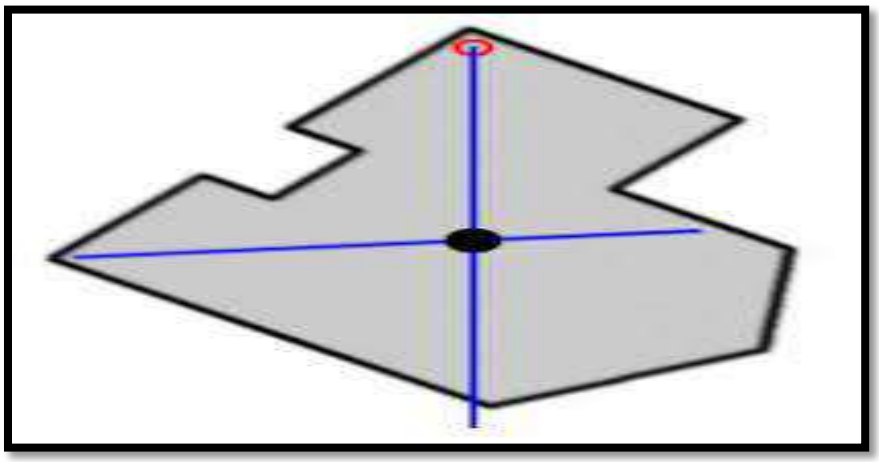
صورة رقم (12)

يعبر عن موقع مركز الكتلة بالمتوسط المرجح للكتلة في الجسم والذي يجب ان يكون صفرا ، ويعبر ان مجموع مسافات ابتعاد النقاط عن المركز سلبا وايجابا ستساوي صفرا ، ويعبر عن موقع مركز الثقل بعزم الدوران والذي يجب ان يساوي صفرا ، أي ان موقع الثقل يحدده العزم (ابتعاد الثقل) ، ومثال ذلك فأننا لو وضعنا اصبعنا تحت المنطقة (١٥سم) في المسطرة البالغة (30سم) فان مركز الكتلة هي المنتصف لأننا لو طرحنا المسافة من اليمين عن المساقة من اليسار فالنتيجة هي صفر وهذه هي مركز الكتلة لن جميع أجزاء المسطرة مصنوعة من المادة نفسها ، اما لو وضعنا وزنا خفيفا على احد جانبي المسطرة فاننا يجب ان نقرب اصبعنا موقع الموضوع (تقلقل الابتعاد) لكي تتزن المسطرة أي نمنع المسطرة من الدوران والسقوط فتتساوى العزوم (القوة في ابتعادها على جهة ستساوي القوة في ابتعادها الجهة الأخرى) وهذه هي مركز الثقل.



صورة رقم (13)

أي لا يشترط ان يكون مركز الثقل يتغير عند تغير الجاذبية ، فالكتلة تبقي ثابتة لأنها مقدار ما يحتويه الجسم من مادة ، ولكن مركز الثقل سيتغير وفقا لتغير الجاذبية على المركز.



صورة رقم (14)

ولغرض إيجاد مركز ثقل او كتلة أي جسم غير منتظم فيجب تعليقه على الأقل من ثلاث مناطق عشوائية ورسم خطوط عمودية من منطقة التعليق في كل مرة وتقاطع هذه الخطوط هي مركز الكتلة والثقل.

أسئلة الفصل الرابع

س1- ما أنواع المحاور؟

س2 - ما أنواع المسطحات؟

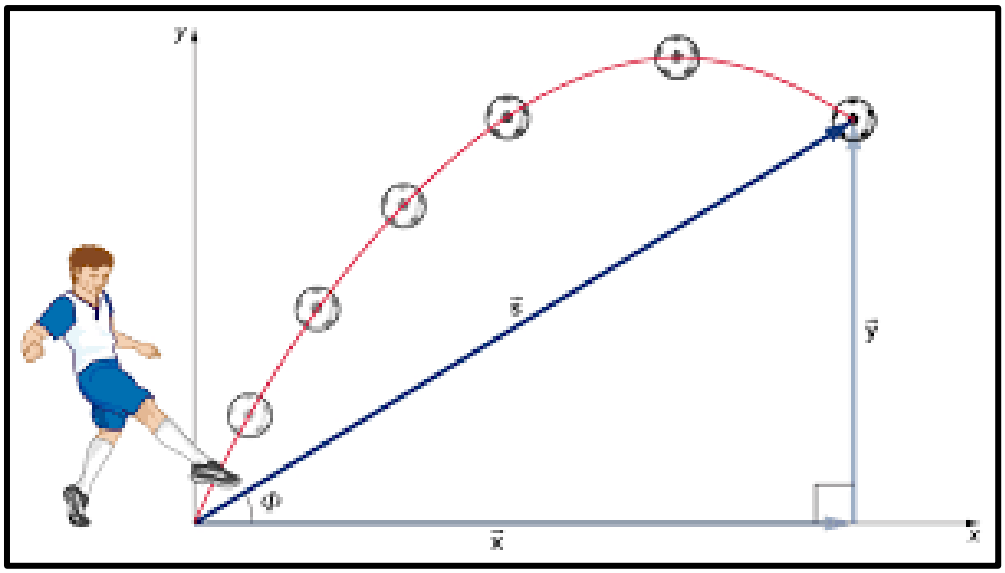
س3- اعطِ مثالا للحركات الرياضية تتم حول المحاور.

س4- اعطِ مثالا للحركات الرياضية تقع في المسطحات.

س5- تكلم عن أهمية دراسة المحاور والمسطحات من خلال تحليل الحركات الرياضية.

الفصل الخامس

المقذوفات في الرياضة:



صورة رقم (1)

تعريف المقذوف :- هو أي أداة او كرة أو جسم الرياضي عندما يكسر اتصاله مع شيء آخر او مع الأرض وبزاوية معينة يسمى (مقذوف). فمثلا لاعب الوثب الطويل يكسر اتصاله مع لوحه النهوض في مرحله النهوض بزاوية معينه وهنا نطلق على اللاعب مصطلح مقذوف كذلك عند المناولة في كرة السلة او الأعداد في الكرة الطائرة فان الكرة تكسر اتصالها مع يد اللاعب فتسمى الكرة مقذوف، او عندما ينطلق الرمح او القرص من يد الرامي ويكسر اتصاله مع اليد فيسمى أيضا (مقذوف).

يمكن تصنيف المقذوفات في الرياضة حسب نوعان رئيسيان هما:

1- المقذوفات العمودية (الرأسية).

2- المقذوفات الأفقية.

المقذوفات العمودية (الرأسية): ويمكن تصنيف المقذوفات الرأسية إلى:

أ- المقذوفات العمودية الساقطة من الأعلى للأسفل

ب- المقذوفات العمودية الصاعدة للأعلى ومن ثم الساقطة إلى الأسفل

اما المقذوفات الأفقية فيمكن تصنيفها إلى:

أ- المقذوفات الأفقية بزاوية والتي يكون مستوى الانطلاق مماثل لمستوى الهبوط

ب- المقذوفات الأفقية بزاوية والتي يكون مستوى الانطلاق مختلف عن مستوى الهبوط.

والنوع الأخير لهذه المقذوفات يمكن تقسيمه إلى:

1- المقذوفات الأفقية بزاوية والتي يكون مستوى الانطلاق اعلى من مستوى الهبوط

2- المقذوفات الأفقية بزاوية والتي يكون مستوى الانطلاق اوطأ من مستوى الهبوط.

ولا يختلف الموضوع كثيرا عندما يطلق الحكم في بداية الشوط كرة السلة إلى الأعلى فان الكرة ستنطلق إلى الأعلى بزاويه قائمه (الطيران الحر) وبسرعه معينه تتباطأ وتتوقف ثم تبدا بالرجوع بتسارع إلى نقطه انطلاقها او نقطه اعلى من نقطه انطلاقها (السقوط الحر) وكذلك يحدث عند لاعب الترامبولين واللاعب الذي يؤدي مهاره الضرب الساحق بالكرة الطائرة والفرد الخاضع لاختبار سارجنت (الوثب العمودي)، ان هذا العمل بشكل بسيط سيقع تحت تأثير قانون الجذب والذي ينص على ان الأداة او الجسم يسقط في الفراغ بتعجيل ثابت مقداره (9,81) متر في الثانية لكل ثانيه ومثل ما اسلفنا سابقا فان كرة السلة عند سقوطها من السكون فان سرعتها ستبلغ بعد ثانيه واحده (9,81) م/ثا وفي الثانية تصبح سرعتها (9,81 + 9,81 = 19.62)، استغرقت الكرة عند سقوطها زمنا قدره (3 ثانية) فأنها ستصدم بالأرض بسرعه مقدارها(29,43 م\ثا) وفقا للقانون :

$$\text{الجذب الارض} = \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

ويضرب الوسطين في الطرفين

السرعة = الجذب x الزمن

السرعة = 9.81 x 3

السرعة = 29.43 متر/ثانية

يمكن حساب المسافة في الاجسام المقذوفة العمودية الساقطة بأتجاه الارض من خلال القانون الاول ويمكن حساب سرعة الجسم بدلالة القانونين الثاني والثالث

مثال/ قافز زانة يسقط بأتجاه البساط بعد عبور العارضة بحيث كانت المسافة العمودية بين العارضة والسطح العلوي للبساط 5.5 متر، فما هي سرعة القافز لحظة ملامسته للبساط ؟

$$5.5 = \frac{V^2}{2 \times 9.81} = 10.38 \text{ m/s}$$

$$d = \frac{g \times (t)^2}{2}$$

$$h = \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$V2^2 = V1^2 \times 2\ g\ d$$

حيث ان:

d = المسافة

h = الارتفاع

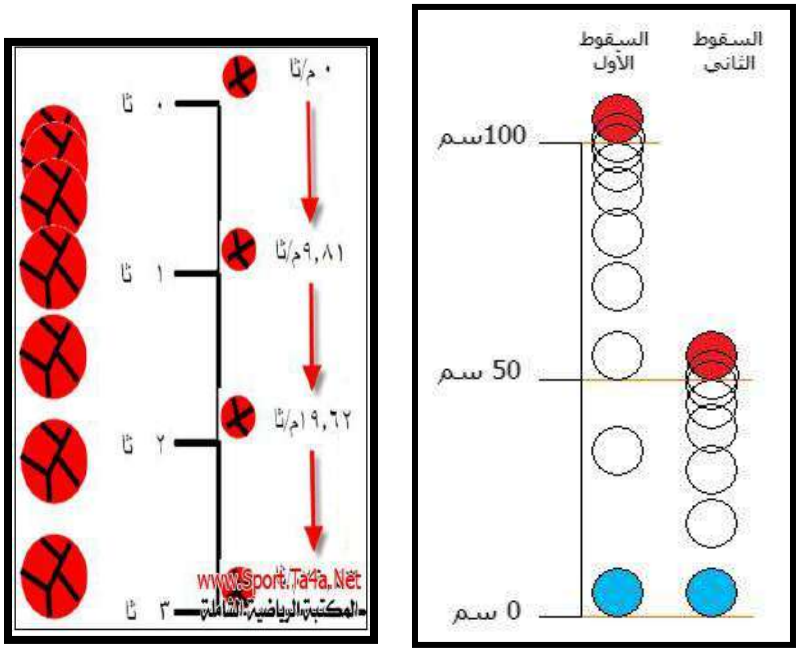
V2 = السرعة النهائية

V1 = السرعة الابتدائية

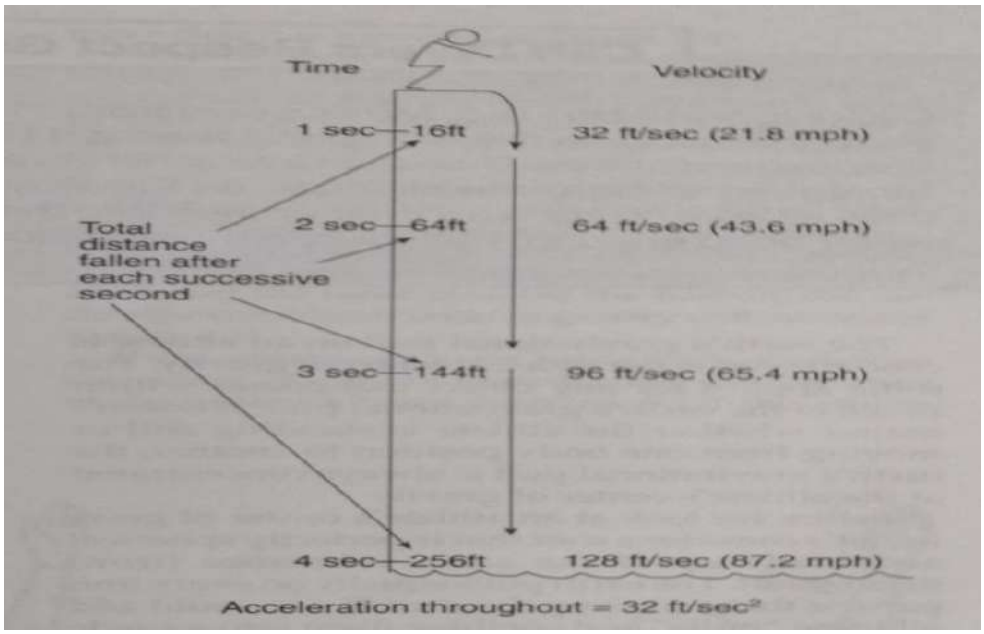
g = التعجيل الأرضي (9.81)

في المقذوفات العمودية:

- **الزمن** المستغرق للصعود للأعلى يساوي الزمن المستغرق للهبوط للأسفل
- **سرعة** الجسم أثناء الصعود للأعلى تكون مساوية لسرعة الجسم الهابط للأسفل (في أي نقطتين متقابلتين)
- **المسافات** التي يقطعها الجسم المقذوف عموديا في وحدات زمنية ثابتة تكون مختلفة، إذ ان هذه المسافات تقل تدريجيا عند الصعود للأعلى (عندما يكون التعجيل سالبا)، فيما تزداد هذه المسافات تدريجيا عند الهبوط للأسفل (عندما يكون التعجيل موجبا)



شكل رقم (1)



شكل (2) يوضح المسافة المقطوعة خلال كل ثانية لقافز يسقط سقوطا حرا عموديا،

واحتساب سرعة الجسم خلال المسافة المقطوعة لكل ثانية.

الجدول الأتي يوضح حسب قانون المسافة للمقذوفات العمودية، المسافة المقطوعة خلال كل (0.1 ثانية) بفعل تأثير الجاذبية الأرضية، وحسب القانون الميكانيكي:

$$d = g \times t^2 \div 2$$

الزمن ثانية	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	1.5	2	2.5	3
المسافة متر	0.05	0.20	0.44	0.78	1.23	4.91	11.04	19.62	30.66	44.15

في المقذوفات العمودية يمكن حساب القوانين الآتية :

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{\text{(السرعة)}}{\text{2 x الجذب}}$$

حيث (السرعة) هي السرعة الابتدائية

يتم حساب أقصى ارتفاع يصله المقذوف بدلاله الزمن من خلال القانون الاتي:

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{\text{الجذب x (الزمن)}^2}{2}$$

حيث (الزمن) هو زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع

المقذوفات الأفقية:

المقذوفات الأفقية تكون في شكلين اولهما تساوي نقطتي الانطلاق والهبوط، كما في حالات عديدة في الفعاليات الرياضية مثل المناولة الصدرية بكرة السلة والركض، فالجسم الرياضي في الركض يعامل معاملة الجسم المقذوف اثناء مرحلة الطيران. أما القسم الآخر من هذا النوع من المقذوفات والذي يكون هناك تباين لنقطتي الانطلاق والهبوط، ففي تباين النقطتين قد تكون نقطه الانطلاق أعلى من نقطه الهبوط مثل ما يحدث في دفع الثقل أو رمي الرمح أو قد تكون نقطه الانطلاق أدني من نقطه الهبوط كما يحدث في التصويب بكرة السلة وان فرق الارتفاع يحسب (عبر اختلاف ارتفاعي الانطلاق عن الهبوط) وهي النوع الثاني من أنواع المقذوفات، وهي الأكثر شيوعا في المجال الرياضي، سواء كان الجسم المقذوف هو جسم الرياضي (الوثب العريض، القفز العالي، البداية في السباحة، القفز على الحصان بالجمباز، ...إلخ) او ان يكون الجسم المقذوف هو اداة (رمي الرمح، رمي القرص، رمي المطرقة،...إلخ) او ان يكون الجسم

المقذوف هو كرة (كرة السلة، كرة القدم، كرة الطائرة، كرة اليد، كرة التنس، كرة الماء، كرة الكولف، .....إلخ).

وفي كل الامثلة المتقدمة آنفاً وغيرها يمكن أن نقسم هذا النوع من أنواع المقذوفات (المقذوفات بزاوية مع الخط الأفقي) إلى نوعين رئيسين هما:

اولا- المقذوفات بزاوية مع الخط الأفقي والتي يكون فيها مستوى الانطلاق هو نفس مستوى الهبوط.

ثانيا- المقذوفات بزاوية مع الخط الأفقي والتي يكون فيها مستوى الانطلاق مختلف (اعلى او أدني) عن مستوى الهبوط.

أولا: المقذوفات بزاوية مع الخط الأفقي والتي يكون فيها مستوى الانطلاق هو نفس مستوى الهبوط:

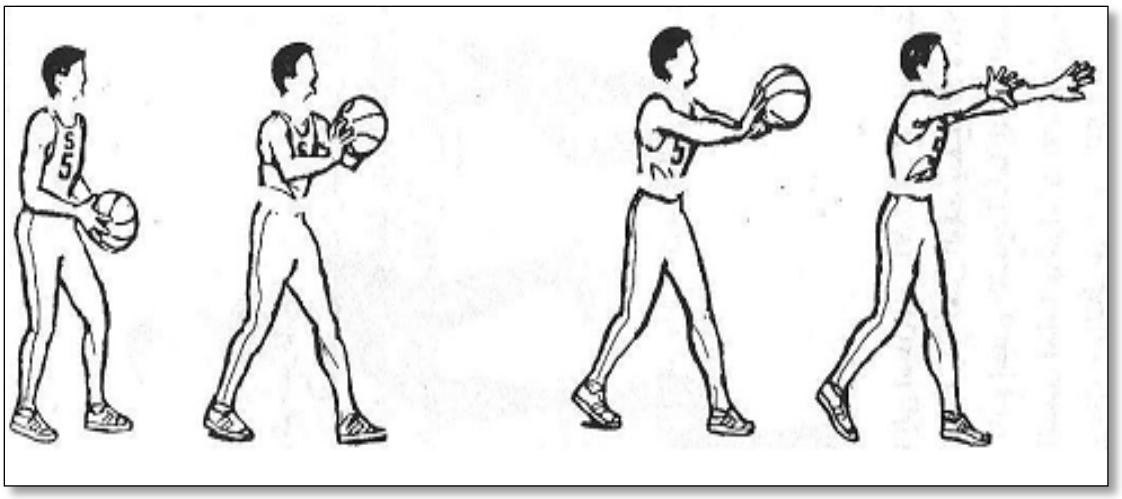
يقصد بهذا النوع من أنواع المقذوفات (كرة القدم، كرة الكولف، الركض السريع، المناولة الصدرية بكرة السلة، ....إلخ) ان مسار الجسم المقذوف مع الخط الأفقي هو محصلة مركبتين أحدهما افقية والثانية عمودية.

ان مقدار زاوية الانطلاق تحدد مقدار هاتين المركبتين، فالزاوية الاصغر تؤدي إلى كبر المركبة الأفقية على حساب المركبة العمودية والعكس صحيح

صورة رقم (2)

مركبة السرعة الأفقية = $v \times \cos \theta$

مركبة السرعة العمودية = $v \times \sin \theta$



صورة رقم (3)

المسافة الأفقية للمقذوفات بزاوية مع الخط الأفقي:

يمكن حساب المسافة الأفقية للمقذوفات بزاوية مع الخط الأفقي والتي يكون فيها مستوى الانطلاق متماثل مع مستوى الهبوط عن طريق القانون الاتي:

$$\text{المسافة الأفقية} = \frac{(\text{السرعة})^2 \times \text{جيب (2 x الزاوية)}}{\text{الجذب}}$$

ويتم حساب أقصى ارتفاع عن طريق القانون الاتي:

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{(\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية})^2}{2 \times \text{الجذب}}$$

يتم حساب زمن وصول المقذوف إلى أقصى ارتفاع بزوايا من خلال القانون الاتي:

$$\text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع في قوس الطيران} = \frac{\text{السرعة x جيب الزاوية}}{\text{الجذب}}$$

من المتوقع ان أقصى ارتفاع يكون في منتصف المدى على اعتبار ان للمقذوف مسار على شكل قطع مكافئ قوس متكافئ الطرفين، وعليه فإن زمن طيران الأداة يحسب من القانون أعلاه وذلك بضربها في (2) وهو زمن المسافة الأفقية او الطيران. وعليه فإن الزمن يحسب وفقا للقانون الآتي:

$$\text{زمن الطيران او الزمن الكلي} = 2 \text{ x } \frac{\text{السرعة × جيب الزاوية}}{\text{الجذب}}$$

زمن الطيران او زمن المسافة الأفقية = 2 x زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع

مثال: كرة تنطلق إلى الأعلى بسرعه (4 م/ثا)، احسب أقصى ارتفاع تصل اليه ؟

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{(\text{السرعة})^2}{2 \times \text{الجذب}}$$

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{(4)^2}{2 \times 9.81} \qquad \text{أقصى ارتفاع} = \frac{16}{19.62}$$

أقصى ارتفاع = 0,82 متر اي 82 سم

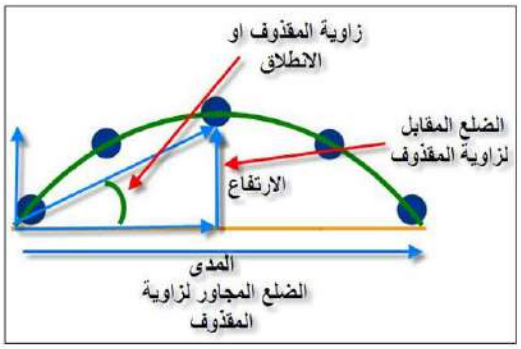
القوانين الخاصة بالمقذوفات بزاوية مع الخط الأفقي التي يكون فيها مستوى الانطلاق هو نفس مستوى الهبوط.

أ- قانون الزمن الكلي :

$$t = \frac{2 \times v \times \sin\theta}{g}$$

ب- قانون اقصى ارتفاع :

$$h = \frac{(v \times \sin\theta)^2}{2 \times g}$$



مثال: لاعب كرة قدم يناول الكرة إلى زميله المهاجم فاذا علمت ان سرعة الكرة كانت 12متر/ ثانية وبزاوية انطلاق مقدارها 35 درجة.

احسب كلا من المتغيرات (في حالة اهمال مقاومة الهواء):

- مقدار أقصى ارتفاع يجب ان يصله المدافع لكي يقطع الكرة عن المهاجم وزمن الوصول لأقصى ارتفاع؟
- مقدار الزمن الكلي لطيران الكرة قبل وصولها إلى اللاعب المهاجم.
- المسافة الأفقية الكلية التي ستقطعها الكرة والتي يجب ان يصل اليها اللاعب المهاجم قبل وصول الكرة اليها لغرض استلامها؟

الحل:

أقصى ارتفاع = 2.41 متر

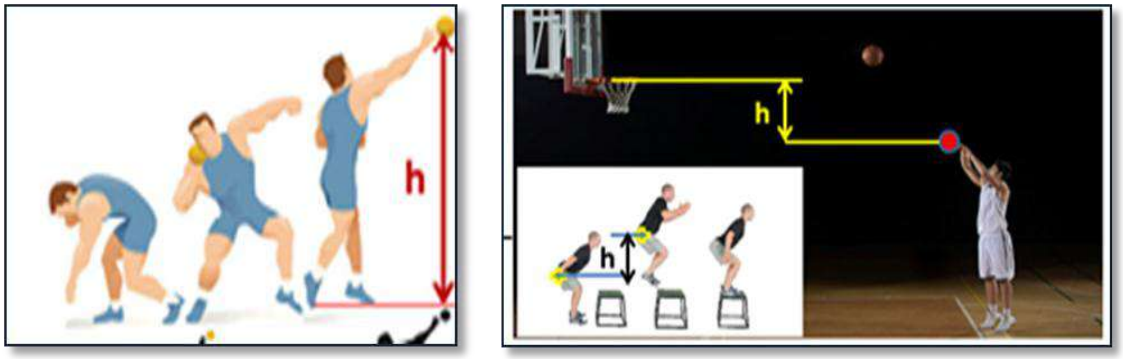
الزمن الكلي = 1.40 ثانية

زمن الوصول لأقصى ارتفاع = 1.40 ÷ 2= 0.70 ثانية

المسافة الأفقية الكلية = 13.79 متر

ثانياً: المقذوفات بزاوية مع الخط الأفقي والتي يكون فيها مستوى الانطلاق مختلف عن مستوى الهبوط:

إن عدد كبير من الفعاليات الرياضية التي يكون فيها جسم الرياضي أو الأداة أو الكرة (مقذوفاً) تكون عبارة عن مقذوفات بزاوية مع الخط الإفقي والتي يكون فيها مستوى الإنطلاق مختلفاً عن مستوى الهبوط ، فقد يكون مستوى الإنطلاق أعلى من مستوى الهبوط كما في الوثب الطويل ورمي الثقل والرمح والقرص وغيرها ، وقد يكون مستوى الإنطلاق أقل من مستوى الهبوط كما في التهديف بكرة السلة والقفز العمودي في تمارين البلايومترك.



صورة رقم (5)

ان الجسم المقذوف في الهواء (سواء كان جسم الرياضي او الكرة او الاداة)، فأن هناك متغيرين أساسيين يؤثران فيه وهما:

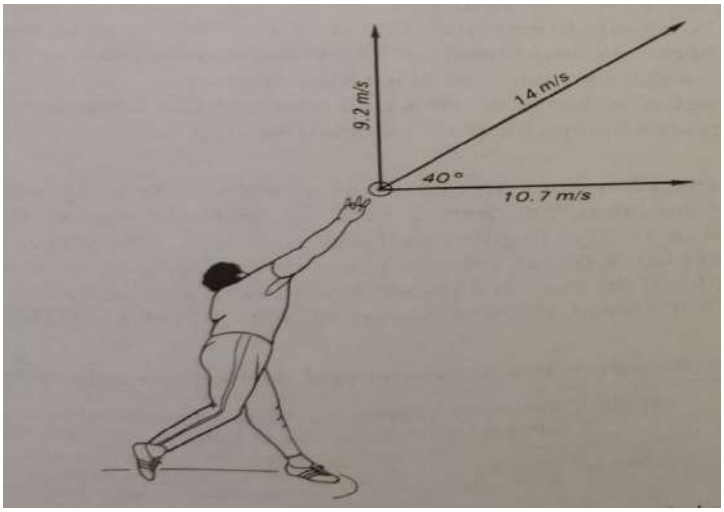
- قوة الجاذبية الأرضية (التي تؤثر بتعجيل ثابت مقداره 9.81 متر/ ثا^2
- قوة مقاومة الهواء (التي تقاوم تقدم الجسم او تدفعه للأمام)

مثلا رامي الثقل الذي يرمي بسرعة مقدارها 14 متر/ ثانية وبزاوية انطلاق مقدارها 40 درجة ان محصلة سرعة الرمية تتحلل إلى مركبتين:

المركبة العمودية = 14 x sin40 = 8.99 م/ثا

المركبة الأفقية = 14 x cos40 = 10.7 م/ثا

ان الجاذبية الأرضية تؤثر على المركبة العمودية فقط، في حين أن مقاومة الهواء تؤثر في المركبة الأفقية فقط.



صورة رقم (6)

ان المتغيرات الميكانيكية الأساسية المؤثرة في هذا النوع من أنواع المقذوفات هي:

1- سرعة الانطلاق

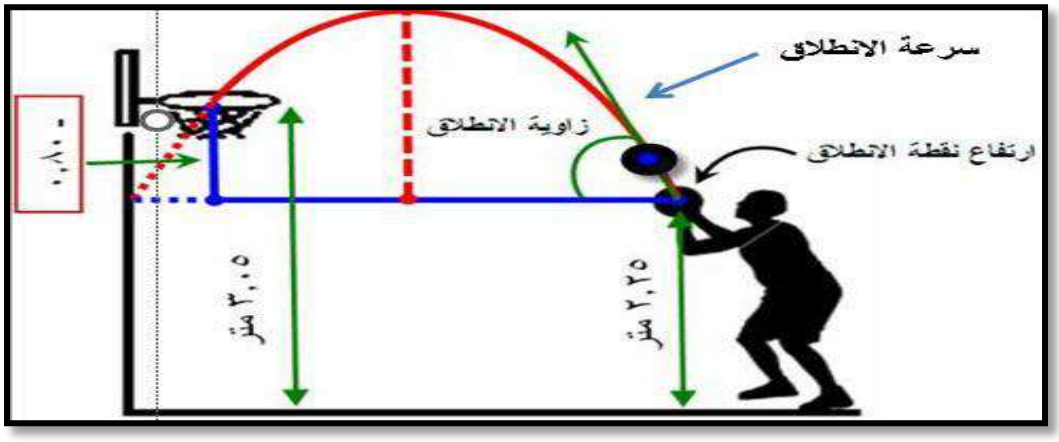
2- زاوية الانطلاق

3- ارتفاع نقطة الانطلاق

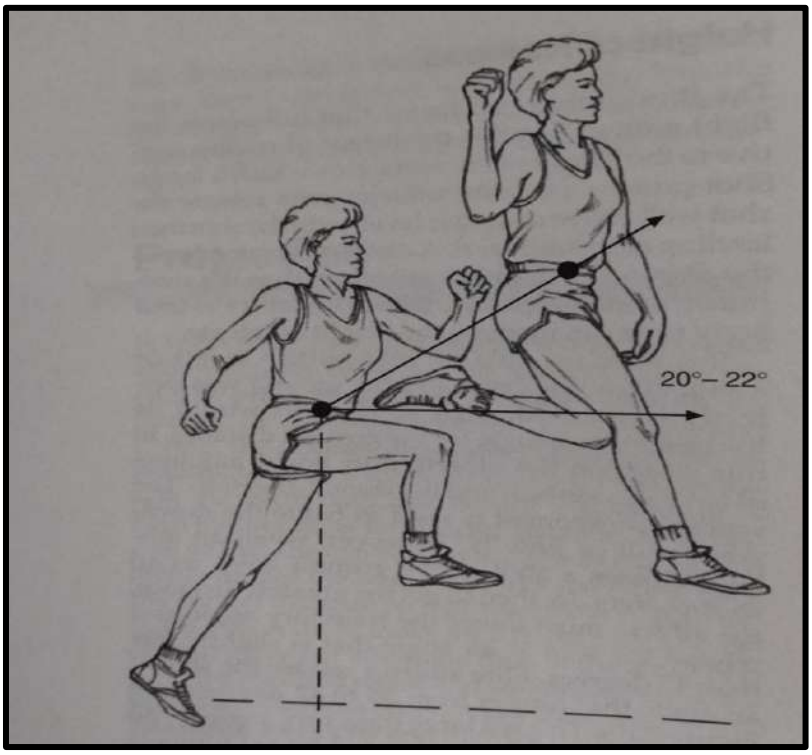
* في بعض الفعاليات الرياضية تلعب

سرعة واتجاه الريح دورا في تحديد مسار

المقذوف وسرعته واتجاهه كما في رمي الرمح ورمي القرص.



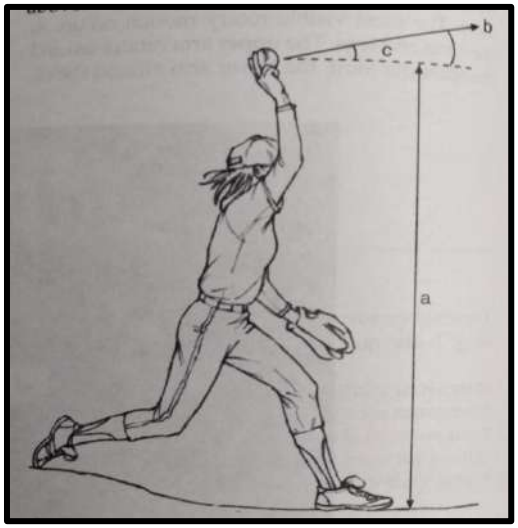
صورة رقم (7)



صورة رقم (8)

ان سرعة الانطلاق تتناسب مع معدل القوة المبذولة، فكلما كبرت مجموع القوى المبذولة كلما ازدادت بذلك سرعة الانطلاق ومن ثم زيادة المسافة الأفقية التي تكون العامل الحاسم (الانجاز) في كثير من الالعاب والفعاليات الرياضية.

اما زاوية الانطلاق وهي الزاوية المحصورة ما بين الخط الأفقي لمركز ثقل الجسم (أو الأداة أو الكرة) لحظة انطلاقه مع المسار الذي يرسمه مركز الثقل أثناء الطيران.. وإن هذه الزاوية متباينة ما بين (45 درجة) أو (< 45 > درجة).



صورة رقم (9)

جدول يبين العلاقة ما بين المتغيرات الميكانيكية الثلاث (سرعة وزاوية وارتفاع الانطلاق) والمؤثرة في المسافة الأفقية لرمي الثقل

Height of Release (m)	Speed of Release (m/s) 9	10	11	12	13	14
1.8	39.9° (9.90 m)	40.7° (11.87 m)	41.4° (14.03 m)	41.9° (16.40 m)	42.3° (18.96 m)	42.7° (21.73 m)
2.0	39.4° (10.07 m)	40.3° (12.04 m)	41.0° (14.21 m)	41.6° (16.57 m)	42.0° (19.14 m)	42.4° (21.91 m)
2.2	39.0° (10.23 m)	39.9° (12.21 m)	40.7° (14.38 m)	41.3° (16.75 m)	41.8° (19.32 m)	42.2° (22.09 m)
2.4	38.5° (10.39 m)	39.5° (12.37 m)	40.3° (14.55 m)	41.0° (16.92 m)	41.5° (19.50 m)	41.9° (22.27 m)

من الجدول السابق نلاحظ :

- ان زاوية الانطلاق المثالية للمقذوف هي دائما أقل من 45 درجة (بسبب أن ارتفاع الانطلاق أعلى من ارتفاع الهبوط)
- عند أي ارتفاع نقطة انطلاق فأن سرعة الانطلاق الأكبر ستؤدي إلى زيادة زاوية الانطلاق المثالية (لتقترب من الزاوية 45 درجة ولكنها لاتصل اليها)
- عند أي سرعة انطلاق فأن ارتفاع نقطة الانطلاق الأكبر سيؤدي إلى تقليل زاوية الانطلاق المثالية، (ومقدار هذا التقليل يرتبط بمقدار هذا الارتفاع)
- إن الزيادة المتساوية في كلا من سرعة الانطلاق وارتفاع نقطة الانطلاق لا يؤدي إلى تأثيرات متساوية في زاوية الانطلاق المثالية أو في تحقيق نفس الزيادة في المسافة الأفقية الأبعد.
- زاوية الانطلاق المثالية (من الجدول السابق) كانت تتراوح مابين (38.5° – 42.7°)

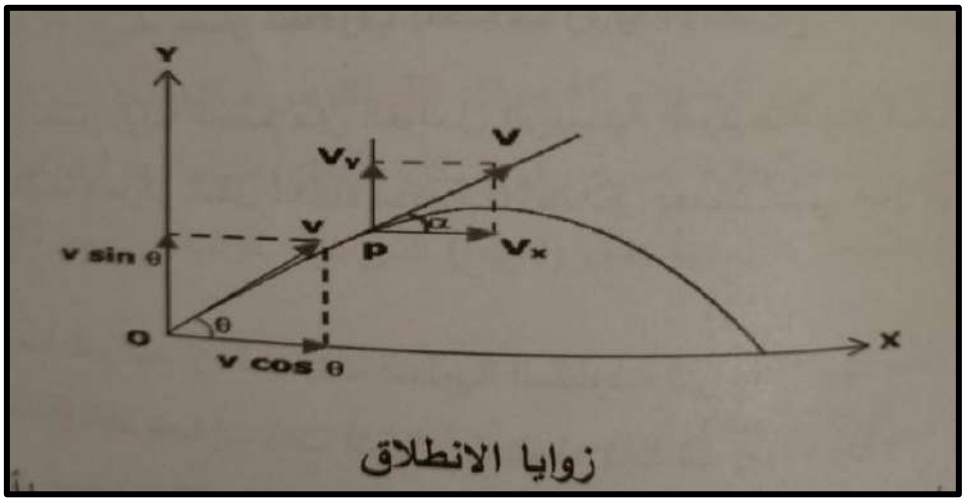
أن سرعة الانطلاق :هي محصلة سرعتين أحدهما عموديه والأخرى أفقية حيث تبلغ سرعه الانطلاق اقصاها لحظه انطلاق الواثب او انطلاق الأداة من يد الرامي الناتجة من متوسط السرعة (الناتجة عن الحركات التمهيدية الاقتراب في الوثب الطويل والتعجيل التزايدي وفي السباحة مرجحة الذراعين أماما عاليا.

إن سرعه الانطلاق تحدد ارتفاع مسار الطيران وطوله ففي الوثب العالي تزداد السرعة العمودية للارتقاء وتؤثر على ارتفاع طيران مركز ثقل الوثب فوق العارضة اما في الوثب الطويل فان لسرعه الاقتراب تأثيرها المهم على مسافة الانجاز الأفقية وان تأثير السرعة العمودية في محاوله التغلب على مقاومات الجذب الأرضي قدر المستطاع طبقا للقانون الآتي في (في المستوى الواحد) فكلما ازدادت السرعة ازدادت مسافة الانجاز.

- زاوية الانطلاق:

زاوية الانطلاق: هي الزاوية المحصورة بين الخط الأفقي الصادر عن مركز الثقل وبين مسار طيرانه ، وتختلف قيمتها طبقا لاتجاه المسار الذي يسلكه مركز الثقل بالنسبة إلى المستوى الأفقي فنجد في الوثب الطويل انها تبلغ ما بين(17 - 24) وفي الوثبة الثلاثية (14-16) للحفاظ على الزخم الأفقي قدر الإمكان وفي فعاليات الرمي تعد الزاوية 45 الزاوية المثالية لتحقيق أكبر مسافه أفقيه ممكنه وتتناقص قيمه الزاوية المثالية للانطلاق فكلما قل الارتفاع قلت قيمه الزاوية فعند ارتفاع مركز الثقل (2.25 متر تصبح 39) .

وتشير المصادر العلمية إلى ان زاوية الانطلاق لها الأهمية بعد سرعه الانطلاق وهي الأساس في اكتساب الأداة السرعة الابتدائية اللازمة لتحقيق الإنجاز.

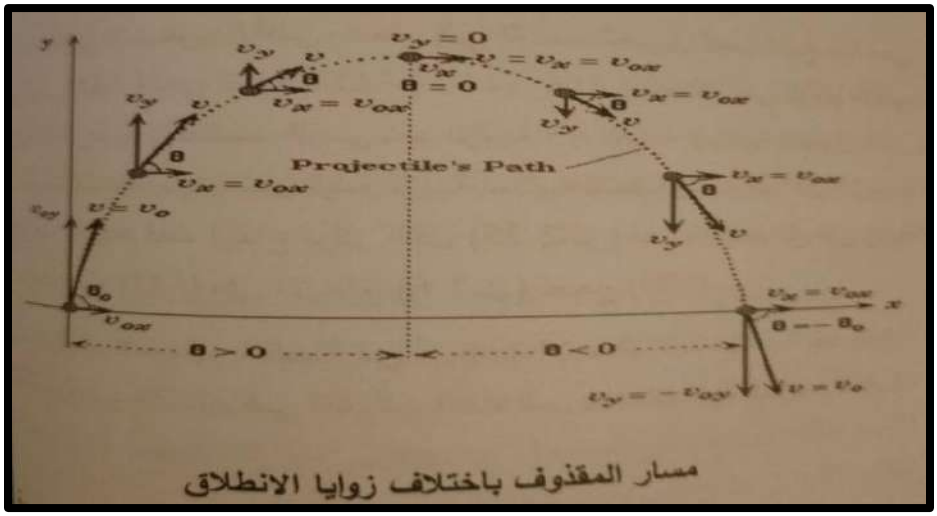


صورة رقم (10)

ان شكل مسار المقذوف في حالة تغيُر مقاومة الهواء يتخذ مسارا واحدا لكن في أشكال الثلاثة:

- إذا بلغت الزاوية (زاوية الانطلاق) 90 مع المستوى الأفقي فان المسار يأخذ شكلاً عموديا (السقوط الحر).

- إذا بلغت زاوية الانطلاق 45 يصبح شكل المسار متكافئا ومتماثلا في نصفيه الصعود والهبوط كما وكيف وان نصفه الايمن والايسر يعدان متكافئان.



صورة رقم (11)

وتعد زاوية الجسم من العوامل الرئيسة المرتبطة بالقياسات الجسمية للاعب فارتفاع مركز الثقل للأداة لحظة الانطلاق يعتمد على طول ذراع الرامي وجسمه.

مما تقدم نجد أن المسارات النظرية للمقذوف في زوايا عدة مختلفة بسرعه معينة (ثابتة) تتخذ مسارات ذات أشكال مختلفة فاذا ما رميت كرة بزاويه انطلاق 80 مع المستوى الأفقي فأنها تختلف عنه اذا ما انخفضت الزاوية إلى 17 او 24 كما في حساب الأفقي أما في النوع الثاني المنخفضة تأخذ مسارا طويلا منخفضا اي تحقيق مسافه أفقية على حساب العمودية أما زاوية الهبوط فهي الزاوية المحصورة بين مسار مركز ثقل الأداة عند هبوطه على الارض وتحسب من:

زاوية الهبوط = 90 - زاوية الانطلاق

إن زاوية الهبوط في رمي القرص تبلغ 43 وكذلك في رمي الرمح أما في السباحة فان زاوية الهبوط يطلق عليها زاوية دخول الماء وتبلغ (10 - 20) وإن زيادة في هذه الزاوية يؤدي إلى استمرار حركة الجسم باتجاه العمق مما يتطلب زمنا أكبر لتغيير اتجاه الجسم من العمق للأعلى باتجاه السطح للبدء بالضربات لذا تلعب زاويه الدخول إلى الماء دورا حاسما في الدخول إلى الماء وبقوه تصادم قليله مما يقلل

من مساحه الجسم الملامس للماء ، وزاوية الانطلاق احدى الزوايا التي تحدد مسار طيران الأداة وتتمثل بالزاوية المحصورة بين اتجاه حركة مركز ثقل القرص مباشره بعد الانطلاق والخط الأفقي. لكن هناك ملحوظة مهمه وهي شكل الأداة ووضعها بعد انطلاقها ولاسيما عند وجود مقاومات خارجيه مثل الريح .

- ارتفاع نقطه انطلاق المقذوف:

وهي ثالث المتغيرات الميكانيكية المؤثرة في مسار طيران المقذوف، عندما يرمى الثقل من ارتفاع (1،65 م) فهذا يعني ارتفاع في نقطه انطلاقه تزيد عن (1،65م) عن سطح الارض وتبلغ عندها زاويه الانطلاق (39) ، أما في ارتفاع 2،25 م تبلغ بالزاوية (42) مما يؤدي إلى تزايد التأثير على مسافه الانجاز أي كلما قل الارتفاع تأثرت زاويه الانطلاق .

ميكانيكية الركض السريع

إن الهدف الأساسي (الميكانيكي) من الركض السريع هو قطع مسافة السباق وبالطريقة القانونية بأقل زمن ممكن، وإن الرقم العالمي المسجل لغاية إصدار هذا الكتاب كان من قبل العداء الجامايكي (Usain Bolt) والذي سجله في منافسات بطولة العالم لألعاب القوى التي أقيمت في برلين عام 2009 بزمن قدره (9.58 ثانية)، وإذ مضى على تسجيل هذا الرقم أكثر من خمسة عشر عاما، وقد يستمر لسنوات أخرى، لذلك فأننا سنقدم خلال هذا الفصل من الكتاب تفصيلا مباشرا للأسس الميكانيكية التي أسهمت في تحقيق هذا الإنجاز البشري والذي قد يعد اعجازا في علوم الرياضة.

خلال ذلك السباق كان التنافس بين عدائين اثنين هما الجامايكي (Usain Bolt) والامريكي والذي سجل رقما (9.71 ثانية) في نفس البطولة.

صورة رقم (12)

من خلال زمني العدائين الاثنين يمكن استخراج متغير معدل السرعة لكل منهما

معدل السرعة (Usain Bolt) = المسافة ÷ الزمن = 100 ÷ 9.58 = 10.44

معدل السرعة (Tyson gay) = المسافة ÷ الزمن = 100÷ 9.71 = 10.30

الجدول رقم (1) يبين مقارنة بين العدائيين (Usain Bolt) و (Tyson gay) في متغيرات زمن ومعدل السرعة لكل 10 متر من مسافة السباق الكلية.

Tyson Gay			Usain BOLT			المسافة (متر)
معدل السرعة كل 10متر (متر/ثانية)	زمن كل 10متر (ثانية)	الزمن المستغرق (ثانية)	معدل السرعة كل 10متر (متر/ثانية)	زمن كل 10متر (ثانية)	الزمن المستغرق (ثانية)	
5.24	1.91	1.91	5.29	1.89	1.89	10 – 0
9.90	1.01	2.92	10.10	0.99	2.88	20-10
10.99	0.91	3.83	11.11	0.90	3.78	30-20
11.49	0.87	4.70	11.63	0.86	4.64	40-30
11.76	0.85	5.55	12.05	0.83	5.47	50-40
11.90	0.84	6.39	12.20	0.82	6.29	60-50
12.35	0.81	7.20	12.35	0.81	7.10	70-60
12.20	0.82	8.02	12.20	0.82	7.92	80-70
11.90	0.84	8.86	12.05	0.83	8.75	90-80
11.76	0.85	9.71	12.05	0.83	9.58	100-90

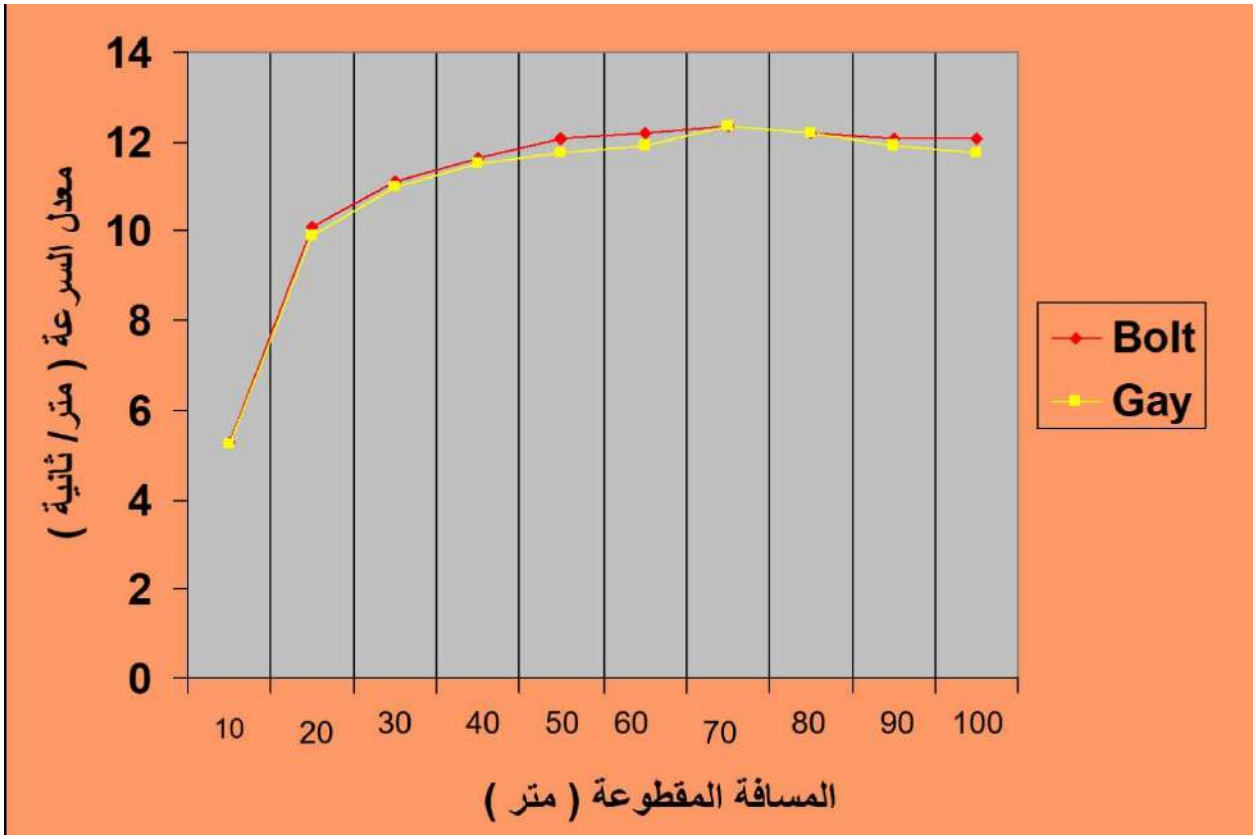
جدول رقم (1)

إذا ما علمنا التعجيل :هو التغير في السرعة خلال وحدة الزمن.

أي ان التعجيل = السرعة النهائية – السرعة الابتدائية ÷ الزمن

$$a = V_f - v_i \div t$$

الشكل رقم (1) يوضح مناطق التعجيل الثلاثة في سباق 100 متر ما بين العدائيين (Usain Bolt) و (Tyson gay)



في الشكل رقم (1) نلحظ وجود ثلاثة مراحل للتعجيل وهي:

1- التعجيل الموجب (مرحلة تزايد السرعة)

2- التعجيل الثابت (مرحلة ثبات السرعة وعدم تغييرها)

3- التعجيل السالب (مرحلة تناقص السرعة)

إن الحقيقة الميكانيكية لغرض الحصول على إنجاز أفضل (زمن أقل) من خلال مناطق التعجيل السابقة تكمن في :

- الوصول إلى مرحلة السرعة القصوى بوقت مبكر
- المحافظة على منطقة السرعة القصوى لأطول مسافة ممكنة
- تأخير الوصول إلى مرحلة تناقص السرعة

ان الركض السريع من الحركات الثنائية، وان جميع الحركات الثنائية في الرياضة يمكن إيجاد معدل السرعة لها من خلال القانون الميكانيكي:

معدل السرعة = معدل طول الخطوة × معدل تكرار الخطوة **v = sl × sf**

معدل طول الخطوة: المسافة الأفقية المقطوعة خلال عدد الخطوات

معدل طول الخطوة = المسافة الأفقية ÷ عدد الخطوات

معدل تكرار الخطوة: عدد الخطوات المأخوذة خلال وحدة الزمن

معدل تكرار الخطوة = عدد الخطوات ÷ الزمن

معدل السرعة = معدل طول الخطوة × معدل تكرار الخطوة **v = sl × sf**

= (المسافة الأفقية ÷ عدد الخطوات) × (عدد الخطوات ÷ الزمن)

= المسافة ÷ الزمن **v = d ÷ t**

من خلال نتائج التحليل الحركي لسباق 100 متر خلال بطولة العالم 2009، وجد ان عدد خطوات العداء (Usain Bolt) خلال مسافة السباق كانت (41 خطوة) بزمن قدره (9.58 ثانية)، في حين ان العداء (Tyson gay) اكمل مسافة السباق بعدد خطوات (46 خطوة) وبزمن قدره (9.71 ثانية)، ومن خلال هذه المعطيات يمكن استخراج متغيرات (معدل طول الخطوة، معدل تكرار الخطوة، معدل السرعة) لكلا العدائيين وكما هو موضح:

عدد الخطوات خلال مسافة 100م

41 خطوة

معدل طول الخطوة = 100 / 41 = 2.44متر/خطوة

معدل تكرار الخطوة = 41 / 9.58 = 4.28خطوة/ثا

معدل السرعة = 4.28 X 2.44

= 10.44متر/ ثانية

عدد الخطوات خلال مسافة 100 م

46 خطوة

معدل طول الخطوة = 100 / 46 = 2.17 متر/خطوة

معدل تكرار الخطوة = 46 / 9.71 = 4.74 خطوة/ثا

معدل السرعة = 4.74 X 2.17

= 10.29 متر/ ثانية

وهذه النتيجة لمعدل السرعة هي متماثلة مع تلك التي يتم احتسابها من خلال قانون

معدل السرعة = المسافة ÷ الزمن

هنا يجب ان نفرق ما بين الخطوة (step) والتي تمثل المسافة الأفقية ما بين نقطة مغادرة إحدى القدمين الأرض ونقطة هبوط القدم الأخرى على الأرض (يمين – يسار) او (يسار – يمين)، وبين خطوة (stride) والتي تمثل المسافة الأفقية ما بين مغادرة احدى القدمين الأرض وعودة نفس القدم إلى الأرض مرة أخرى، (يمين – يمين) او (يسار- يسار).

ان حساب معدل طول الخطوة في الركض السريع يتم من خلال التعامل مع (step) حيث ان معدل طول الخطوة التي تم حسابها سابقا كانت (2.44 متر/خطوة) للعداء (Bolt) و (2.17 متر/خطوة) للعداء (Gay).

لقد وجدت بعض الدراسات ان بيانات الـ (stride) للعدائين الرجال بلغت (4.87) وللنساء تراوحت ما بين (4.26 – 3.65).

طول الخطوة

المسافة الإفقية المحصورة بين موضع أحد القدمين على الأرض (نقطة الارتكاز) إلى موضع القدم الأخرى (نقطة الإرتكاز).

وتتكون طول الخطوة من المسافات الآتية:

1- مسافة النهوض

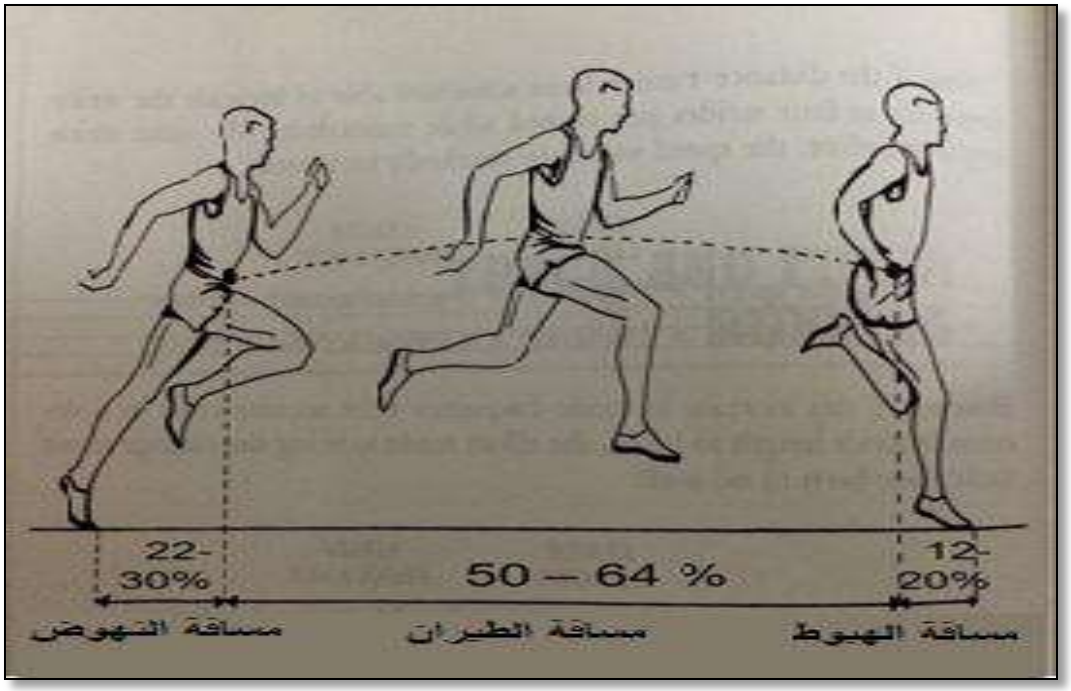
هي المسافة الإفقية المحصورة بين الخط العمودي النازل من مركز ثقل الجسم للأرض إلى مقدمة أصابع قدم الارتكاز قبل اللحظة التب تترك فيها القدم الأرض.

2- مسافة الطيران

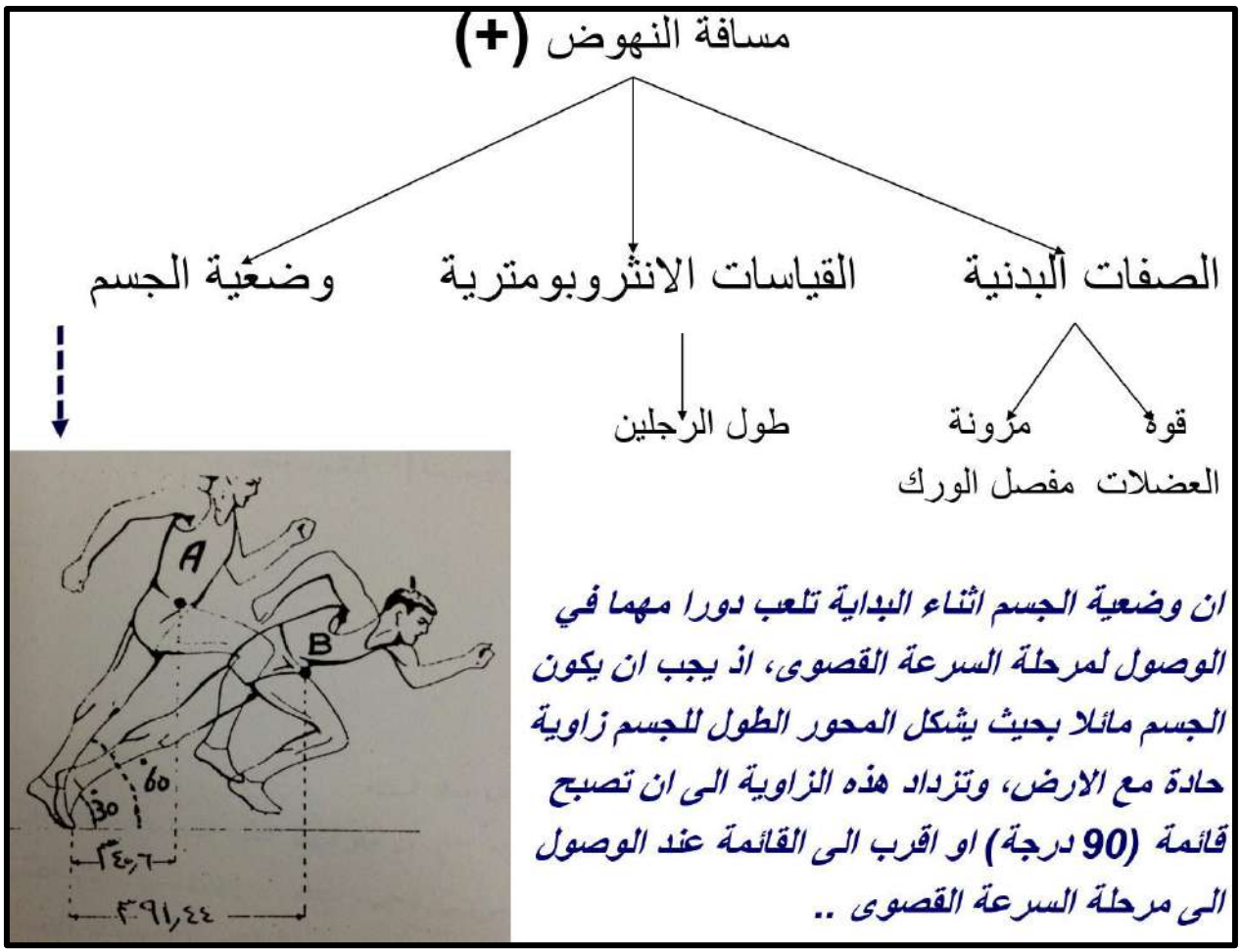
هي المسافة الأفقية التي يقطعها مركز ثقل الجسم عندما يكون العداء في الهواء (بدون إتصال بالأرض).

3- مسافة الهبوط

هي المسافة الإفقية المحصورة بين مقدمة أصابع قدم الهبوط والخط العمودي النازل من مركز ثقل جسم العداء للأرض في لحظة تماس القدم مع الأرض.



صورة رقم (12)



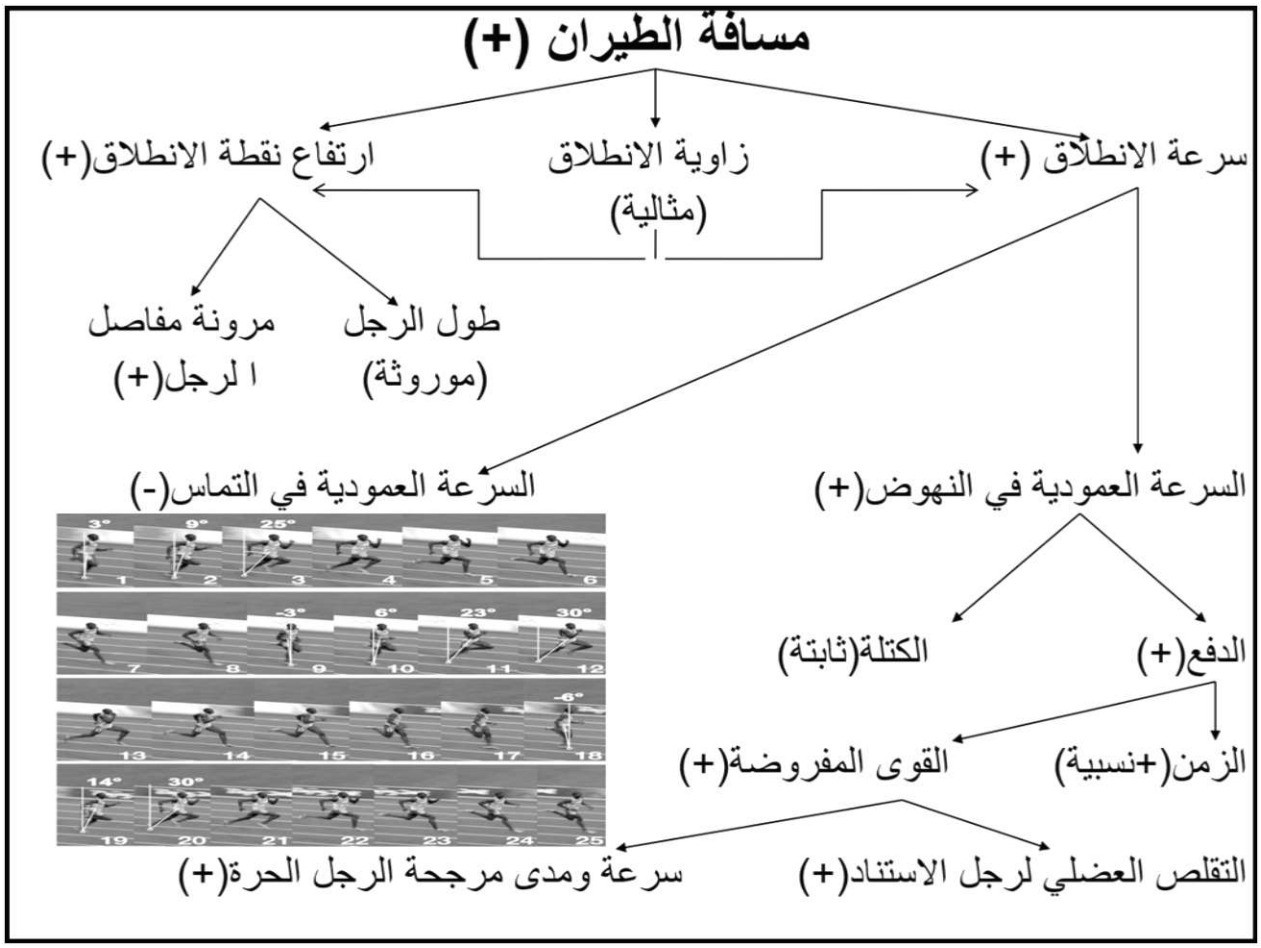
شكل رقم (2)

إن الشكل رقم (2) يوضح أن الزاوية المتشكلة ما بين المحور الطولي لرجل الدفع مع الأرض في حالتين، الأولى عندما يكون مقدار هذه الزاوية (30 درجة) فأن مسافة النهوض ستكون بحدود (91 سنتيمتر) ولكن في حالة ازدياد مقدار هذه الزاوية لتصبح (60 درجة) فأن مسافة النهوض ستقل لتصبح بحدود (40 سنتيمتر)، وان هذه الحقيقة هي ما تفسر ضرورة ان يأخذ رياضي سباقات الركض السريع وضعية الميلان بجسمه للأمام خلال الخطوات الأولى للركض، مع العلم ان هكذا وضعية للجسم ستؤدي إلى زيادة مسافة النهوض على حساب مسافة الطيران (وهي أكبر مسافة مكونة لطول الخطوة)، حيث ان مسافة الطيران تزداد عندما يحصل العداء على سرعة افقية كبيرة، ولكن اذا ما حاول العداء زيادة مسافة الطيران عند الخطوات الأولى للركض عبر اتخاذه الوضع العمودي للجسم بصورة مبكرة جدا فأن ذلك سيجعل خطواته أشبه بقفزات عمودية للأعلى، (أي زيادة مركبة السرعة العمودية على حساب مركبة السرعة الأفقية)، وهذا خطأ

ميكـانيكي كبيـر جـدا. إن رياضـي النخبـة فـي العـالم يتميـزون بموازنـة الأداء عـن طريـق زيـادة مسـافة النهـوض خـلال الخطـوات الأولـى ومـن ثـم تقليـل هـذه المسـافة نسـبيا لغـرض زيـادة مسـافة الطيـران (المسافة الأكبر في طول الخطوة) بعد ان تزداد مركبة السرعة الأفقية.

مسافة الطيران:

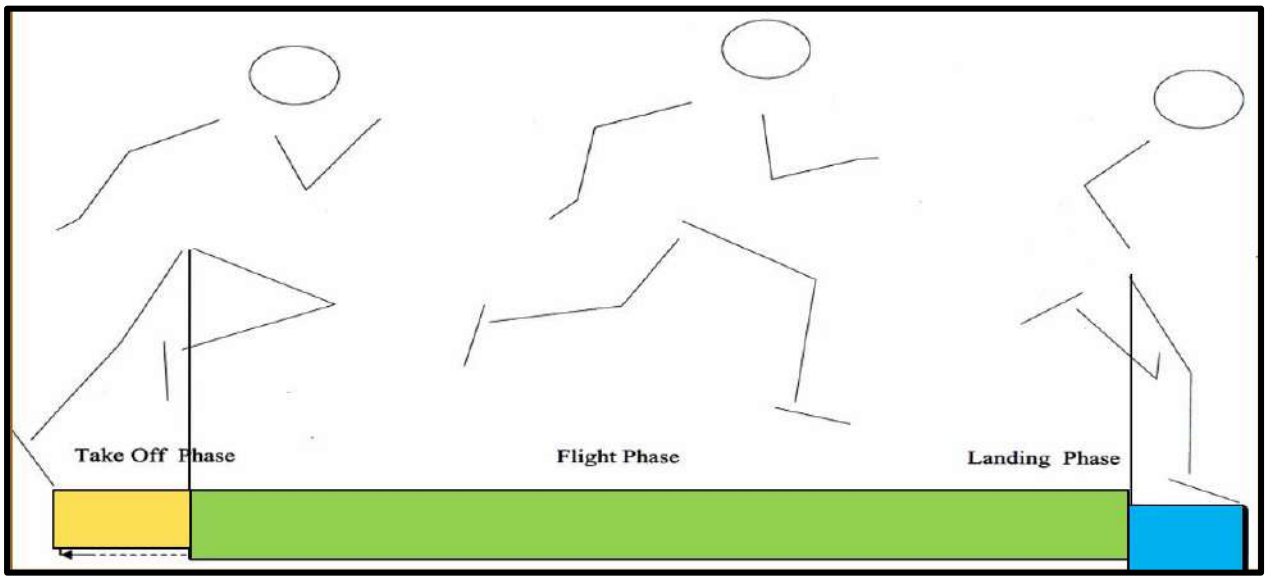
هي أكبر المسافات الأفقية المكونة لطول الخطوة، وإن جسم العداء في هذه المسافة يعامل معاملة الأجسام المقذوفة بزاوية مع الخط الأفقي، حيث تتحكم بالمقذوف هنا المتغيرات (سرعة الانطلاق – زاوية الانطلاق- ارتفاع نقطة الانطلاق– الجاذبية الأرضية – مقاومة الهواء)



شكل رقم (3)

مسافة الهبوط

هي أصغر المسافات الأفقية المكونة لطول الخطوة، إن المنطق يحتم علينا زيادة مسافة الهبوط لغرض زيادة المسافة الأفقية الكلية لطول الخطوة، إذ إن مسافة الهبوط هي إحدى المسافات الثلاث المكونة لطول الخطوة، لكن بالرجوع إلى التحليل الحركي للركض السريع نجد أن مرجحة العداء للرجل الأمامية قبل هبوط القدم على الأرض سيعمل على زيادة مسافة الهبوط وبالنتيجة (النظرية) زيادة طول الخطوة، ولكن الحقيقة تكمن في ان الفائدة الميكانيكية لهذا الفعل سينتج عنه خسارة تفوق الفائدة، بسبب ان هكذا وضع (الزيادة المفرطة في مسافة النهوض) ستعمل على وضع مركز ثقل الجسم خلف نقطة التصادم ما بين القدم والأرض وهذا سيؤدي إلى أن تكون قوى رد فعل الأرض باتجاه معاكس للحركة ومن ثم ستكون قوى معيقة للحركة الامامية.



شكل رقم (4) يوضح المسافات الأفقية الثلاث لطول الخطوة

كلما كانت نقطة التصادم بين قدم الهبوط والأرض أمام مركز ثقل الجسم أكثر من الطبيعي فأنها ستعيق الحركة للأمام بحدود (3-4) سنتيمتر مع كل خطوة ركض، ففي حالة أن عداء قطع مسافة سباق 100 متر بعدد خطوات بلغ (45 خطوة) فأن :

3 X 45 = 135سنتيمتر (خسارة افتراضية).

تكرار الخطوة

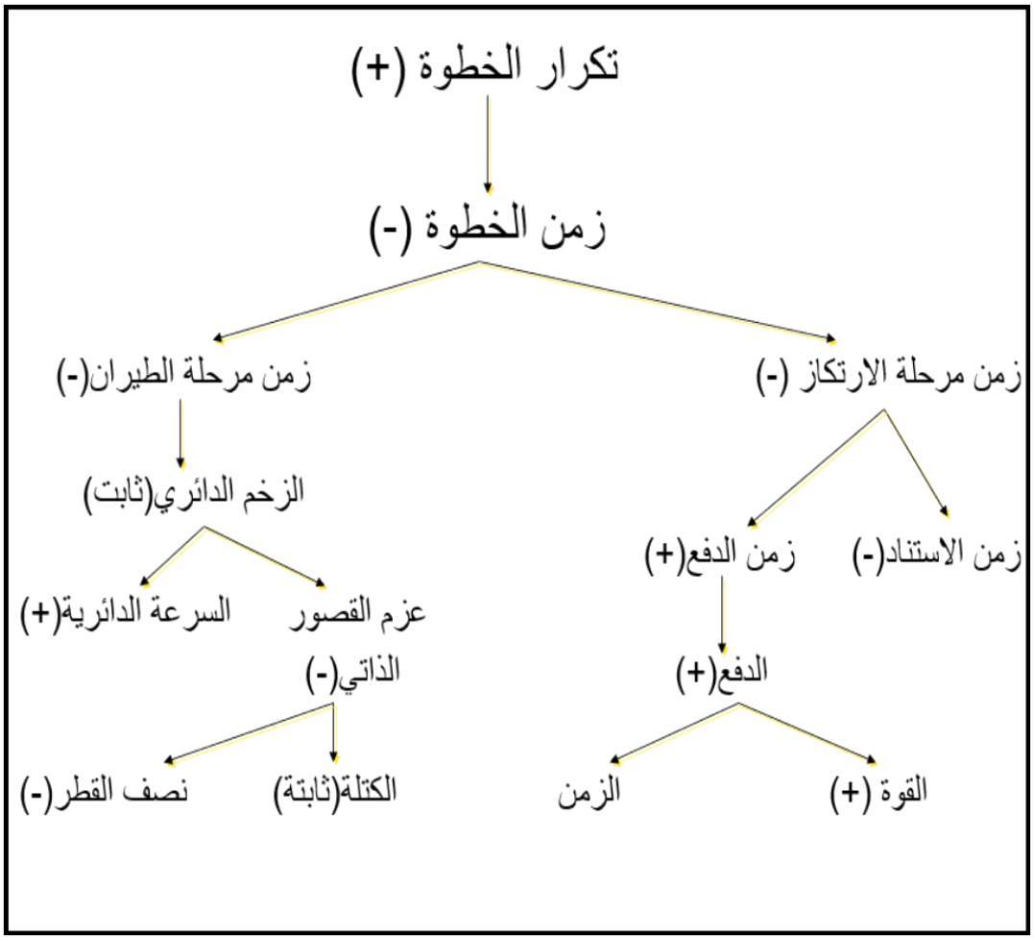
الركض عبارة عن قطع مسافة محددة بواسطة وحدات حركية متشابهة هي الخطوات التي ينتقل بها الجسم من مكان إلى آخر في تتابع انسيابي.

تكرار الخطوة يعتمد على زمن الخطوة الواحدة، وإن زمن الخطوة الواحدة يتحدد بالجمع الجبري لـ:

1- الزمن خلال اتصال الرياضي مع الارض (زمن الارتكاز)

2- الزمن عندما يكون الرياضي في الهواء (زمن الطيران)

ان المتغيرات التي تؤثر في تكرار الخطوة يمكن عرضها في المخطط الآتي :



شكل رقم (5)

هنا يبرز تساؤل.. من خلال معادلة معدل السرعة = معدل طول الخطوة x معدل تكرار الخطوة كيف يمكن ان نطور الإنجاز؟

معدل السرعة = معدل طول الخطوة ×معدل تكرار الخطوة

من خلال المعادلة أعلاه كيف يمكن ميكانيكياً تطوير معدل السرعة؟

1- زيادة معدل طول الخطوة مع المحافظة على معدل تكرار الخطوة.

2- زيادة معدل تكرار الخطوة مع المحافظة على معدل طول الخطوة.

بما أن التناسب عكسياً ما بين طول الخطوة وتكرارها (أي أن زيادة أحدهما ستسبب نقصان الأخرى)

3- زيادة إحدى الكميتين (معدل طول الخطوة أو معدل تكرارها) بمقدار أكبر من النقصان الحاصل في الكمية الأخرى.

صورة رقم (13)

مثال تطبيقي: BOLT

معدل السرعة = المسافة / الزمن

= 100 /9.58 = 10.44

معدل السرعة = معدل طول الخطوة × معدل تكرار الخطوة

= 2.44 × 4.28

= 10.44

1- نقوم بزيادة ثابتة (5%) لكل متغير

أ- 2.56 × 4.28 = 10.96 م/ثا (في حالة زيادة 5% لطول الخطوة)

أي أن الزمن الكلي لمسافة السباق سيكون (9.12 ثانية) إفتراضياً

ب- 2.44 × 4.49 = 10.95 م/ثا (في حالة زيادة 5% لتكرار الخطوة)

أي أن الزمن الكلي لمسافة السباق سيكون (9.13 ثانية) إفتراضياً

2- إذا كانت الزيادة مساوية لنفس مقدار النقص الحاصل (لا يحصل تطور في معدل السرعة)

أ- 2.56 × 4.08 = 10.44

ب- 2.37 × 4.40 = 10.44

3- يجب أن تكون الزيادة بأحد المتغيرين بمقدار أكبر من النقص الحاصل بالإخرى

أ- 2.56 × 4.16 = 10.65

أي أن الزمن الكلي لمسافة السباق سيكون (9.39 ثانية) إفتراضياً

ب- 2.43 × 4.38 = 10.65

صورة رقم (14)

ان واحدة من أهم أسرار تحقيق الرقم القياسي في سباق 100 ركض هو رغم ان (Bolt) يصل إلى خط النهاية باقل الخطوات من منافسيه لكن مدربه (Glen Mills) استطاع بنجاح أن يصحح أسلوبه في الركض، لأن بولت كان يعدو بخطوات طويلة أكثر من الضروري بحيث يستغرق مدة طويلة في الهواء.

أسئلة الفصل الخامس

س1: عدد أنواع المقذوفات في الرياضة ثم اعط مثالا تطبيقيا لكل نوع.

س2: قافز زانة يسقط باتجاه البساط بعد عبوره العارضة وهي على ارتفاع 6 متر. ما سرعة جسم القافز عند ملامسته للبساط؟

س3:لاعب كرة قدم يناول الكرة إلى زميله المهاجم، فإذا ما علمت أن سرعة انطلاق الكرة كانت 13 متر/ ثانية وبزاوية انطلاق مقدارها 30 درجة . احسب المسافة الأفقية.

س4: اكتب القانون الميكانيكي الخاص بحساب المسافة الأفقية للمقذوفات التي يكون فيها مستوى الانطلاق مختلفاً عن مستوى الهبوط (مثل رمي الرمح أو التهديف بكرة السلة وغيرها).

س5: عرف زاوية الانطلاق. ثم تكلم عن عن أهمية زاوية الانطلاق في المقذوفات في الرياضة.

الخاتمة:

مع اختتام هذا الجزء من منهاج مادة البايوميكانيك للصف لرابع نكون قد تعرفنا على علم البايوميكانيك الرياضي واستكشفنا الأسس النظرية والتطبيقية التي تشكل هذا المجال الحيوي من خلال تحليلنا لمبادئ الميكانيكا الأساسية، وكيفية تطبيقها على حركة الجسم البشري،

إن ما يجعل البايوميكانيك الرياضي مجالاً بالغ الأهمية هو قدرته على تحويل البيانات العلمية إلى تطبيقات عملية. من خلال الفهم المتعمق لميكانيكا الحركة، يمكن للمدربين والرياضيين والعلماء اتخاذ قرارات مبنية على أدلة لتحسين الأداء الرياضي بشكل ملموس. ولكن كما رأينا هذا ليس سوى بداية رحلة طويلة. في الفصول القادمة سنواصل استكشاف جوانب أكثر تخصصاً من البايوميكانيك، ونكشف عن كيفية دمج المعرفة البايوميكانيكية مع تقنيات التدريب المتقدمة.

في الختام، تذكّر أن كل حركة رياضية هي تعبير عن تفاعل معقد بين القوى والأنسجة والأنظمة البيولوجية. كلما زادت معرفتنا بهذه التفاعلات، زادت قدرتنا على تحسين الأداء وتحقيق الأهداف الرياضية بكفاءة وأمان أكبر. نأمل أن يكون هذا الجزء قد زودك بالمبادئ الأساسية والمعرفة التي تحتاجها لتكملة رحلتك في عالم البايوميكانيك الرياضي واستكشاف المزيد من جوانب هذا العلم المتقدم.

تم بعونه تعالى