الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محند أولحاج
- البويرة -
معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
ⵜⴰⵙⴷⴰⵡⵉⵜ ⴰⴽⵍⵉ ⵎⵓⵃⴻⵏⴷ ⵓⵍⵃⴰⵊ - ⵜⵓⴱⵉⵔⴻⵜ -
Institut des Sciences et Techniques
des Activités Physiques et Sportives

الرقم037./م.ع.ت.ن.ر.ب/2023 التاريخ : 2023/04/19..

مستخرج من محضر اجتماع المجلس العلمي لمعهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية
المنعقد بتاريخ 28 فيفري 2023 بالمعهد (الدورة العادية)

بناء على محضر اجتماع المجلس العلمي لمعهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية في دورته العادية المنعقد بتاريخ : 28 فيفري 2023 وبعد الاطلاع على الطلب المقدم من طرف الدكتور: حاج احمد مراد، قسم : التدريب الرياضي ، بخصوص تحكيم المطبوعة تحت عنوان : "الميكانيكا الحيوية" المستوى : السنة الثانية ليسانس تخصص : تدريب رياضي.

قرار المجلس:

الموافقة على طلب الدكتور: حاج احمد مراد، قسم : التدريب الرياضي ، بخصوص تحكيم المطبوعة تحت عنوان : "الميكانيكا الحيوية" المستوى : السنة الثانية ليسانس تخصص : تدريب رياضي.

،وهذا بعد استلام تقارير لجنة التحكيم بالإيجاب.

رئيس المجلس العلمي

جامعة أكلي محند أولحاج - البويرة - المجلس العلمي لمعهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية
رئيس المجلس العلمي
أ.د بوحاج مزيان

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

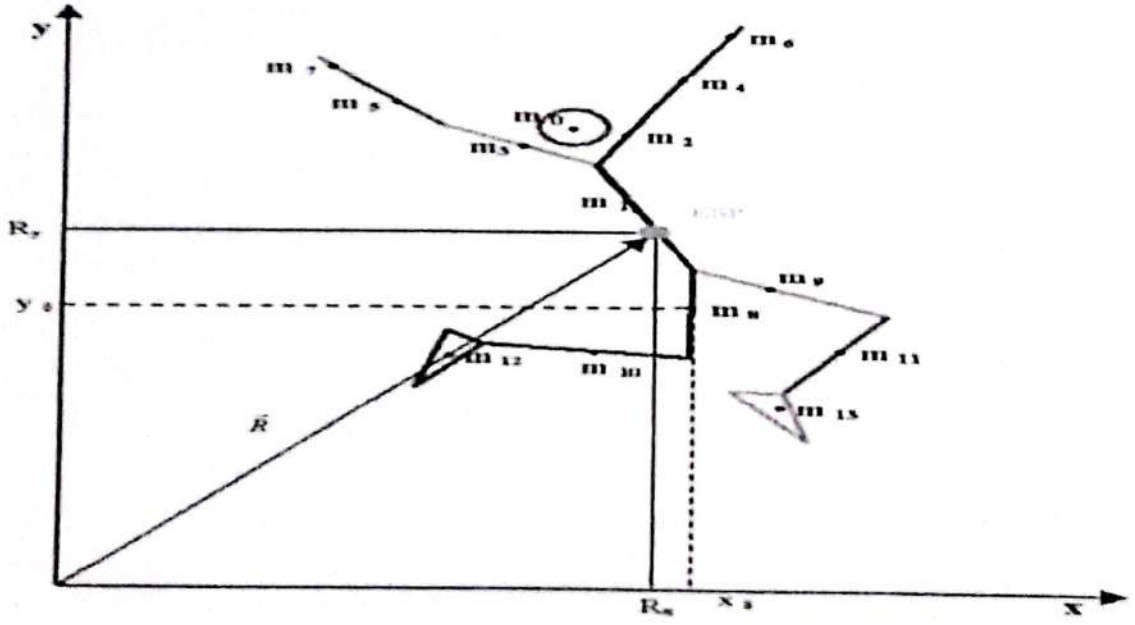
جامعة اكلي محند اولحاج-البويرة-

معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

قسم: التدريب الرياضي

مطبوعة تدريسية لمقياس: الميكانيكا الحيوية

الميكانيكا الحيوية



اعداد: د. حاج أحمد مراد

الموسم الجامعي: 2023/2022

معلومات حول المقياس والمطبوعة

اسم المقياس: الميكانيكا الحيوية

المستوى الدراسي: الثانية ليسانس / السداسي الثالث

محاضرة +أعمال موجهة/ وحدة تعليم أساسية/ **تخصص:** التدريب الرياضي

01:30سا محاضرة + 01:30أعمال موجهة/ الحجم الساعي للسداسي 42 ساعة

المعامل:02 / الأرصدة: 03

طبيعة المقياس: سداسي

المكتسبات القبلية

- معارف في علم وظائف الأعضاء (الفيزيولوجيا).
- معارف في علم التشريح.
- معارف في نظرية ومنهجية التدريب.

أهداف المقياس

- المام الطالب بالمعلومات الأساسية عن علم الميكانيكا الحيوية وأهم قواعده الأساسية.
- معرفة أهم المتغيرات الكنماتيكية، والكنتيكية للمهارات الحركية وكيفية قياسها.
- التطرق إلى كنماتيك وكنتيك مختلف أنواع الحركات (الخطية، الدائرية، والعلاقة بينهما).
- اجراء تطبيقات لكنماتيك وكنتيك مختلف الحركات على بعض الفعاليات الرياضية.
- اجراء تطبيقات الميكانيكا الحيوية في مجال التدريب الرياضي، وفي المجال الطبي، وفي مجال التعلم الحركي.

عدد المحاور: 9، عدد المحاضرات: 13، عدد الاسابيع:13، عدد صفحات المطبوعة:120، عدد المراجع المعتمدة:15.

فهرس المحتويات

الرقم	المحور	المحاضرة	اسم المحاضرة	الصفحة	الاسبوع
01	مدخل إلى علم الميكانيكا الحيوية	محاضرة رقم01	معارف عامة في الميكانيكا الحيوية		الاول
		محاضرة رقم02	أدوات القياس، القياسات الأساسية ووحدات القياس المستخدمة في الميكانيكا		الثاني
02	الحركات التشريحية في جسم الانسان	محاضرة رقم03	المستويات، المحاور، والحركات على مستوى المفاصل		الثالث
03	كنماتيك الحركة الخطية وتطبيقاتها في المجال الرياضي	محاضرة رقم04	القوانين الميكانيكية للحركة الخطية		الرابع
		محاضرة رقم05	حركة القذائف وتطبيقاتها في المجال الرياضي		الخامس
04	التحليل الحركي	محاضرة رقم06	أساسيات التحليل الحركي		السادس
		محاضرة رقم07	التحليل الكيفي (النوعي) وتطبيقاته في مجال التعلم الحركي		السابع
05	– كنماتيك الحركة الدائرية وتطبيقاتها في المجال الرياضي	محاضرة رقم08	القوانين الميكانيكية للحركة الدائرية		الثامن
06	-كنيتيك الحركة الخطية والدائرية	المحاضرة رقم09	شرح أسباب الحركة الخطية والدائرية		التاسع
		المحاضرة رقم10	تطبيقات القوانين الكنتيكية في المجال الرياضي		العاشر
07	مركز ثقل الجسم	المحاضرة رقم 11	مركز ثقل الجسم استخداماته وكيفية حسابه في المجال الرياضي		الحادي عشر
08	نظام الروافع في جسم الانسان	المحاضرة رقم 12	استخدامات نظام الروافع في المجال الرياضي		الثاني عشر
09	تطبيقات في مجال التدريب والمجال الطبي	المحاضرة رقم13	حساب شدة التدريب وتوقع الاصابات		الثالث عشر

المحور الأول: مدخل لعلم الميكانيكا الحيوية
معارف عامة في الميكانيكا الحيوية

تمهيد

البحث عن الأداء الجيد والانجاز الرياضي العالي هو الهدف الرئيسي للتدريب الرياضي عالي المستوى ولكن لا يمكن تحسين هذا الأداء إلا إذا كان فريق التدريب الخاص بالرياضي قادرا على تزويده بسرعة ببيانات دقيقة ومفيدة لتصحيح أسلوبه. لذلك تكمن كفاءة المدرب في قدرته على تحليل عوامل الأداء بشكل صحيح، واستهداف أوجه القصور في أداء الرياضي على وجه التحديد أثناء التدريب.

يجب على المدرب الذي يريد أن يعمل على تعديل أسلوب الرياضيين دون نسخ أسلوب رياضي رفيع المستوى أن يراقب، ويقيس، ويحلل، ويعالج بواسطة أحد فروع علم الحركة، وهو الميكانيكا الحيوية.

على الرغم من أن الميكانيكا الحيوية حديثة نسبيا كمجال معترف به من البحث العلمي، فإن الميكانيكا الحيوية تحظى باهتمام في العديد من التخصصات العلمية والحقول المهنية المختلفة. قد يكون علماء الميكانيكا الحيوية لديهم خلفيات أكاديمية في علم الحيوان zoology؛ طب العظام orthopedic أو القلب cardiac أو الطب الرياضي sports medicine؛ الهندسة الطبية الحيوية biomechanical engineering؛ العلاج البدني physical therapy ؛ أو علم الحركة kinesiology.

الميكانيكا الحيوية تعريب لمصطلح Biomechanics، تعد في مقدمة العلوم التي اهتمت بدراسة حركة وسكون الأجسام، كما تناولت دراسة وتحليل الأداء الحركي الانساني ضمن اطار العوامل البيولوجية الفسيولوجية للمشكلات الحركية التشريحية والفيزيائية، والنفسية من أجل الوصول إلى الحلول الميكانيكية المطروحة للبحث والدراسة (ابراهيم ومحمود، 2014، ص361)

الميكانيكا الحيوية لحركة جسم الانسان هي واحدة من التخصصات الفرعية لعلم الحركة، وهي أيضا فرع علمي للطب الرياضي.

الميكانيكا الحيوية: تطبيق المبادئ الميكانيكية في دراسة الكائنات الحية.

تستخدم الميكانيكا الحيوية مبادئ الميكانيكا لحل المشكلات المتعلقة ببنية ووظيفة الكائنات الحية.

يطلق على تطبيق القوى على الكائنات الحية والتحقيق في آثار هذه القوى على جسم الإنسان أو نظامه بما في ذلك القوى التي تنشأ من داخل وخارج الجسم، الميكانيكا الحيوية. تشمل الميكانيكا الحيوية أيضًا دراسة بنية ووظيفة النظام البيولوجي من خلال قاعدة الميكانيكا المطبقة على النشاط العضلي. تتكون الميكانيكا الحيوية (Biomechanics) من كلمتين، "Bio" تعني "الحياة"، وMechanics الميكانيك). McGinnis, 2013, P3)

تعريف1

بشكل عام، تهتم الميكانيكا الحيوية بتطبيق الميكانيكا الكلاسيكية على مشاكل بيولوجية مختلفة. في الميكانيكا الحيوية ، يتم تطبيق مبادئ الميكانيكا على تصور وتصميم وتطوير وتحليل المعدات والأنظمة في علم الأحياء والطب. في جوهرها، الميكانيكا الحيوية هي علم متعدد التخصصات يهتم بتطبيق المبادئ الميكانيكية على جسم الإنسان في الحركة والراحة.

تعريف2

البيوميكانيك علم تطبيق القوانين والمبادئ الميكانيكية على سير الحركات الرياضية، تحت شروط بيولوجية معينة (تشريحية، فيزيولوجية، بدنية ونفسية..) (McGinnis, 2013).

تعريف3

اقترحت الجمعية الأوروبية للميكانيكا الحيوية "دراسة القوى المؤثرة والمتولدة داخل الجسم وتأثيرات هذه القوى على الأنسجة أو السوائل أو المواد المستخدمة في التشخيص أو العلاج أو الأغراض البحثية".

تعريف4

الميكانيكا الحيوية تعني تفاعل القوى الميكانيكية الأساسية في حركة الجسم البشري من خلال تطبيق المبادئ البيولوجية والميكانيكية (ابراهيم ومحمود، 2014، ص371)

يستخدم علماء الميكانيكا الحيوية أدوات الميكانيكا،(فرع الفيزياء) الذي يتضمن تحليل عمل القوى، لدراسة الجوانب التشريحية والوظيفية للكائنات الحية. الستاتيك والديناميك هما فرعان رئيسيان للميكانيكا الستاتيك هي دراسة الأنظمة التي تكون في حالة راحة (بدون حركة) أو تتحرك بسرعة ثابتة. الديناميك هي دراسة الأنظمة التي يوجد فيها التسارع.

المجلات المتخصصة

Journal of Biomechanics, the Journal of Biomechanical Engineering. The Journal of Applied Biomechanics. Sports Biomechanic. Clinical Biomechanics, Applied Bionics and Biomechanics, and Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering

.(McGinnis, 2013, P3)

الميكانيك Mechanics فرع الفيزياء الذي يحلل تأثير القوى على الجسيمات والأنظمة الميكانيكية.

ستاتيك Statics فرع من الميكانيكا يتعامل مع الأنظمة في حالة الثبات أو الحركة المنتظمة.

ديناميك Dynamics فرع ميكانيكا يتعامل مع الأنظمة الخاضعة للتسريع. (Hill, 2015, P11)

كنيماتيك Kinematics دراسة وصفية للحركة، تشمل متغيرات المكان والزمان.

كنتيك Kinetics دراسة عمل القوى.

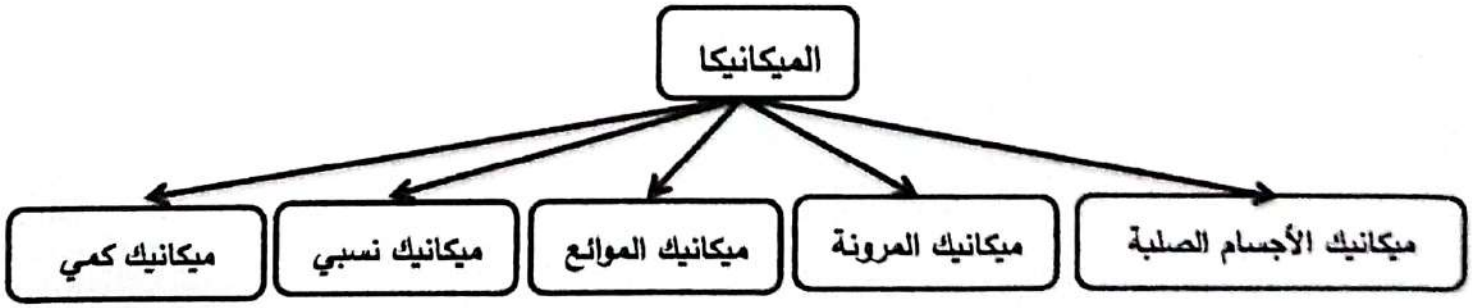
أقسام الميكانيكا الحيوية

علم الحركة kinesiology

دراسة الحركة.

الطب الرياضي sports medicine

الجوانب السريرية والعلمية للرياضة والت



الشكل رقم 01: اقسام الميكانيك (بريقع والسكري، 2002، ص70)

الشكل02: أقسام الميكانيكا الحيوية (المصدر: الكاتب)

الستاتيك هي فرع من فروع الميكانيكا تختبر الأنظمة التي لا تتحرك أو تتحرك بسرعة ثابتة. تعتبر الأنظمة الثابتة في حالة توازن. التوازن هو حالة يوجد فيها تسارع لأن القوى التي تتسبب في بدء الشخص أو الجسم في التحرك أو الإسراع أو الإبطاء يتم تحييدها بواسطة قوى معاكسة تلغيها. **الستاتيك** تسمح تحديد قوى الضغط على الهياكل التشريحية في الجسم، وتحديد حجم القوى العضلية، وتحديد حجم القوة التي من شأنها أن تؤدي إلى فقدان التوازن.

الديناميك هي فرع الميكانيكا تفحص الأنظمة التي يتم تسريعها. تستخدم **التحليل الكنماتيكي** أو **الكنتيكي** أو كليهما لتحليل الحركة. قد يتضمن التحليل ديناميكي نشاط مثل الجري تحليلًا كنماتيكيا يتم فيه وصف الحركة الخطية للجسم الكلي والحركة الزاوية للأطراف. قد يكون التحليل الكنماتيكي مرتبطًا بالتحليل الكنتيكي الذي يصف القوى المطبقة على الأرض وعبر المفاصل أثناء نشاط الجري (Hill, 2015, P11)

يمكن تقسيم التحليل البيوميكانيكي إلى قسمين.

1. **كنماتيكي**، يهتم بخصائص الحركة من منظور مكاني وزمني دون الإشارة إلى القوى المسببة للحركة. يتضمن وصف الحركة لتحديد مدى سرعة تحرك الجسم، أو ارتفاعه، أو المسافة التي يقطعها. وبالتالي، فإن الموضع والسرعة والتسارع هي متغيرات كنماتيكية في التحليل الكنماتيكي. من أمثلة التحليل الكنماتيكي الخطي فحص خصائص المقذوفات لرياضي القفز العالي أو دراسة أداء السباحين النخبة. من أمثلة التحليل الكنماتيكي الزاوي ملاحظة تسلسل حركة المفصل في لعبة التنس أو فحص السرعات والتسارع في القفزة العمودية.

2. التحليل الكنتيكي يسعى إلى تحديد مسببات الحركة ممثلة في القوى سواء كانت داخلية أو خارجية. يمكن أن يزود التحليل الكنتيكي الأستاذ أو المعالج أو المدرب أو الباحث بمعلومات قيمة حول كيفية إنتاج الحركة أو كيفية الحفاظ على موضع معين. يمكن لهذه المعلومات توجيه التكيف أو التدريب لرياضة أو حركة معينة.

لعب **التحليل الكنتيكي** دورا مهما في تحديد جوانب المهارة أو الحركة التي تجعل المؤدي عرضة للإصابة. لماذا يتعرض 43٪ من المشاركين و 76٪ من مدربي التمارين الرياضية عالية التأثير للإصابة ؟ تم تحديد الإجابة بوضوح من خلال تحليل كنتيكي وجد أن القوى في التمارين الهوائية عالية التأثير النموذجية تكون في حجم أربعة إلى خمسة أضعاف وزن الجسم. بالنسبة للفرد الذي يزن 667.5 N، فإن التعرض المتكرر للقوى من 2670 N إلى N3337.5 يساهم جزئيا في إصابة الجهاز العضلي الهيكلي.

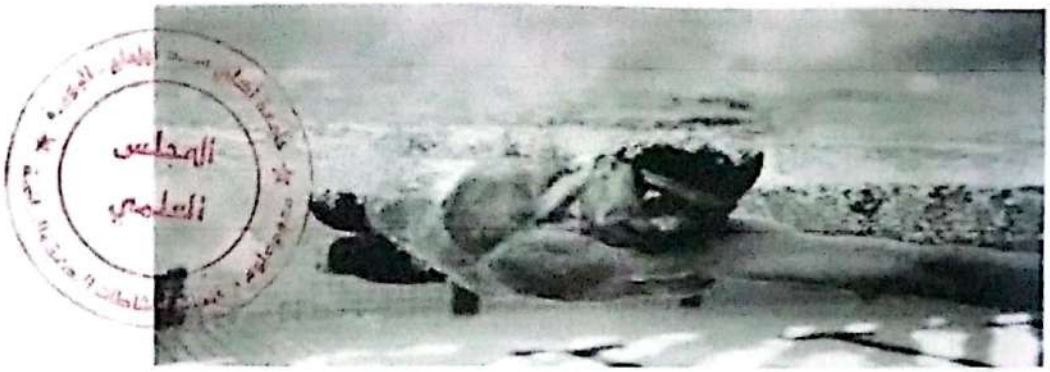
أهداف الميكانيكا الحيوية

الهدف النهائي للميكانيكا الحيوية في المجال الرياضي هو **تحسين الأداء** (الانجاز الرياضي) الهدف الثاني هو **الوقاية من الإصابات وإعادة التأهيل**. يرتبط هذا الهدف ارتباطًا وثيقا بالهدف الأول ويمكن اعتباره تقريبا جزءا من الهدف الأساسي، لأن الرياضي غير المصاب سيكون أداءه أفضل من الرياضي المصاب (بريقع والسكري، 2002، ص22).

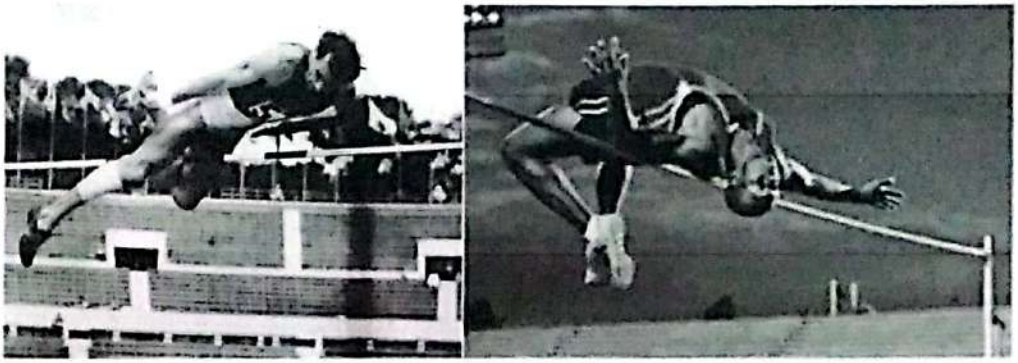
كيف يعمل المختصون في الميكانيكا الحيوية في المجال الرياضي من أجل تحقيق هذه الأهداف؟

1. تحسين التقنية والمهارات

الطريقة الأكثر شيوعا لتحسين الأداء في العديد من الرياضات هي تحسين أسلوب الرياضي. وتتم بطريقتين متكاملتين، يستخدم المدربون معرفتهم بالميكانيكا لتصحيح حركات الرياضي من أجل تحسين تنفيذ إحدى المهارات، أو قد يكتشف باحث الميكانيكا الحيوية شيئا جديدا وأكثر تقنية فعالة لأداء مهارة رياضية. في المقام الأول، يستخدم المدربون طرق التحليل الميكانيكية الحيوية **النوعية** في التدريب اليومي لإحداث تغييرات في التقنية. في الحالة الثانية يستخدم باحث الميكانيكا الحيوية طرق التحليل الميكانيكية الحيوية **الكمية** لاكتشاف تقنيات جديدة، والتي يجب بعد ذلك توصيلها إلى المعلمين والمدربين الذين سيقومون بتنفيذها.



تأثرت تقنيات السباحة بالميكانيكا الحيوية.



قبل عام 1968، كان معظم رياضيي القفز العالي يستخدمون تقنية straddle ؛ ولكن بعد عام 1968، تحول الكثير إلى تقنية Fosbury Flop ، وهي التقنية المستخدمة من قبل رياضيي النخبة تقريبا اليوم.

2. تحسين معدات التدريب والأجهزة

تشكل الأحذية والملابس المعدات المستخدمة في كل رياضة تقريبا. قد يكون للمعدات التي يتم ارتداؤها تأثير على الأداء، إما بشكل مباشر أو من خلال منع الإصابة.

3. تحسين التدريب

الميكانيكا الحيوية لديها القدرة على أن تؤدي إلى تعديلات في التدريب وبالتالي تحسينات في الأداء. يمكن أن يحدث هذا التطبيق للميكانيكا الحيوية بعدة طرق. يمكن أن يساعد تحليل أوجه القصور التقنية للرياضي في تحديد نوع التدريب الذي يحتاجه الرياضي لتحسينه.

4. الوقاية من الإصابة وإعادة التأهيل

تعتبر الميكانيكا الحيوية مفيدة لمحترفي الطب الرياضي في تحديد القوى التي ربما تسببت في الإصابة، وكيفية منع تكرار الإصابة (أو الحدوث في المقام الأول)، وما هي التمارين التي قد تساعد في إعادة

التأهيل من الإصابة. يمكن استخدام الميكانيكا الحيوية لتوفير الأساس للتغييرات في التقنية أو المعدات أو التدريب للوقاية من الإصابات أو إعادة تأهيلها.

كيف يمكن تحقيق هذه الأهداف؟

قد يكون التحليل البيوميكانيكي إما كميا أو نوعيا. الكمي يعني وجود أرقام وكميات قياسية، والنوعي يشير إلى وصف جودة الحركة أو المهارة دون استخدام الأرقام. بعد ملاحظة أداء "الوثب الطويل"، يمكن للملاحظ أن يقول نوعيا، "لقد كانت قفزة جيدة جدا." قد يعلن ملاحظ آخر كميا أن نفس القفزة كانت بطول 2.1m.

التحليل النوعي: يفضل في المواقف التدريبية، وفي حصص التربية البدنية، أو أثناء الحصص الخاصة بإعادة التأهيل الحركي ويستخدم لوصف الحركة على أساس الملاحظة، يستخدم المعلومات المتحصل عليها للتغذية الراجعة.

التحليل الكمي: يفضل في مجال أبحاث النشاطات البدنية ويستخدم طرقا أكثر تعقيدا. هذان النهجان مكملان لبعضهما البعض.

الميكانيكا الحيوية تاريخيا

1. أرسطو 385 322 ق م رائد علم الحركة، أوجد مصطلح الميكانيك درس الروافع وأثرها في حركة الانسان، كما تطرق إلى مركز الثقل وقام بتحليل حركة الذراعين التبادلية مع الرجلين.
2. أرخميدس 287 ـ 212 ق م جاء بنظريات حول اتزان الاجسام المادية (الاستاتيك والهيدروديناميك) والتي أفادت علم الحركة.
3. العالم والطبيب الروماني غالن 202 ـ 131 ق م ميز بين كل من الأعصاب الحسية والحركية.
4. ليوناردو دافنشي 1452 ـ 1549 م برع في الميكانيكا والهندسة والتشريح والرسم.
5. غاليليو 1564 ـ 1657 م ساهم بنظرياته في الرياضيات في تطبيقات على حركة الانسان ومنها علاقة الجاذبية بالأجسام الساقطة وعلاقة الزمن بالمسافة.
6. ديكارت 1596 ـ 1650 م اخترع الاحداثيات ومحاور الحركة الأساسية (X, Y, Z).
7. بوريلي 1608 ـ 1679 م حدد بواسطة التجربة العلمية مركز كتلة الجسم.
8. نيوتن 1642 ـ 1727 م جاء بقوانين الحركة التي يتم العمل بها حاليا.
9. ج. ماري 1830 ـ 1904 وبراون وفيشر أدخلوا تطورات على فن التصوير الكينيماتوغرافي والذي تم استعماله للتحليل الحركي.
10. أول لقاء علمي عن البيوميكانيك عام 1967 في مدينة زيوريخ.
11. في 1960 ـ 1970، تم تطوير الميكانيكا الحيوية كمجال للدراسة في مناهج التعليم العالي في جميع أنحاء أمريكا الشمالية.

12. أول جمعية عالمية للبيوميكانيك ظهرت عام 1973.
13. أول جمعية أمريكية عام 1977
14. في أوائل 1980، تم تشكيل الجمعية الدولية للميكانيكا الحيوية في الرياضة لتمثيل مصالح المختصين في الميكانيكا الحيوية الرياضية.
15. في عام 1985، بدأت مجلة International Journal of Sports Biomechanics، في نشر المقالات المختصة وفي عام 1992 غيرت اسمها إلى مجلة Journal of Applied Biomechanics. أحدث المجلات التي تحتوي على مقالات خاصة بالميكانيكا الحيوية الرياضية هي *Sport* Biomechanics، التي ظهر عددها الأول في عام 2002 (McGinnis, 2013, P11)
16. في عام 2002. ظهر عددها الأول لمجلة Sport Biomechanics التي تحتوي على مقالات خاصة بالميكانيكا الحيوية الرياضية.

ازداد البحث في الميكانيكا الحيوية للرياضة والتمارين الرياضية بشكل مطرد خلال العقود القليلة الماضية من القرن العشرين وحتى القرن الحادي والعشرين. كان أحد أسباب هذا الازدهار هو ظهور الكمبيوتر الذي يسمح بجمع البيانات وتحليلها بسهولة من الأفلام عالية السرعة أو كاميرات الفيديو ومنصات قياس القوة الإلكترونية المستخدمة في أبحاث الميكانيكا الحيوية.

المحاضرة 2

أدوات القياس، القياسات الأساسية ووحدات القياس المستخدمة في الميكانيكا

يتطلب القياس الدقيق للحركة أدوات قياس كمية يمكن تصنيفها حسب نوع العنصر الذي يتم تقييمه ؛ ما هي هذه الادوات؟

يعتبر فهم الحركة البشرية الطبيعية والمرضية موضوعا معقدا، فنحن نسير يوميا حوالي 10000 خطوة و 60 رفعا للكرسي. يساعد أداء هذه الحركات في الحفاظ على الاستقلالية ونوعية حياة جيدة. تتيح أدوات القياس المختلفة الحصول على كمية كبيرة من البيانات لتوصيف الحركة المدروسة بدقة، ما هو الفرق بين الأدوات الموضوعية والأدوات الذاتية؟

تتوافق الأحداث الزمني أو المكانية للحركة التي تسمى المعلمات المكانية والزمانية مع المتغيرات المتعلقة بالمسافة والوقت اللازمين للقيام بحركة أو مهمة حركية. تتراوح أدوات القياس من ساعة الإيقاف البسيطة إلى المنصات المجهزة.

يمكن أيضا قياس الحركة بواسطة مقاييس الزوايا أو أجهزة الاستشعار بالقصور الذاتي، لا سيما عند تفضيل القياس المتنقل (خارج المختبر).

يتم قياس القوى واللحظات المفصلية، التي هي في أصل الحركة، من منصات القوة أو مقاييس الديناموميتر.

يتم قياس نشاط العضلات الذي يؤدي إلى تقلص العضلات الضروري للحركة عن طريق تخطيط كهربائي للعضلة (سطحيا أو داخليا).

الأمثلة

1. جهاز المشي ADAL 3D بشكل ديناميكي، يقيس باستمرار المكونات المكانية الثلاثة لقوى الارتكاز من القدم إلى الأرض أثناء المشي.

الاستخدامات المقصودة

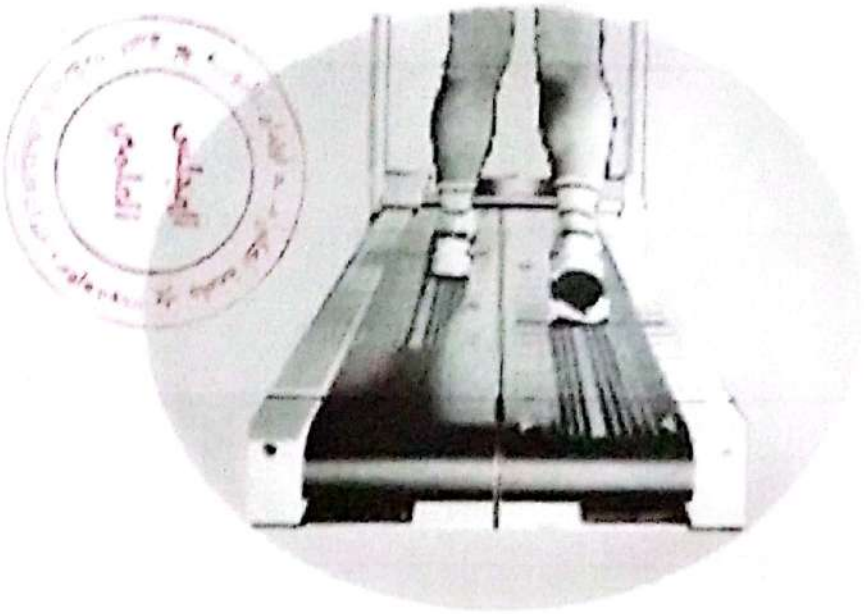
دراسة المشي الطبيعي والمرضي (الشلل النصفي، اضطرابات حركية عصبية).

المساعدة في التشخيص قبل الجراحة والمتابعة بعد الجراحة.

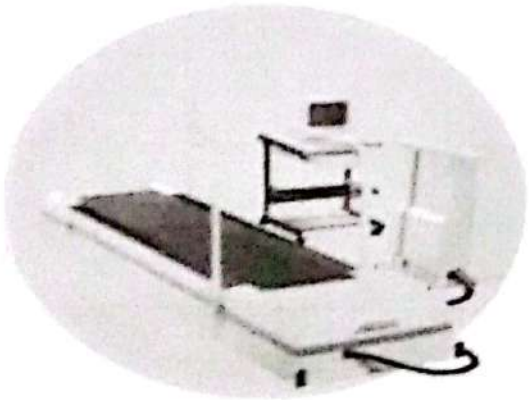
إعادة التأهيل (استعادة الاستقلالية الوظيفية الحركية).

التحديد الكمي الديناميكي للأطراف الاصطناعية الخارجية لمبتوري الأطراف.

البحث الاكلينكي (السريري) على أساس المعايير الكمية.



2. جهاز المشي ADAL 3DC يقيس بشكل ديناميكي، المكونات المكانية الثلاثة لقوى الارتكاز من القدم إلى الأرض أثناء الجري.



الاستخدامات المقصودة

دراسات تقنيات الجري

تحسين الأداء

الدراسة والتأهيل والمقارنة بين المعدات مثل الأحذية

التخطيط الكهربي للعضلات

قياس ضغط القدم، إلخ.

3. تقييم Isokinetic assessment

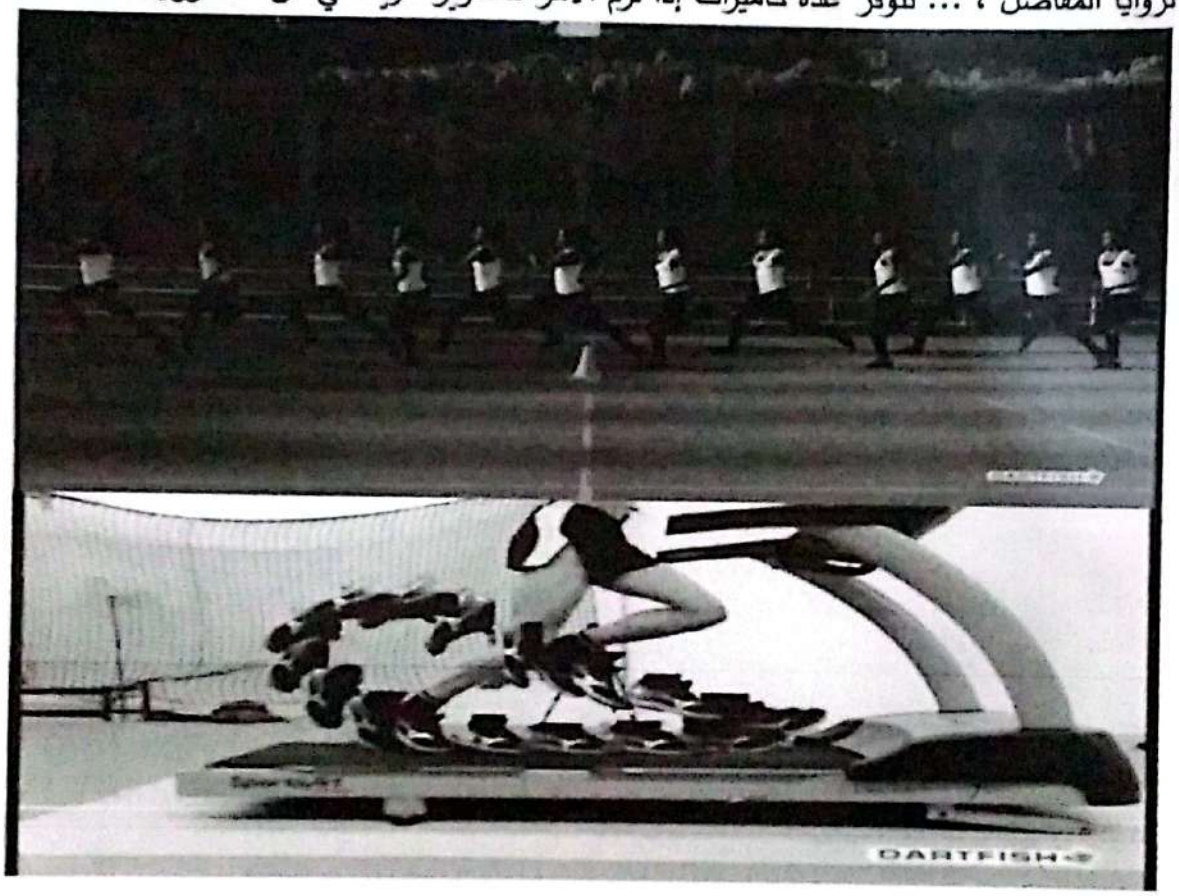
هي طريقة لتقييم وإعادة تأهيل القوة العضلية بناء على الحركات التي يتم إجراؤها بسرعة ثابتة باستخدام مقاومة متكيفة، وهي في حد ذاتها مقاومة للقوة التي طورها المريض.

ستحدد خبرة التقييم أداء هذه العضلات بشكل موضوعي جميع معايير القوة والسرعة والتعب لمجموعات العضلات المختلفة. سيكون الهدف الرئيسي هو مقارنة مجموعات العضلات المتعاكسة (مثل عضلات الفخذ الأمامية / الخلفية) وكذلك مجموعات العضلات المختلفة بينهما (مثل العضلات اليمنى للفخذ / العضلات اليسرى للفخذ) من أجل إظهار عدم التوازن أو الضعف.

4. التقييم البيوميكانيكي

- التحليل الميداني

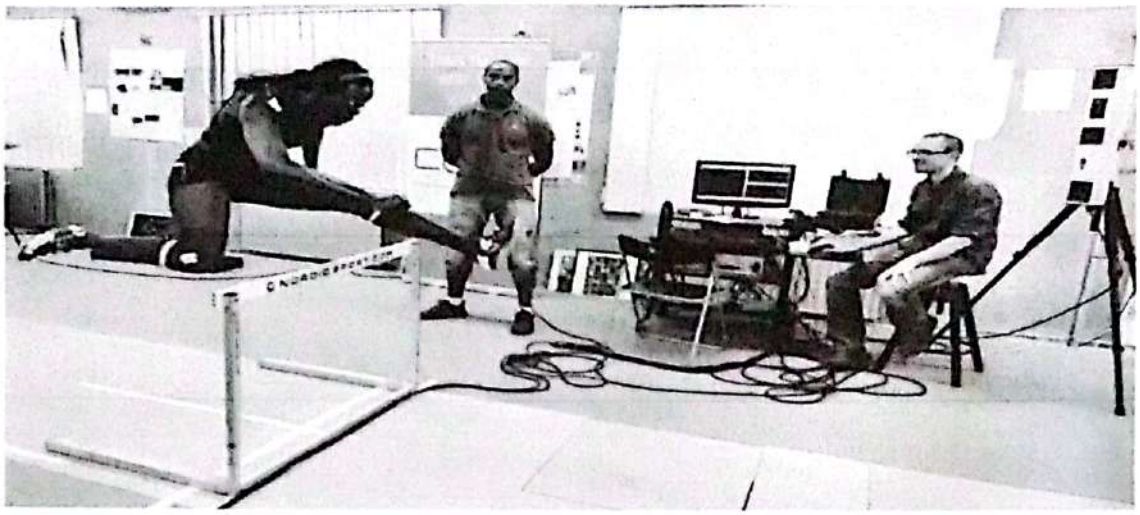
يتيح التحليل الفيديوي ثنائي الأبعاد جنبا إلى جنب مع برنامج Dartfish الحصول على صور لحركات الرياضي. يمكن تقديم أنواع مختلفة من التحليل: التصور البسيط للتغذية الراجعة المباشرة للرياضي، والحركة البطيئة، والمقارنة بين عدة الحركات لنفس الرياضي أو الرياضيين المختلفين، والقياس البسيط لزوايا المفاصل ، ... تتوفر عدة كاميرات إذا لزم الأمر لتصوير الرياضي من عدة زوايا.



- التحليل المخبري

تقييم الحركة ثلاثية الأبعاد

بفضل وضع العلامات على سطح الجلد، من الممكن تقدير موضع / سرعة الأطراف بالإضافة إلى الزوايا / السرعة الزاوية للمفاصل المختلفة. بالإضافة إلى ذلك، بمساعدة منصات القوة، من الممكن قياس قوى الدفع على الأرض، على سبيل المثال أثناء القفز. أخيرا، يقيس نظام التخطيط الكهربائي لسطح العضلة نشاط العضلات. بفضل هذه الأدوات، يمكن الحصول على تحليل مفصل لحركات وتقنية الرياضي



الفرق بين الأدوات الموضوعية والأدوات الذاتية:

الأدوات الذاتية التي تتكون عادة من الاستبيانات والمقابلات وشبكات الملاحظة منتشرة جدا في الرياضة وفي العيادات، ويرجع الفضل في ذلك أساسا إلى:

- سهولة التطبيق.
- اقتصادية.

غير موضوعيية للأسباب التالية:

- تعتبر طرق تحليل المحتوى أساليب ذاتية.
- تتعلق بحالة الأشخاص الذين تمت مقابلتهم.

الأدوات الموضوعية (الأجهزة والأدوات وأنظمة التحليل)

- غالية جدا.
- معقدة التطبيق.
- النتائج دقيقة.

تقييم الاحتياجات الغذائية للرياضيين باستخدام:

- الاستبيانات الغذائية.
- برامج غذائية تتضمن قاعدة بيانات مناسبة.
- تحليل كامل العناصر المغذية.

- تقنيات التحليل البيوكيميائي (المختبر).

وفقا لبروتوكولات محددة:

- يتم تحديد التقييم الغذائي على مدى 7 أيام.
- مقابلة مع الرياضي (دقة البيانات).
- برمجة تناول الطعام (خاص بالنشاط الرياضي).

تتيح أدوات القياس المختلفة هذه الحصول على كمية كبيرة من البيانات لتوصيف الحركة المدروسة بدقة. إن ربط هذه البيانات ببعضها البعض ومع غيرها من البيانات الرياضية والطبية (شبكة المراقبة ، الاستبيان، المقابلة، تاريخ المريض، الفحص السريري، التصوير) سيجعل من الممكن فهم الحركة الملاحظة بشكل أفضل. في السياق الرياضي والإكلينيكي، يتيح هذا الاستكشاف الدقيق للحركة تحديد التغييرات وفهمها ويؤدي إلى تحسين الأداء الرياضي وتحسين التكفل العلاجي.

القياسات الأساسية ووحدات القياس المستخدمة في الميكانيكا

علم الميكانيكا هو علم كمي، وكذلك الميكانيكا الحيوية. لكي نصف حركة جسم الانسان بصفة عامة، أو تقنيات ومهارات رياضية وأسبابها بطريقة كمية، يجب أن يكون لدينا بعض وحدات القياس الشائعة. إذا كان شيء ما قابلا للقياس الكمي، فإن جوانب معينة منه قابلة للقياس ويمكن التعبير عنها بالأرقام. لذا وجب معرفة أهم القياسات في الميكانيكا ووحداتها وفق أنظمة متعارف عليها.

النظام الانجليزي English Unit	قسمة / ← ضرب x →	النظام المتري Metric Unit	الرمز Symbol	المتغير
Inches	2.54	cm	l /d	المسافة/ الازاحة الخطية Distance/ Deplacement
Feet	0.3048	m		
Miles	1.609	km		
Miles/hour	0.447	m/s	s- v	السرعة Speed السرعة الموجهة Velocity
Slugs	14.59	kg	m	الكتلة mass
Pouds	4.448	Newton	F	القوة Force
Foot.Pounds	1.355	Joules	w	العمل Work
Horspower	745.63	Watts	P	القدرة Power

Foot.Pouds	1.355	Joules	E	Energy الطاقة
Slug.feet/s	4.448	Kg.m/s	Lm	Linear الزخم الخطي momentum
Pounds.second	4.448	N.s	I	Impulse الدفع
Slug.feet²/second	1.355	Kg.m²/s	Am	الزخم الزاوي Angular momentum
Foot.Pounds	1.355	Kg.m²	Mi	عزم القصور الذاتي Moment of Inertia
	1.355	N.m	T	عزم القوة(الدوران)Torque

الجدول رقم1: بعض المتغيرات الميكانيكية وفق النظام المتري والنظام الانجليزي.

الصيغ الرياضية

نظرية فيثاغورس

$A^2 + B^2 = C^2$

العلاقات المثلثية

Sin θ = المقابل/الوتر

Cos θ المجاور/الوتر

Tan θ = المقابل/المجاور

كنماتيك الحركة الزاوية

الزاوية(راديان):

$\theta = \frac{\text{طول القوس}}{\text{نصف القطر}} = l/r$

علاقة الازاحة الزاوية ($\Delta\theta$)

بطول القوس: $l = \Delta\theta \cdot r$

متوسط السرعة الزاوية:

$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

علاقة السرعة الزاوية

بالسرعة الخطية

$v = \omega . r$

متوسط التسارع الزاوي:

$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$

كنماتيك الحركة الخطية

متوسط السرعة $s = \frac{l}{\Delta t}$

متوسط السرعة الموجهة $v = \frac{d}{\Delta t}$

متوسط التسارع $a = \frac{vf - vi}{\Delta t}$

الكنتيك الخطي

الوزن Weight

W= mg

قوى الاحتكاك الثابت والديناميكي

Fs= μsR – Fd= μdR

التوازن الثابت: $\sum F = 0$

قانون نيوتن الأول: مبدأ العطالة

ثابتة ⟹V= أو

$\sum F=0$

$\sum F=0$ ⟹V=ثابتة

الزخم الخطي: Lm = mv

قانون نيوتن الثاني: قانون التسارع.

$\sum F=m.a$

الدفع الخطي Impulse I= F.t

العمل(الشغل) U = F. d Work

القدرة P = U/ t Power

الطاقة الحركية Kinetic energy

KE = ½ m.v²

معادلات حركة القذائف

على المحور العمودي oy

الموضع العمودي (الارتفاع)

$h = \frac{1}{2} g(\Delta t)^2 + vf\Delta t + h0$

السرعة الموجهة العمودية

$vf = g\Delta t + vi$

$vf^2 = 2g\Delta t + vi^2$

التسارع العمودي

$a = g = -9.81 m/s^2$

على المحور الأفقي ox

$x = v\Delta t$

زمن الطيران

Δt up = Δt down

$\Delta t\ flight = 2\Delta t\ up$

$$l = \frac{v^2 . \sin\theta . \cos\theta . + vx . \sqrt{(vy)^2 + 2gh}}{g}$$

كنتيك الحركة الزاوية

عزم القوة Torque: T = F. r

عزم القصور الذاتي: I = m . r²

عزم القصور الذاتي لنظام مركب:

التسارع المماسي: $at = \alpha.r$ التسارع المركزي: $ac = \frac{v^2}{r}$		$I = \sum m \times r^2$ علاقة عزم القوة بعزم القصور الذاتي $T = Mi \cdot \alpha$
الزخم الزاوي Angular Momentum: $H = Mi.\omega$ الزخم الزاوي للجسم: $H = \Sigma(Ii\ \omega i + mi\ ri/cg^2 \omega i/cg)$ الدفع الزاوي: Angular Impulse $\Sigma T \Delta t = (Hf - Hi)$		

الجدول رقم 2: معادلات مرجعية سريعة

المتغير	تعريفة	الوحدة(SI)
a	التسارع الخطي	(m/s²) meter/second²
d	الازاحة	meter (m)
E	الطاقة	Joule (J)
F	القوة	Newton (N)
ΣF	مجموع القوى	
g	التسارع الناتج عن الجاذبية	g = 9.81m/s²
h	الارتفاع	meter (m)
H	الزخم الزاوي	Kilogram.meter²/second
I	عزم العطالة	Joule (J)
KE	الطاقة الحركية	Joule
l	طول المسافة المقطوعة	meter (m)
L	الزخم الخطي	kilogram.meter/second
m	الكتلة	Kilogram (kg)
P	القدرة	Watt (W)
r	نصف القطر	meter (m)
R	قوة رد الفعل	Newton (N)
s	السرعة الخطية (كمية قياسية)	meter/second (m/s)
t	الزمن	Second (s)
T	عزم القوة	Newton.meter (N.m)

U	العمل	Joule (J)
v	السرعة الخطية الموجهة	meter/second (m/s)
W	الثقل	Newton (N)
x	الموضع الأفقي	
y	الموضع العمودي	
cg	مركز الثقل	
f	الموضع النهائي	
i	الموضع الابتدائي	
α	التسارع الزاوي	Radian/second² (rad/s²)
θ	الزاوية	Radian (rad),
ω	السرعة الزاوية	Radia/second (rad/s)
Δ	التغير في..= الموضع النهائي . الموضع الابتدائي	
μ	معامل الاحتكاك	
Σ	المجموع	

الجدول رقم3: اختصار المتغيرات المستخدمة في المعادلات

أسئلة للمراجعة

1. قدم تعريفا موجزا وشاملا لعلم الميكانيكا الحيوية، موضحا الفرق بينه وبين علم الحركة.
2. ما هي مجالات هذا العلم ؟ دعم اجاباتك بأمثلة.
3. تهدف الميكانيكا الحيوية إلى تحسين الانجاز الرياضي. كيف يتم ذلك؟
4. في أي فترة زمنية تم تطوير الميكانيكا الحيوية وادماجها في برامج التعليم العالي ؟

أ. 1920 . 1930

ب. 1940 . 1950

ج. 1960 . 1970

د. 1980 . 1990

5. حدد الاجابة أو الاجابات الصحيحة

أي مما يلي يعتبر مثالا على التحليل الكمي؟

أ. مدرب يصحح رمية حرة.

ب. تحديد القوة المؤثرة على عظم الفخذ في القفز الطويل.

ج. معالج فيزيائي يراقب المريض وهو يمارس الرياضة.

د. كل ما ورد اعلاه.

6. أي مما يلي يمكن اعتباره دراسة كنيماتيكية؟

أ. دراسة مستوى القوة بين أقدام العداء وكتل الانطلاق.

ب. دراسة العزم المتولد بواسطة العضلات التي تعمل على تمدد ركبة العداء.

ج. التغيير في موضع العداء بمرور الوقت.

د. لا شيء مما بالأعلى.

7. باستخدام الرقمنة، فإن قياس حركة التبعيد والتقريب أثناء تمرين القفز (Jumping Jack) هو تحليل كيفي صحيح أم خطأ مع تصحيح الخطأ ان وجد.

ملاحظة: الاجابة على الأسئلة ستجدونه بإذن الله في مؤلف بيداغوجي سيصدر لاحق

المحور الثاني: الحركات التشريحية في جسم الانسان

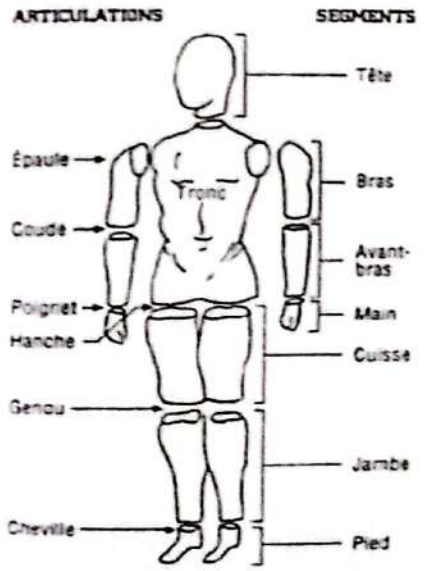
المحاضرة3

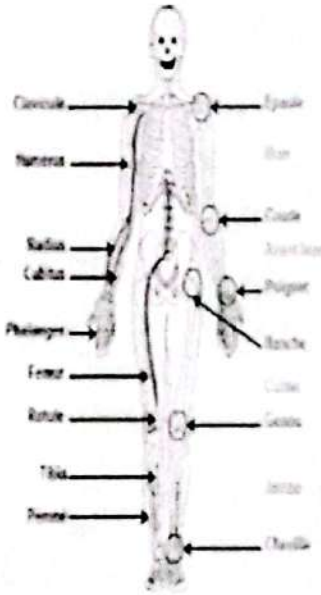
المستويات، المحاور، والحركات على مستوى المفاصل

تمهيد

قبل الانطلاق في تحليل حركة جسم الانسان، من الضروري أن يكون المختص قادرا على وصف حركة أجزاء الجسم في الشكل 4 فيما يتعلق بالمفاصل وتحديد المحاور الذي تدور حوله الحركات.

لوصف الحركة، من الضروري شرح وضعية الرياضي فيما يتعلق بالمراقب كيف يرى المراقب الشخص المراد تحليل حركته؟: من الأمام، من الخلف، من 4/3، بشكل جانبي، إلخ.. وكيف يؤدي هذا الشخص حركته؟ للإجابة على هذه الأسئلة، سنستخدم المستويات المرجعية والمحاور المحددة فيما يتعلق بالموضع التشريحي الأساسي للإنسان، وهو ما يسمى بموضع Paul Poirier شكل3



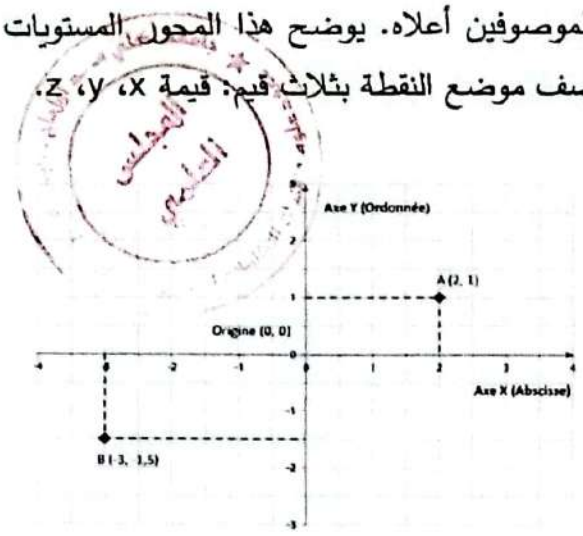


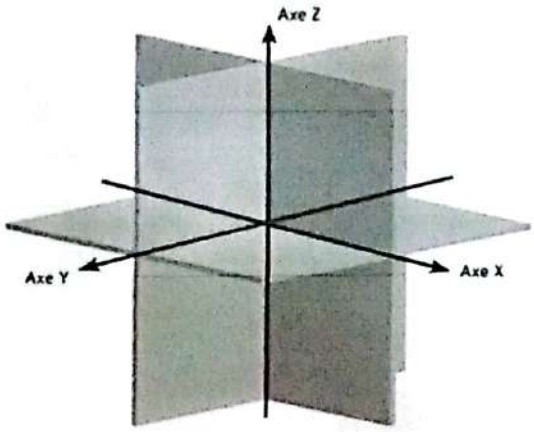
الشكل3: الوضعية التشريحية الأساسية **الشكل 4:** الأطراف والمفاصل في الجسم.

الإحداثيات ثنائية وثلاثية الأبعاد

في الفضاء ثنائي الأبعاد، يوجد محورين متعامدين مع بعضهما البعض يشكلان المستوى الذي تحدث فيه الحركة: المحور العمودي y والمحور الأفقيx، يشكل تقاطع هذين المحورين، النقطة 0. في هذا المستوى ثنائي الأبعاد، يتم وصف موضع النقطة بقيمتين: قيمة أفقية وقيمة عمودية، هي احداثيات النقطة. المحور الثالث، المحور z ضروري لوصف الحركة في الفضاء ثلاثي الأبعاد. يمر هذا المحور

عبر النقطة o ويكون عموديا على محوري x و y الموصوفين أعلاه. يوضح هذا المحور المستويات التي تحددها المحاور الثلاثة. في هذه الحالة، سيتم وصف موضع النقطة بثلاث قيم: قيمة x، y، z.

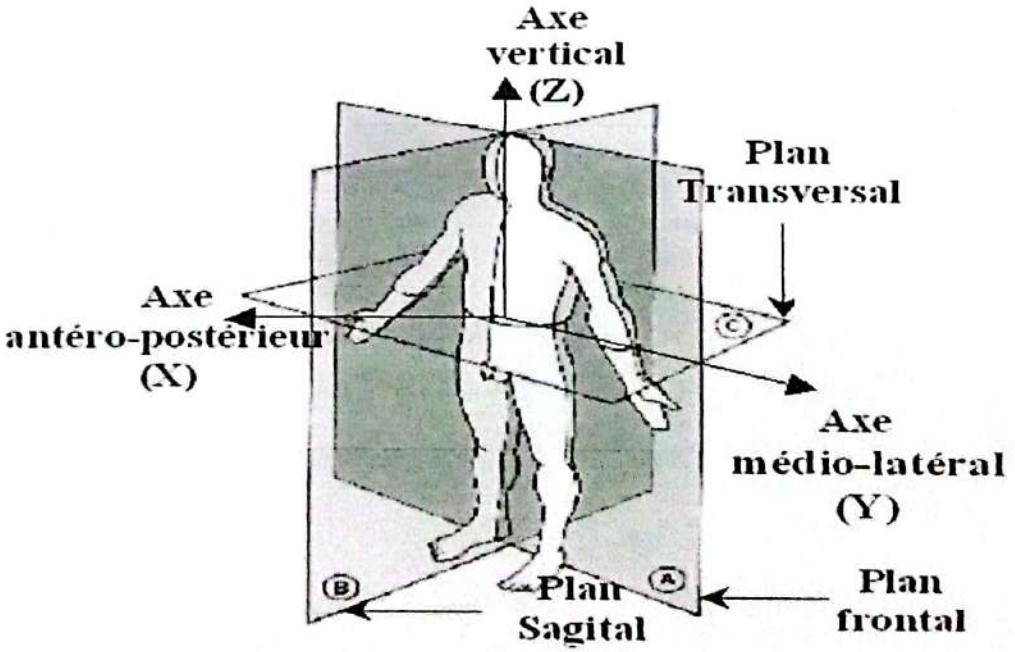




الشكل 5: معلم متعامد ومتجانس ثنائي الأبعاد. **الشكل6:** المستويات والمحاور التشريحية.

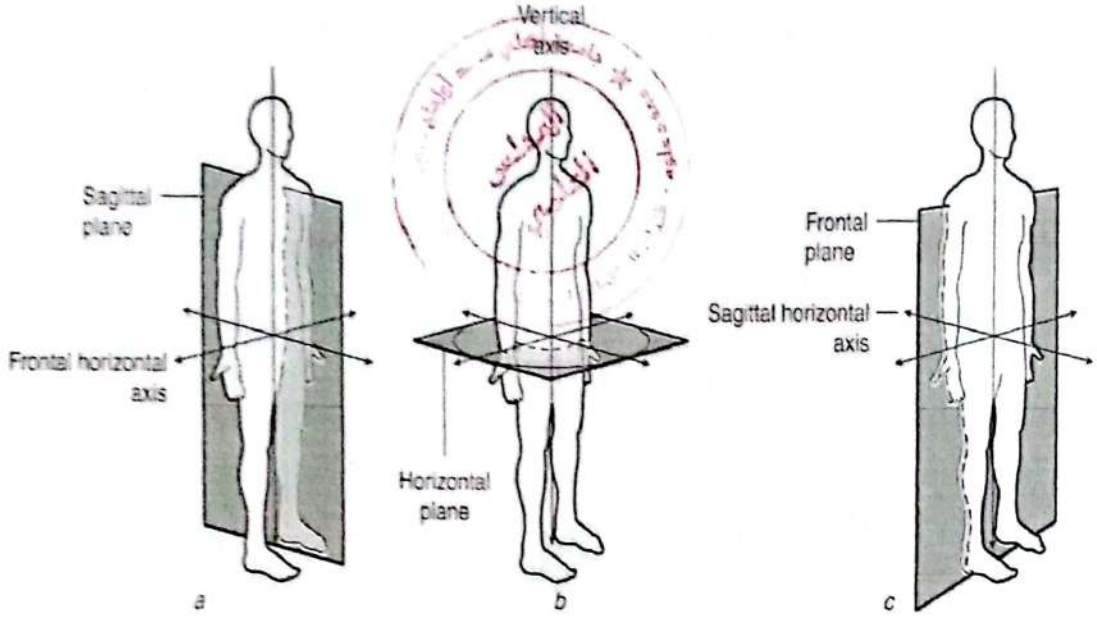
المستويات التشريحية

في الميكانيكا الحيوية، نستخدم بشكل عام ثلاث مستويات خيالة مرتبطة بجسم الإنسان وموجهة بشكل عمودي على بعضها البعض. المستوى السهمي (الجانبي) والمستوى الأمامي (من الأمام) والمستوى الأفقي (المحوري)، وهي المستويات التشريحية لجسم الإنسان، ويشكل تقاطعها الأصل O لنظام المحاور الذي يقع على مستوى الفقرة العجزية الثانية S2 التي تمثل مركز ثقل الجسم.



الشكل7: المحاور، والمستويات التشريحية حسب(Wiliams, 1986)

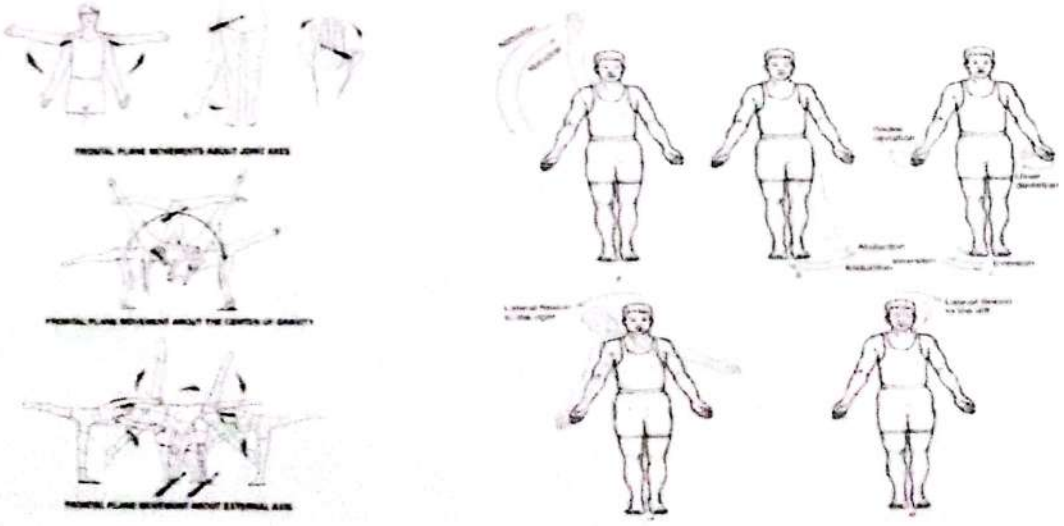
المستويات التشريحية الثلاثة ومحاورها.

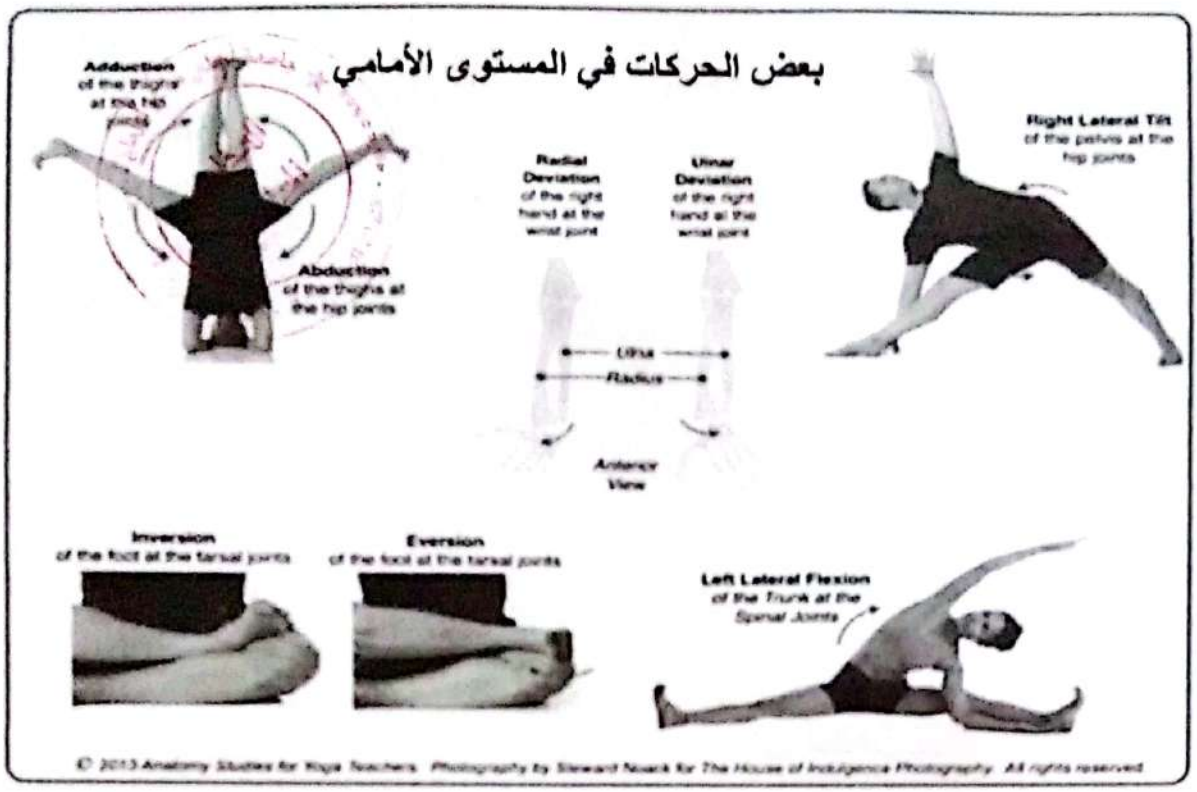


الشكل8: مختلف أنواع المستويات والمحاور المرافقة لها.

1. **المستوى الأمامي (c) Frontal Plane** يعرف أيضا باسم المستوى الطولي، يقسم الجسم إلى جزأين أمامي وخلفي.يتشكل من تعامد المحور العمودي والأفقي عند مستوى S2.

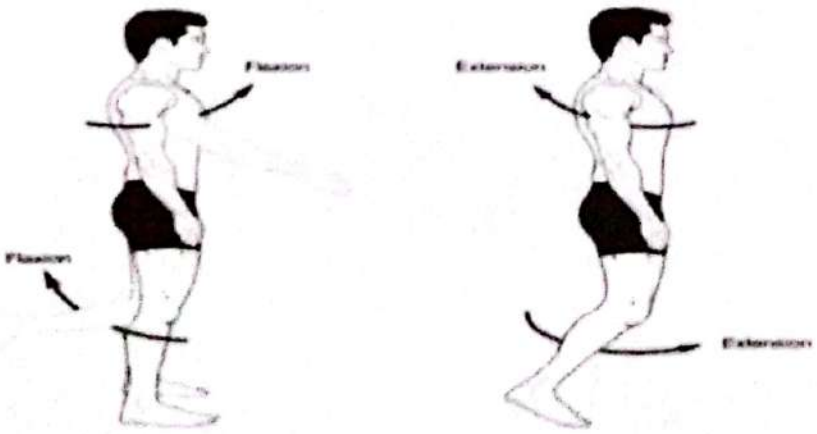
الحركات في المستوى الأمامي التبعيد / التقريب Abduction/Adduction تحدث في المستوى الأمامي حول المحور السهمي وتتضمن تحريك جزء من الجسم بعيدا عن خط الوسط الوهمي أو باتجاهه. يأخذ التبعيد جزء الجسم بعيدا عن خط الوسط ويتحرك التقريب نحوه.





2. **المستوى السهمي Sagital Plane (a)** يقسم المستوى السهمي الجسم إلى نصفين، يمين ويسار.
يتشكل من تعامد المحور العمودي والمحور السهمي.

الحركات في المستوى السهمي الثني / البسط، Flexion/ Extension الثني والبسط حركات تحدث في المستوى السهمي. تشير إلى الزيادة أو التقليل الزاوية بين جزأين من الجسم. يشير الثني إلى الحركة التي تقلل الزاوية بين جزأين من الجسم. الثني في الكوع يقلل من الزاوية بين عظم الزند وعظم العضد. عندما تنثني الركبة، يتحرك الكاحل بالقرب من الأرداف، وتصغر الزاوية بين عظم الفخذ والساق. يشير البسط إلى الحركة التي تزيد الزاوية بين جزأين من الجسم. يؤدي التمدد في الكوع إلى زيادة الزاوية بين عظم الزند وعظم العضد. تمديد الركبة يقوي الطرف السفلي.



3. **المستوى الأفقي Horizontal Plane (b)** إذا لاحظنا الجسم من موضع فوق الرأس، فإننا نرى المستوى الأفقي المعروف أيضا باسم المستوى العرضي. يقسم الجسم إلى جزء علوي و أخر سفلي يتشكل من تعامد المحورين الأفقي والسهمي.

الحركات في المستوى الأفقي. تشمل حركات ملتوية ودورانية في جسم الإنسان. سواء كان الشخص رياضيا أو يعمل فقط للياقة البدنية، فإن برنامج تدريب القوة الذي يركز على حركات في المستوى الأفقي هو مفتاح الوقاية من الإصابات. عادة ما تتضمن حركات المستوى الأفقي، حركات دورانية للجسم في المفاصل مثل الوركين والكاحلين والكتفين والرقبة.

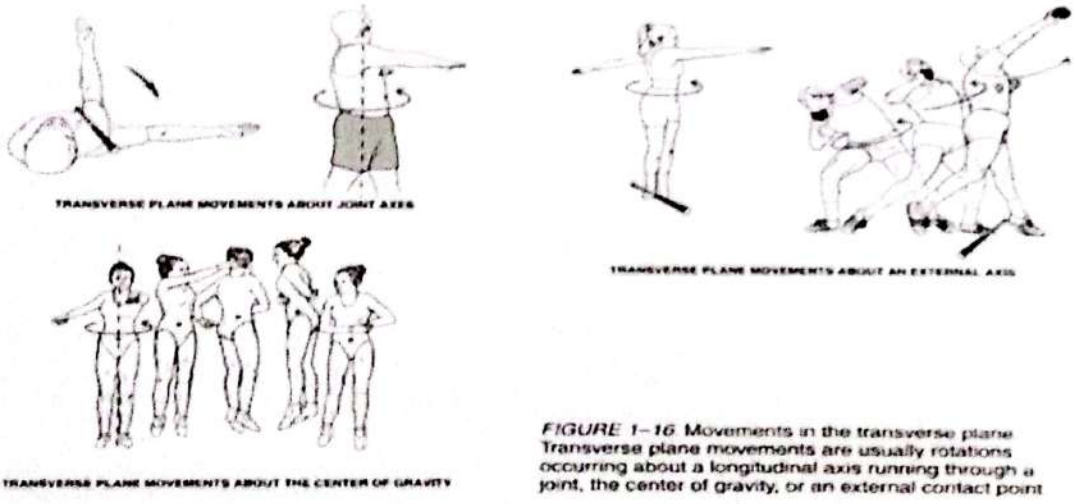
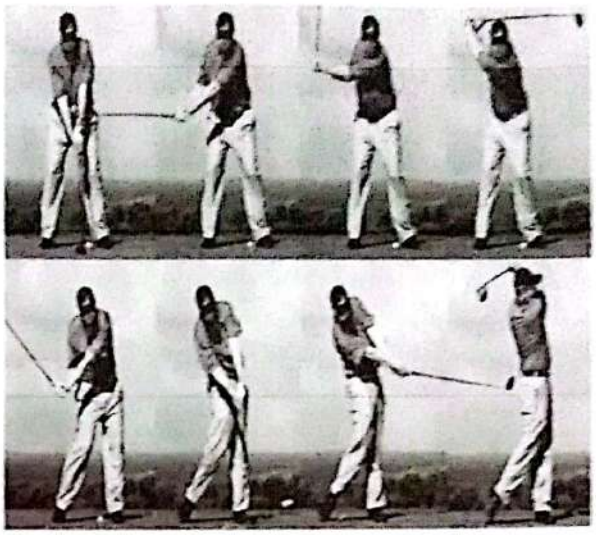


FIGURE 1–16 Movements in the transverse plane Transverse plane movements are usually rotations occurring about a longitudinal axis running through a joint, the center of gravity, or an external contact point

مثال توضيحي

على سبيل التوضيح، يتم تنفيذ الركلة الحرة في كرة القدم في المستوى السهمي، بينما في لعبة القولف تتبع ركلة البداية مسارا في المستوى الأمامي على الرغم من أن هاتين الحركتين الدورانيتين متشابهتين نسبيا، إلا أنهما لا يحدثان في نفس المستوى.



تحدث حركة الأطراف العلوية

حركة الساق اليمنى بشكل رئيسي في المستوى السهمي

بشكل رئيسي في المستوى الأمامي. (Blanchi et al, 2000, P25)

نتيجة

يحدث الانثناء والبسط للحركات التي يتم إجراؤها في المستوى السهمي حول المحور العرضي، وتتم عمليات التقريب والتبعيد في المستوى الأمامي حول المحور السهمي، وتتم الحركات الدورانية في المستوى الأفقي حول المحور الرأسي.

أسئلة للمراجعة

1. أذكر أهم الحركات الأساسية التي تحدث على مستوى مفاصل الجسم.
2. في اي مستوى تحدث حركة الجري وحول أي محور تدور؟
3. في أي مستوى تحدث مهارة رمي الجلة؟
4. في أي مستوى تحدث مهارة التسديد في كرة القدم؟
5. قدم مهارة رياضية تتوافق مع كل من المستويات التشريحية الثلاثة؟
6. أعط مثالا على حركة تحدث في أكثر من مستوى، مع تسمية المستويات المعنية؟
7. قدم مهارة رياضية تتوافق مع كل من المحاور التشريحية الثلاثة؟
8. أعط مثالا على حركة تحدث حول أكثر من محور، مع تسمية المحاور؟
9. ما هو مستوى الحركة لمعظم حركات المفاصل التي تحدث أثناء الجري السريع؟ ما هو محور الحركة المقابل لهذه الحركات؟

المحور الثالث: كنماتيك الحركة الخطية وتطبيقاتها في المجال الرياضي

المحاضرة 4

القوانين الميكانيكية للحركة الخطية

كنماتيك الحركة Kinematics of Motion

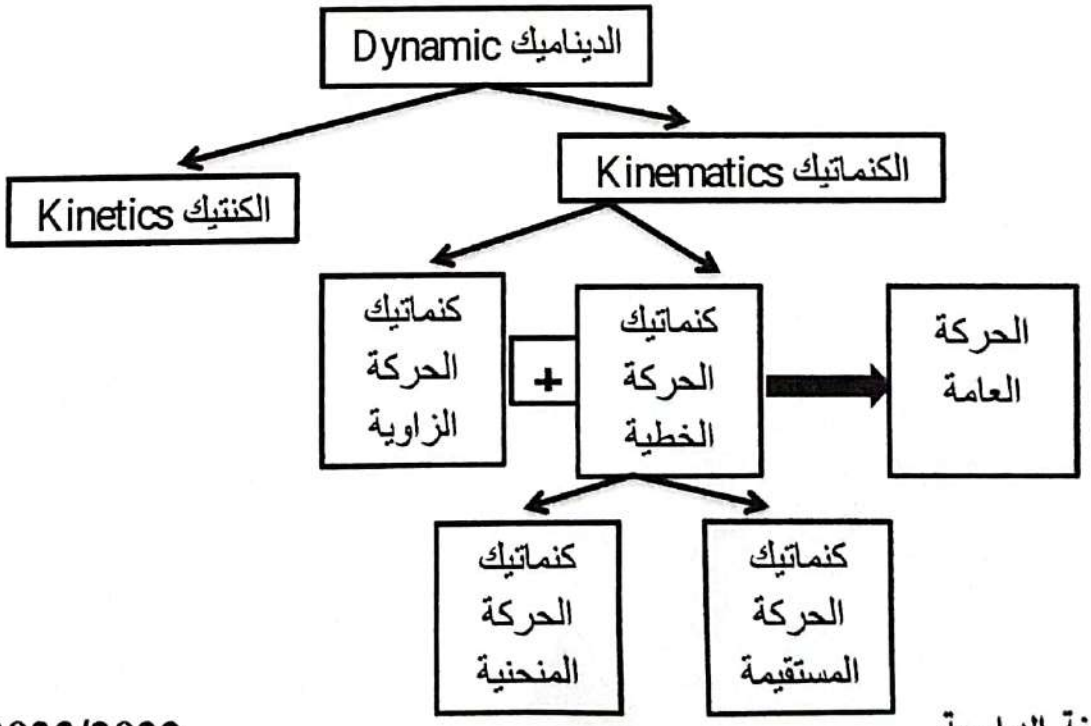
تمهيد

يسمى فرع الميكانيكا الذي يصف المركبات المكانية والزمانية للحركة بالكنماتيك. يتضمن وصف الحركة، موضع الجسم وسرعته وتسارعه دون اعتبار للقوى المسببة للحركة. قد يكون التحليل الكنماتيكي نوعيا أو كميا. التحليل النوعي هو وصف غير عددي للحركة يعتمد على الملاحظة المباشرة. يمكن أن يتراوح الوصف من تقسيم بسيط للأداء – جيد أو سيئ – إلى تحديد متطور للأعمال المشتركة.

المفتاح هو أنه غير رقمي وذاتي. ومن الأمثلة على ذلك ملاحظة المدرب لأداء رياضي لتصحيح عيب في المهارة، والمراقبة البصرية للطبيب للمشي بعد تطبيق طرف اصطناعي، وتقييم المعلم للأداء في اختبار المهارة. في الميكانيكا الحيوية، ينصب التركيز الأساسي على التحليل الكمي. الكلمة الكمية تعني نتيجة عددية. في التحليل الكمي، يتم تحليل الحركة عدديًا بناء على القياسات من البيانات التي تم جمعها أثناء أداء الحركة. يمكن بعد ذلك وصف الحركات بمزيد من الدقة ويمكن أيضًا مقارنتها رياضيا بالأداء السابق أو اللاحق.

يوفر قياس الحركة كنماتيكيا ثلاثي الأبعاد للحركات الرياضية وصفًا حركيا دقيقًا، يسمح لمتخصصي علم الحركة بفهم تلك الحركات، وتطوير تمارين تدريبية محددة، وتغيير تقنية الحركة لتحسين الأداء.

الكنماتيك هو فرع الديناميك الذي يهتم بوصف **الحركة** دون التطرق إلى مسبباتها.



ما هي الحركة؟

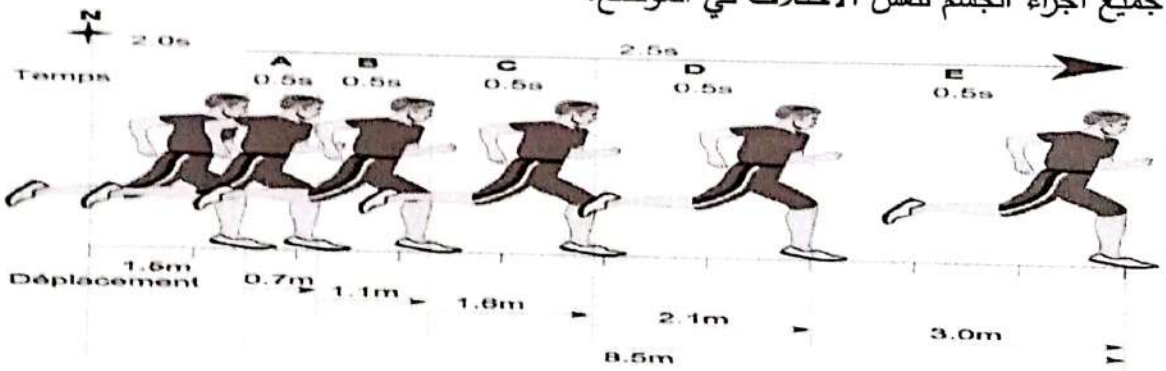
قد نعرف الحركة بأنها عملية تغيير في الموضع. يتضمن الانتقال تغييرا في الموضع من نقطة إلى أخرى. هناك متغيران ضروريان لحدوث الحركة: المكان والزمان - مساحة للتحرك وزمن حدوث الحركة. لتسهيل دراسة الحركة، نصنف الحركات على أنها خطية أو زاوية أو كلاهما (حركة عامة أو مركبة).

الحركة الدائرية والحركة الخطية يشكلان الحركة العامة، يمكن للحركة الدائرية لحركة أطرافنا أن ينتج عنها حركة خطية لواحدة أو أكثر من أجزاء الجسم (جابر وكاظم، 2018، ص140).

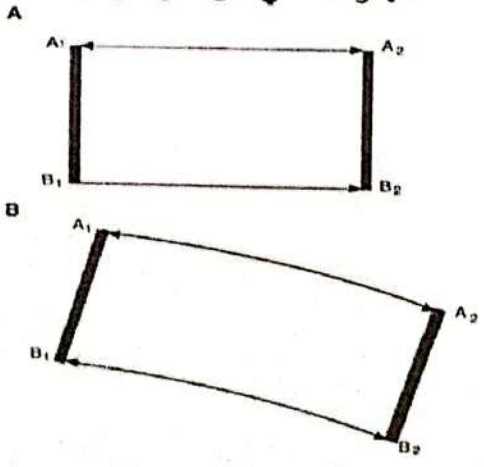
ما هي الحركة الخطية؟

يشار إلى الحركة الخطية عندما تتحرك جميع النقاط الموجودة على الجسم بنفس المسافة، في نفس الاتجاه، وفي نفس الوقت. يمكن أن يحدث هذا على شكلين : **الحركة المستقيمة أو المنحنية.**

الكينماتيكا هي عملية وصف كيف يتحرك الجسم في المكان والزمان. في الحركة الخطية، تخضع جميع أجزاء الجسم لنفس الاختلاف في الموضع.



شكل 01: أنواع الحركة الخطية. (A) حركة مستقيمة. (B) حركة منحنية. في كل من A و B ، فإن الحركة من A إلى A و B إلى B هي نفسها وتحدث في نفس الفترة الزمنية.



الحركة المستقيمة

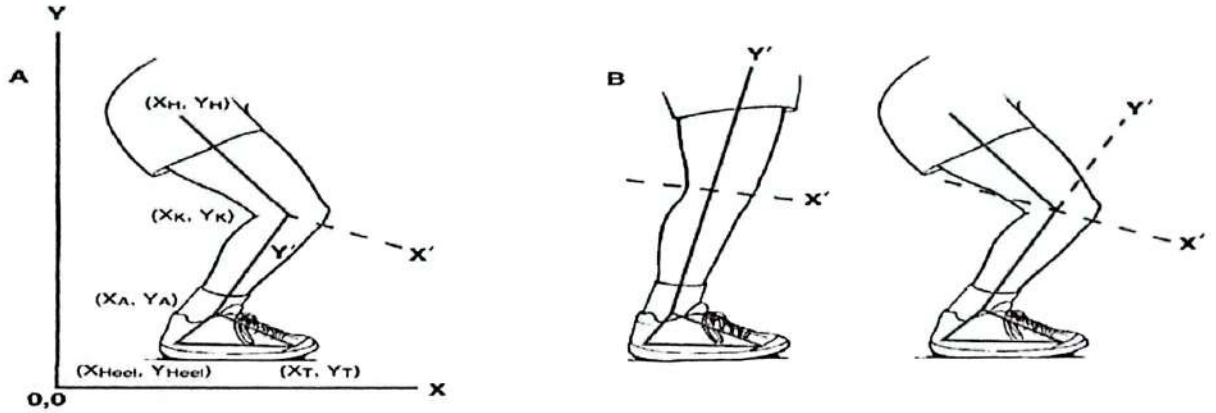
تحدث الحركة المستقيمة عندما تتحرك جميع النقاط الموجودة على الجسم في خط مستقيم بحيث لا يتغير اتجاه الحركة ولا يتغير اتجاه الجسم وتتحرك جميع النقاط الموجودة على الجسم بنفس المسافة.

الحركة المنحنية

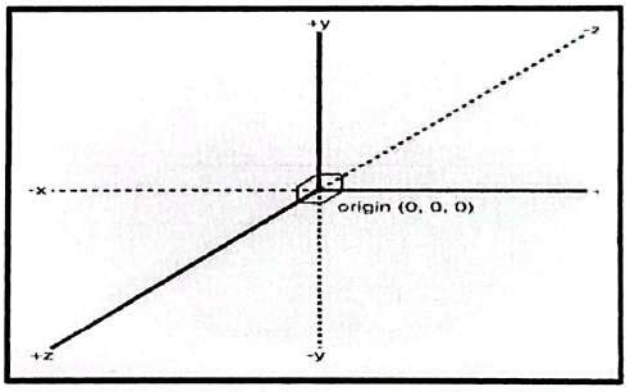
تحدث الحركة المنحنية عندما تتحرك جميع النقاط الموجودة على الجسم بنفس المسافة. الفرق بين الحركة المستقيمة والحركة المنحنية هو أن مسارات الحركة المنحنية خطوط منحنية، وبالتالي فإن اتجاه حركة الجسم يتغير باستمرار، على الرغم من أن اتجاه الجسم لا يتغير.

النظام المرجعي (المعلم) وكيفية تحديد احداثيات النقط

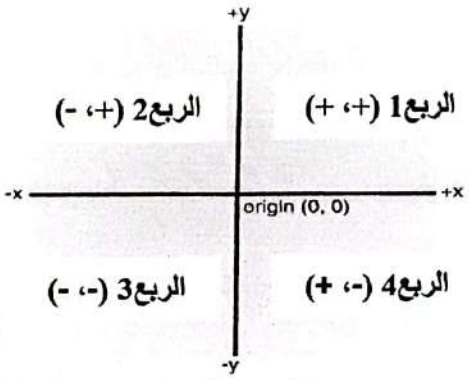
قبل أي تحليل، من الضروري تحديد نظام مرجعي مكاني تحدث فيه الحركة. لدى الميكانيكيون الحيويون العديد من الخيارات فيما يتعلق بالنظام المرجعي. ومع ذلك، فإن معظم الدراسات تستخدم نظام المحاور المتعامدة Cartesian Coordination System. قد يكون هذا النظام ثنائي الأبعاد (D2) (OXY)أو ثلاثي الأبعاد (D3) (OXYZ) .



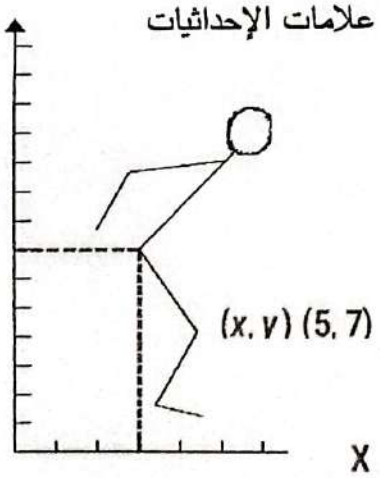
شكل 02: (A) نظام مرجعي ثنائي الأبعاد يحدد حركة جميع النقاط الرقمية في إطار. (B) نظام مرجعي ثنائي الأبعاد موضوع في مركز مفصل الركبة مع المحور الطولي للساق.



نظام إحداثيات ثلاثي الأبعاد.



علامات الإحداثيات



في نظام إحداثيات ثنائي الأبعاد.

نظام إحداثيات ديكارتي يوضح إحداثيات الورك x و y.

- حدد احداثيات كل من مفصل الكتف، المرفق الركبة، ، الكاحل

المتغيرات الكنماتيكية

الموضع: يشير موضع الجسم إلى موقعه في الفضاء بالنسبة إلى مرجع معين، يسمح بمعرفة طول المسافة (l) أو الازاحة (d). (m)

التغيير في موقع الجسم. قد يكون هذا التغيير على شكل انتقال خطي أو دائري أو قد يكون مزيجا من الاثنين. على سبيل المثال، على الرغم من أن الحركة العامة لجسم الإنسان هي الانتقال الخطي فإن الأطراف تعمل بحركة دورانية حول مفاصل متعددة للحصول على هذه الحركة العامة.

الوحدات: الحركة الخطية: متر (m) الحركة الدورانية راديان (rad) أو درجة (°).

الإزاحة كمية شعاعية المسافة كمية جبرية ليس لها اتجاه (*d*)

المسافة/ الازاحة

المسافة المقطوعة دائما تساوي أو أكبر من الازاحة

الازاحة **المسافة**

السرعة (m/s)

هل السرعة (speed) والسرعة الموجهة (velocity) نفس الشيء؟ ميكانيكيا، مختلفان. السرعة (speed) كمية جبرية تتعلق بمعدل المسافة بالنسبة للزمن، في حين السرعة الموجهة (velocity) هي كمية ذات اتجاه تتعلق بمعدل تغير الازاحة بالنسبة للزمن.

التسارع (m/s^2)

في حركة الإنسان، نادرا ما تكون سرعة الجسم أو أحد أطرافه ثابتة. غالبا ما تتغير السرعة خلال الحركة. يمكن أن يرتبط معدل تغير السرعة بالقوى التي تسبب الحركة.معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن. يسمى التسارع. نظرا لأن السرعة كمية ذات اتجاه، يجب أن يكون التسارع أيضا كمية ذات اتجاه.

نوع الحركة	المعادلات	المتغيرات الكنماتيكية
الحركة الخطية المنتظمة	a = 0. v = constant $v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$, $s = \frac{l}{t}$	التسارع a، السرعة الموجهة v السرعة الجيرية s، الازاحةΔd المسافة l الزمن t، التغير في الزمنΔt
الحركة الخطية المتغيرة بانتظام	$d = \frac{1}{2}a(\Delta t)^2 + vi.t + di$ $vf = a.(\Delta t) + vi$ $v^2f = 2a(\Delta d) + v^2i$	vi السرعة الابتدائية vfالسرعة النهائية di الموضع الابتدائي للإزاحة
علاقة السرعة بطول الخطوة وترددها	$v = A.F$ $F = \frac{1}{t}$, $t = tc + te$	v سرعة الجري A طول الخطوة F تردد الخطوة t الزمن، tc زمن الملامسة، te زمن الطيران

معدل السرعة = طول الخطوة x ترددها.

تردد الخطوة = 1/ زمن الخطوة.

تردد الخطوة = 1/ زمن الارتكاز + زمن الطيران

السرعة = المسافة / الزمن.

السرعة = طول الخطوة / زمن الارتكاز + زمن الطيران.

طول الخطوة = المسافة / عدد الخطوات (الفضلي، 2001، ص57).

تطبيق1

يوضح الجدول التالي بعض المتغيرات الكنماتيكية والمرفولوجية لسباق 100mالحامل الرقم القياسي Usain Bolt وبقية المنافسين.

المتغيرات الكنماتيكية Usain Bolt	الألعاب الأولمبية بيكين 2008	بطولة العالم برلين 2009	الألعاب الأولمبية لندن 2012
السن	22	23	26
كتلة الجسم (Kg)	90	90	93
طول الجسم (m)	196	196	196
BMI (Kg/m²)		23.4	24.2
الزمن (s)			
السرعة (m/s)			
تردد الخطوة (Hz)	4.24	4.23	4.29
عدد الخطوة	41.1		41.4
طول الخطوة (m)		2.47	
المتغيرات الكنماتيكية لبقية المنافسين	الألعاب الأولمبية بيكين 2008	بطولة العالم برلين 2009	الألعاب الأولمبية لندن 2012
السن	25.3	26.7	27.0
كتلة الجسم (Kg)	76.7	79.0	80.4
طول الجسم (m)	176	177.3	179.4
BMI(Kg/m²)			
الزمن(s)			
السرعة(m/s)			10.15
تردد الخطوة(Hz)	4.55	4.53	
عدد الخطوة	45.69	44.91	44.45
طول الخطوة(m)		2.23	2.25

1. أتمم الجدول.
2. قدم تحليل تشريحي وكنماتيكي لمجموع السباقات .
3. في أي تحليل يمكن تصنيف هذه الدراسة؟

اسئلة للمراجعة صحيح أم خطأ

1. الحركة هي تغيير في المكان أو الموضع أو الوضعيات تحدث بمرور الزمن.....
2. التحليل البيوميكانيكي هو التحليل الكنيماتيكي.....
3. المتغيرات الكنماتيكية هي نتائج الحركة.....
4. المتغيرات الكنيماتيكية هي المسافة أو الزاوية، السرعة، التسارع. القوة، عزم القوة....

3. أي مما يلي مثال على الحركة الخطية؟

أ. مسار كرة السلة وهي في الهواء أثناء رمية حرة.

ب. طفل يقود عجلة.

ج. حركة ساق عداء خلال سباق 100 متر

د. لا شيء مما بالأعلى

4. أثناء الوثب الطويل، تحدث حركة انتقالية فقط. صحيح أم خطأ مع تصحيح الخطأ ان وجد.

5. يركض رياضي 20kmفي 89mn. كم كانت سرعته المتوسطة m/s؟

a. 0.27m/s b. 0.90 m/s c. 3.75 m/s d. 225m/s

6. نعبر عن السرعة بالمعادلة التالية v=d/t، ما هي معادلة السرعة التي نعتمد عليها في حركات الجري والمشي؟

7. يحقق سباح، المرتبة الأولى في سباق 100m في مسبح 50m، في زمن قدره 50s. أحسب سرعته المتوسطة (speed)؟

المحاضرة5

حركة القذائف وتطبيقاتها في المجال الرياضي

تمهيد

في مواقف معينة، يكون تسارع الجسم ثابتا. هذا مثال على التسارع المنتظم. يحدث عندما تكون القوة الخارجية الصافية المؤثرة على جسم ثابتة ولا تتغير. تشير حركة المقذوفات إلى حركة الأجسام المسقطة في الهواء. يشير هذا النوع من الحركة إلى أن المقذوف ليس له قوى خارجية تعمل عليه باستثناء الجاذبية ومقاومة الهواء. تحدث حركة المقذوفات في العديد من الأنشطة ، مثل والغوص والتزلج على الجليد وكرة السلة والقولف والكرة الطائرة..... حركة المقذوف هي حالة خاصة من الحركية الخطية. القذيفة جسم يتم إسقاطه في الهواء ولا يتأثر إلا بقوى الجاذبية ومقاومة الهواء. إذا كانت مقاومة الهواء صغيرة جدا بحيث لا يمكن قياسها، وكانت القوة الوحيدة المؤثرة على الجسم هي قوة جاذبية الأرض، فإن قوة الجاذبية ستسرع القذيفة بتسارع منتظم يساوي $a = g = -9.81 m/s^2$

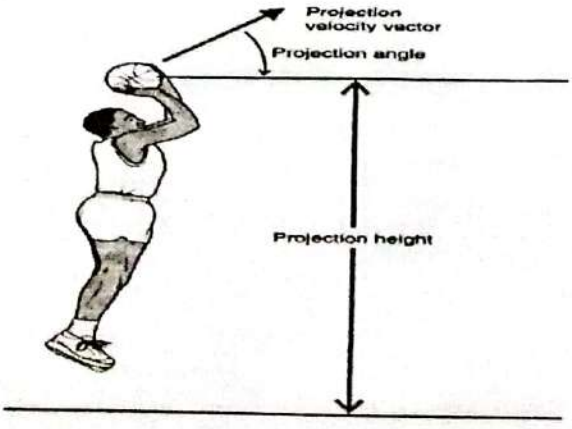
العوامل المؤثرة على القذيفة:

ارتفاع القذيفة.

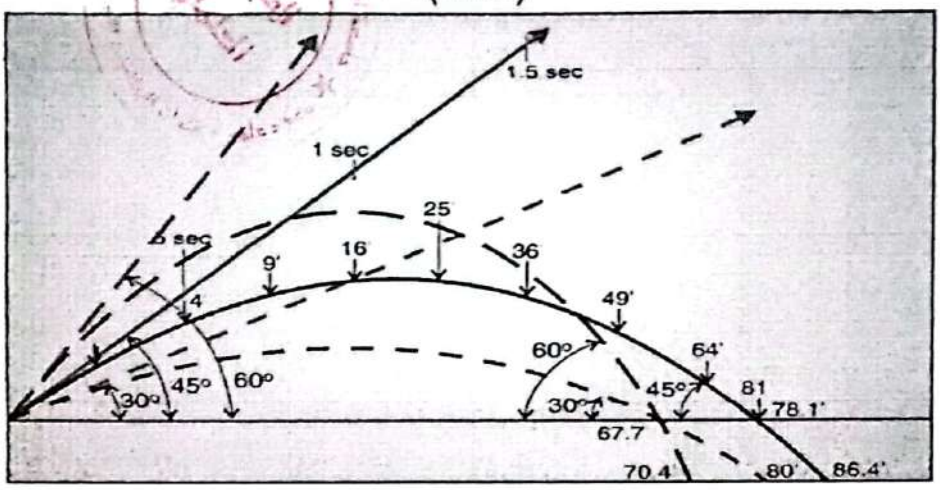
السرعة الموجهة للقذيفة.

زاوية انطلاق القذيفة.

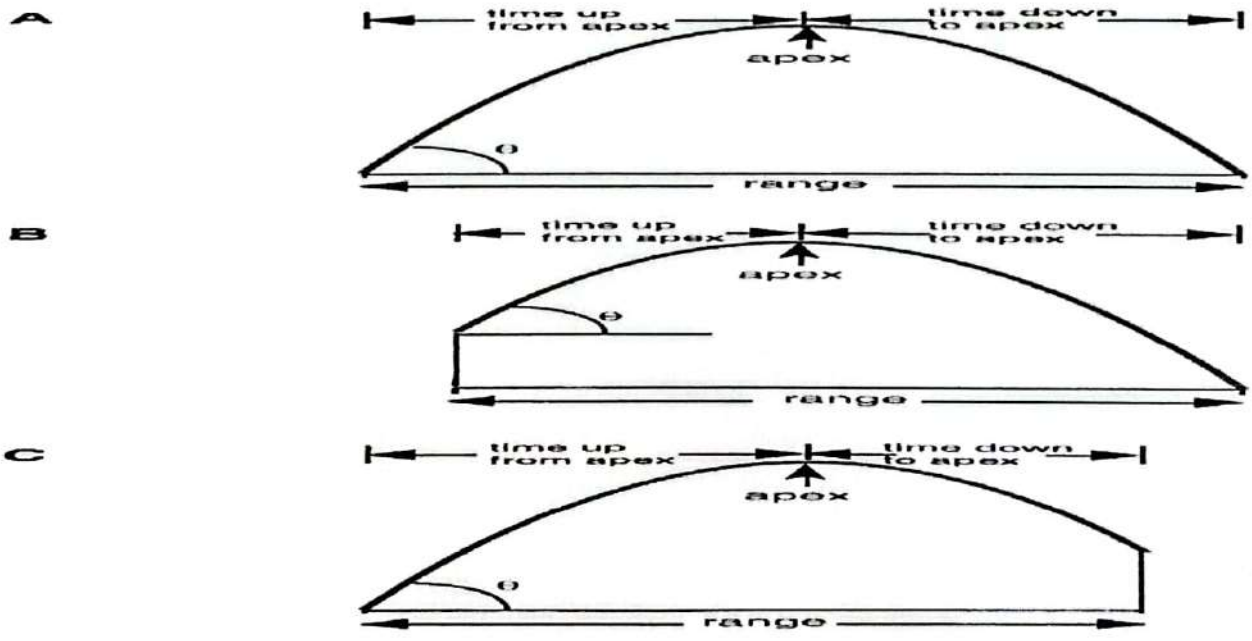
متغير الزاوية لبعض الأنشطة الرياضية	
النشاط	الزاوية (°)
الارسال في التنس	15 - 13
رمي القرص	35 - 15
القفز العالي	48 - 40

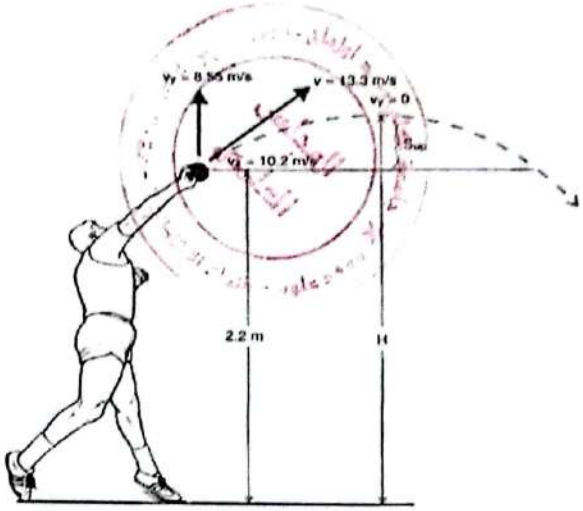


المسارات النظرية لقذيفة مسقطة بزوايا مختلفة مع الحفاظ على ثبات السرعة (15.2m/s) والارتفاع (2.4m).



تأثير ارتفاع الإسقاط الصفري (A)، وارتفاع الإسقاط الموجب (B)وارتفاع الإسقاط السالب (C)على شكل مسار المقذوف.





تطبيق

الشروط الأولية لرمي الجلة v = 13.3 m / s، وزاوية الرمي 40° ، وارتفاع الرمي 2.2 m

المطلوب: حساب طول الرمي

طول الرمي(m) L

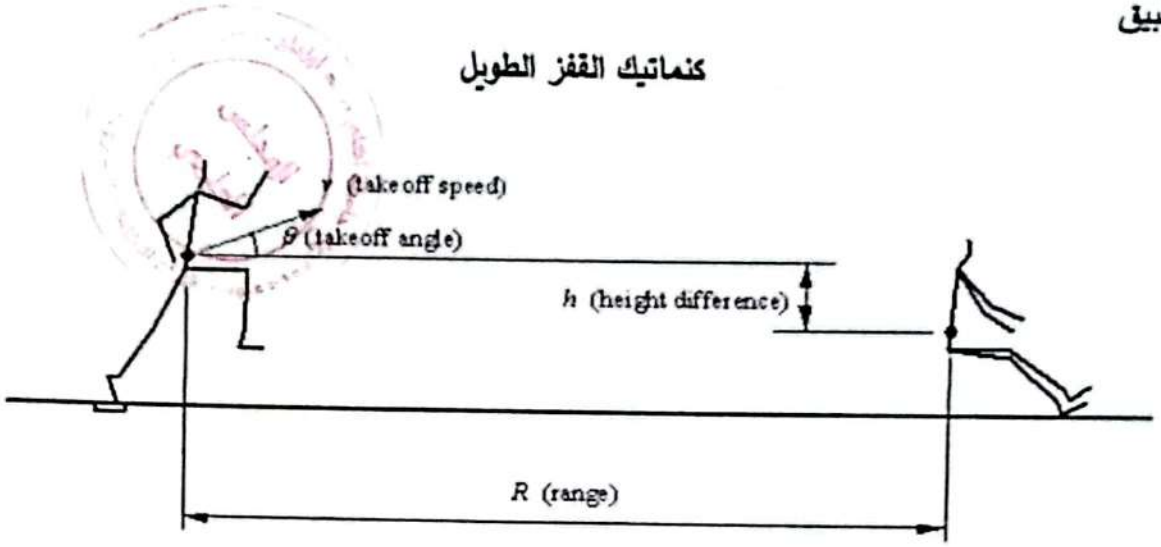
السرعة الأفقية للقذيفةVx

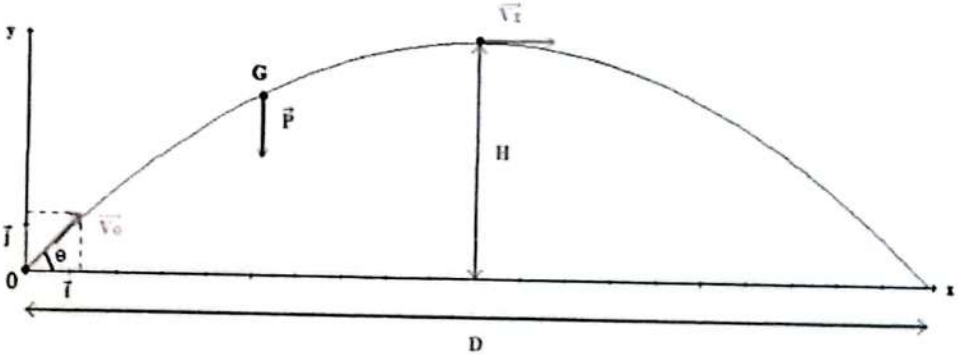
السرعة العمودية للقذيفة Vy

معادلات حركة القذائف Projectile Motion
على المحور العمودي oy
الموضع العمودي (الارتفاع) $h = \frac{1}{2}g(\Delta t)^2 + vf\Delta t + h0$ السرعة الموجهة العمودية $vf = g\Delta t + vi$ $vf^2 = 2g\Delta t + vi^2$ التسارع العمودي $a = g = -9.81m/s^2$ $l = \frac{v^2.\sin\theta\,.\cos\theta\,.+vx\,.\sqrt{(vy)^2 + 2gh}}{g}$
على المحور الأفقي ox $x = v\Delta t$
زمن الطيران Δt up = Δt down $\Delta t\ flight = 2\Delta t\ up$

تطبيق

كنماتيك القفز الطويل





أهم المتغيرات الكينماتيكية لمسابقة القفز الطويل

المتغيرات	القيمة
طول القامة	1.82 م
الكتلة	76 كغ
طول القفزة	8م
مسافة التحضير للقفز	48م
السرعة الأفقية عند لمس اللوحة	10.6م/ثا
السرعة العمودية عند لمس اللوحة	-0.1م/ثا
السرعة الأفقية عند الطيران	8.8م/ثا
السرعة العمودية عند الطيران	3.4م/ثا
سرعة الطيران	9.4م/ثا
زاوية الطيران	21°

زاوية الساق	61°
زاوية الركبة	166°
زمن الطيران	0.11ث
ارتفاع مركز الكتلة عند لمس اللوحة (1)	1.03م
ارتفاع مركز الكتلة عند الطيران (2)	1.29م
ارتفاع مركز الكتلة عند العودة لملامسة الأرض (3)	0.65م
الفارق بين (1) و (2)	0.26م
الفارق بين (2) و (3)	-0.64م
أقصى ارتفاع أثناء القفز (الذروة)	1.83م

تطبيق

حقق رياضي تخصص ألعاب القوى قفزة قدرها 8.13m بفضل سرعة طيران 9.20m/s وزاوية طيران 22°.

1. أحسب طول القفزة باستعمال قوانين حركة القذائف.
2. قارن بين طول القفزة المحسوبة وطول القفزة الحقيقية. ماذا تستنتج؟

المحور الرابع: التحليل الحركي

المحاضرة 6

أساسيات التحليل الحركي

تعريف التحليل الحركي:

" دراسة الحركة ومعرفة تأثير المتغيرات الوصفية والمسببة للارتقاء بمستوى أداء الحركة الذي يحقق الهدف منها، وان دراسة الخصائص الكينماتيكية والكيناتيكية تسمح بالتعليل والحكم على مستوى إتقان الأداء.

أحد المرتكزات الأساسية لتقويم مستوى الأداء والتي من خلاله يمكننا مساعدة المدربين في معرفة مدى نجاح منهجهم التدريبي في تحقيق المستوى المطلوب، إضافة الى تحديد مكامن الضعف في الأداء والعمل على تجاوزها لرفع مستوى اللاعبين ".

أ-التحليل الخارجي: والمقصود به هو تحليل حركات اجزاء الجسم الاجمالية بشكل عام وتأثير القوى الخارجية الاخرى عليها .

ب-التحليل الداخلي : يعني التحليل لعمل العتلات العظمية والعضلية ومقاومة الانسجة المختلفة في الشد والاحتكاك الداخلي وعوامل عضوية اخرى.

أ-التحليل الحركي المبدئي بدون استخدام التسجيل المرئي.

ب-التحليل الحركي باستخدام التصوير سينما-فيديو-اشعة تحت الحمراء .

ج-التحليل الحركي باستخدام التصوير المركب التصوير للمهارة لأكثر من محور ثنائي، وثلاثي الابعاد D2 & D3.

أ-الاستدلالي : ويقصد به التحليل عن طريق المقارنة بين اداء لاعب ونموذج (وصفي).

ب-الاستقرائي : ويقصد به التحليل عن طريق تحديد الأخطاء واعطائه تمارين لمعالجة الأخطاء (تجريبي).

المستوى الأول: التحليل بغرض التعرف على الخصائص التكنيكية للمهارة.

المستوى الثاني: التحليل بغرض الكشف عن عيوب الأداء.

المستوى الثالث: التحليل بغرض مقارنة الأداء بالمنحنيات النظرية.

المستوى الرابع: التحليل بغرض الدراسة النظرية لحركات النماذج(ابراهيم ومحمود، 2014)

اهداف التحليل الحركي:

تحليل حركات جسم الانسان وتحديد المتغيرات المؤثرة والتنبؤ بها من خلال:

1 . الفهم والتفسير: فهم وتفسير حركات جسم الانسان في أوساط مختلفة وعلى أسس بيوميكانيكية وفسيولوجية وتشريحية ونفسية.

2 . الضبط والتحكم: الضبط والتحكم في المتغيرات المؤثرة في الأداء الحركي.

3 . التنبؤ: التنبؤ بناتج الأداء الحركي بدلالة تحليل المتغيرات المؤثرة فيه.

أهمية التحليل الحركي : يهدف التحليل الحركى الميكانيكي الى تقييم مستوى أداء الحركات والمهارات الرياضية في مختلف الرياضات بغرض تحديد نقاط القوة والضعف في مستوى الأداء الفني وتقويمه بصورة موضوعية وعلى أساس علمي.

وتكمن أهمية التحليل الحركي فيما يأتي :

1 -تعليل الحركات الرياضية وتوضيحها.

2 -بحث القوانين وشروط الحركات الرياضية وتطويرها.

3 -تحسين الحركات والتكنيك الرياضي.

4-تفسير الانجاز الرياضي العالي للمستويات العالية.

5 -التحليل الحركي يستخدم لحل المشكلات التي تتعلق بالتعلم الحركي والانجاز الرياضي العالي .

6 -يقوم بتشخيص الحركات وأجزائها ومقارنة هذه الأجزاء المحللة بإنجاز حركي آخر.

7 -التحليل الحركي يجيب على الكثير من الأسئلة التي تتعلق بالإنجاز الرياضي والخاصة بكيفية تحقيق الهدف المرسوم او إتمام الحركة.

8 -التحليل الحركي يساعد المدرب في تصور الحركة أولا ثم إيصالها الى المتعلم بعد ذلك.

9 -يساعد على توجيه النصائح العلمية الدقيقة مما يساعد على سرعة التعلم والوصول إلى التكنيكات الصحيحة.

10 -التحليل الحركي يساعد المدرب واللاعب على استغلال التغذية الراجعة بصورة تنعكس على تصحيح الأداء أو الارتقاء به.

المبادئ الاساسية للتصوير:

اولا- اجراءات ما قبل التصوير :

1 التحديد المسبق للمستوى او المستويات الفراغية التي تتم عليها الحركة او المهارة الرياضية المراد تصويرها ، حيث ان هذا التحديد المسبق سوف يساعد في تحديد مكان وضع الة التصوير بالنسبة للمستوى الفراغي الذي تتم عليه الحركة وعدد آلات التصوير.

2- يجب على الباحث 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 والتي تحتاج اليها بعض الدراسات او البحوث، وان هدف التحليل هو الذي يحدد هذه القياسات مثل (العمر ، الوزن، طول الجسم، اطوال اجزاء الجسم،.....الخ) حيث يتم تسجيل هذه البيانات في استمارة خاصة لكل فرد من افراد العينة.

3 . التنبؤ: التنبؤ بناتج الأداء الحركي بدلالة تحليل المتغيرات المؤثرة فيه.

أهمية التحليل الحركي : يهدف التحليل الحركى الميكانيكي الى تقييم مستوى أداء الحركات والمهارات الرياضية في مختلف الرياضات بغرض تحديد نقاط القوة والضعف في مستوى الأداء الفني وتقويمه بصورة موضوعية وعلى أساس علمي.

وتكمن أهمية التحليل الحركي فيما يأتي :

1 -تعليل الحركات الرياضية وتوضيحها.

2 -بحث القوانين وشروط الحركات الرياضية وتطويرها.

3 -تحسين الحركات والتكنيك الرياضي.

4-تفسير الانجاز الرياضي العالي للمستويات العالية.

5 -التحليل الحركي يستخدم لحل المشكلات التي تتعلق بالتعلم الحركي والانجاز الرياضي العالي .

6 -يقوم بتشخيص الحركات وأجزائها ومقارنة هذه الأجزاء المحللة بإنجاز حركي آخر.

7 -التحليل الحركي يجيب على الكثير من الأسئلة التي تتعلق بالإنجاز الرياضي والخاصة بكيفية تحقيق الهدف المرسوم او إتمام الحركة.

8 -التحليل الحركي يساعد المدرب في تصور الحركة أولا ثم إيصالها الى المتعلم بعد ذلكً.

9 -يساعد على توجيه النصائح العلمية الدقيقة مما يساعد على سرعة التعلم والوصول إلى التكنيكات الصحيحة.

10 -التحليل الحركي يساعد المدرب واللاعب على استغلال التغذية الراجعة بصورة تنعكس على تصحيح الأداء أو الارتقاء به.

المبادئ الاساسية للتصوير:

اولا- اجراءات ما قبل التصوير :

1 التحديد المسبق للمستوى او المستويات الفراغية التي تتم عليها الحركة او المهارة الرياضية المراد تصويرها ، حيث ان هذا التحديد المسبق سوف يساعد في تحديد مكان وضع الة التصوير بالنسبة للمستوى الفراغي الذي تتم عليه الحركة وعدد آلات التصوير.

2- يجب على الباحث 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 والتي تحتاج اليها بعض الدراسات او البحوث، وان هدف التحليل هو الذي يحدد هذه القياسات مثل (العمر، الوزن، طول الجسم، اطوال اجزاء 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 تتم الاستعانة بأفراد لهم خبرة في هذا المجال من حيث التصوير واخذ القياسات المطلوبة وان طبيعة وعدد افراد فريق العمل يتحدد من خلال اهداف البحث او الدراسة والاجراءات المتبعة وعدد افراد العينة التي سيتم تصويرها وعدد المحاولات لكل فرد من افراد العينة.

ثانيا- موضع الة التصوير:

يجب ان يكون وضع الة التصوير ثابتا اثناء تصوير الحركة او المهارة الرياضية ، ومن الخطا تحريك الة التصوير بأي اتجاه من الاتجاهات اثناء التصوير حيث ان تحريك الة التصوير سوف يؤدي الى اختلاف في القيم الميكانيكية المدروسة عن قيمها الحقيقية ، لذلك ولغرض الحفاظ على ثبات الة التصوير يتم استخدام (حامل ثلاثي) حيث تثبت عليه الة التصوير بشكل جيد.

ثالثا- تعامد الة التصوير:

يجب ان يتحرك اللاعب الذي يتم تصويره بزاوية قائمة (90 درجة) مع الة التصوير (البعد البؤري للعدسة) وتعتبر هذه النقطة غاية في الاهمية عندما يقوم الباحث او الدارس بقياس الزوايا حيث 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 الى اختلاف في القيم الميكانيكية مثل الزوايا.

رابعا- الاضاءة :

تلعب الاضاءة دورا مهما في التصوير وخصوصا اذا ما كان التصوير يتم داخل القاعات الداخلية او المختبرات وهناك مجموعة من العوامل تحدد الشدة المطلوبة من الاضاءة وهي "3":

1- سرعة تردد الة التصوير : فكلما كانت سرعة تردد الة التصوير عالية كلما احتجنا الى شدة اضاءة اكبر

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

3- طول مسافة الحركة او المهارة : كلما كانت مسافة الحركة او المهارة المؤدات طويلة (مثل تصوير الركضة التقريبية للوثب الطويل او السباحة) كلما كانت الحاجة لشدة اضاءة اكبر.

خامسا- مقياس الرسم :

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

سادسا- تحديد نقاط مفاصل الجسم و الادوات:

الوسائل المستخدمة:

- القياس اللحظي بواسطة الخلايا الضوئية Electronic Stroboscopic
- جهاز ضبط الزمن Cronograph
- التصوير بالأثر الضوئيChronography
- جهاز تسجيل السرعة Speedograph
- التصوير السنمائي Cinematography
- التصوير الدائري Chronocyclography
- التصوير بالفيديو Videography (عبد البصير، 1998، ص135)

البرمجيات المستخدمة في التحليل الحركي:

اولا- برنامج Movie : Millيستخدم هذا البرنامج لغرض نقل الفيلم من الة التصوير او جهاز الفيديو الى جهاز الحاسوب .

ثانيا- برنامجVCD Cutter : يستخدم هذا البرنامج لغرض تقطيع الفيلم واخذ المقاطع التي نريدها وكذلك يستخدم هذا البرنامج لغرض دمج المقاطع مع بعضها البعض بعد ان يتم تقطيعها .

ثالثا- برنامج Adobe Premiere : يستخدم هذا البرنامج لغرض تحويل الفيلم الى مجموعة من الصور ويتم اخذ 25 صورة لكل ثانية من زمن الفيلم المأخوذ .

رابعا- برنامج Dartfish : يستخدم هذا البرنامج لغرض قياس جميع المتغيرات الميكانيكية المختلفة، كما ان هذا البرنامج يدعم خاصية المقارنة بين رياضيين اثنين بوقت متزامن وغالبا ما تستخدم هذه الخاصية عندما تكون هناك مقارنة مع نموذج عالمي.

التحليل الكمي الميكانيكي الحيوي

عادة ما تقتصر التحليلات الكمية الشاملة للميكانيكا الحيوية على العروض التي يقدمها نخبة الرياضيين؛ ومع ذلك، يمكن للمدرسين والمدربين إجراء بعض قياسات الأداء وبالتالي إجراء تحليلات كمية محدودة من التكنولوجيا الحيوية. يمكن استخدام ساعة توقيت وشريط قياس لقياس وبالتالي تحديد العديد من المعلمات الميكانيكية الحيوية. حساب الخطوات وتوقيت المدة التي يستغرقها اتخاذ هذه الخطوات المتعددة يمنح المدرب مقياسا لمعدل الخطوة. قياس مسافة محددة وتوقيت الوقت المستغرق لتحريك تلك المسافة يعطي مقياسا للسرعة. إذا سجل المساعدون مكان هبوط كل مشاة ، فيمكن قياس طول الخطوة. تسمح هذه الأنواع من القياس للمدرب أو المعلم بإجراء تحليلات كمية محدودة من الميكانيكا الحيوية ، لكن أخذ مثل هذه القياسات يمنع المدرب أو المعلم من مراقبة الأداء بأكمله. يتطلب التحليل الكمي الشامل للميكانيكا الحيوية معدات متخصصة ومكلفة لتسجيل وقياس المتغيرات الميكانيكية الحيوية ذات الأهمية.

عادة ما يقوم الميكانيكيون الحيويون أو الفنيون المدربون، بدلا من المعلمين أو المدربين، بإجراء تحليلات ميكانيكية حيوية شاملة .

التحليل الكيفي (النوعي) وتطبيقاته في مجال التعلم الحركي

عبارة عن حكم ذاتي، وهذا لا يعني أنه غير منظم أو عشوائي، إذ أنه يتطلب تخطيطا ومعلومات شاملة من العديد من النظريات. أما الكمي فيقوم على قياس الأداء في صورة أرقام وأعداد (ابراهيم ومحمود، 2014، ص459).

يتضمن التحليل تقسيم شيء ما إلى أجزاء أصغر ثم فحص تلك الأجزاء. يتضمن التحليل النوعي تقسيم شيء ما إلى أجزاء أصغر ثم فحص تلك الأجزاء دون قياس أو تحديد خصائصها. وبالتالي، فإن التحليل الميكانيكي الحيوي المعياري لحركة أو مهارة رياضية يقسم الحركة إلى عناصرها الأساسية ثم يفحص هذه العناصر نوعيا من منظور ميكانيكي حيوي. يتطلب إجراء تحليل ميكانيكي حيوي نوعي استخدام كل المقاييس التي تمت دراستها (علم التشريح، فسيولوجيا الجهد الدني، التدريب الرياضي.....)، ولكن ليس بطريقة عشوائية. يتطلب تطبيق المعرفة الميكانيكية والتشريحية نهجا منظما إذا كان التحليل النوعي الناتج عن المجال الحيوي ناجحا. قد يختلف النهج اعتمادا على هدف التحليل. هل الهدف هو تحسين التقنية؟ لتحسين التدريب؟ لمنع الاصابة؟ لتحسين المعدات؟

تعتبر الحركة عند الإنسان مجال خصب لتطبيقات الميكانيكا الحيوية لما تقدمه اختصاصات مثل التربية البدنية و التدريب الرياضي من كم كبير من الحركات، في مجال التربية البدنية تهدف الميكانيكا الحيوية لتقييم المهارات و تسجيل الملاحظات اللازمة لمساعدة التلاميذ على التحسن، كما تساعد الأساتذة على تحديد الأنشطة و التمارين المناسبة لتنمية مختلف المجموعات العضلية و مختلف مكونات اللياقة البدنية، و هذا كله من خلال مبادئ الميكانيكا الحيوية التي يمكن دمجها مع فروع متعددة لعلم الحركة (Knudson et Morrison, 2002).

في مجال التدريب يستعين المدربون بالميكانيكا الحيوية للتحليل الحركي للمهارات الرياضية و تحديد التدريب المناسب و معالجة الإصابات الرياضية (Elliott et Bartlett, 2006; Knudson, 2007)، كما تعتبر المعارف الخاصة بالميكانيكا الحيوية جد هامة عندما يتعلق الأمر بتنسيق الجهود مع المختصين في مجال الطب الرياضي.

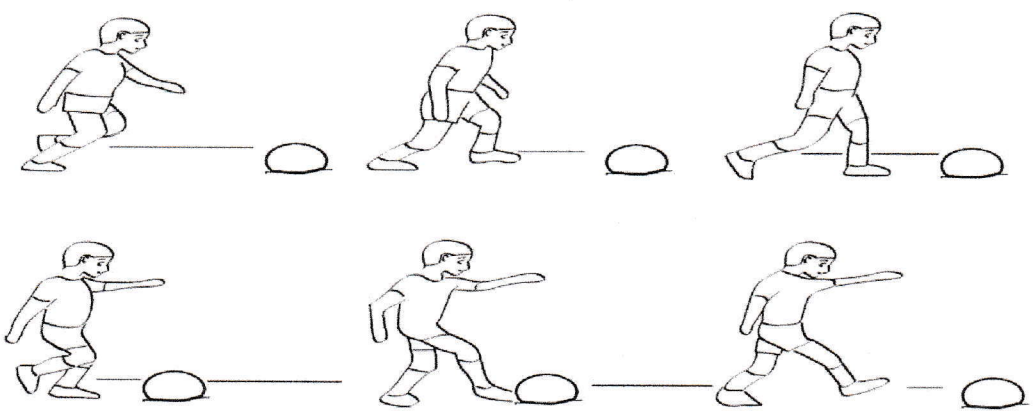
إن التحليل النوعي يعطي شكلا تقويميا عاما للأداء من دون اللجوء إلى تحديدات رقمية أي انه يحدد نوع الأداء كأن يكون الأداء جيداً، ضعيفاً، متوسطا، هذا ما يساعد الأساتذة و المدربين في العمليتين التدريسية و التدريبية بحكم أن هذا النوع من التحليل لا يحتاج إلى وسائل و أجهزة معقدة وهو ما يجعله

في متناول المربين بالمقارنة مع التحليل الكمي الذي يعتمد على وسائل و أجهزة قياس معقدة من استخراج قياسات كمية.

نهدف من خلال هذا المقطع التعريف بدور التحليل الكيفي البيوميكانيكي النوعي(Qualitative Analysis) في مراقبة ومتابعة حصة التربية البدنية و الرياضية و حصص التدريب الرياضي من خلال التعريف بهذا التحليل و طريقة استعماله من طرف الأساتذة و المدربين، و على هذا الأساس سنتطرق إلى كيفية استغلال التحليل الكيفي في الميكانيكا الحيوية لمراقبة و متابعة حصة التربية البدنية و الرياضية و حصص التدريب الرياضي و قد وقع اختيارنا على مهارة **تسديد** الكرة بالقدم و **الرمية الحرة** و **استقبال** الكرة في كرة السلة في مجال التربية البدنية و في مجال التدريب اخترنا **المراوغة** في كرة القدم، و **التمرير** في كرة السلة هذا بالنسبة للجانب المهاري أما بالنسبة للجانب البدني فقد وقع الاختيار على تقنية **Squat** و تقنية القفز من أعلى صندوق **Drop Jump**.

خاتمة هذه الدراسة التحليلية للتحليل الكيفي ستكون بإجراء مقارنة بسيطة بين التحليل الكيفي و التحليل الكمي في الميكانيكا الحيوية في مجال التدريب خاصة فيما يتعلق بتحديد التدريب المناسب(حمولة التدريب كميا).

خصائص مهارة التسديد في كرة القدم و كيفية تدخل المربي	
المميزات القوية	**التدخلات التدريسية المحتملة**
التركيز البصري	تخفيض الرأس والتركيز على الكرة
مقدمة القدم	وضع القدم بجانب الكرة
تنسيق	مرجحة الورك والساق
نقطة التأثير	ركلة مركز الكرة
المتابعة البصرية	متابعة بصرية لاتجاه الكرة نحو المرمى



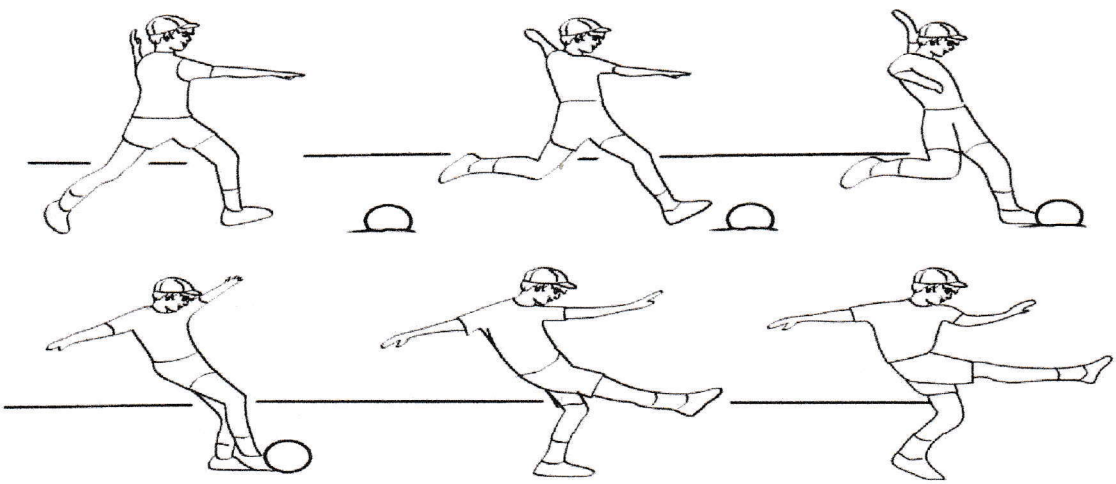
شكل1: يوضح مهارة التسديد عند طفل صغير، الزمن بين الصور 0،08 ثا

حركة هذا الطفل توضح المستوى الضعيف في مهارة التسديد، لكن على المدرب تهيئته على التركيز البصري على الكرة، التوازن أثناء الضرب، و ما يمكن أن يستخلصه في هذه المرحلة من التعلم أن تطبيق بعض المبادئ البيوميكانيكية المرتبطة بالتسديد ضعيف فهذا الطفل يطبق قوة ضعيفة على الكرة لأنه يضرب الكرة بأصابع الرجل ما يجعله يفقد الكثير من القوة (عدم الاستفادة من القوة المنتجة من جميع أطراف الجسم) المبدأ الثالث للبيوميكانيك "ترتيب عمل أطراف الجسم: و المبدأ الرابع " مجموع السرعات الخطية للمفاصل"

لتحسين نقط الضعف المذكورة يجب العمل على تحسين التنسيق بين أطراف الجسم من أجل انتقال جيد للقوى المنتجة من طرف الأطراف إلى الكرة و كذلك جمع جميع السرعات الخطية للمفاصل كمحصلة ممثلة لسرعة الكرة.

اللاعب في **الشكل 2** يتميز بمهارة أحسن من مهارة الطفل في **الشكل1**، ما هي أهم المبادئ البيوميكانيكية المطبقة بشكل جيد أو ضعيف في **الشكل 2**؟

من خلال **الشكل2** يمكن تسجيل الاقتراب الجيد من الكرة (الشدة، مبدأ العطالة) بعض المربين قد يرون أن جميع المبادئ البيوميكانيكية قد طبقت بشكل جيد إلا أنه يمكن العمل أكثر على مبدأي سعة الحركة و التنسيق بين أطراف الجسم من خلال الرفع من الحركة الدائرية للحوض على الورك الأيسر(سعة أكبر للحركة) و التنسيق بين عمل مفصل الورك و مفصل الركبة.



شكل2: يوضح لاعب يسدد الكرة بمهارة، الزمن بين الصور 0،08ثا

في الأخير يمكن طرح الأسئلة التالية:

1. أي من هذه التحسينات (سعة الحركة أو التنسيق) يمكن للاعب تغييرها؟
2. أي مبدأ أكثر تأثيرا عل التسديد؟

هذه الأسئلة تعتبر مهمة للمربي في مرحلة التشخيص و المتابعة .

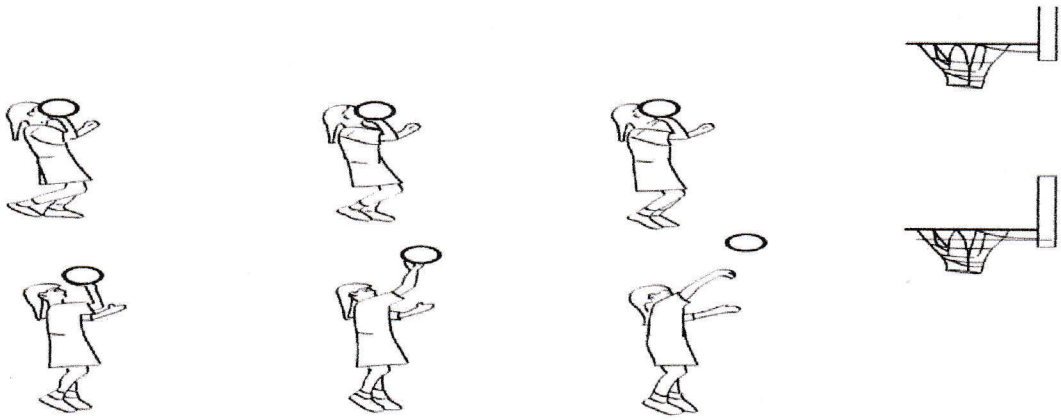
على المربي الاطلاع على دراسات تخص التسديد في كرة القدم(Barfield, 1998, Davids, Lees et Burwitz, 2000, Dorge, Bull Andersen, Sorensen et Simonsen, 2002

شملت أمثلة التحليل النوعي السابقة الحركات التي يجب أن تتوافق مع الظروف البيئية غير المتوقعة. يصنف التعلم الحركي هذه الحركات على أنها مهارات مفتوحة، بينما تسمى المهارات ذات الظروف المستقرة جداً بالمهارات المغلقة. عندما يقوم المعلمون الفيزيائيون بتدريس المهارات الحركية المغلقة وتحليلها ، يمكن أن يكونوا واثقين من أن الأداء يعتمد بشكل أقوى على الأسلوب النمطي أكثر منه علىعلى التقنيات الفعالة. الظروف المعيارية للرمي الحر في كرة السلة تعني أن الأساليب النمطية للرمية الواحدة ستكون الأمثل. يسرد الجدول 9.3 نقاط التقنية الرئيسية وإشارات التدخل التي تصف تقنية الرمي بالحركة الحرة.

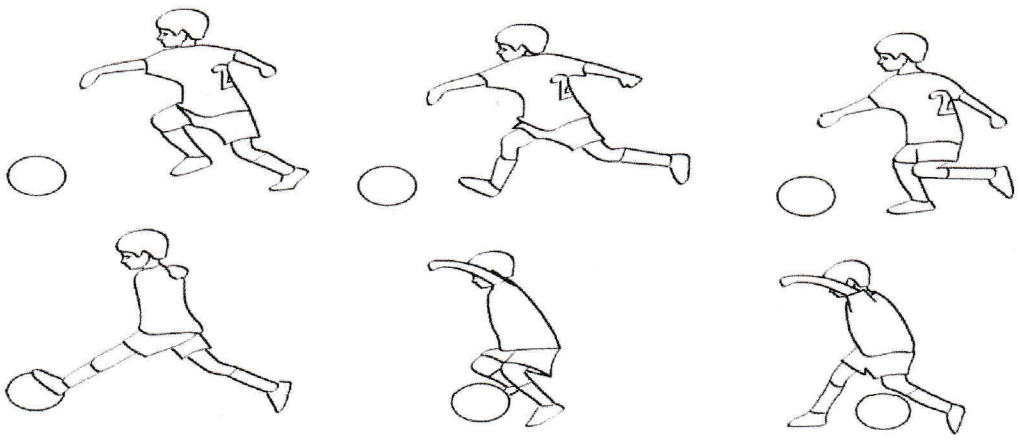
افترض أن طالبة في مدرسة ابتدائية تعمل على رمية حرة باستخدام معدات معدلة. استخدام كرة أصغر وسلة سفلية أمر حاسم لتعليم أسلوب التصوير الجيد مع الأطفال الصغار. في هذا العمر، لا يمكنهم عادة استخدام تقنية تصوير جيدة باستخدام كرة منتظمة وسلة بارتفاع 10 أقدام بسبب قلة قوتهم. افترض أن مشاهدات محاولات الرمي الحرة لطفل صغير تظهر تقنية تتفق مع ما هو موضح في الشكل. التعرف على المبادئ البيوميكانيكية التي هي نقاط القوة والضعف. ثم تشخيص الوضع لتحديد ما يجب أن يكون مبدأ بيوميكانيك محور أي تدخل.

المبادئ التي يمكن تكملها هي توازنها الجيد ، والتنسيق المتزامن ، والدوران على الكرة. من الصعب أن نرى في الشكل ، لكن هذا الطفل استخدم يدًا واحدة وساقًا واحدة فقط لإطلاقها لأنها دخلت في اللقطة. نقاط الضعف في تقنية الرماية لها هي الاستخدام المحدود لمجال الحركة ومبادئ وقت القوة حيث أنها لا تولد بسهولة سرعة الكرة المطلوبة للتصويب. نقطة ضعف أخرى في مبدأ المسار الأمثل. وقد أظهرت الأبحاث الميكانيكية الحيوية على الرماية أن الزوايا المثلى للإسقاط بالنسبة إلى معظم لقطات المجموعة والقفز تتراوح بين 49 و 55 درجة فوق المستوى الأفقي (Knudson، 1993). غالباً ما يختار لاعبو كرة السلة الشباب مسارات إطلاق "مسطحة" ، والتي تتطلب في الواقع سرعة أكبر في الكرة وغالباً ما يكون لديهم زوايا دخول لا تسمح للكرة بالمرور بشكل نظيف من خلال الحلبة. هذا الوزن من الفوائد المحتملة للعمل على نطاق الحركة أو مسار النار الأولي هو القرار التشخيصي الأساسي في هذه الحالة. هناك العديد من الأسباب البيوميكانيكية لماذا من المرجح أن يكون أكثر فائدة للعمل على مسار النار من زيادة مجال الحركة. أولاً ، يؤدي استخدام المسار المرغوب إلى زيادة زاوية الإدخال واحتمالية التقاط الصورة. ثانياً ، يتطلب هذا المسار الأعلى قليلاً سرعة أقل للكرة من تلك المسطحة جداً. ثالثًا ، من المرجح أن يزيد اللاعب الشاب من قوته بينما سيبقى المسار المرغوب فيه كما هو. يشير التفاعل بين الميكانيكا الحيوية وخصائص الأداء إلى المعلم أن الممارسة اللاحقة يجب أن تركز على مسار طفيف أعلى قليلاً.

خصائص مهارة الرمي في كرة السلة و كيفية تدخل المربي	
المميزات القوية	التدخلات التدريسية المحتملة
التركيز البصري	تخفيض الرأس والتركيز على الكرة
مقدمة القدم	وضع القدم بجانب الكرة
تنسيق	مرجحة الورك والساق
نقطة التأثير	ركلة مركز الكرة
المتابعة البصرية	متابعة بصرية لاتجاه الكرة نحو المرمى



ضع نفسك في دور مدرب كرة قدم للشباب. بعد العمل على عدة تمرينات المراوغة ، تبدأ تدريب أكثر تشبها للألعاب حيث يقوم أحد اللاعبين بأدائه باستمرار كما هو موضح في الشكل. استخدم نقاط التقنية والمبادئ البيوميكانيكية في الجدول للمساعدة في توجيه الملاحظة والتحليل النوعي للشكل. ما المبادئ البيوميكانيكية هي نقاط القوة أو نقاط الضعف في أداء هذا الأداء؟ قم بتشخيص الأداء وتجنب ما قد يكون تدخلاً جيدًا لمساعدة هذا اللاعب في التحسن.



خطوات التحليل الكيفي (النوعي) للميكانيكا الحيوية

توجد مجموعة متنوعة من الإجراءات لإجراء التحليلات الميكانيكية الحيوية النوعية (Arend and Higgins 1976؛ Brown 1982؛ Hay 1984؛ Hay and Reid 1988؛ Knudson and Morrison 2002؛ McPherson 1988؛ Norman 1977). الطريقة المعروضة هنا هي الطريقة التي أوصى بها المؤلف. إنه ليس جديدا ، ولكنه يتضمن إجراءات شائعة في الأساليب الحالية ويوفر طريقة منهجية لتحليل حركات الإنسان من الناحية الحيوية. يتضمن التحليل الميكانيكي الحيوي النوعي لتحسين التقنية أربع خطوات:

1. الوصف: تطوير نموذج نظري لأكثر الأساليب فاعلية ووصف الشكل الذي سيبدو عليه، مع تحديد ما تريد رؤيته عندما تراقب طلابك أو الرياضيين.

2. الملاحظة: راقب أداء الطالب أو الرياضي لتحديد كيف يبدو أسلوب ذلك الشخص في الواقع.

3. التقييم: قارن الأسلوب المثالي بالأداء المرصود. تحديد وتقييم الأخطاء.

4. التعليمات: قم بتثقيف الطالب أو الرياضي من خلال تقديم التغذية الراجعة والإرشادات اللازمة لتصحيح تلك الأخطاء.

تصف الأقسام التالية وتوضح الخطوات الأربع للتحليل الميكانيكي الحيوي النوعي.

وصف التقنية المثالية

لماذا إجراء تحليل بيوميكانيكي؟ بصفتك مدربا، أو مدرسا، أو معالجا، أو متخصصا في الحركة البشرية، عند تقييم أداء الطالب أو الرياضي، يجب أن تكون قادرًا على التمييز بين ما هو مهم وما هو غير مهم، وما هو صحيح وما هو غير صحيح، وما هو ممكن وما هو ما هو مستحيل، وما هو فعال وما هو غير فعال، وما هو آمن وما هو غير آمن، وما إلى ذلك. تعتبر عملية تحديد هذه الفروق جزءا من التحليل الميكانيكي الحيوي. غالبا ما ينظر إلى التحليل الميكانيكي الحيوي أو تحليل الحركة على أنه مجرد عملية مراقبة (أو قياس) أداء المهارة، وتحديد الأخطاء في الأداء، وتقديم التغذية الراجعة إلى المؤدي للمساعدة في تصحيح تلك الأخطاء. في الواقع، هذه الخطوات جزء من تحليل بيوميكانيكي .

عندما يأتي المدربون أو المعلمون قبل الرياضيين أو الطلاب، فإن لديهم بالفعل صورة عن الأسلوب المثالي لأداء مهارة ما. يصبح هذا النموذج هو المعيار الذي تتم مقارنة الأداء المرصود به. يعد اقتراح الأسلوب الفعال المثالي لمهارة ما وتطويره من الناحية المفاهيمية الخطوة الأولى والأكثر أهمية في التحليل الميكانيكي الحيوي. كما يتطلب أيضا الاستفادة القصوى من المعرفة الميكانيكية الحيوية.

مثال لتحليل مراحل أداء مهارتى الدورة الهوائية الأمامية والخلفية المكورة على جهاز التمرينات الأرضية وبعض المتغيرات الكينماتيكية المصاحبة لها:

تعتبر دراسة الأداء الحركي ذات أهمية كبيرة من الناحية الميكانيكية إذ أنه لا يمكن تنفيذ الحركة بأسلوب فائق مميز إلا إذا اخضع للبحث والتحليل تمهيدا للوصول لأفضل النتائج، ويعتبر التحليل الحركي أداة التعامل مع كافة المهام المرتبطة بالأداء المهارى، كما يوفر لنا معلومات وصفية وكمية دقيقة.

تعتبر رياضة الجمباز من الرياضات التي يلعب فيها الأداء الحركي دورا هاما في تقييم اللاعبين، هذا من جانب، ومن جانب آخر فإن مستوى أداء اللاعبين يتوقف إلى حد كبير في قدرتهم على تطوير إمكانياتهم الحركية لإنجاز الأداء الحركي بمتطلباته الأساسية .

وتعتبر الدورات الهوائية الأمامية والخلفية من المهارات الأساسية الهامة في رياضة الجمباز وهى مجموعة الحركات الأكروباتية الأمامية، ومجموعة الحركات الأكروباتية الخلفية. وتعد هذه المجموعات متطلب أساسي على جهاز التمرينات الأرضية. كما أنها من المتطلبات الأساسية داخل الجملة الإجبارية على جهاز التمرينات الأرضية لناشئ الجمباز تحت عشر سنوات.

مراحل الأداء والمتغيرات الكينماتيكية المصاحبة لها

- لحظة الاتصال.
- لحظة كسر الاتصال (الارتقاء).
- لحظة الوصول لأقصى ارتفاع لمركز ثقل الجسم.
- لحظة الفرد. وهى لحظة بداية الهبوط.
- لحظة لمس الأرض والهبوط.

أدوات ووسائل جمع البيانات

- جهاز تمرينات أرضية.
- آلة تصوير فيديو ذات تردد 83 كادر في الثانية.
- برنامج تحليل حركيWin Analyze (الشامي، 2006)

المؤشرات البيوميكانيكية المختارة

1. السرعة الزاوية لمفصل رسغي القدمين.
2. السرعة الزاوية لمفصل الركبتين.
3. السرعة الزاوية لمفصل الحوض (الفخذين).
4. السرعة الزاوية لمفصل الكتفين.
5. الإزاحة الأفقية لمركز ثقل الجسم.
6. الإزاحة الرأسية لمركز ثقل الجسم.
7. السرعة الأفقية لمركز ثقل الجسم.
8. السرعة الرأسية لمركز ثقل الجسم. (الشامي، 2006)

المحور الرابع: التحليل الحركي

المحاضرة 07

التحليل الحركي باستخدام الفيديو وبرامج الكمبيوتر

لعقود عديدة، كان التصوير السينمائي هو أسلوب القياس الأكثر شيوعا لأولئك المشاركين في تحليل الحركة البشرية. اعتبرت كاميرات السينما تقليديا أفضل من كاميرات الفيديو نظرا لدقتها العالية للصور ومعدلات الإطارات المرتفعة. ومع ذلك، على مدى العقد الماضي، تم إحراز تقدم كبير في تكنولوجيا الفيديو التي تجعل الفيديو الآن بديلا جذابا للسينما. أصبحت كاميرات الفيديو الحديثة الآن قادرة على تقديم جودة صورة ممتازة. على عكس أفلام السينما، فإن معظم تسجيلات الفيديو لا تتطلب وقت معالجة والصور المسجلة متاحة للتشغيل والتحليل الفوري.

عادة ما يتم إجراء تسجيلات الفيديو للأنشطة الرياضية والتمارين الرياضية بواسطة أخصائيي الميكانيكا الحيوية من أجل إجراء تحليل مفصل لأنماط حركة الفرد. تحليل حركة الفيديو له عدد من المزايا العملية على تحليل الحركة عبر الإنترنت بما في ذلك:

- التكلفة المنخفضة.
- الحد الأدنى من التداخل مع المؤدي يمكن إجراء تحليل بالفيديو دون الحاجة إلى أي إزعاج للقائم بالأداء، على سبيل المثال إرفاق علامات عاكسة.
- المرونة، يمكن استخدام تحليل الفيديو في البيئات التي لا تتمكن فيها بعض الأنظمة عبر الإنترنت من العمل بفعالية، على سبيل المثال في الهواء الطلق، تحت الماء، في المنافسة.

يتضمن التحليل الكمي أخذ قياسات تفصيلية من تسجيل الفيديو لتمكين تحديد معايير الأداء الرئيسية. يتطلب هذا النهج أجهزة وبرامج أكثر تطورا من التحليل النوعي ومن الضروري اتباع إجراءات التقاط البيانات ومعالجتها الصحيحة. يمكن أن يكون التحليل الكمي مستهلكا للوقت لأنه غالبا ما يتضمن رقمنة عدد من معالم الجسم يدويا (عادة ثمانية عشر نقطة أو أكثر لنموذج كامل الجسم) على عدد كبير من صور الفيديو. المعالم النموذجية المختارة للرقمنة هي تلك التي يفترض أنها تمثل مراكز الدوران المشتركة (مثل مركز مفصل الركبة)، أو نقاط نهاية الأطراف (مثل نهاية القدم)، أو الأشياء الخارجية (مثل الأدوات الرياضية). يتم بعد ذلك تحجيم الإحداثيات ثنائية الأبعاد الناتجة عن عملية الرقمنة وصقلها قبل استخدامها لحساب تواريخ الإزاحة الخطية والزاوية. يتم الحصول على معلومات حركية إضافية (السرعات والتسارع) عن طريق حساب المشتقات المرة الأولى والثانية لبيانات الإزاحة هذه.

المعدات والأجهزة اللازمة

يعد اختيار المعدات المناسبة أمرا مهما عند إجراء دراسة تحليل الحركة باستخدام الفيديو. المكونات الرئيسية لنظام تحليل حركة الفيديو هي:

- كاميرا فيديو لالتقاط صور للحركة.
- جهاز التسجيل والتخزين لتسجيل الصور وتخزينها من الكاميرا. قد يكون هذا جزءا لا يتجزأ من كاميرا الفيديو نفسها أو وحدة خارجية، على سبيل المثال قرص صلب.
- نظام التشغيل للسماح بمشاهدة صور الفيديو من أجل التحليل النوعي أو الكمي.
- تنسيق جهاز التحويل الرقمي – للسماح بأخذ القياسات من صور الفيديو.
- برامج المعالجة والتحليل لتمكين المستخدم من تحديد معايير الحركة المختارة. (Payton et Bartlett, 2008, P10)

كاميرات الفيديو

عند اختيار كاميرا فيديو بهدف إجراء تحليل بيوميكانيكي نشاط رياضي، يجب مراعاة ما يلي:

- جودة الصورة.
- معدل الصور (تردد العينات).
- الضبط اليدوي للفتحة.
- الحساسية للضوء.
- وسيط التسجيل (مثل الشريط، القرص الصلب).

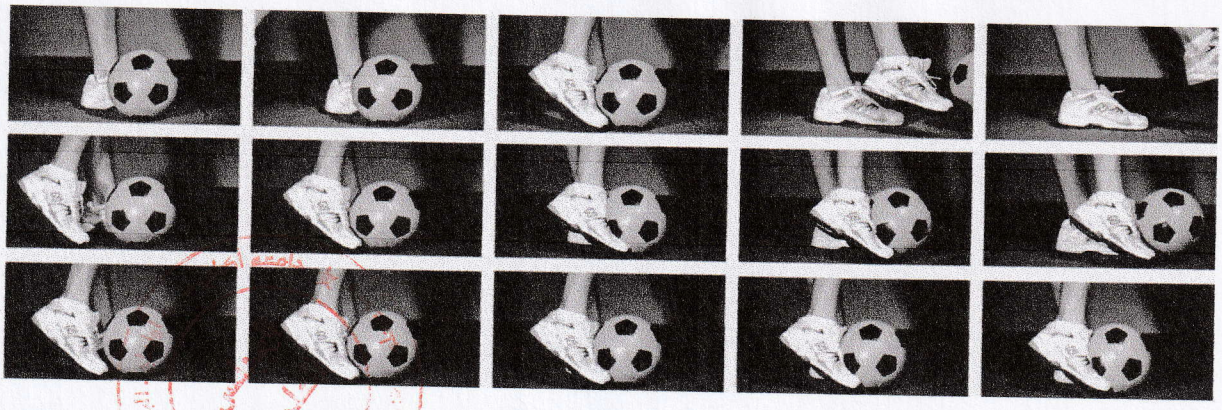
فيما يلي بعض معدلات الصور (السرعة) المقترحة لمجموعة متنوعة من الأنشطة:

25 -50 Hz المشي ، السباحة ، صعود السلم.

50 – 100Hz الجري ، دفع الجلة ، الوثب العالي.

100 – 200Hzالعدو السريع ورمي الرمح والتسديد في كرة القدم.

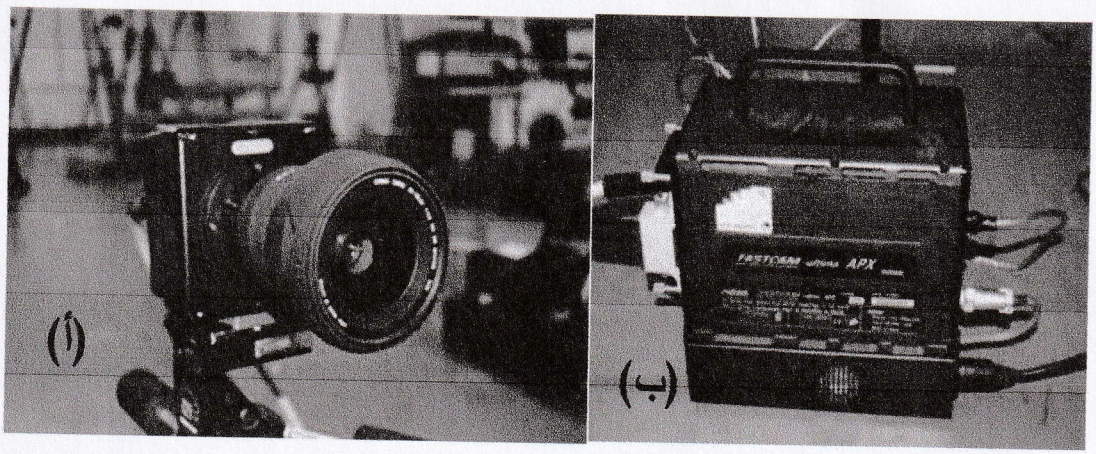
200 – 500Hz الارسال في التنس، والتأرجح في القولف، والمبارزة. (Payton et Bartlett, 2008, P22)



تأثير معدل الصور المأخوذة من الكاميرا على تسجيل ركلة كرة قدم. عند 50Hz (الصف العلوي) لا يمكن رؤية القدم الملامسة للكرة إلا لصورة واحدة؛ عند 250Hz (الصف الأوسط) تظل القدم الملامسة لأربع صور؛ عند 1000Hz (الصف السفلي) تكون القدم ملامسة لستة عشر صورة (ليست كل الصور معروضة) (Payton et Bartlett, 2008, P23)

عند إعداد المعدات للتحليل ثلاثي الأبعاد، يجب على المختص في الميكانيكا الحيوية اتباع الخطوات التالية:

- تركيب الكاميرات على حوامل ثلاثية القوائم ثابتة وتجنب التحريك.
- الوضع الجيد للكاميرات للحصول على أفضل عرض لمعالم الجسم.
- التأكد من أن نقاط التحكم مرئية ومسجلة بواسطة جميع الكاميرات.



(أ) كاميرا فيديو عالية السرعة (Photron Fastcam Ultima APX) قادرة على معدل للصور تصل إلى 2000Hz بدقة كاملة (1024x1024 pixels) ؛ (ب) وحدة معالج الكاميرا (Camera Processor Unit)

(Payton et Bartlett, 2008, P11)

برنامج التحليل الحركي MaxTRAQ

برنامج MaxTRAQ Educational (ME MaxTRAQ Educational 2D.) هي وحدة برمجية قابلة للتنزيل تسمح لك بتتبع وتحليل حركة الإنسان والمسافة والزوايا في مقاطع الفيديو. تعمل ME فقط في ظل أنظمة تشغيل Windows (Windows XP و Windows Vista و Windows 7).

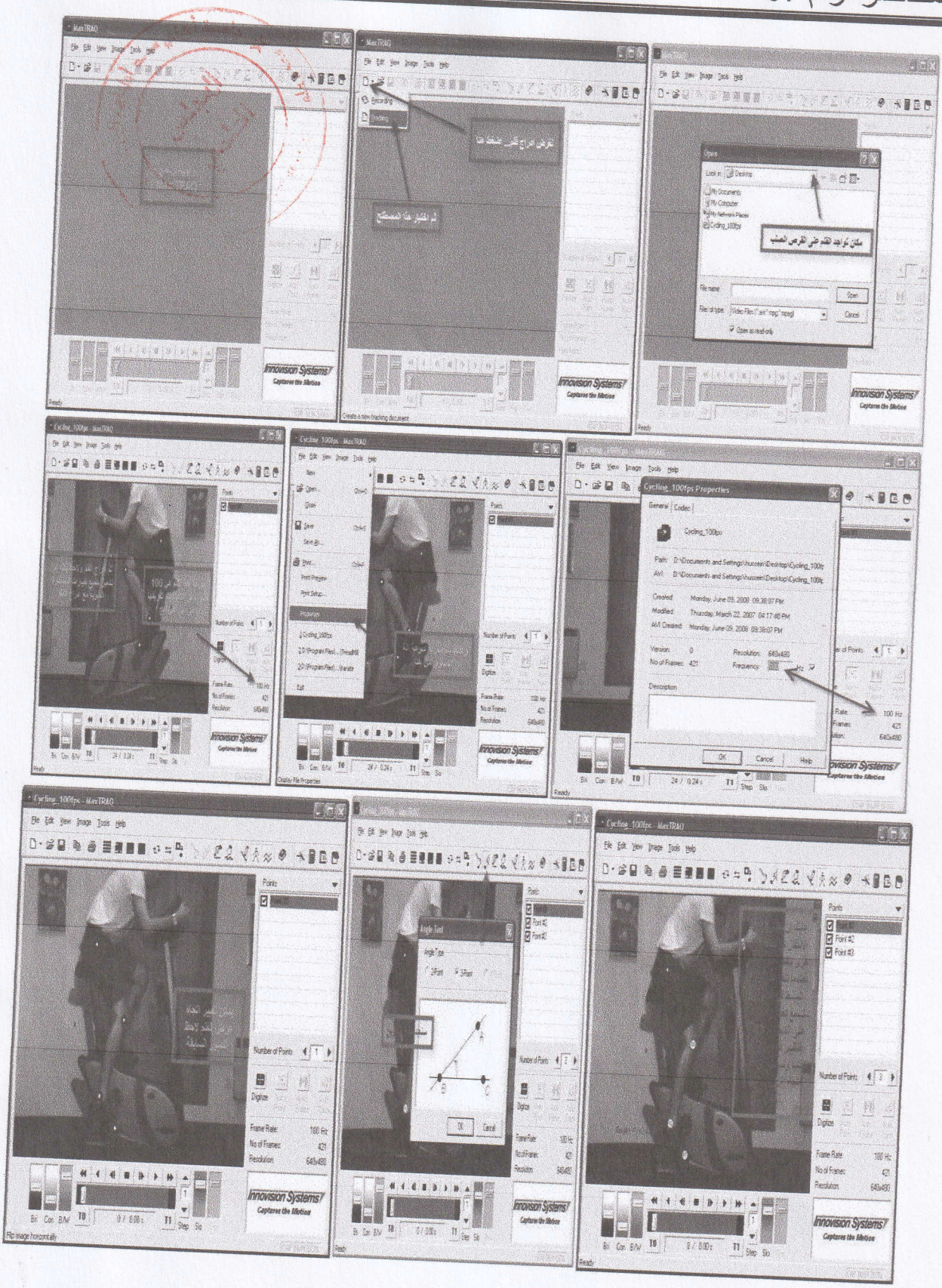
يتوفر مقطع فيديو تعليمي وإرشادات حول استخدام ملفات الفيديو على www.motionanalysis products.com/Books/PM-BSE-R3.html. اطلع على الروابط الموجودة في الزاوية اليمنى السفلية أسفل البرامج التعليمية القصيرة والجولات. يعرض الفيديو عدة إصدارات من MaxTRAQ. اتبع جنبا إلى جنب مع إصدار التتبع اليدوي.

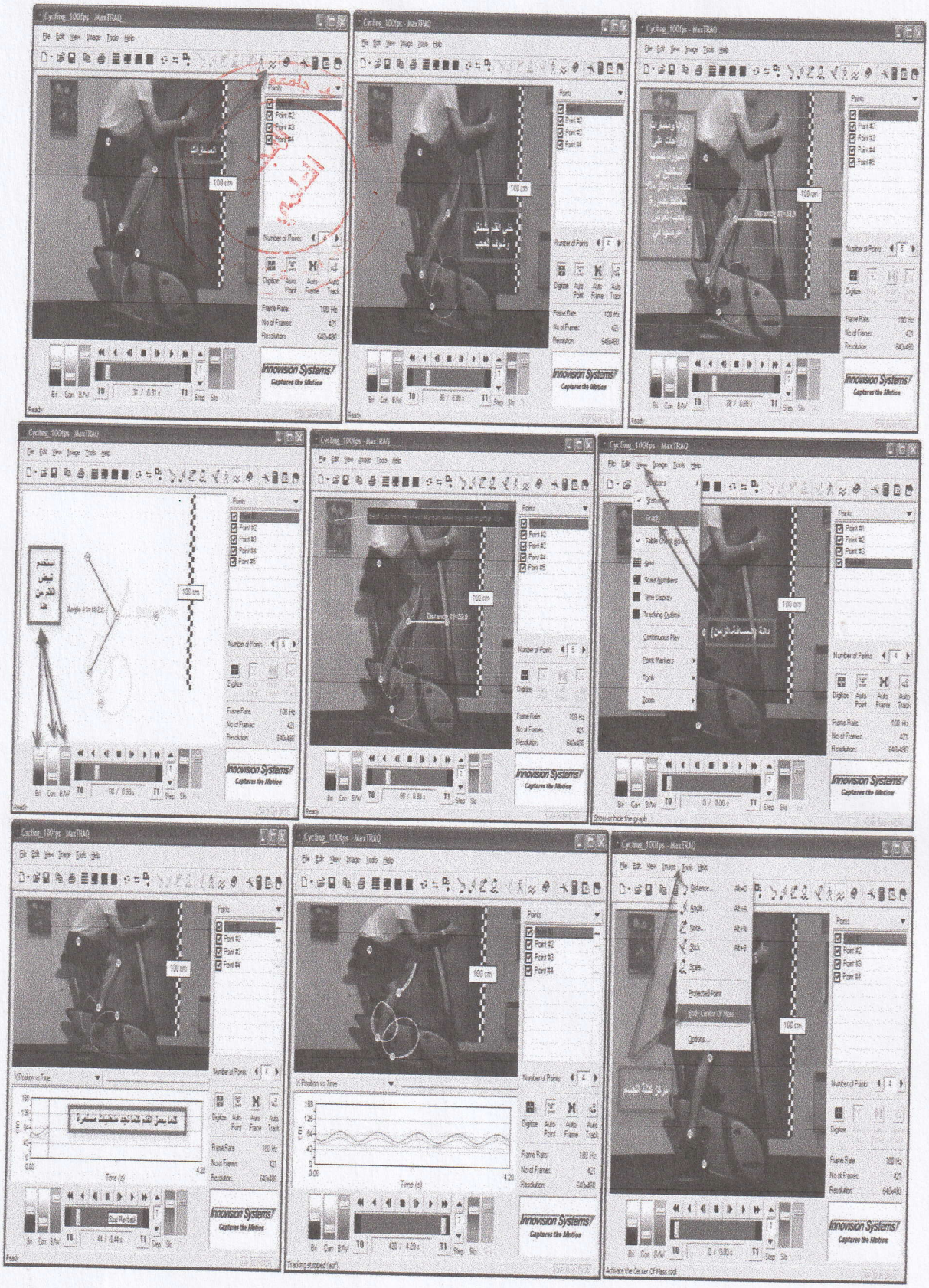
برنامج التحليلي الحركي MaxTRAQ فيديو.

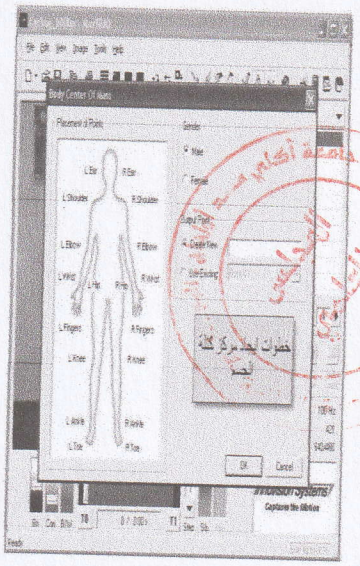
https://www.researchgate.net/publication/333965405_shrh_brnamj_althlyl_alhrky_maks_trak_MaxTRAQ

برنامج التحليلي الحركي MaxTRAQ بالصور.

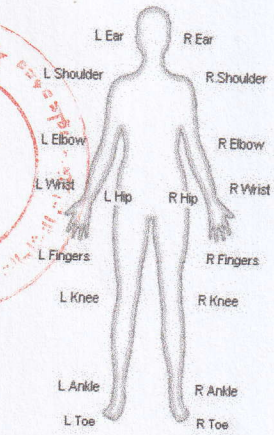
https://www.sport.ta4a.us/human-sciences/movement-science/650-maxtraq.html


Innovision Systems
Capture the Motion
Cycling_100fps Properties
OK
Cancel
Help

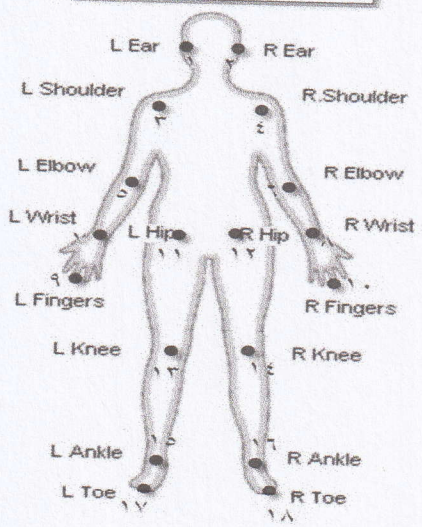


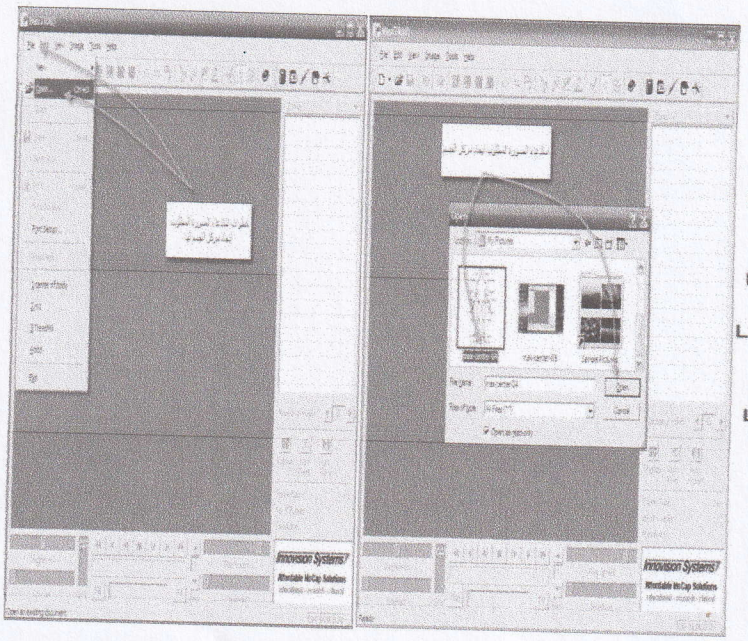


اجزاء الجسم وفقا لتصميم البرنامج

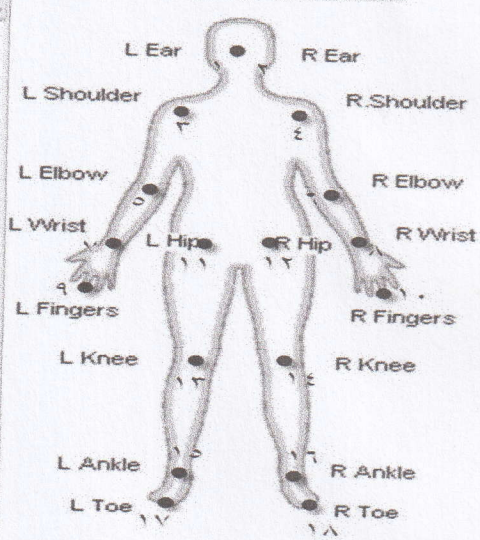


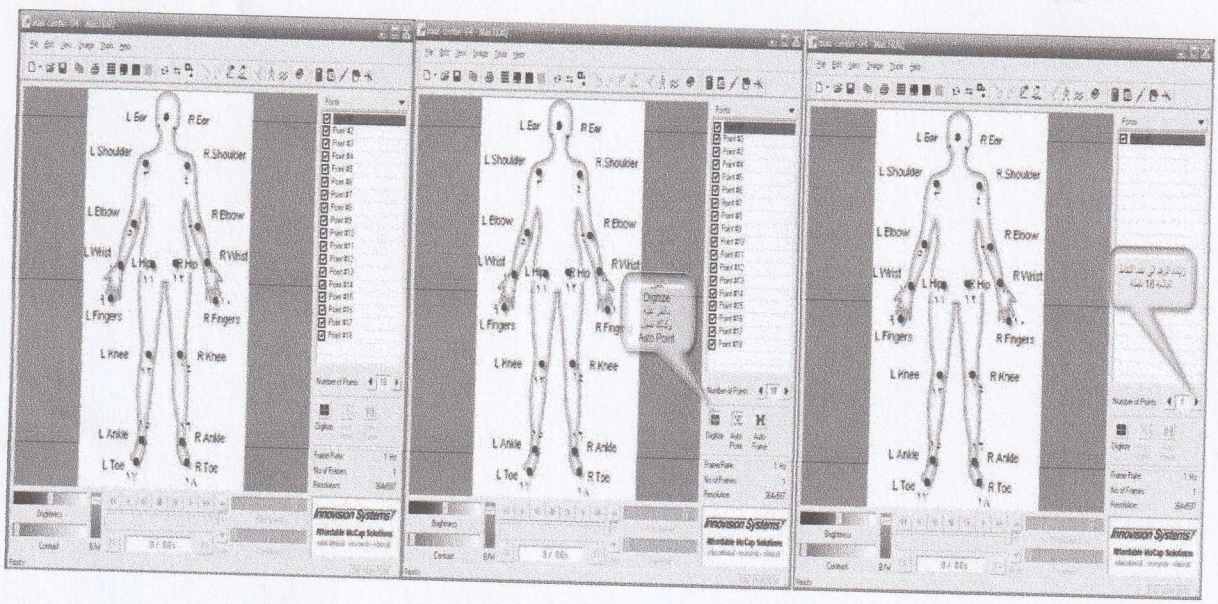
ترقيم اجزاء الجسم وفقا لتصميم البرنامج

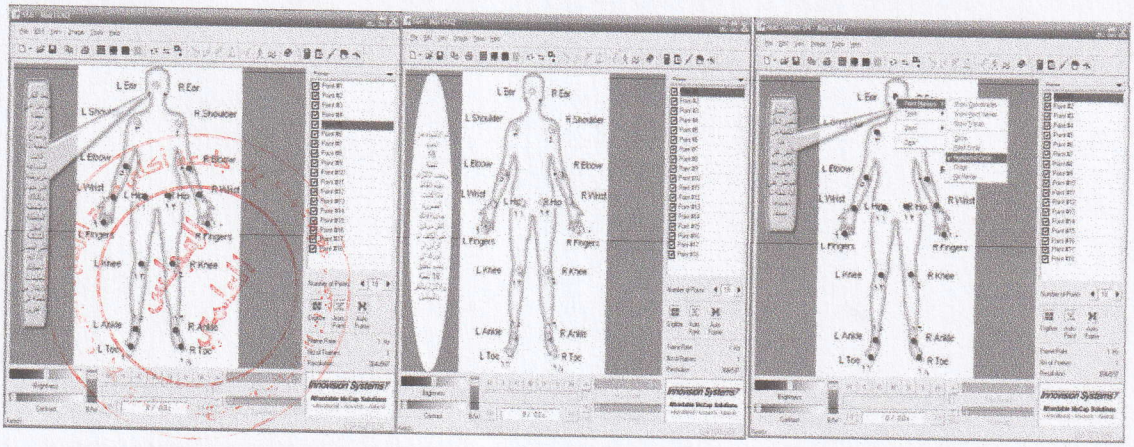


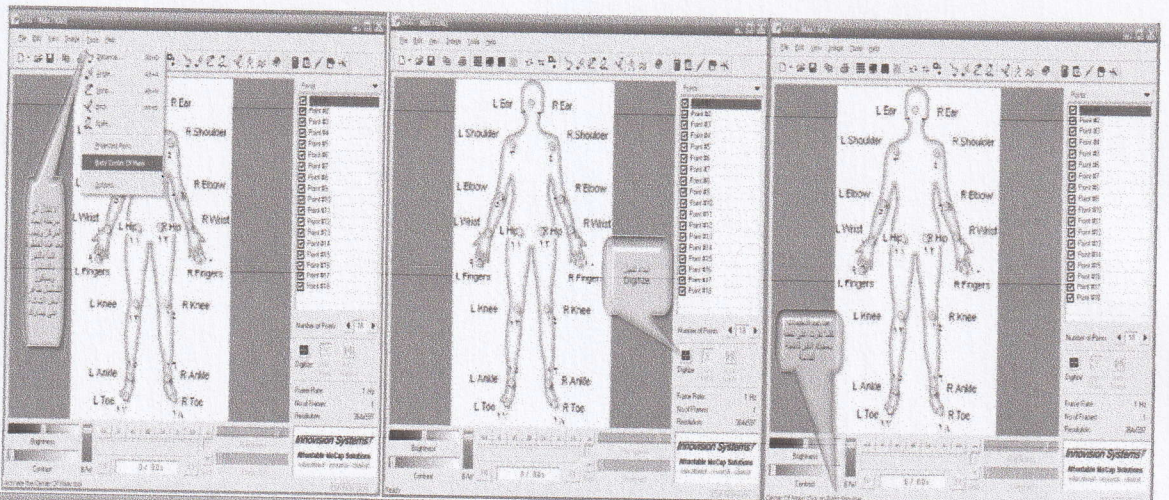


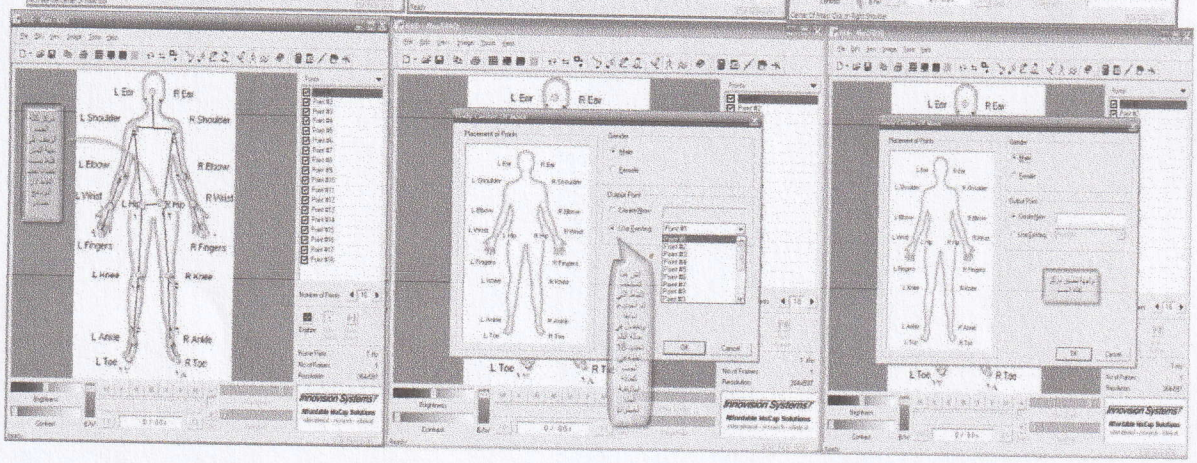
توحيد جهتي الرأس (الاذنين) بنقطة واحدة مع الاحتفاظ بالرقمين الاول والثاني للرأس

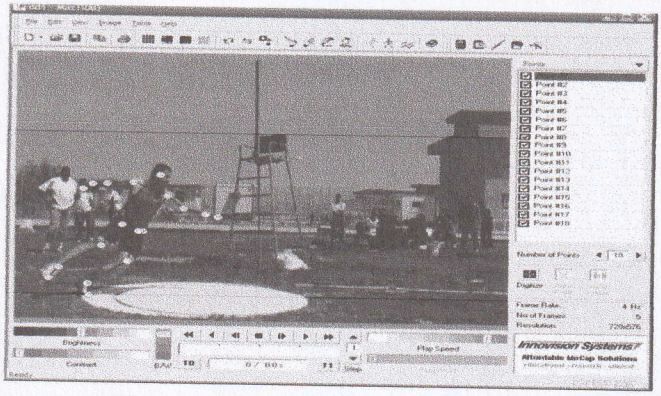












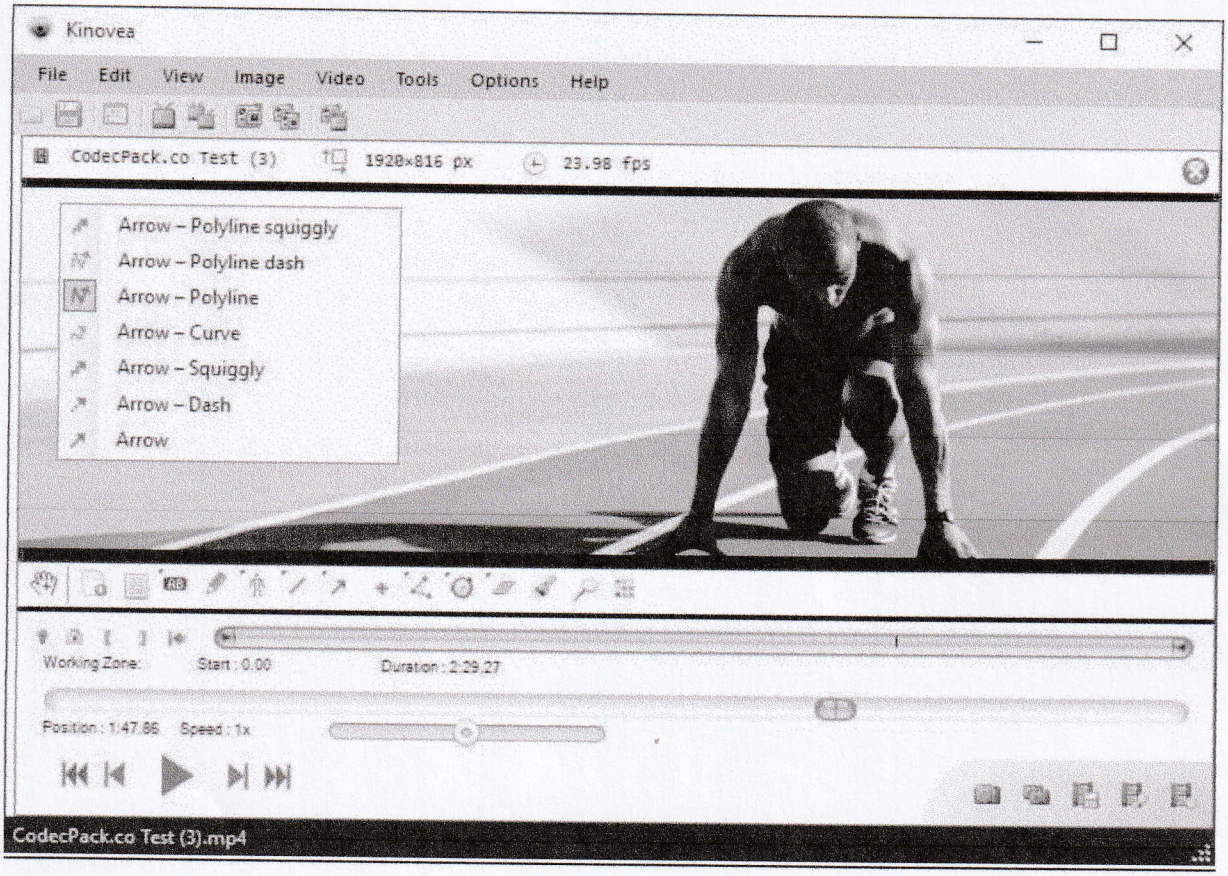
برنامج التحليل الحركي (Kinovea (0.9.5-x64.exe

أحدث إصدار : 0.9.5 (20 أكتوبر 2021).

متطلبات النظام: Windows 7/8/10

فيديو تفصيلي لكيفية استعمال البرنامج

https://www.youtube.com/watch?v=g_QuKi7qDoI



هو برنامج مجاني لتحليل مقاطع الفيديو. يتم استخدامه بشكل أساسي من قبل المدربين والرياضيين للدراسة أو التعليق على الأداء. بالإضافة إلى هذا الاتجاه، يتم استخدام Kinovea أيضا من قبل الأطباء المختصين في علاج الأقدام (podiatrists) أو رسامي الرسوم المتحركة أو أخصائي بيئة العمل (ergonomists).

يسمح بالمراقبة الدقيقة لتسلسلات الفيديو، وتحليلها البياني، وقياس المتغيرات المختلفة، وتصدير هذه البيانات أو مقارنة الأداء بين الأفراد.

لمحة تاريخية قصيرة

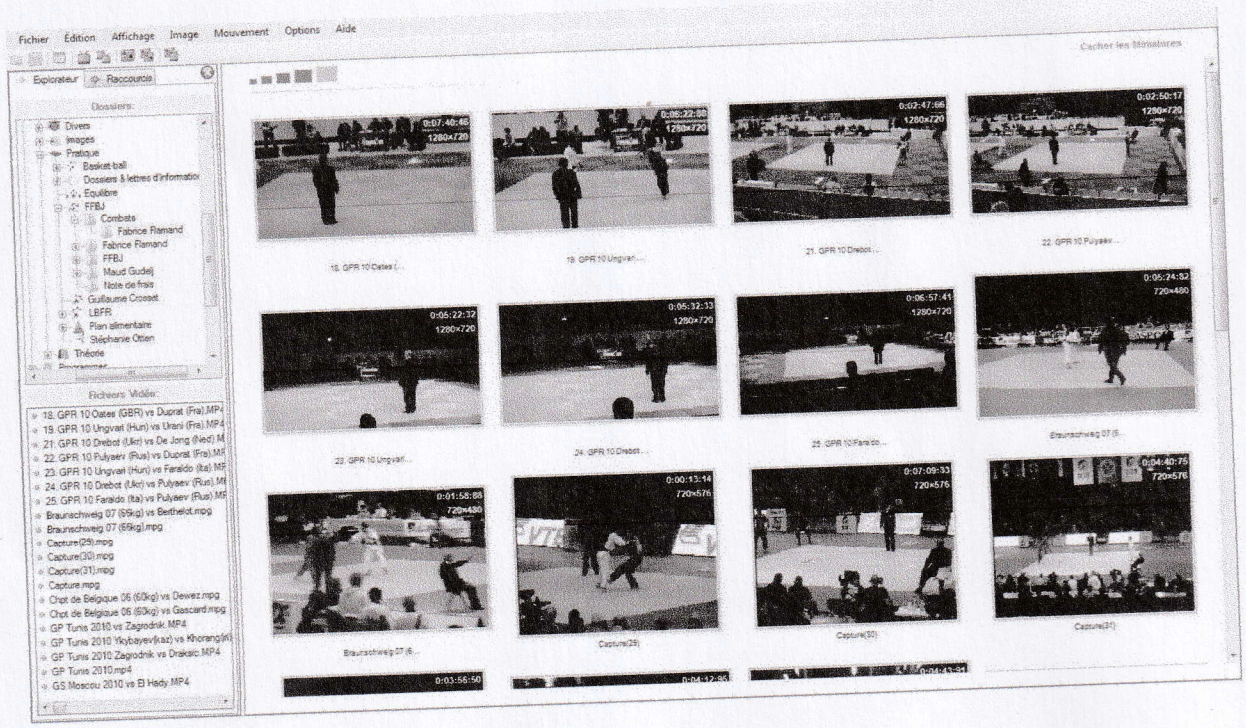
تعتمد Kinovea على فكرة تم تطويرها من عام 2004: Videa. كانت هذه أداة تتيح المقارنة بين مقاطع الفيديو، وتوفر وظيفة حركة بطيئة فعالة وتوفر وظائف أكثر تقدمًا لمقاطع الفيديو التي تم التقاطها في صورة ثابتة. في عام 2007، قرر المصممون البدء من الصفر عن طريق إجراء إصلاح شامل للبرنامج وتغيير الاسم. تم إطلاق الإصدار الأول من Kinovea في 8 مارس 2008 بينما الإصدار 0.8.15 هو التحديث الرئيسي السادس.

تشغيل مقاطع الفيديو

1. فتح مقطع فيديو

انتقل باستخدام مستكشف الملفات الموجود في الجزء الأيسر العلوي من الشاشة إلى المجلد حيث يوجد الفيديو. تتيح لك لوحة الصور المصغرة (الشكل 1)، على يمين الشاشة، عرض الملفات الموجودة في المجلد الذي يمكن فتحه. تسمح المستطيلات الزرقاء الخمسة الموجودة في الجزء الأيسر العلوي من لوحة الصور المصغرة، بالنقر فوق التنسيق المطلوب، باختيار حجم عرض الصور المصغرة. تتم الإشارة إلى التنسيق المحدد بلون أزرق أفتح من المستطيلات الأربعة الأخرى.

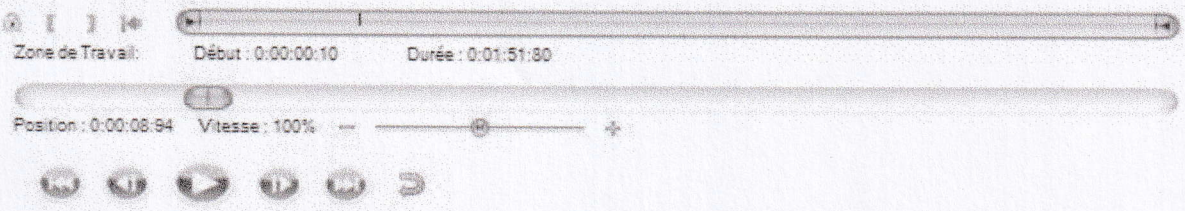
تعرض لوحة ملفات الفيديو، في الجزء الأيسر السفلي، قائمة الملفات الموجودة في المجلد الذي يمكن فتحه. لفتح واحد ، انقر نقرًا مزدوجًا على التسلسل المطلوب.



الشكل 1: واجهة استعراض ملفات الفيديو

2. تشغيل مقطع فيديو

عند تحديد مقطع فيديو، يتم عرض شريط أدوات شاشة التشغيل أدناه (الشكل 2) في الجزء السفلي من الشاشة.



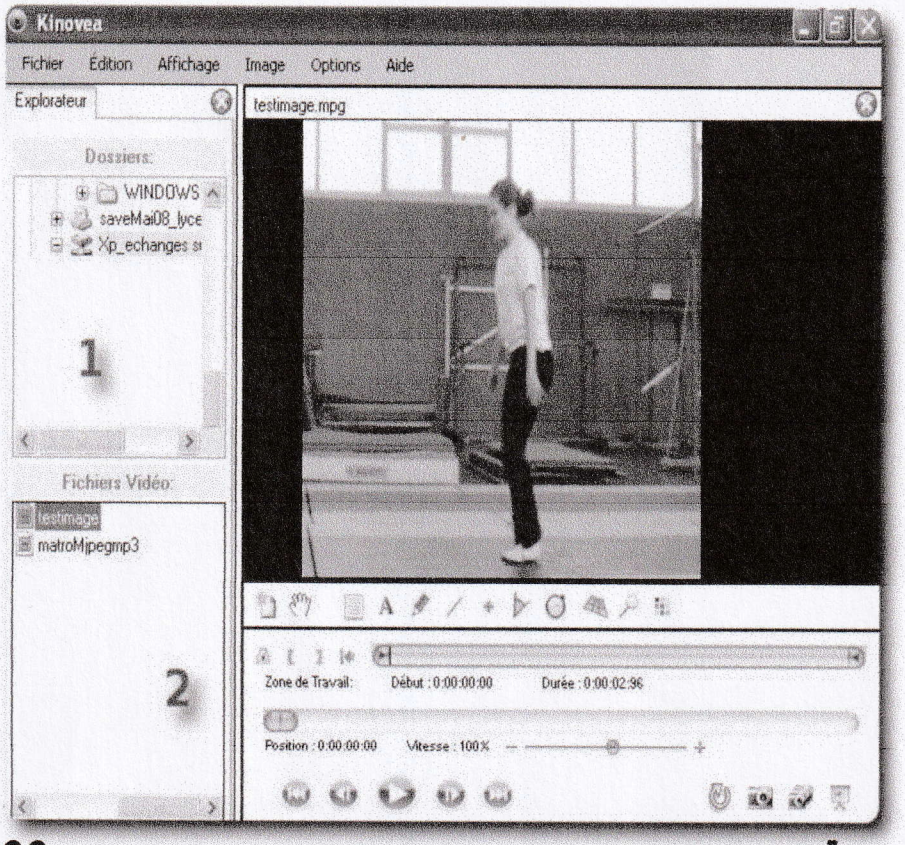
الشكل 2: شريط أدوات شاشة التشغيل

اختيار ملف فيديو وتشغيله.

استخدام مستكشف الملفات للبحث عن الفيديو الذي تم تخزينه.

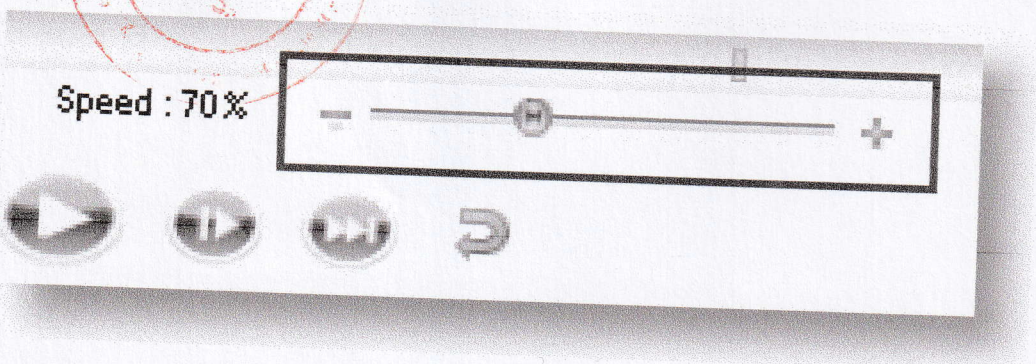
النقر المزدوج على الفيديو لفتحه وتشغيله

استخدام قائمة الملفات في مستكشف windows لـ Kinovea لفتح ملف الفيديو الذي تم اختياره.



إبطاء سرعة التشغيل

لدراسة الحركة، تحتاج إلى إبطاء سرعة التشغيل باستخدام مؤشر السرعة كما هو موضح.



تشغيل الحركة للخلف مع العكس

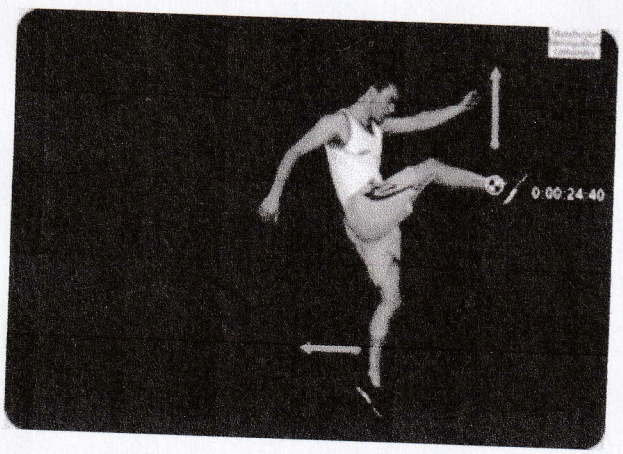
تتيح وظيفة Reverse تشغيل مقاطع الفيديو بشكل عكسي.

يمكن إرجاع تسلسل الصور في منطقة العمل.

لتمكين وظيفة الرجوع، يتم استخدام Motion Reverse

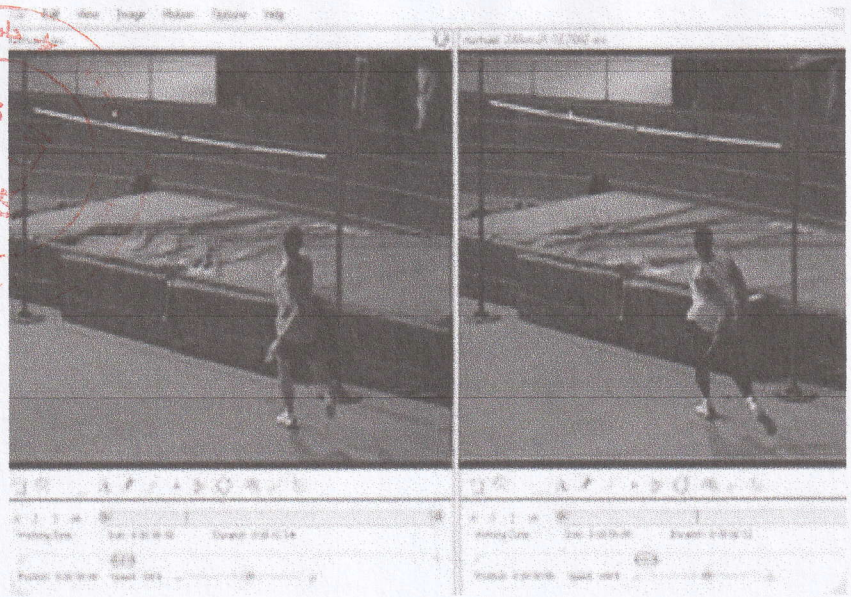
المراقبة والتعليق

إثراء الفيديو عن طريق إضافة الأسهم والأوصاف والمحتويات الأخرى إلى المواضع المفتاحية.

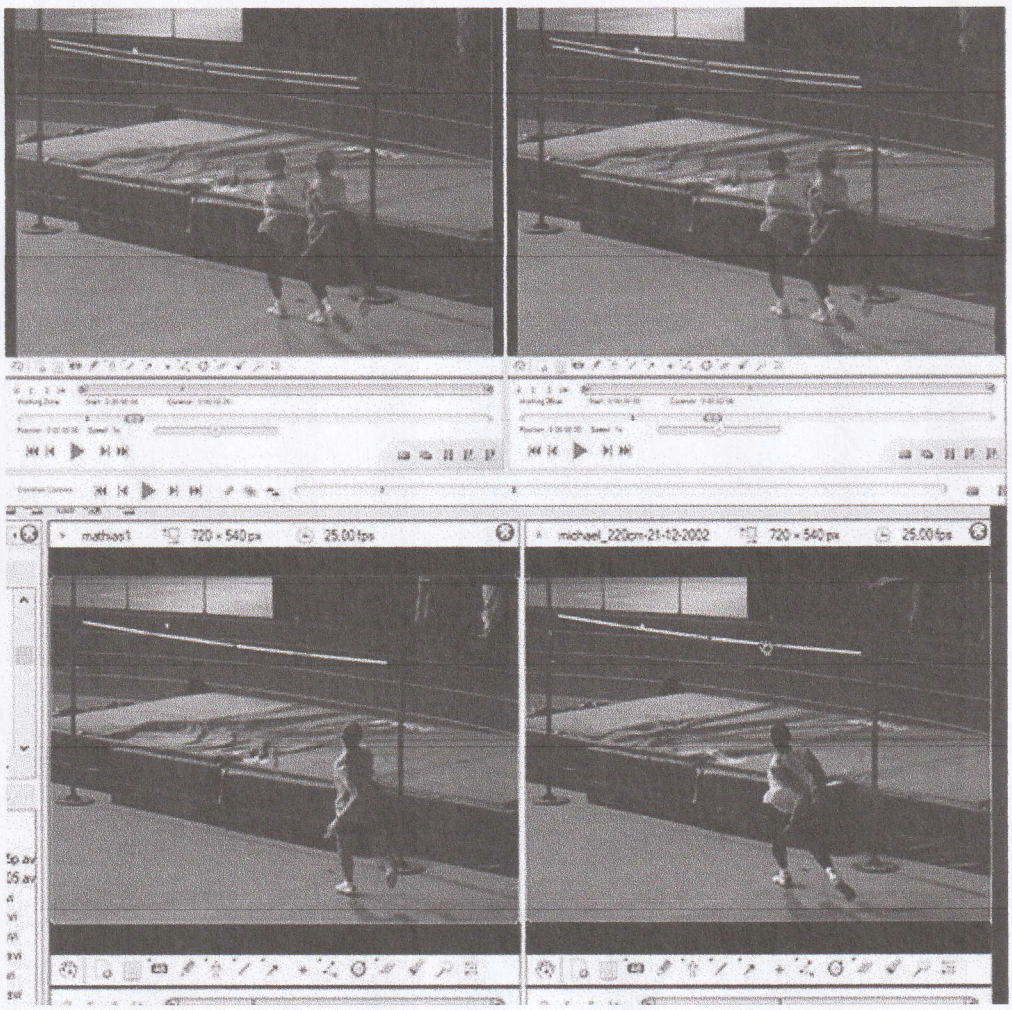


المقارنة و المزامنة

يمكن مشاهدة مقطعي فيديو جنبا إلى جنب والقيام بمزامنتهما في حدث مشترك.



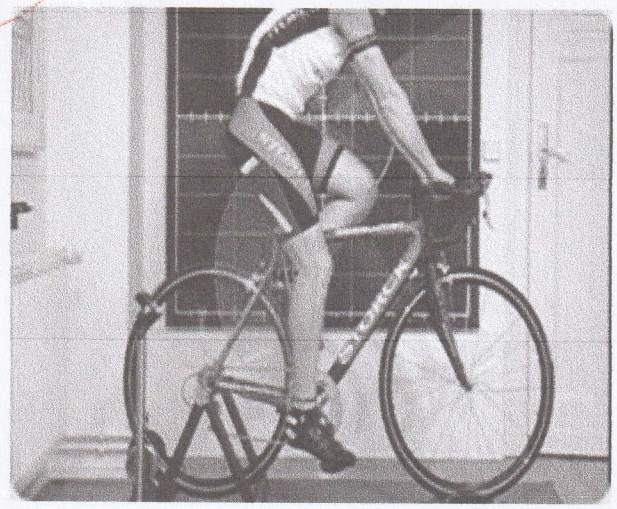
يمكن مزامنة مقاطع الفيديو ذات الإطارات غير المتجانسة. كما يمكن تركيب مقطعي فيديو فوق بعضهما البعض.



جامعة أكلي محند أولحاج

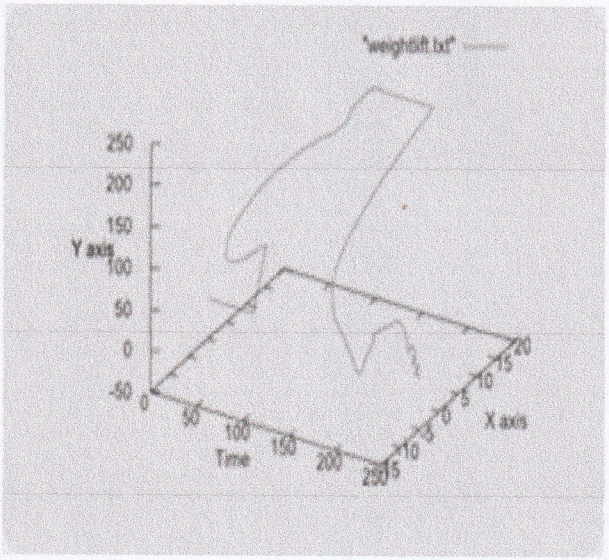
القياس

يمكن قياس الزوايا والمسافات والأوقات يدويا أو استخدام التتبع شبه الآلي لمتابعة مسارات النقاط على الفيديو.

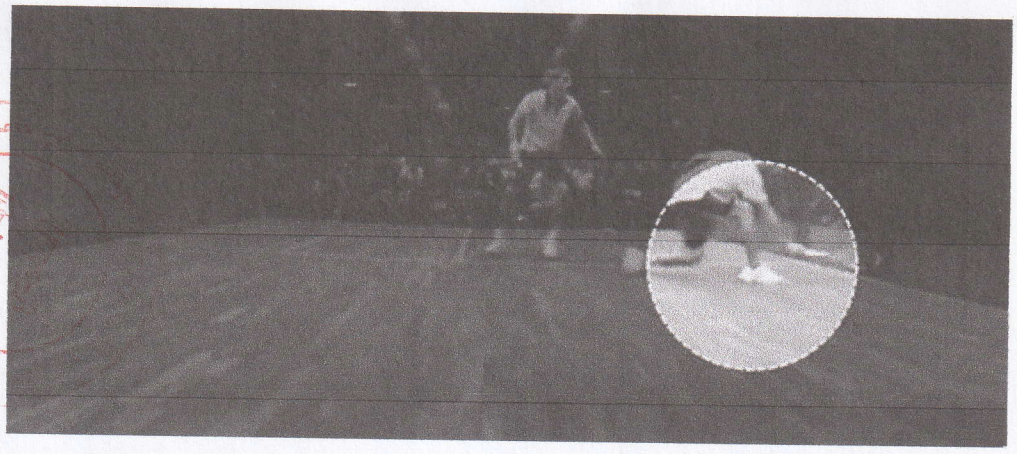


استخراج البيانات

يمكن استخراج جداول وبيانات للدراسة العلمية والمعالجة الإضافية.

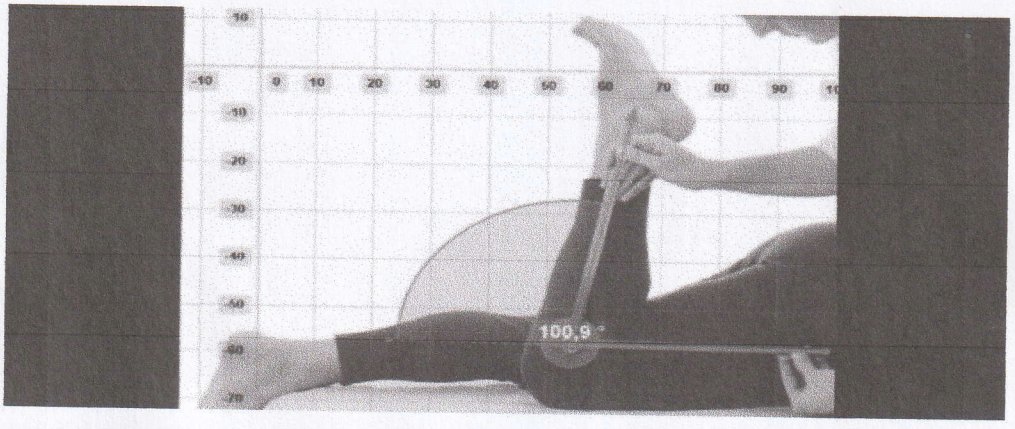


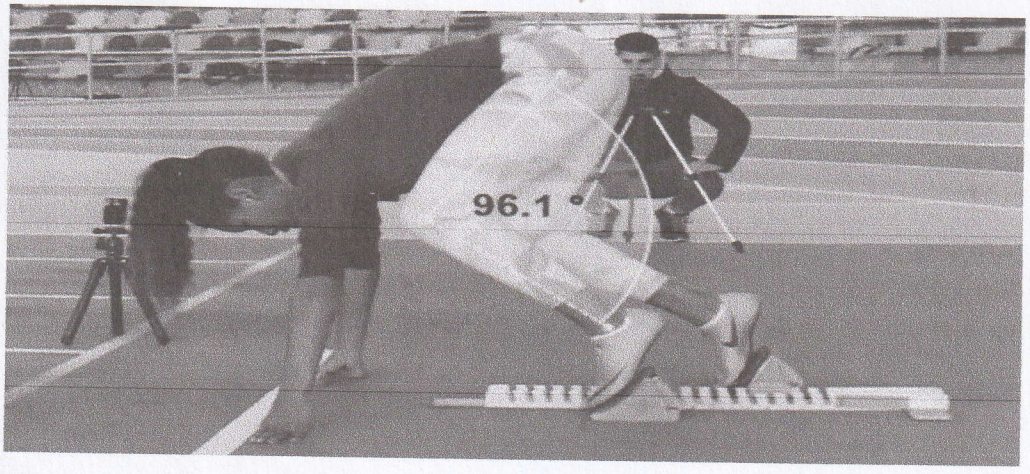
تركيز الانتباه إلى شيء ما باستخدام أدوات الأضواء أو المكبر.



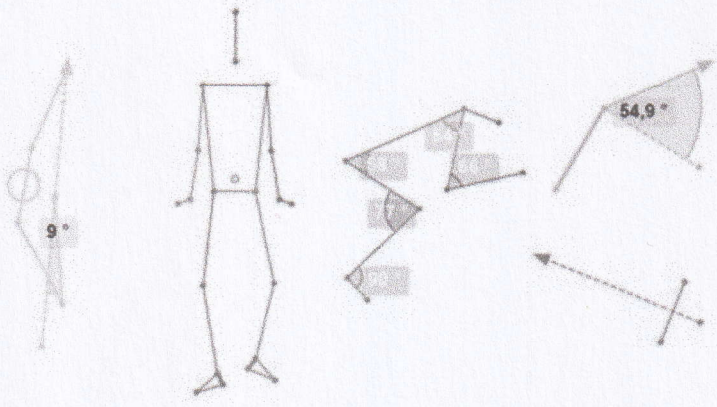
قياس الزوايا

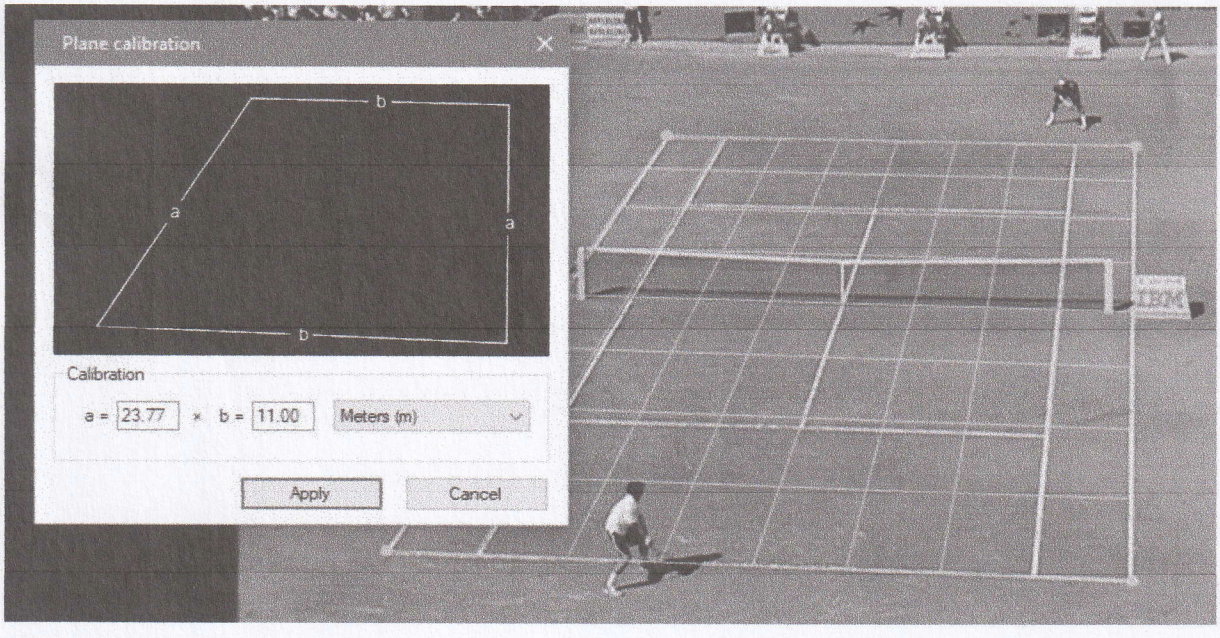
بقياس الفترات الزمنية باستخدام الكرونومتر والمسافات والزوايا باستخدام أدوات الخط والزاوية ومقياس الزوايا. يمكنك التكبير لزيادة الدقة ، ويتم إجراء القياسات بدقة البكسل الفرعي.

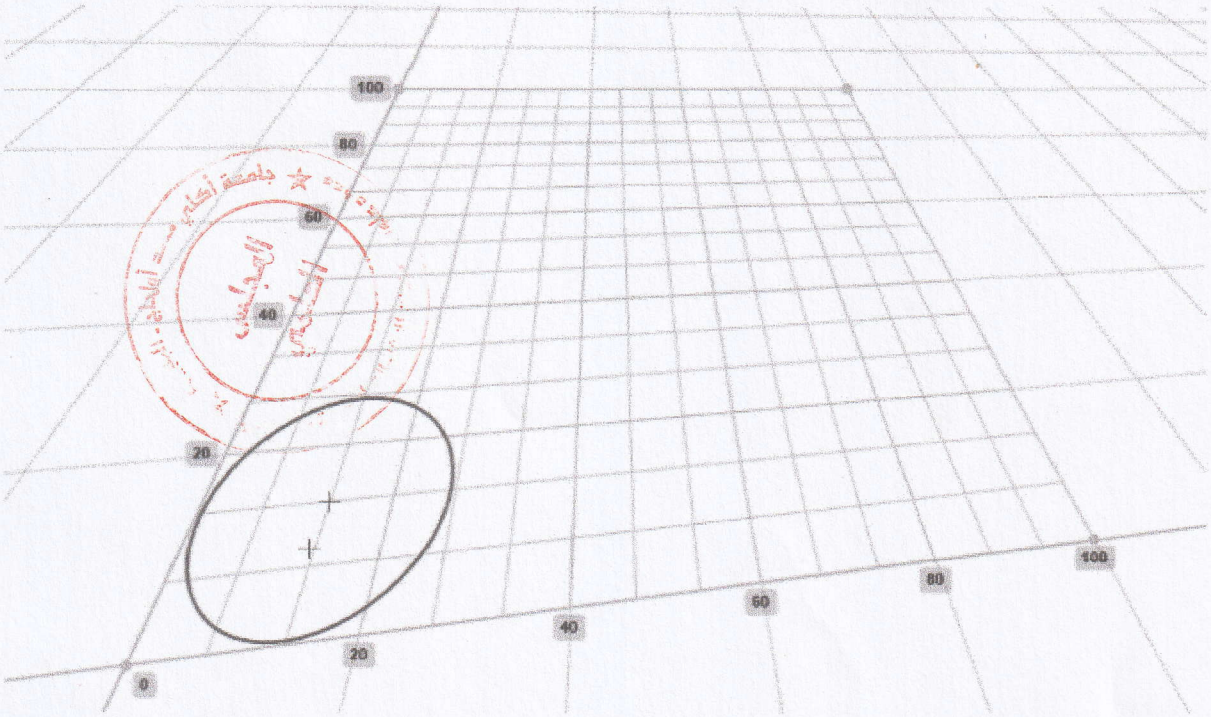




العديد من الأدوات الأكثر تقدما الموجودة في Kinovea مثل أدوات تناسب الدراجة أو الرماية أو النماذج البشرية هي في الواقع أدوات مخصصة يمكن نسخها وتعديلها لتناسب احتياجاتك. يمكن أن تحتوي الأدوات المخصصة على نقاط متتبعة ونقاط محسوبة وقياسات المسافات والزوايا وقوائم الرؤية والتصميم والألوان وغيرها من الأشياء الجيدة.







بالإضافة إلى المعايرة المسطحة ثنائية الأبعاد المحاذية للمحور، يمكن استخدام معايرة قوية قائمة على الشبكة والتي تسمح بأنظمة إحداثيات مستديرة أو مدركة للمنظور. يتيح ذلك إجراء قياسات حتى إذا لم يكن مستوى الحركة محاذيًا للكاميرا.

KINOVEA برنامج مجاني ومفتوح المصدر (GPL 2) مجاني وقوي وسهل الاستخدام وبديل حقيقي للعديد من البرامج المدفوعة. مفيد لكل من المتخصصين في علوم الحركة والأشخاص العاملين في العيادات الطبية (أخصائي العلاج الطبيعي والمعالجون المهنيون، وما إلى ذلك).

المحور الخامس: كنماتيك الحركة الدائرية وتطبيقاتها في المجال الرياضي

المحاضرة 8

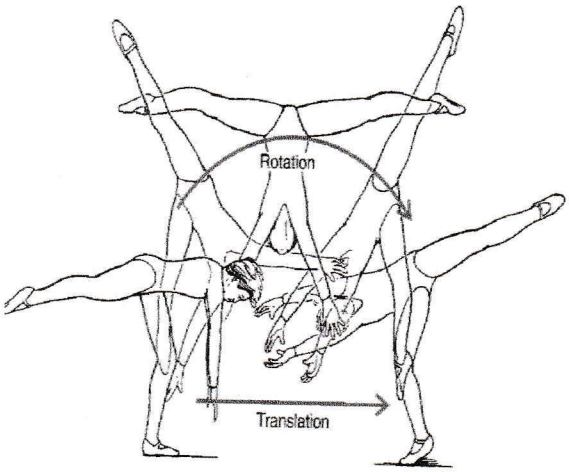
القوانين الميكانيكية للحركة الدائرية

تمهيد

قد نعرف الحركة بأنها فعل أو عملية تغيير في الموضع. الحركة هي تغيير في الموضع. يتضمن الانتقال تغييرا في الموضع من نقطة إلى أخرى. هناك شيئان ضروريان لحدوث الحركة: المكان والزمان – مساحة للتحرك والوقت الذي تتحرك خلاله. لتسهيل دراسة الحركة، نصنف الحركات على أنها خطية أو زاوية أو كلاهما (حركة عامة). حركة جسم الانسان قبل أن تكون خطية فهي في البداية حركة زاوية تحدث على مستوى المفاصل، تسمح لمراكز كتل أطراف الجسم بالتنقل خطيا، لذلك كان من الأهمية دراسة هذا النوع من الحركة.

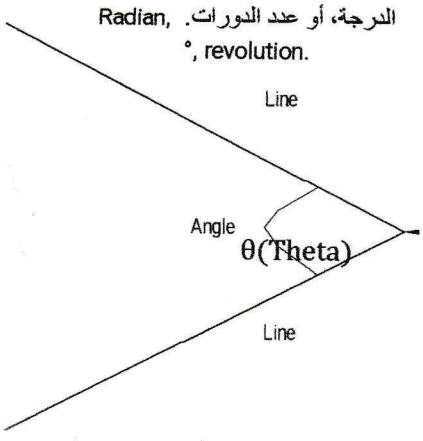
الحركة الزاوية

تحدث الحركة الزاوية عندما تتحرك جميع أجزاء الجسم في نفس الزاوية ولكنها لا تخضع للإزاحة الخطية نفسها. الكينماتيكا الزاوية، تصف الحركة الزاوية دون النظر إلى أسبابها. حركة العجلة(cartwheel) . تنتقل النقطة القريبة من الحافة أبعد من النقطة القريبة من المركز أثناء الحركة. حركة العجلة هي حركة زاوية.



تتحرك الزاوية حول محور الدوران، أي الخط العمودي على المستوى الذي يحدث فيه الدوران. على سبيل المثال، تدور عجلة الدراجة حول محورها وهو محور دورانها. المحور عمودي على مستوى الدوران الموصوف بواسطة حافة العجلة الشكل). تعتبر الحركة الزاوية مهمة لأن معظم الحركات البشرية هي نتيجة الحركات الزاوية للأطراف حول المفاصل. من المهم فهم كيفية قياس ووصف الحركة الزاوية. الحركة الكلية للإنسان هي نتيجة للحركة الدورانية والخطية لمختلف أطراف الجسم أو لمركز ثقل الجسم.

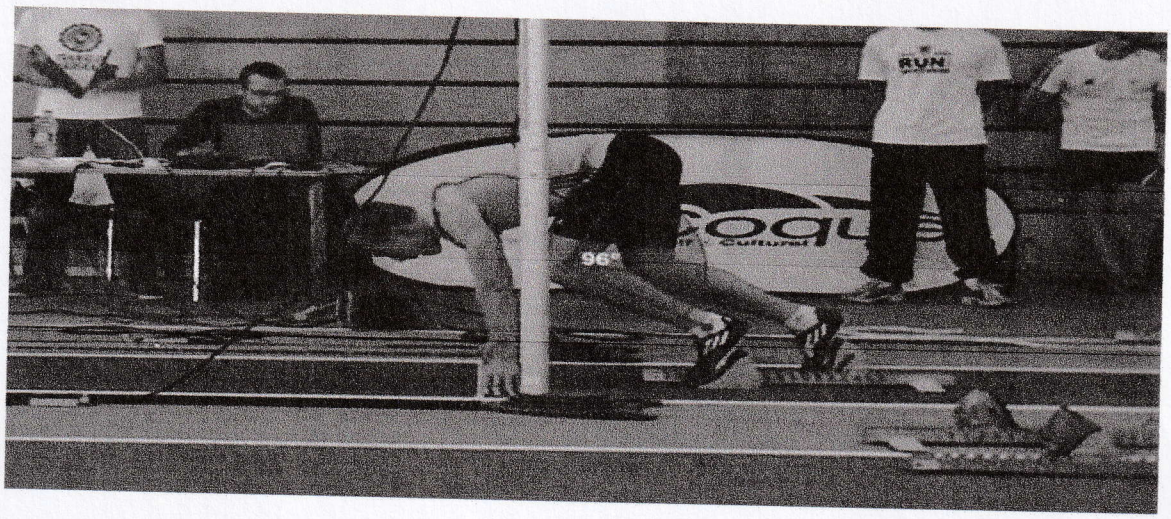
تتكون الزاوية من خطين، أو مستويين، أو خط ومستوى. رمزها θ(Theta)، وحدتها الراديان، أو الدرجة، أو عدد الدورات. Radian, °, revolution.



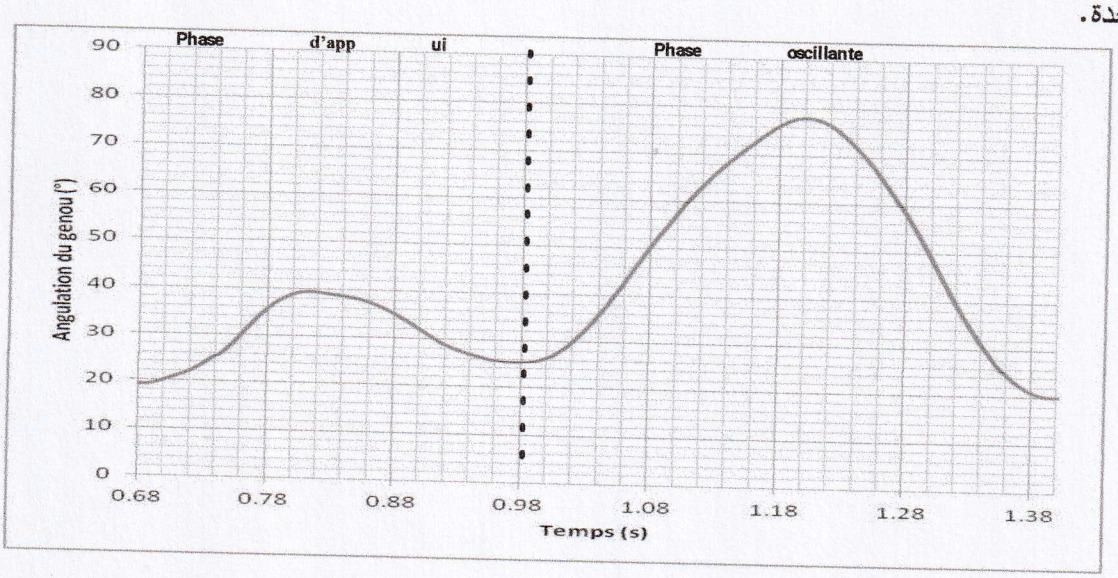
الزاوية

تتكون الزاوية من خطين أو مستويين أو مجموعة تتقاطع عند نقطة تسمى الرأس (الشكل). في التحليل البيوميكانيكي، تكون الخطوط المتقاطعة بشكل عام أجزاء من الجسم. إذا كان المحور الطولي لجزء الساق هو جانب واحد من الزاوية والمحور الطولي لجزء الفخذ هو الجانب الآخر، فإن الرأس هو مركز مفصل الركب

تعتبر فكرة الموضع مفيدة جدا لوصف المكان الذي يوجد فيه الشخص أو الكائن. يتم استخدامه لوصف الحركات الخطية. ومع ذلك، فإن هذا المفهوم غير مناسب للمفاصل التي لها حركات دورانية. لذلك نستخدم مفهوم الزاوية: زاوية الركبة تتوافق مع اتجاه عظم الفخذ بالنسبة إلى عظم الساق. الشكل التالي يعرض زاوية الركبة أثناء بدء العدو.



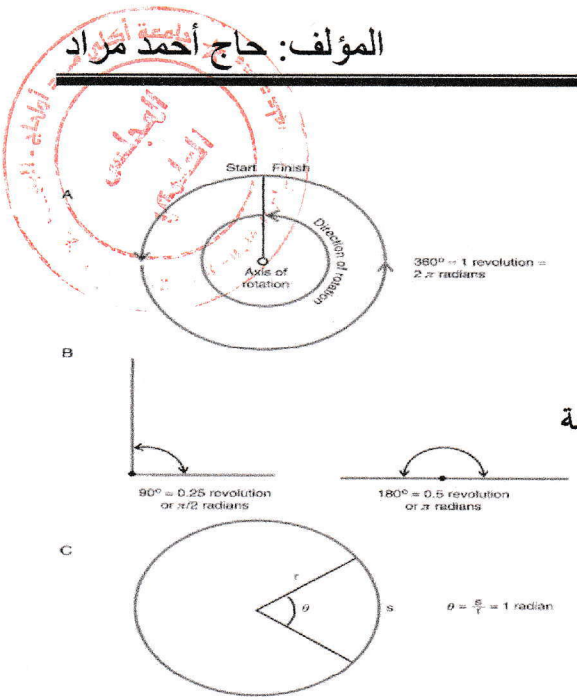
بنفس الطريقة التي يتغير بها موضع الأطراف بمرور الوقت، يمكن أن تتغير الزاوية بمرور الوقت: عند الجري، من الواضح أن زاوية الركبة ليست ثابتة، يمثل الشكل التالي تطور زاوية الركبة أثناء الجري لدورة واحدة.



وحدات القياس

في الحركة الزاوية، تُستخدم ثلاث وحدات لقياس الزوايا.

الأكثر استخداما هي الدرجة. الدائرة التي تصف دورانا واحدا كاملا، تدون قوسا بمقدار 360 درجة الزاوية 90 درجة لها ضلعان متعامدان مع بعضها البعض. الخط المستقيم له زاوية 180 درجة.



تصف الوحدة الثانية للقياس عدد الدورات Revolution حول دائرة. دورة واحدة هي دوران واحد بزاوية 360 درجة. على سبيل المثال، القفزة الثلاثية في التزلج تتطلب من المتزلج أن يكمل 3.5 دورة في الهواء. ماهي قيمة هذه الدورات بالدرجة؟. وحدة القياس هذه مفيدة في التحليل الكيفي للحركات (في التزلج على الجليد والجمباز والغوص) ولكنها ليست مفيدة في التحليل الكمي.

قيمة الزاوية المطلوبة من المتزلج بالدرجات هي: 3.5 x 360 = 1260°

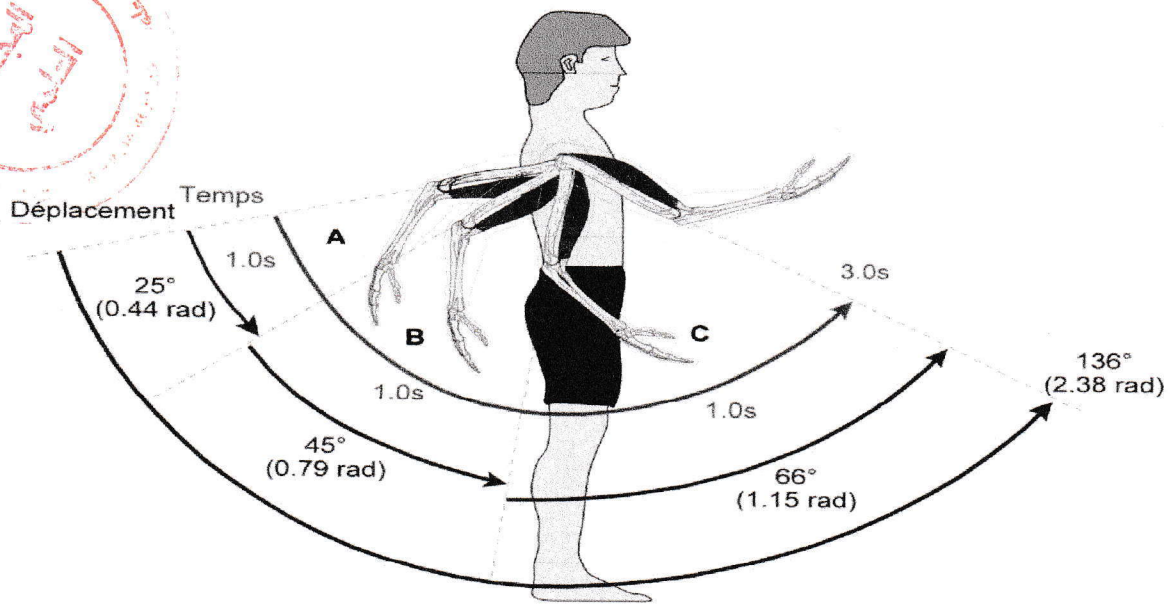
الوحدة الثالثة الراديان Radian، وهي أنسب وحدة للقياس الزاوي في الميكانيكا الحيوية.

$$\theta = \frac{s}{r} = 1rad$$

حيث s طول القوس و r نصف القطر. راديان واحد يعادل 57.3 درجة. لتحويل زاوية بالدرجات إلى راديان، اقسم الزاوية بالدرجات على 57.3. فمثلا:90°/57.3 = rad1.57 لتحويل الراديان إلى درجات، اضرب الزاوية بالتقدير الدائري في 57.3. فمثلا: 45° =57.3 x 0.78

من الضروري استخدام الراديان كوحدة قياس زاوي بدلا من الدرجات في أي حساب يتضمن حركة خطية.

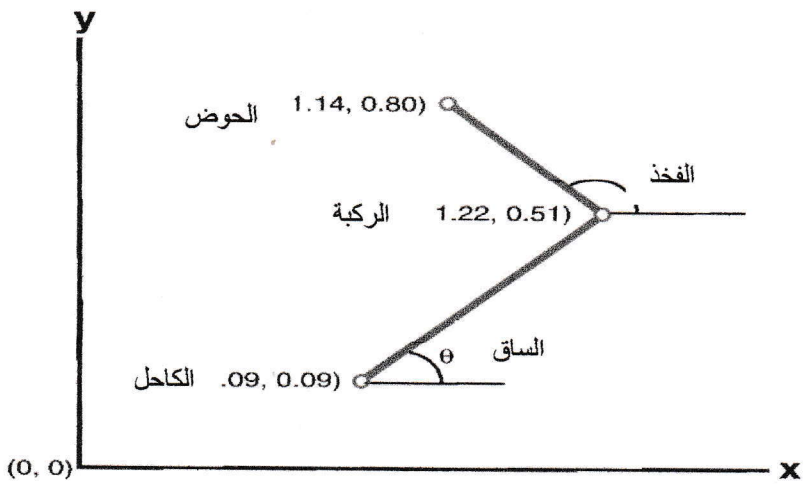
$\pi = 3{,}14\text{rad}$



أنواع الزوايا

الزاوية المطلقة

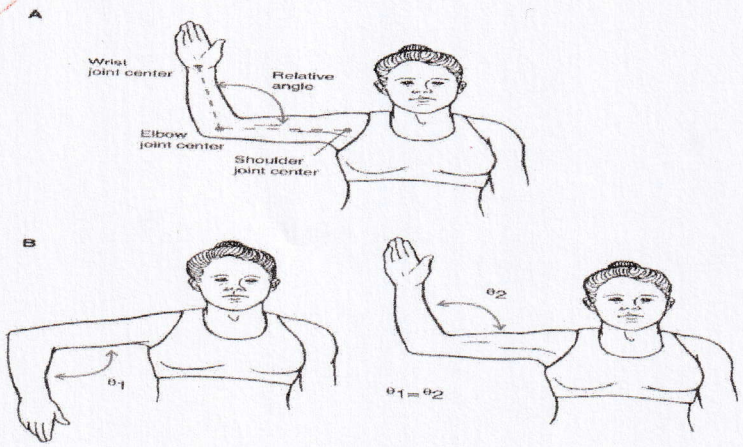
في الميكانيكا الحيوية، يتم حساب نوعين من الزوايا بشكل عام. الأول هو الزاوية المطلقة، وهي زاوية ميل جزء من الجسم بالنسبة لمرجع ما. يصف هذا النوع من الزوايا اتجاه وموقع طرف من أطراف الجسم في الفضاء. أكثر الطرق استخداما لحساب الزوايا المطلقة نضع نظام إحداثيات عند نقطة النهاية البعيدة للطرف. يتم قياس الزاوية عكس اتجاه عقارب الساعة مع المستقيم الأفقي .



الزاوية النسبية

هي الزاوية بين المحاور الطولية لطرفين متجاورين ويشار إليها أيضا بزاوية المفصل (الشكل). يمكن أن تصف الزاوية النسبية على سبيل المثال، زاوية الركبة مقدار الانثناء أو التمدد عند المفصل. ومع ذلك، لا

تصف الزوايا النسبية موضع الأطراف أو ضلعا الزاوية في الفضاء. إذا كان لدى الفرد زاوية نسبية قدرها 90 درجة عند الكوع وتم الحفاظ على تلك الزاوية، فقد يكون الذراع في أي عدد من المواضع.



الإزاحة الزاوية

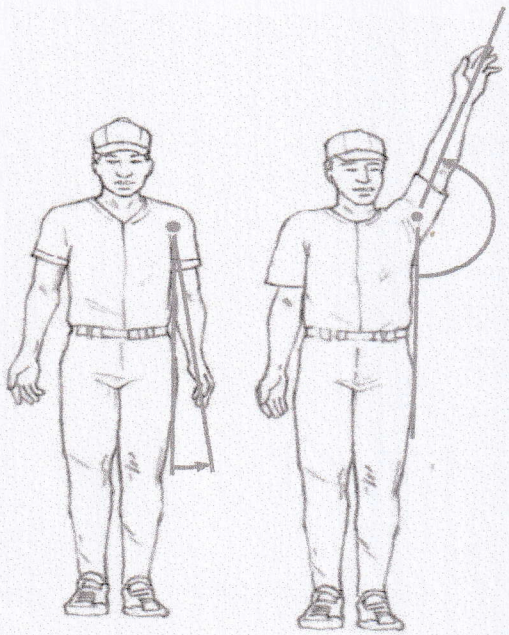
هي التغير في الموضع الزاوي المطلق، وبالتالي، فإن الإزاحة الزاوية هي الزاوية المشكلة بين الموضع النهائي والموضع الأولي للخط الدواراني.

$$\Delta\theta = \theta f - \theta i$$

$$\Delta\theta = 170° - 5°$$

θfموضع الزاوية النهائي

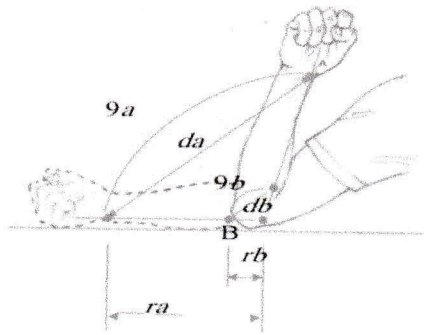
θi موضع الزاوية الابتدائي



معادلات الحركة الزاوية Angular Motion
θ = l/r =(القوس طول)/(القطر نصف)
علاقة الازاحة الزاوية (θΔ) بطول القوس: l = Δθ .r
متوسط السرعة الزاوية: ω=Δθ/Δt
علاقة السرعة الزاوية بالسرعة الخطيةv=ω.r
متوسط التسارع الزاوي: α=Δω/Δt
التسارع المماسي: at=α.r
التسارع المركزي: ac=v²/r

علاقة الازاحة الزاوية (θ) بالإزاحة الخطية (d)

المسافة الخطية (طول القوس) التي يتم قطعها من طرف نقطة على جسم يقوم بحركة زاوية، تتناسب طرديا مع الازاحة الزاوية للجسم ونصف القطر.



$$d = \Delta\theta . r$$

الازاحة الخطية d

الازاحة الزاوية Δθ

طول القوس r

هل يمكن أن يؤثر طول الأطراف على الأداء؟

من المثير للاهتمام أن نلاحظ أن امتداد الساق من نفس الزاوية عند اثنين من الرياضيين لن يؤدي بالضرورة إلى إزاحة الكاحل بمسافة مماثلة: تعتمد مسافة الإزاحة أيضا على طول الساق.

نحصل على نفس النوع من العلاقات بالنسبة للسرعات والتسارع:

v = l.ω مع v سرعة الإزاحة و السرعة الزاوية.

a = l.α مع تسارع الإزاحة و α التسارع الزاوي.

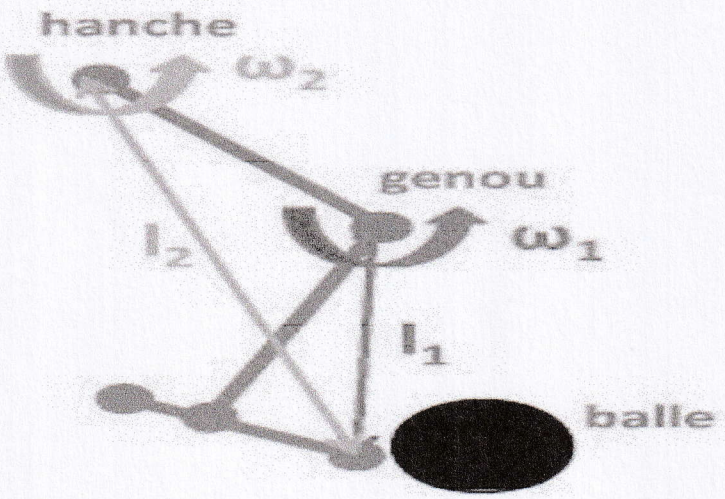
توضح هذه المعادلات جيدا كيف يمكن أن يكون للمتغيرات الأنثروبومترية تأثير مباشر على الأداء. لنتخيل لاعبين في كرة قدم قادرين على مد ساقهم "المسددة" بنفس السرعة (السرعة الزاوية). سرعة الكرة (الأداء) ستكون مرتبطة بقوة بسرعة الكاحل. ومع ذلك، كما رأينا، ترتبط سرعة الكاحل وسرعة تمدد الركبة

بطول الساق. هذا يعني أنه إذا كان لأحد اللاعبين أرجل أطول من الآخر، وبنفس سرعة تمديد الركبة، فإن تسديدته ستكون أسرع. باتباع نفس المنطق، سيحتاج لاعب التنس ذو الذراع الطويلة إلى دوران أقل لذراعه للوصول إلى نفس سرعة المضرب (وبالتالي الكرة).

لنأخذ كمثال لاعب كرة القدم ولكن نفترض أنه يستخدم الآن كلا من وركه وركبته لركل الكرة (وهو أكثر واقعية!). هل من الممكن معرفة المساهمة النسبية للورك والركبة في السرعة النهائية للقدم؟ حسب الشكل التالي:

L1 و L2: المسافات بين الكرة ومحاور دوران الركبة والورك في اللحظة المدروسة ،

- ω1 و ω2 : سرعات دوران الركبة والورك على التوالي.



وإذا أخذنا المعادلات التي رأيناها، يمكننا كتابة:

للركبة $V1 = L1. \omega1$

للورك $V2 = L2. \omega2$

في اللحظة التي تمت دراستها، فإن السرعة الإجمالية للقدم تساوي مجموع مساهمات كل مفصل:

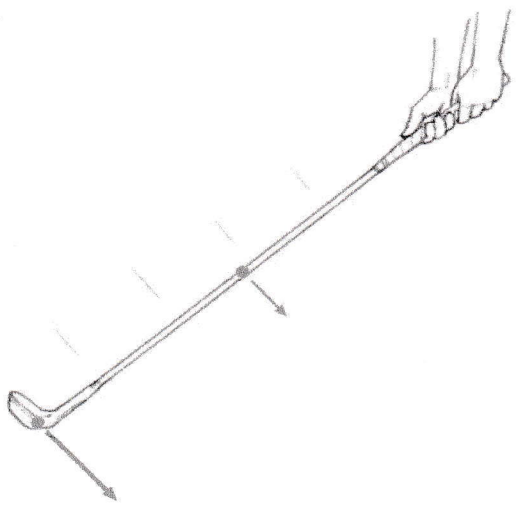
$V = V1 + V2$

وبالتالي، فإن المساهمة النسبية للركبة هي $V1 / V$ ومساهمة الورك $V2 / V$.

تعتمد سرعة النقطة التشريحية البعيدة لمفصل على سرعة دوران المفصل وعلى المسافة بين محور الدوران وهذه النقطة. في حالة وجود عدة مفاصل، تكون السرعة "الاجمالية" مساوية لمجموع مساهمات كل مفصل.

تطبيق 1

تتحرك يدا لاعب القولف عبر قوس طوله 10 سم أثناء رمي الكرة. ما هو طول القوس الذي يتحرك خلاله رأس المضرب إذا كانت اليدان على بعد 50 سم من محور الدوران ورأس المضرب على بعد 150 سم من محور الدوران؟



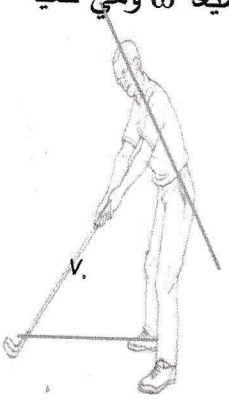
lh = 10cm
rh= 50cm
rp= 150cm
$\Delta\theta h = \Delta\theta p$
lp= ?
$l = \Delta\theta r$
lh/ rh = lp/ rp
lp = lh x rp / rh
lp = 10 x150 / 50
lp = 30cm

يتحرك رأس المضرب أبعد من اليدين، و 30 سم حوالي قدم. هذه حركة معقولة لرأس المضرب.

السرعة الزاوية

تعرف بأنها معدل تغير الازاحة الزاوية. وحدات القياس هي: الرديان على الثانية rad/s ، الدرجة على الثانية °/s، عدد الدورات في الثانية revolution/s. يتم اختصارها بالرمز اليوناني أوميغا ω وهي كمية متجهة. تعرف رياضيا حسب المعادلة التالية:

$$\omega = \Delta\theta/\Delta t$$



$$d = \theta . r$$
$$\frac{d}{t} = \theta . \frac{r}{t}$$
$$v = \omega . r$$

العلاقة بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية

السرعة الخطية لرأس المضرب، أسرع من السرعة الخطية

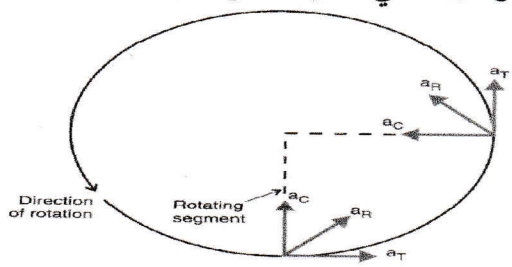
لنقطة على عمود المضرب لأن رأس المضرب أبعد عن محور الدوران.

التسارع الزاوي

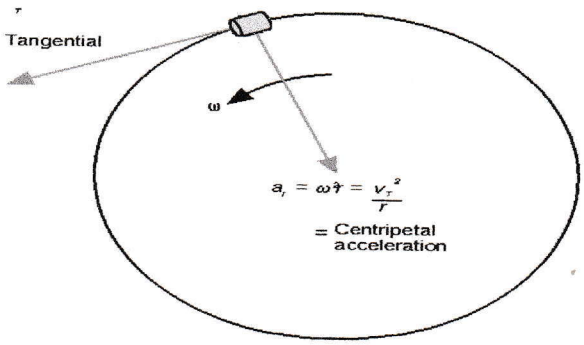
هو معدل تغير السرعة الزاوية بالنسبة للزمن، يرمز له بالحرف اليوناني ألفا (α).

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

التسارع المماسي aTوالتسارع المركزي aC، عموديان على بعضهما البعض. يعمل التسارع المماسي على تسريع نقطة نهاية المقطع لأسفل، بينما يسرع التسارع المركزي نقطة النهاية نحو مركز الدوران. والنتيجة هي الحركة على طول مسار منحن.



السرعة المماسية، أو الخطية (المحيطية) لطرف دوار في لحظات مختلفة من الزمن، متعامدة مع نصف قطر الدوران.



يشتمل شعاع التسارع الخطي الناتج aR على مركبات التسارع المركزي والمماسي.

$$aR = a^2T + a^2C$$

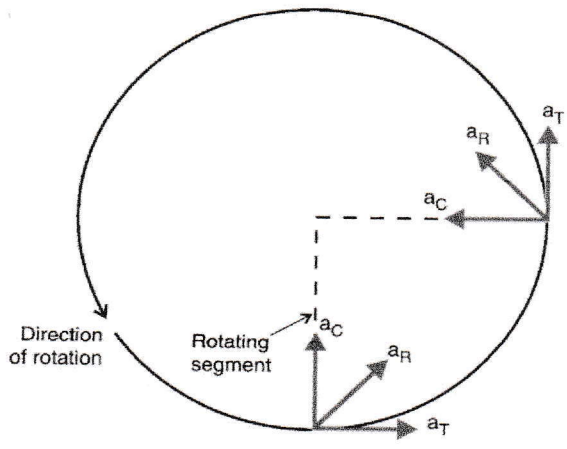
$$aC = \omega . v$$

$$aT = \alpha . r$$

$$aR = \omega . v + \alpha . r$$

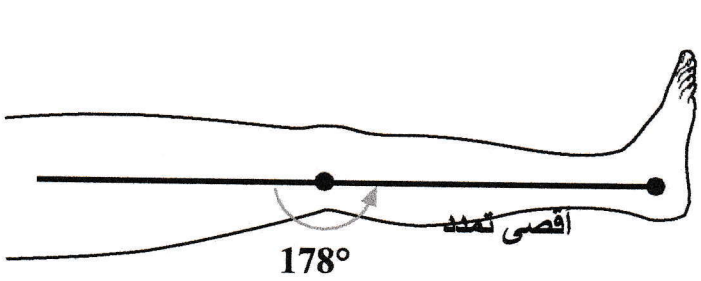
$$aR = \omega . \omega . r + \alpha . r$$

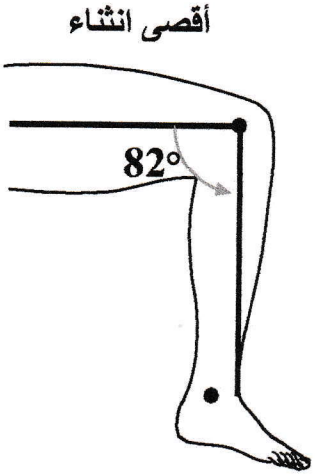
$$aR = \omega^2 . r + \alpha . r$$



تطبيق1

يفحص مختص التأهيل الحركي مدى حركة مفصل ركبة رياضي مصاب أثناء إعادة التأهيل من إصابة في الركبة. عند الامتداد الكامل، تبلغ الزاوية بين أسفل الساق والفخذ 178 درجة. عند الانثناء الكامل، تبلغ الزاوية بين أسفل الساق والفخذ 82 درجة. أثناء الاختبار، تم تعليق فخذ الرياضي في وضع ثابت وتحرك الجزء السفلي من الساق فقط. ما هي الإزاحة الزاوية لساق هذا الرياضي من التمدد الكامل إلى الانثناء الكامل؟ عبر عن إجابتك في (أ) درجات و (ب) راديان.





أسئلة للمراجعة

1. تلتصق معظم عضلات الهيكل العظمي في أطرافنا بالقرب من المفاصل.

أ. ما هي مزايا هذا النظام؟

ب. ما هو عيب هذا النظام؟

2. ما هي المزايا التي يتمتع بها الرياضي ذو الأطراف الطويلة في أنشطة الرمي والضرب؟

3. اشرح كيف يمكن أن يزداد طول الخطوة (متغير حركي خطي) إذا رفعت تمارين المرونة من مدى الحركة في مفصل الورك، وبالتالي زيادة الإزاحة الزاوية (متغير حركي زاوي) لمفصل الورك أثناء الخطوة.

4. لماذا يعد الركض حول منحنى في الممر 1 (الممر الداخلي) أكثر صعوبة من الركض حول المنحنى في الممر 8 (الممر الخارجي)؟

5. يؤدي متزحلق قفزة ثلاثية ملتوية أثناء التزلج على الجليد. يدور حول محوره الطولي ثلاث مرات وهو في الهواء. الوقت المستغرق لإكمال القفزة من الإقلاع إلى الهبوط هو 0.8 ثانية. ما هو متوسط السرعة الزاوية للمتزحلق؟

7. يتنافس مصارع في التايكواندو. ينفذ خصمه ركلة مستديرة. متوسط السرعة الزاوية لرجل الركل والقدم 20rad/s. الإزاحة الزاوية لقدمه على رأس المصارع هي 5rad. كم من الوقت يتعين على المصارع التحرك إذا أراد تجنب التعرض للركل في الرأس؟

8. عندما يبدأ رياضي حركة رمي القرص، فإنه يدور بسرعة زاوية تبلغ 5rad/s. قبل إطلاق القرص مباشرة، كانت سرعته الزاوية 25rad/s. إذا كان الوقت من بداية الرمية إلى ما قبل الرمي هو 1s، فما هو متوسط التسارع الزاوي لهذا الرياضي؟

المحور السادس: كنيتيك الحركة الخطية والدائرية

المحاضرة 9 شرح أسباب الحركة الخطية والدائرية

تمهيد

تعلمنا في المحاضرة السابقة أنه يمكن استخدام كنماتيك الحركة (الخطية، أو الزاوية) لتوفير معلومات لتحسين الكفاءة الحركية و منه تحسين الانجاز الرياضي . تلخص هذه المحاضرة القوانين الفيزيائية التي تفسر كيف تتغلب القوى على القصور الذاتي وكيف تخلق القوى الأخرى الحركة عند الانسان. دراسة أسباب الحركة الخطية هي فرع من فروع الميكانيكا المعروفة باسم كنيتيك الحركة الخطية.

الكنيتيك Kinetics

الكنيتيك فرع من الميكانيكا الحيوية يهتم بما يجعل الجسم يتحرك بالطريقة التي يتحرك بها. أي يبحث في مسببات الحركة. توفر كنيتيك الحركة الخطية طرقا دقيقة لتوثيق أسباب الحركة الخطية للأجسام. غالبا ما تعتمد القوانين المحددة والمتغيرات الميكانيكية التي يختارها الميكانيكي الحيوي في تحليل أسباب الحركة الخطية على طبيعة الحركة. عندما تكون التأثيرات اللحظية متداخلة، فإن قوانين نيوتن للحركة هي الأكثر صلة. عندما تكون دراسة الحركات على فترات زمنية مهمة، فإن العلاقة بين الدفع والزخم تستخدم عادة. يركز النهج الثالث لدراسة أسباب الحركة على المسافة التي تغطيها الحركة ويتم استخدام علاقة العمل بالطاقة. قوانين Newton وضعت الأسس لتفسير الظواهر الحركية.

نشر (1642 إلى 1727) كتاب Principia Mathematica في عام 1687 أين قدم قوانينه الثلاثة للحركة التي نستخدمها لشرح عدد من الظواهر. على الرغم من أن هذه القوانين قد حلت محلها نظرية النسبية لأينشتاين ، فلا يزال بإمكاننا استخدام مبادئ Newton الأساسية كأساس لمعظم تحليلات الحركة البشرية في الميكانيكا الحيوية.

كنتيك الحركة الخطية

قانون نيوتن الأول قانون القصور الذاتي (مبدأ العطالة)

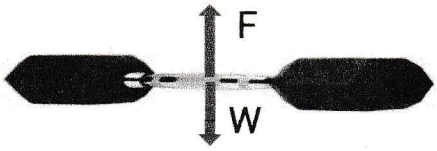
يحافظ الجسم على حالته (السكون والثبات، الحركة المستقيمة المنتظمة)، ما لم تتدخل قوة تغير من حالته، وحسب نيوتن يتم التعبير عن هذا القانون بالمعادلة الرياضية التالية:

$$\Delta v = 0 \implies \sum F = 0,\ \sum F = 0 \implies \Delta v = 0$$

كيف ينطبق قانون نيوتن الأول للحركة على حركة جسم الانسان خاصة في المجال الرياضي. هل يمكن التفكير في أي مواقف لا تعمل فيها قوى خارجية على جسم ما؟ هذا صعب. الجاذبية قوة خارجية تؤثر على جميع الأجسام القريبة من الأرض. ربما يمكننا أن نجد تطبيقات لقانون نيوتن الأول في الرياضة إذا نظرنا فقط إلى حركات الجسم في اتجاه معين. عموديا سرعة القذائف تتغير باستمرار، وتتسارع للأسفل بمعدل $9.81 m/s^2$ بسبب قوة الجاذبية. في الاتجاه العمودي، لا ينطبق قانون نيوتن الأول للحركة. ومع ذلك، سرعة القذيفة أفقيا ثابتة، و تسارعها معدوم لعدم وجود قوى أفقية أثرت على القذيفة. هذه حالة

ينطبق فيها قانون نيوتن الأول للحركة. إذا كانت مقاومة الهواء ضئيلة، فإن مجموع القوى الأفقية المؤثرة على القذيفة معدوم، وبالتالي فإن السرعة الأفقية للقذيفة ثابتة وغير متغيرة. يوفر قانون نيوتن الأول للحركة الأساس للمعادلات التي تصف الحركة الأفقية للقذيفة.

مجموع كل القوى الخارجية المؤثرة على جسم ما هو صفر إذا كان الجسم في حالة توازن ثابت. قانون نيوتن الأول للحركة هو أساس التوازن الثابت.



تطبيق1

تخيل أنك تمسك ثقل (Dumbbell) كتلته 4,5kg في يدك. ما مقدار القوة التي يجب أن تبذلها على الثقل لتثبيته؟ ما هي القوى الخارجية التي تؤثر على الثقل؟ عموديا، تمارس الجاذبية قوة لأسفل تساوي وزن الثقل. تمارس يدك قوة رد فعل لأعلى ضد الثقل. وفقا لقانون نيوتن الأول، سيبقى الجسم في حالة سكون فقط إذا لم تكن هناك قوى خارجية تعمل على الجسم أو إذا كانت القوة الخارجية الصافية المؤثرة على الجسم معدومة.

يرتبط القصور الذاتي ارتباط مباشر بكتلة الجسمm

الكتلة Mass (kg)

هي مقياس لقصور الجسم، أي مقاومته للتسارع. كتلة الجسم ثابتة في كل مكان وهي كمية قياسية Scalar Quantities

القوةForce

تُوصف القوة بأنها تأثير جسم ما على آخر، والتي يمكن أن تغير حالة المادة عن طريق الدفع، والسحب، واللف، والانزلاق، وما إلى ذلك، وهذا التأثير للقوة هو نتاج كتلة و التسارعF = m.a

هناك العديد من أنواع القوى المختلفة مثل القوى الداخلية؛ على سبيل المثال، في الميكانيكا الحيوية، ينتج عن تقلص العضلات قوى داخلية تحرك جزءا من الجسم.

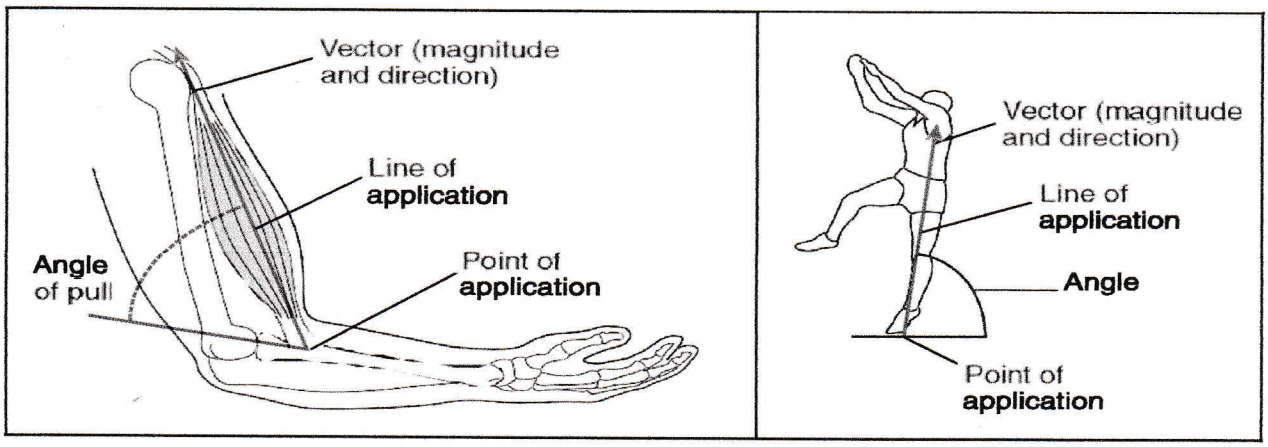
تعمل القوى الداخلية على تحريك أطراف الجسم.

تمثل القوى الخارجية أفعالا على نظام جسم الإنسان مثل قوة الدفع أو الشد أو الالتواء أو حتى دفع الريح.

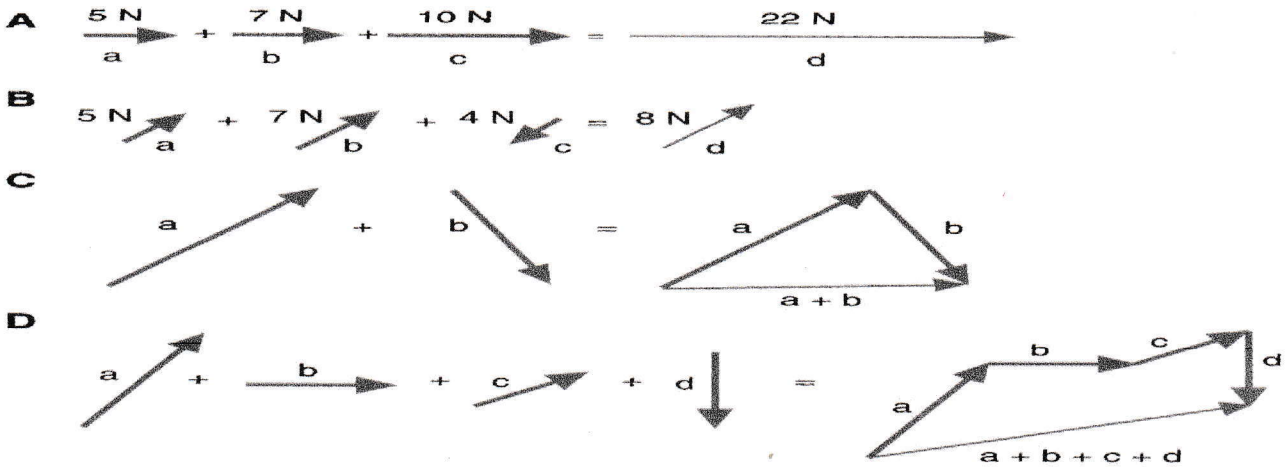
القوى الخارجية تعمل على الجسم نتيجة تفاعله مع البيئة المحيطة به (بريقع والسكري، 2002، ص90).

تعمل القوى الخارجية على تحريك الجسم كله وتسمح له بتغيير اجاه أو الرفع من تسارعه أو تخفيضه.

القوة هي كمية متجهة Vector Quantities تتضمن المقدار والاتجاه الحامل، ونقطة التطبيق.



خصائص القوة: لقوة عضلية داخلية (A) وقوة خارجية تتولد على الأرض في الوثب العالي (B).



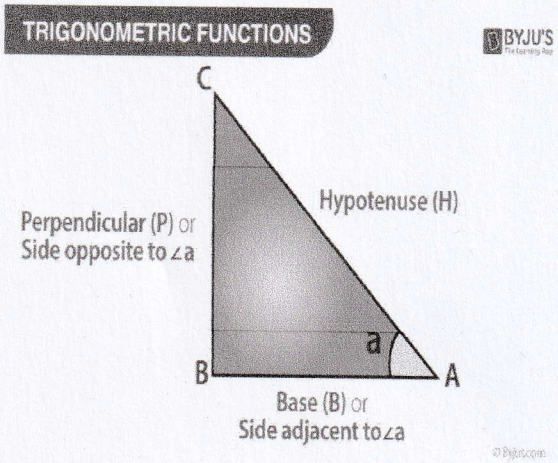
في الشكل D الشعاع a الطول 10 و $\theta = 45°$ والشعاع b الطول 6 و $\theta = 0°$ والشعاع c الطول 5 و $\theta = 30°$ والشعاع d 7 و $\theta = 270°$

الشعاع a	الشعاع b	الشعاع c	الشعاع d
y =10.sin45 = 7.07	y= 6.sin0 = 0	y= 5.sin30 = 2.50	y= 7.sin270 =
x= 10.cos45 = 7.07	x= 6.cos0 = 6	x= 5.cos30 = 4.33	x= 7.cos270 =

لإيجاد قيمة محصلة الأشعة، تتم إضافة المركبات الأفقية والعمودية لكل شعاع وحلها باستخدام نظرية فيثاغورس.

الأشعة Vectors	المركبة الأفقة x Adjacent	المركبة العمودية y Opposite
شعاع A	7.07	7,07
شعاع B	5.00	0.00
شعاع C	4.33	2.50
شعاع D	0.00	-7.00
Σالمجموع	16.40	2.57

$C = \sqrt{x^2 + y^2}$, $c = \sqrt{16.40^2 + 2.57^2}$, $c = 16.60$



Sin θ =Opposite/Hypotenuse = CB/CA

Cos θ = Adjacent/Hypotenuse = AB/CA

Tan θ = Opposite/Adjacent = CB/BA

tan θ = y-المركبة العمودية/x-المركبة الأفقية

θ = arctan (2.57/16.40)

θ = arctan (0.1576)

θ = 8.91°

خصائص محصلة الأشعة(الطول 16,60، الزاوية 8.91°).

تصنيفات القوى

يمكن تصنيف القوى على أنها داخلية أو خارجية.

القوى الداخلية: هي القوى التي تنتج داخل الجسم الذي يتم دراسة حركته. ونميز فيها قوى السحب (قوى الشد)، وقوى الدفع (قوى الضغط).

قد تكون القوى الداخلية مهمة في دراسة الميكانيكا الحيوية في المجال الرياضي إذا كنا مهتمين بطبيعة وأسباب الإصابة، لكنها لا تستطيع إحداث أي تغييرات في حركة مركز كتلة الجسم. القوى الخارجية هي وحدها المسؤولة عن ذلك.

القوى الخارجية: صحيح أن قوى العضلات يمكن أن تنتج حركات لأطراف الجسم، لكن هذه الحركات لن تنتج أي تغيير في حركة مركز كتلة الجسم ما لم تعمل القوى الخارجية على النظام.

القوى الخارجية هي تلك القوى التي تعمل على الجسم نتيجة تفاعله مع البيئة المحيطة به. يمكن تصنيفها إلى قوى ملامسة أو قوى غير ملامسة للجسم.

في المجال الرياضي، القوة الوحيدة غير ملامسة للجسم التي سنهتم بها هي قوة الجاذبية.

تعرف قوة الجاذبية المؤثرة على الجسم بأنها وزن الجسم. $W = m \cdot g / g = 9.81 m/s^2$ (Weight)

قوى التي تلامس الجسم هي القوى التي تحدث بين الأشياء التي تلامس بعضها البعض. يمكن أن تكون الأشياء الملامسة صلبة أو سائلة. تعتبر مقاومة الهواء ومقاومة الماء أمثلة على قوى التلامس، قوة رد الفعل من الأرض تدفعك للأعلى وتسرعك في الهواء. تقسم قوى التلامس إلى مركبتين.

نسمي المركبة الأولى لقوة التلامس قوة رد فعل، أثناء خطوة الجري، عندما يدفع العداء لأسفل وللخلف على الأرض، فإن قوة التلامس العادية هي مكون القوة التي تعمل صعودا على العداء ولأسفل على الأرض. المركبة الثانية هي قوة الاحتكاك. يكون خط تأثير قوة الاحتكاك موازيا للسطحين المتصلين ويقاوم الحركة أو الانزلاق بين السطوح.

قوى الاحتكاك

هو قوة تلامس تعمل بين السطحين المتصلين وبالتوازي الاحتكاك يتناسب مع قوة الاتصال العادية التي تدفع السطحين معا. هذا يعني أنه مع زيادة قوة الاتصال العادية، تزداد قوة الاحتكاك أيضا. إذا تضاعف حجم قوة الاتصال العادية، فسوف تتضاعف قوة الاحتكاك أيضا. يتأثر الاحتكاك بخصائص الأسطح الملامسة.

تتناسب قوى الاحتكاك مع رد الفعل العمودي على السطح، وثابت التناسب بينهما هو معامل الاحتكاك وهو يختلف باختلاف طبيعة سطح التلامس (بريقع والسكري، 2002، ص94).

$Fs = \mu sR \qquad Fd = \mu dR$

Fs = قوة الاحتكاك الثابت

Fd = قوة الاحتكاك الديناميكي

μs = معامل الاحتكاك الثابت

μd = معامل الاحتكاك الديناميكي

R = قوة التلامس

تطبيق1

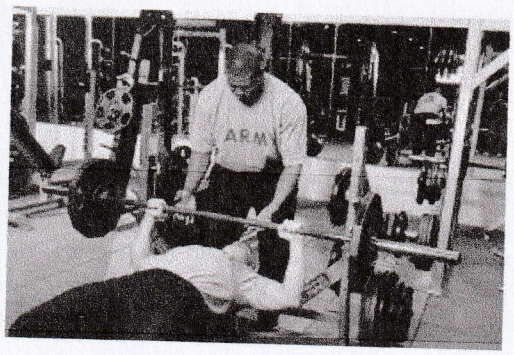
تمارس العضلة ذات الرأسين قوة سحب تبلغ 800N على عظم نصف قطر الساعد. تعمل القوة بزاوية 30° مع نصف القطر في الاتجاه الأمامي والأعلى. ما هي قيمة مكون هذه القوة التي تسحب نصف القطر نحو مفصل الكوع، وما هي قيمة مكون هذه القوة التي تسحب عموديا على نصف القطر؟

القانون الثاني: قانون التسريع

يتناسب تغيير الحركة مع القوة المؤثرة ويتم إجراؤه في اتجاه الخط المستقيم الذي تؤثر فيه هذه القوة.

حسب Newton المعادلة التالية تفسر القانون $\Sigma F = m.a$

الكتلة (kg) Mass هي مقياس لقصور الجسم، أي مقاومته للتسارع. كتلة الجسم ثابتة في كل مكان وهي كمية قياسية **Scalar Quantities**



تطبيق1

يساعد رافع أثقال زميله لرفع ثقل قسمته 1000N.

يبذل المساعد قوة عمودية للأعلى قيمتها 80Nعلى الثقل بينما يبذل رافع الأثقال قوة عمودية للأعلى قيمتها 980N.

ما هي محصلة القوة الرأسية المؤثرة على الثقل؟

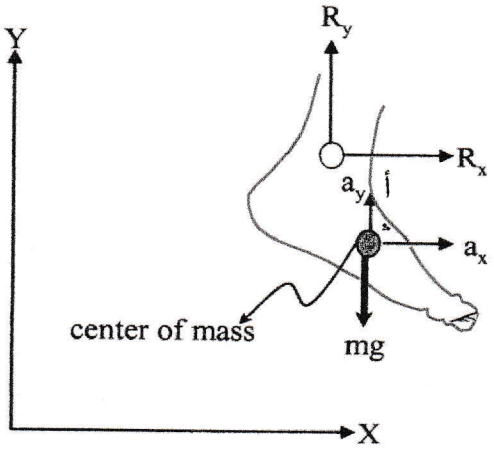
تطبيق2

لاعب الجمباز متعلق بالعارضة العالية. يوقف المدرب تأرجحه من خلال بذل قوى في الجزء الأمامي والخلفي من جذع لاعب الجمباز 20N للخلف و30N للأمام. القوى الخارجية الأخرى المؤثرة على اللاعب هي قوة الجاذبية المؤثرة على كتلة اللاعب، وقوة رد فعل عمودية صاعدة مقدارها 550N تمارسها العارضة على يدي اللاعب. وزن اللاعب 50kg.وضح على الشكل القوة المؤثرة على الجمبازي. ما هي محصلة القوة الخارجية المؤثرة على اللاعب؟

تطبيق3

قوة رد فعل الأرض العمودية التي تعمل تحت قدم العداء هي 2000N في حين أن قوة الاحتكاك هي 600N تعمل للأمام. .وضح على الشكل القوى المؤثرة على العداء. ما هي محصلة هذه القوى؟

تطبيق4



أثناء مرحلة التأرجح في المشي، لا توجد قوى خارجية غير الجاذبية تؤثر على القدم. يمكن ملاحظة أن القوى الخطية الوحيدة المؤثرة على القدم هي المكونات الأفقية والعمودية لقوة رد الفعل، ووزن القدم الذي يعمل من خلال مركز الكتلة.

يمكن تحديد قوة رد الفعل الأفقية: $\sum Fx = m.ax$

إذا كانت كتلة القدم 1.16kg والتسارع الأفقي لمركز كتلة القدم هو -1.35m/s²

1. أحسب قوة رد الفعل الأفقية.

يمكن تحديد قوة رد الفعل العمودية : $\Sigma Fy = m.ay$

إذا كان التسارع العمودي لمركز كتلة القدم 7.65M/s²

2. أحسب ثوة رد الفعل العمودية.

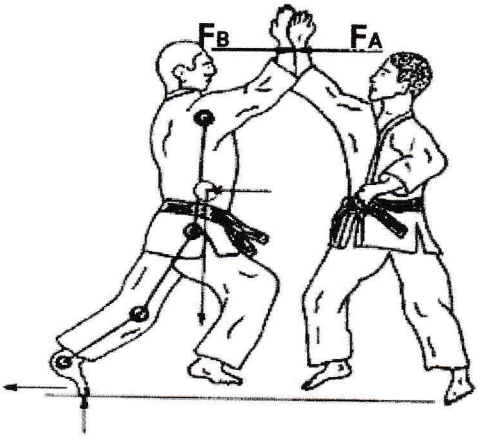
رسم تخطيطي لجزء القدم أثناء مرحلة التأرجح لخطوة مشي يظهر القوى الخطية والتسارع.

القانون الثالث لنيوتن

من اين تأتي القوى من أجل احداث الحركة؟ قانون نيوتن الثالث للحركة يجيبنا حيث ينص " لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه" (جابر وكاظم، 2018، ص210).

يوضح هذا القانون أن القوى لا تتصرف أبدا بمعزل عن غيرها بل تعمل دائما في أزواج. عندما يتفاعل جسمان، فإن القوة التي يبذلها الجسم A على الجسم B يتم مواجهتها بقوة مساوية ومعاكسة يمارسها الجسم Bعلى الجسم .A هذه القوى متساوية في القيمة ولكنها معاكسة في الاتجاه، وعليه:

$$\Sigma F_{A\,on\,B} = -\Sigma F_{B\,on\,A}$$



المحاضرة 10: تطبيقات القوانين الكنتيكية في المجال الرياضي

آثار القوة المطبقة خلال فترة زمنية

الحركة تتم بدلالة كتلة الجسم وسرعته التي تسمح للرياضي بامتلاك كمية حركة معينة، تعرف ميكانيكيا بمصطلح الزخم الخطي طالما كانت حركة الرياضي خطية. (النتيجة)

كمية الحركة (الزخم الخطي) = كتلة الجسم x سرعته $Lm = m.v$

سبب الحركة (القوة) Xالزمن = الدفع الخطي

$$F = m.a$$

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$F = m.\frac{dv}{dt}$$

$$F.dt = m.vfinal - m.vinitial$$

متوسط القوة الصافية التي تعمل خلال فترة زمنية معينة ستسبب تغيرا في زخم الجسم.

تعتمد التقنيات في الأنشطة الرياضية مثل الرمي أو القفز إلى حد كبير على زيادة زمن تطبيق القوة للحصول على دفعة كبيرة.

في بعض الأنشطة الأخرى، قد يكون لجسم ما سرعة ابتدائية سريعة ونريد تقليل هذه السرعة إلى سرعة نهائية بطيئة أو صفر. نريد تقليل زخمها. هل يمكن التفكير في مثل هذه المواقف؟ ماذا عن الهبوط من قفزة؟ التقاط كرة؟ تلقي لكمة؟ هل تنطبق العلاقة بين الدفع والزخم في تحليل هذه المواقف؟

كيف تأثر كمية الحركة؟ إذا كان هناك جسمان يسيران بنفس السرعة، فالجسم الأثقل تكون كمية حركته أكبر، كلما زادت كمية الحركة زادت القوى اللازمة لغير من سرعته أو اتجاهه (جابر وكاظم، 2018، ص140).

آثار القوة المطبقة خلال مسافة معينة

العمل (الشغل) Work (Joule)

عموما العمل أي شيئ يتطلب مجهود ذهني أو بدني، أما العمل الميكانيكي فهو حاصل ضرب القوة المطبقة على الجسم في المسافة المقطوعة التي تكون في اتجاه تطبيق القوة. $U = F.d$

القدرة Power (Watt)

هي معدل العمل المنجز بالنسبة للزمن $P = \frac{dU}{dt}$

الطاقة الحركية

هي القدرة على أداء العمل، وبالتالي فهي متعلقة بحدوث الحركة. $KE = \frac{1}{2}.m.v^2.$

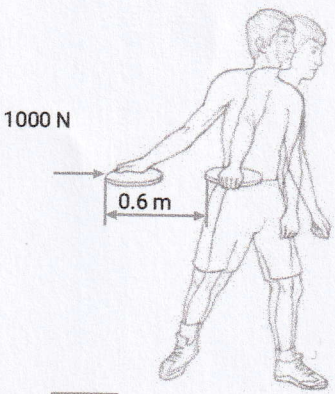
تطبيق1

يساعد أخصائي اعادة التأهيل الحركي المريض في تمارين الإطالة، حيث يضغط على قدم المريض بقوة متوسطة 200N. يقاوم المريض القوة ويحرك قدمه 20cm نحو المعالج. ما مقدار العمل الذي قام به المعالج على قدم المريض أثناء تمرين الإطالة هذا؟

لتحديد مقدار العمل المنجز على جسم معين، نحتاج إلى معرفة ثلاثة أشياء:

1. متوسط القوة المؤثرة على الجسم.
2. اتجاه هذه القوة.
3. إزاحة الجسم على طول خط عمل القوة خلال وقت تأثير القوة على الجسم.

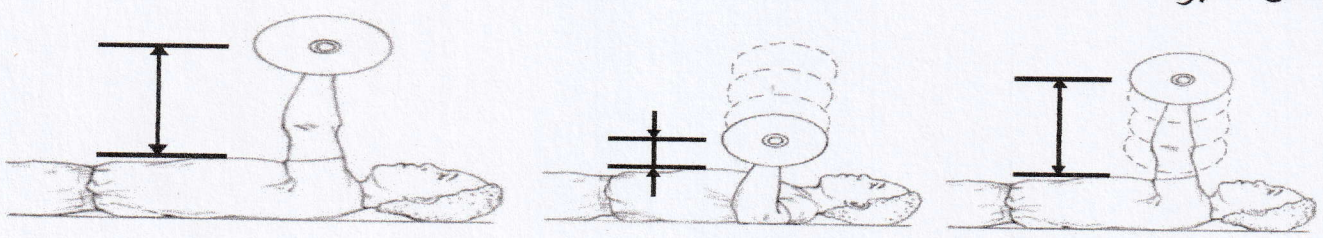
تطبيق2



يبذل رامي القرص قوة متوسطة تبلغ 1000Nضد القرص بينما يتحرك القرص خلال إزاحة قدرها 0.6mفي اتجاه هذه القوة (الشكل). ما مقدار الشغل الذي قام به الرياضي على القرص؟

تطبيق3

يرفع رياضي ثقل 1000Nكما هو موضح في الشكل. يبدأ في الرفع وذراعاه ممدودتان والحديد 75cmفوق صدره. ثم يخفض الرافع الثقل ويوقفه عندما يكون على ارتفاع 5cmفوق صدره. ما مقدار العمل المنجز؟



أسئلة للمراجعة

1. هل يمكن أن يتحرك الجسم إذا لم تؤثر عليه قوى خارجية؟
2. هل يمكن للقوى الخارجية أن تعمل على جسم ما ولا تسبب تسارعا؟ اشرح ذلك.
3. اشرح كيف يمكن اشتقاق قانون نيوتن الأول للحركة من قانون نيوتن الثاني للحركة.

4. ينص قانون نيوتن الثالث على أنه لكل فعل رد فعل مساو ولكنه معاكس. عندما تقف على الأرض، تسحبك قوة الجاذبية لأسفل. ما هو رد الفعل المتساوي ولكن المقابل لقوة الجاذبية؟
5. هل يمكن لجسم أن يغير اتجاه حركته إذا لم تؤثر عليه قوى خارجية؟
6. صِف مثالا في الرياضة أو أي حركة أخرى لجسم الانسان لقانون نيوتن الأول للحركة.
7. صِف مثالا في الرياضة أو أي حركة أخرى لجسم الانسان لقانون نيوتن الثاني للحركة.
8. صف مثالا في الرياضة أو غيرها من الحركات لجسم الانسان للحفاظ على الزخم.
9. صف مثالا في الرياضة أو أي حركة أخرى لجسم الانسان لمبدأ الدفع والزخم.
10. صِف مثالا في الرياضة أو أي حركة أخرى لجسم الانسان لقانون نيوتن الثالث للحركة.
11. يرفع رياضي ثقل كتلته 10kg عن طريق سحبه لأعلى بقوة 108.1N. ما تسارع الثقل نتيجة هذه القوة؟
12. رياضي يعمل على تسريع كرة كتلتها 1kg بتسارع أفقي قيمته $5.0m/s^2$. التسارع العمودي للكرة معدوم. قوة الجاذبية هي القوة الخارجية الوحيدة المؤثرة على الكرة بخلاف القوى التي يمارسها هذا الرياضي عليها.

أ. ما هو حجم القوة الأفقية التي يبذلها الرياضي على الكرة في هذه اللحظة لتتسبب في تسارعها الأفقي؟

ب. ما هو حجم القوة الرأسية التي يمارسها الرياضي على الكرة في هذه اللحظة؟

13. يقوم رياضي رمي الجلة كتلته 100kgبرمي جلة كتلتها 4kg في مواجهة مضمار السباق. قبل اطلاق الجلة كانت رجلاه في الهواء. في هذه اللحظة، القوة الوحيدة التي يمارسها ضد الجلة هي قوة أفقية 800 N موجهة للأمام.

أ. ما هو التسارع الأفقي لهذا الرياضي في هذه اللحظة؟

ب. ما هو التسارع العمودي لهذا الرياضي في هذه اللحظة؟

ج. ما هو التسارع الأفقي للجلة في هذه اللحظة؟

د. ما هو التسارع العمودي للجلة في هذه اللحظة؟

14. كرة قدم بوزن 0.43kg ثابتة في الملعب عندما يسددها اللاعب. ملامسة قدم اللاعب للكرة دامت لمدة 0.01s أثناء التسديد. السرعة الأفقية للكرة وهي تغادر قدمه تساوي 25m/s. ما متوسط القوة الأفقية التي تمارسها قدم اللاعب على الكرة خلال 0.01s من التلامس؟ (افترض أن الاحتكاك بين الكرة والرضية معدوم).

15. لاعب كرة سلة كتلته 100kg، يهبط على قدميه بعد الانتهاء من حركة slam dunk ثم يقفز على الفور مرة أخرى للاحتفال بالحركة. عندما تلمس قدمه الأرض لأول مرة بعد الحركة، تكون سرعته 5m/s للأسفل؛ عندما تغادر قدميه الأرض بعد 0.50s، بينما يقفز مرة أخرى، كانت سرعته 4m/s لأعلى.

أ. ما هي قيمة الدفع Impulse الذي يمارسه اللاعب خلال 0.50s؟

ب. ما هو متوسط صافي القوة المنتجة من طرف اللاعب خلال 0.50s؟

ج. ما هو متوسط قوة رد الفعل التي تمارسها الأرض على اللاعب لأعلى خلال 0.50s؟

16. للحصول على ملصق Label FIFA المعتمد، يجب أن ترتد كرة القدم بارتفاع 135 cm على الأقل ولا يزيد ارتفاعها عن 155cm عند سقوطها من ارتفاع 200cm على لوح فولاذي.

أ. ما هو الحد الأدنى لمعامل ارتداد كرة القدم المعتمدة من الفيفا؟

ب. ما هو الحد الأقصى لمعامل ارتداد كرة القدم المعتمدة من الفيفا؟

يخدم الرمل الموجود في حفرة القفز الطويل غرضين. أولا، يتيح قياس مسافة القفزة من خلال تحديد هبوط القافز. ثانيا، يعمل على إبطاء هبوط القافز. أعط تفسيرا ميكانيكيا لكيفية "امتصاص عملية السقوط.

المحور السابع: مركز ثقل الجسم

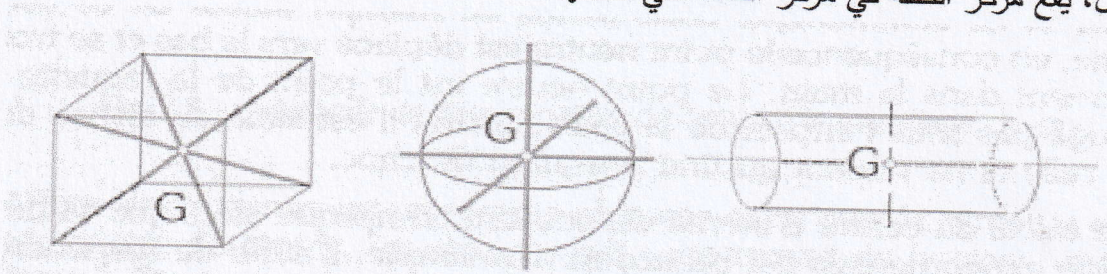
المحاضرة 11

مركز ثقل الجسم استخداماته وكيفية حسابه في المجال الرياضي

مركز الثقل (مركز الكتلة) هو مفهوم يستخدم لتسهيل وصف الظواهر الميكانيكية، لذلك نفترض أن الكتلة بأكملها تقع في نقطة واحدة تسمى مركز الكتلة CM.

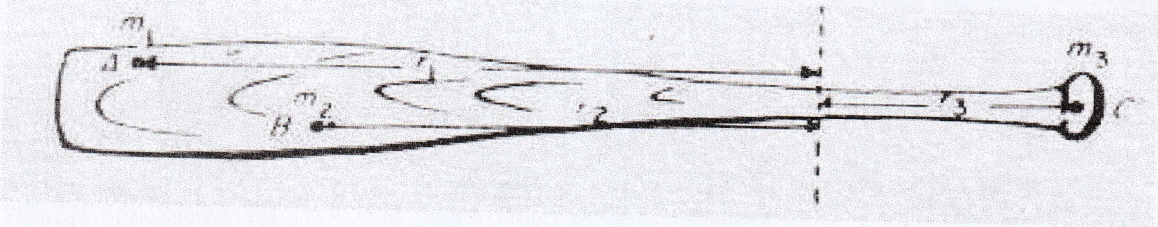
مفهوم مركز الكتلة

إنها نقطة تطبيق محصلة قوى الجاذبية (مركز الجاذبية).في التوزيع المنتظم للمادة كما هو موضح في الشكل، يقع مركز الكتلة في مركز المادة التي تشكلها.



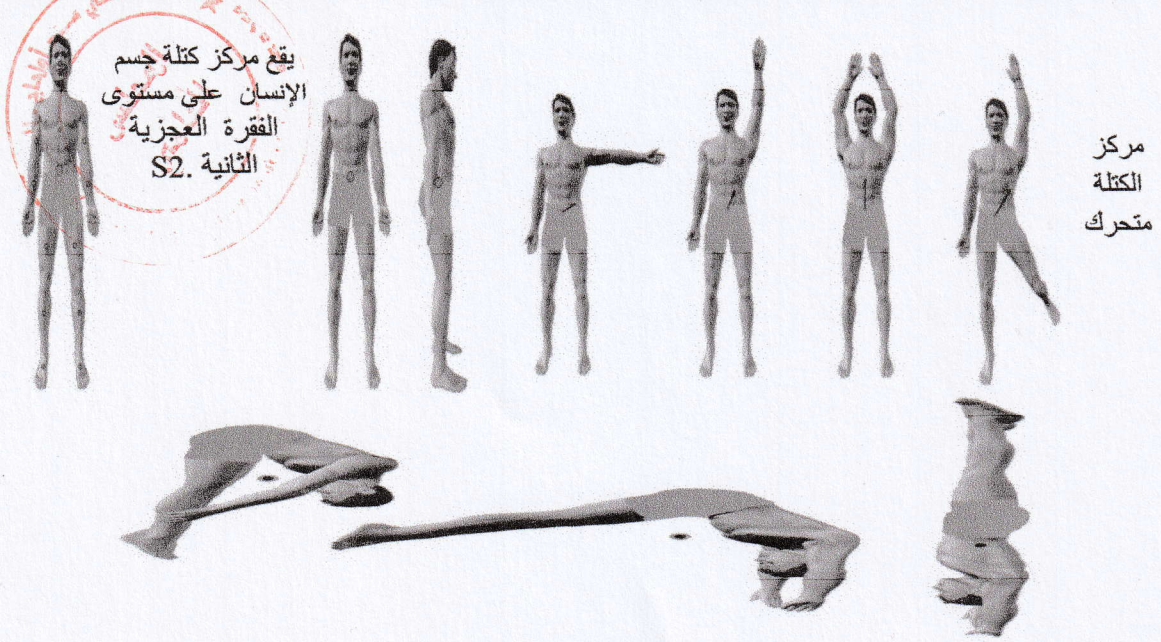
الشكل : مركز ثقل الاجسام الصلبة بأشكال هندسية بسيطة وتوزيع كتلة منتظم.

من ناحية أخرى، لا يقع مركز الثقل دائما في المركز المادي لتوزيع غير منتظم، بل يتم إزاحته باتجاه النهاية الأثقل كما هو موضح في الشكل. في الأجسام الصلبة يكون مركز الكتلة ثابتا (ثابت).



الشكل: بالنسبة لمضرب بيسبول، يتجه مركز الكتلة نحو الطرف الأثقل.

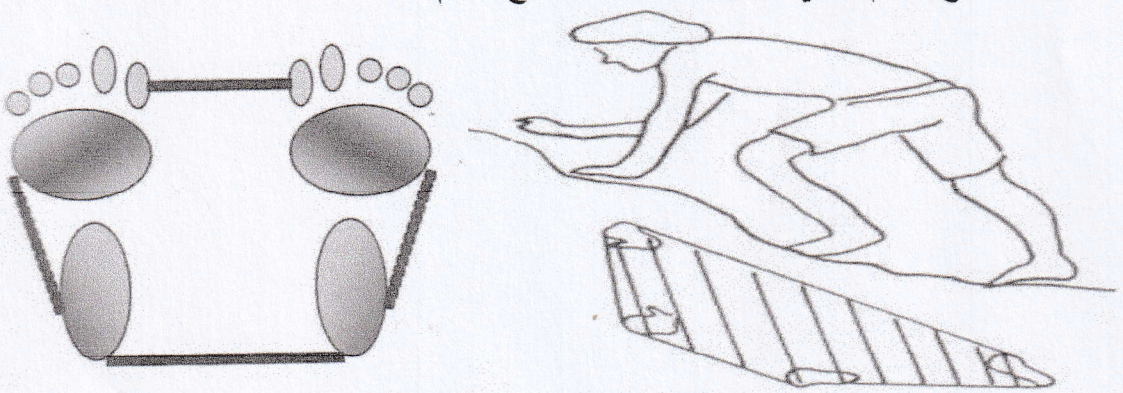
يصعب تحديد CMلجسم غير منتظم الكثافة، جسم الإنسان ذو كثافة غير منتظمة، وشكل غير منتظم، ويمكن أن يتخذ أوضاعا مختلفة: يتحرك مركز كتلة الجسم باستمرار (متحرك) الشكل.



مركز الكتلة خارج الجسم.

قاعدة الدعم وتوازن الجسم

قاعدة الدعم Polygon of support السطح الموجود على الأرض الذي يقف عليه الشخص على كلا القدمين. مضلع الدعم، الذي يطلق عليه أيضا "سطح الدعم"،

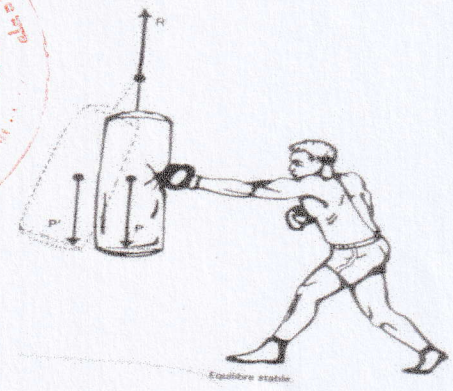


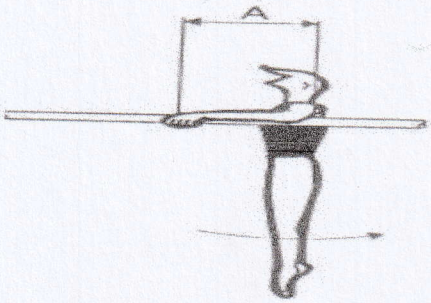
قاعدة الدعم. دعم ثنائي ./الدعم باليد والقدم.

توازن الجسم: يكون الشخص في حالة توازن مستقر إذا كان الإسقاط المتعامد لمركز كتلته داخل مضلع دعمه. التوازن هو حالة تميز الجسم عندما يكون مجموع القوى المبذولة ومجموع عزومها معدوم. يعد التحكم في التوازن أحد جوانب التحكم في موضع الجسم بسبب عدم استقرار الوضع الثنائي الذي يعد نقطة انطلاق الحركة.

أنواع التوازن

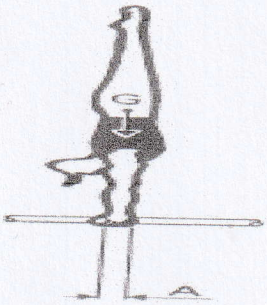
التوازن المستقر: يقع مركز الثقل أسفل مضلع الدعم ويعود الجسم إلى موضعه الأولي إذا تم تحريكه.





التوازن غير المستقر

يقع مركز الثقل فوق مضلع الدعم.



التوازن الديناميكي

هو القدرة على التحكم في وضع الجسم عند ما يتم تحريك مركز ثقل الجسم خارج قاعدة الدعم.

العوامل البيوميكانيكية لتوازن الجسم

استقرار الجسم في حالة توازن يعتمد على 5 عوامل رئيسية:

1. كلما زاد سطح قاعدة الدعم (مضلع الدعم)، زاد التوازن الوضعي والعكس بالعكس الشكل

Figure II-5 : différents bases de sustentations

2. ارتفاع مركز الثقل فوق قاعدة الدعم(المضلع) كلما انخفض مركز الثقل، كلما كان التوازن أكثر استقرارا، والعكس صحيح.

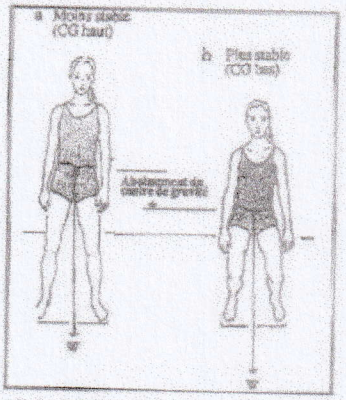
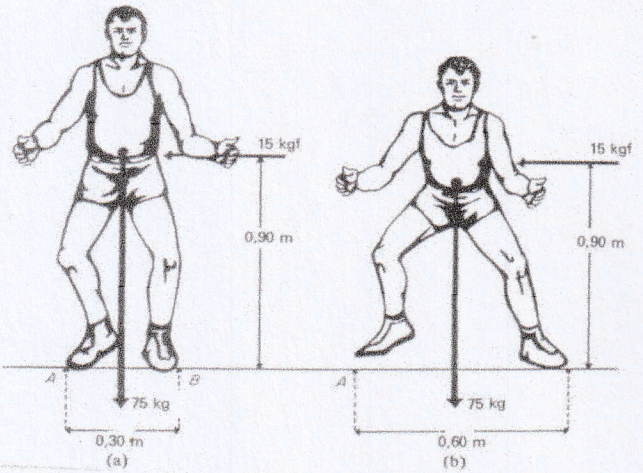


Figure II-6 : Stabilité reliée à la hauteur du Centre de Masse

(Mario Lamontagne)

3. يؤثر وزن الجسم على التوازن كلما زاد الوزن، زاد الاستقرار. هذا العامل هو أحد الأسباب الواضحة لتقسيم الرياضيين إلى فئات أوزان في بعض الرياضات القتالية.

4. موضع خط عمل الجاذبية بالنسبة لسطح الدعم، كلما مر خط العمل هذا عبر منتصف قاعدة الدعم، زاد الاستقرار. من ناحية أخرى، كلما اقترب خط عمل الجاذبية من محيط سطح الدعم، انخفض الاستقرار.



1. قدرة التلاحم مع الأرض: قبضة جيدة بين أسطح التلامس مثل القدمين والأرض توفر توازنا أكبر في الوضع.

مبدأ رقم 01 للميكانيكا الحيوية

يتم ضمان توازن الجسم طالما ظل مركز ثقله داخل محيط قاعدة الدعم (مضلع الدعم).

العلاقة بين ممارسة الرياضة والتوازن

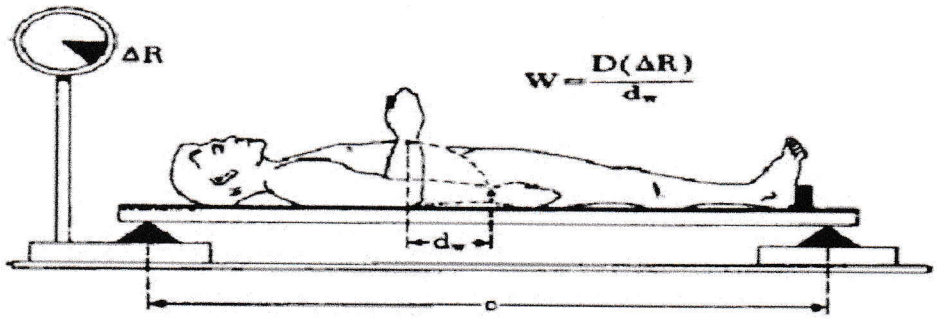
التوازن ووضعية الجسم هما أساس النشاط الحركي، وهذا يدل على وجود علاقة بين ممارسة الرياضة وتوازن الوضعية. يزيد التدريب الرياضي من القدرة على استخدام المعلومات المرئية والحسية الجسدية، وبالتالي يحسن التحكم في الوضع عند الرياضيين. ربما تتطلب كل رياضة مساهمة مختلفة من العملية الحسية لتنفيذ الإيماءات والحركة الرياضية.

أظهرت دراسة مقارنة بين المصارعين ولاعبي كرة السلة أن مجموعة المصارعة أظهرت ثباتا فائقا في ظروف الأرض اللينة، وعينان مفتوحتان ثم مغمضتان، مما يدل على نقل أفضل للمهارات الحركية في المواقف غير العادية. مجموعة كرة السلة هي الأكثر تأثرا بالوضعيات الصعبة للرؤية تحت جميع الظروف.

تحديد موقع مركز الثقل

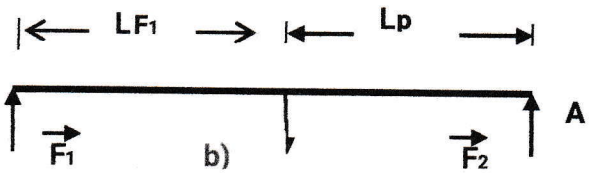
طريقة بوريلي

(نظام الرافعة)لتحديد موضع مركز الثقل للفرد، يتم استخدام مبدأ الرافعة (الشكل). أن هذه الطريقة تم اقتراحها لنا من قبل Borelliيمثل هذا النظام رافعة مقاومة يتم إهمال تأثير اللوحة.



نظام تحديد مركز كتلة الجسم؛ طول اللوح 2m؛ طول الجسم1.70 m؛ وزنه N700

رسم تخطيطي يمثل نظام الرافعة؛ F1 = 329Nالمشار إليها بواسطة الميزان؛ P = 700N؛F2 ؟ في نقطة ارتكاز .Aنحن نبحث عن المسافة Lpبين نقطة دعم القدم وموضع CM.



حساب F2

نظرا لأن النظام في حالة توازن ، فإن شرط التوازن الأول قابل للتطبيق.

$\sum F = 0$ $\quad F1 - P + F2 = 0 \longrightarrow F2 = P - F1 \longrightarrow F2 =$

$700 - 329 \quad F2 = 371N.$

حساب Lp ؛ نظرا لأن النظام في حالة توازن ، فإن شرط التوازن الثاني قابل للتطبيق.

$\sum MA = 0 \longrightarrow \quad MP + MF1 + MF2 = 0 \quad - Px\,Lp + F1\,xLF1 + F2\,x\,LF2 = 0.$

$$Lp = \frac{F1xLF1}{P} \longrightarrow \quad lp = \frac{329\,x\,2}{700} \longrightarrow \quad Lp = 0{,}94m.$$

MF2= 0 car LF2 = 0.

وبالتالي يقع مركز كتلة هذا الشخص على بعد 0.94 مترا من نقطة ارتكاز القدم. هذا 55٪ من طول الجسم.

تطبيق

بالرجوع للمثال السابق ولكن بالقيم الجديدة وهي:

P = 700 N، القدمين 15 سم من نقطة ارتكاز A ، F1 = 381.5N.

أ) أين يقع مركز كتلة الفرد بالنسبة للنقطة A؟

ب) أين يقع مركز كتلة الفرد بالنسبة لقدميه؟

باستخدام شرط التوازن الثاني فقط ، حدد القوة F2 عند نقطة الارتكاز A مع العلم أن مركز الكتلة يقع على بعد 0.94 mمن نقطة الارتكاز ؟

إذا كان في مثال السابق، الميزان يشير إلى القوة F1 = 379N ، فأين يقع مركز الكتلة للوحة N100؟

مركز كتلة الفرد هو 0.94 متر من نقطة ارتكاز A.

طريقة مجموع مراكز كتل الأطراف.

طريقة Borelli لا تجعل من الممكن قياس التغيرات في الوقت الحقيقي لموضع CM أثناء الحركات. لتحليل هذه الاختلافات، يتم عمل تسجيل فيديو للجسم في حالة الحركة. يتم بعد ذلك تحويل الفيديو إلى صيغة رقمية لتحديد موضع بعض المعالم التشريحية (الكتف ، الكوع ، الورك ، الركبة ، الكاحل ، إلخ). نحصل على تمثيل للجسم، كل خط يمثل طرف من الجسم، هذه هي الطريقة الأطراف. تعتمد هذه الطريقة على الكتل الخاصة بالأطراف ومراكز كتلتها.

كتل أطراف الجسم وأطوالها.

يسمى فرع الأنثروبولوجيا الفيزيائية الذي يتعامل مع قياس جسم الإنسان بالقياسات البشرية. غالبا ما يتم تقديم هذه القياسات الأنثروبومترية في شكل جداول حيث يتم تطبيع القيم، أي معممة لجميع الأفراد من مختلف

الأعمار والكتل والجنس، وهكذا، مثلما يمتلك جسمنا مركزا للكتلة ، فإن لكل جزء من أجزاءه مركز كتلة خاص به

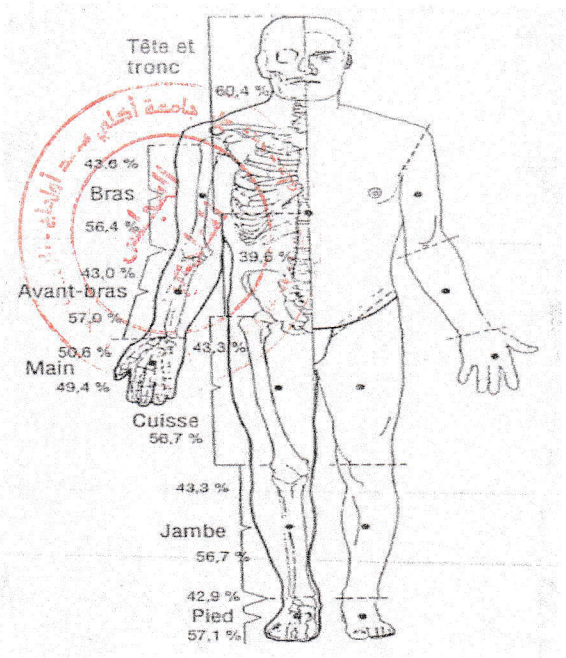
الشكل: موضع مراكز كتل الأطراف معبرا عنه كنسبة

مئوية من طول المقطععلى عكس مركز الكتلة في الجسم

الذي يمكن أن يتحرك مع حركة الذراعين أو الساقين،

فإن مركز كتلة الأطراف ثابت داخل الطرف.

النتيجة: مركز كتلة الجسم متحرك، مركز كتلة الأطراف ثابت.



كتل الأطراف: كتلة الطرف(ms) هي قيمة تحدد كمية المادة ذ؛ تتعلق بطبيعة الأنسجة المختلفة (العظام والعضلات والدهون والجلد والسوائل) التي تتكون منها.

Membre	Segment	Masse seg / masse corps	Distance du CM/ longueur du seg	
			Proximale	Distale
Tête, cou et tronc	Epaule/hanche	0,578	0,66	0,34
Tête et cou	7e cervicale/oreille	0,081	1,000	0,000
Main	Poignet/2e articu maj	0,006	0,506	0,494
Avant-bras	Coude/poignet	0,016	0,430	0,570
Bras	Epaule/coude	0,028	0,436	0,564
Membre supérieur	Epaule/poignet	0,050	0,530	0,470
Pied	Malléole lat/MTP II	0,0145	0,500	0,500

Jambe	Genou/ malléole méd	0,0465	0,433	0,567
Cuisse	Hanche/genou	0,100	0,433	0,567
Membre inférieur	Hanche/malléole méd	0,161	0,447	0,553

الجدول: كتل أطراف الجسم ومراكز كتلها حسب Winter1990

Segment	Emplacement relatif du CM exprimé en% de la distance entre les points de référence		Poids relatif (en %du poids total)
Tête	46% du vertex	54% jonction cou menton	7,3
Tronc	38 du creux sus-sternal	62% de l'axe de la hanche	50,7
bras	51% de l'axe de l'épaule	49% de l'axe de la hanche	2,6
Avant-bras	39% de l'axe du coude	61% de l'axe du poignet	1,6
Main	82% de l'axe du poignet	18% de 3ème articulation doigt	0,7
Cuisse	37% de l'axe de la hanche	63% de l'axe du genou	10,3
Jambe	37% de l'axe du genou	63% de l'axe de la cheville	4,3
Pied	45% de l'axe du talon	55% du bout de l'orteil	1,5

الجدول: القيم المعتمدة من C.E. Clauser, et col.

لتحديد مركز ثقل الجسم بهذه الطريقة يجب اتباع الخطوات التالية

1. اختر نظام الإحداثيات الديكارتية (المبدأ + المحاور المتعامدة)
2. حدد مواقع مفاصل أجزاء الجسم للرياضي في هذا الإطار المرجعي.
3. قياس أطوال أجزاء الجسم المختلفة.
4. باستخدام بيانات Clauser، حدد مواضع Piلمراكز الكتلة التي تتوافق مع كل جزء من أجزاء الجسم.
5. سجل مواضع Xiالأفقية والعمودية Yiلكل نقطة من هذه النقاط.
6. قم بتعيين الكتلة النسبية mi لكل جزء من أجزاء الجسم..
7. حدد الحاصل عدديا لكل من mi Xi وmiYi
8. املأ البيانات المتعلقة بتحديد مركز كتلة الجسم في الجدول.
9. احسب موضع مركز كتلة الرياضي كما هو موضح في الصورة باستخدام الصيغة التالية:

$$CoMx = \frac{m1.X1 + m2.X2 + m3.X3 \ldots\ldots\ldots + mn\ .Xn}{m1 + m2 + m3 \ldots\ldots\ldots + mn}$$

$$CoMy = \frac{m1.Y1 + m2.Y2 + m3.Y3 \ldots\ldots\ldots + mn\ .Yn}{m1 + m2 + m3 \ldots\ldots\ldots + mn}$$

$$CoM = \frac{\Sigma \text{mi}\ .\text{pi}}{\text{M}}$$

CoMx : الوضع الأفقي لمركز الثقل.

CoMy : الوضع العمودي لمركز الثقل.

mn: كتلة الأطراف(n)

xn: الوضع الأفقي لمركز كتلة الأطراف

Yn: الوضع العمودي لكتلة الأطراف

Pi : موضع كتلة الأطراف.

M : الكتلة الكلية

Segment (i)	Poids relatif mi (%)	X horizontale Xi (m)	Y verticale Yi (m)	miXi	miYi
Tête					
Tronc					
Bras D					
A-Bras D					
Main D					
Bras G					
A-Bras G					
Main G					
Cuisse D					
Jambe D					
Pied D					
Cuisse G					
Jambe G					
Pied G					

تحديد مركز الكتلة رياضيا.(Croskey)

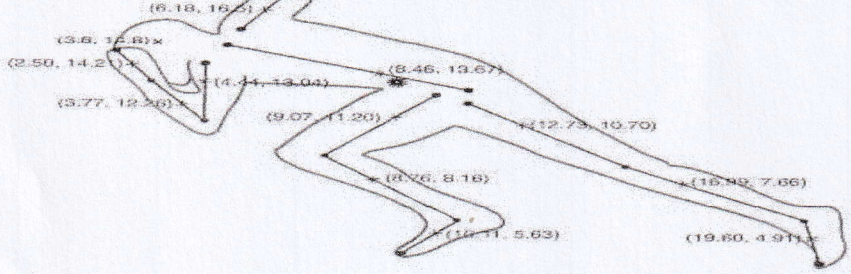
$$Hauteur\ du\ CM\ par\ rapport\ au\ talon\ (homme) = \frac{\text{taille x } 55{,}4}{100}$$

$$Hauteur\ du\ CM\ par\ rapport\ au\ talon\ (femme) = \frac{\text{taille x } 56{,}18}{100}$$

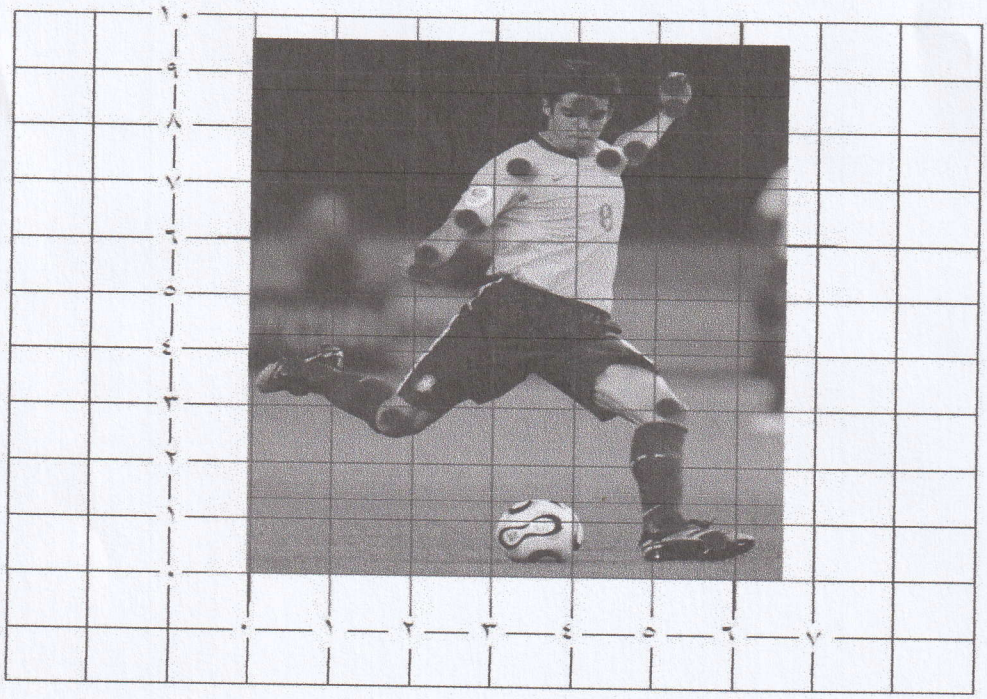
أو بالصيغة التالية الصالحة لكلا الجنسين.

$$Hauteur\ du\ CM\ = \frac{\text{taille x } 55{,}7}{100} + 1{,}4$$

1. قدم تعريف دقيق لمركز الثقل؟
2. ما هو الفرق بين مركز كتلة الجسم ومركز كتلة أطراف الجسم؟
3. اشرح ظاهرة التوازن باستخدام موضع مركز ثقل الجسم؟
4. احسب مركز ثقل الجسم للرياضي (70kg).



1. احسب مركز ثقل اللاعب زيدان (185cm / 80kg) أثناء وضعيته في لقطة هدف الفوز بدوري أبطال أوروبا عام 2002 مع الريال ضد باير ليفركوزن.
2. قارن مركز ثقل زيدان بمركز ثقل اللاعب كاكا (85kg) في الوضعية التالية.



الرقم	الجزء	الكتلة النسبية (كغ)	الكتلة الحقيقية (كغ)	البعد النسبي (سم)	البعد الأفقي (سم)	البعد العمودي (سم)	ك ح * ب أ (كغ * سم)	ك ح * ب ع (كغ * سم)
1	الرأس والرقبة	7.3						
2	الجذع	50.7						
3	عضد أيمن	2.6						
4	عضد أيسر	2.6						
5	ساعد أيمن	1.6						
6	ساعد أيسر	1.6						
7	يد يمنى	0.7						
8	يد يسرى	0.7						
9	فخذ أيمن	10.3						
10	فخذ أيسر	10.3						
11	ساق أيمن	4.3						
12	ساق أيسر	4.3						
13	قدم يمنى	1.5						
14	قدم يسرى	1.5						
						المجموع		
						المجموع ÷ 85		

المحور الثامن: نظام الروافع في جسم الانسان

المحاضرة رقم 12

استخدامات نظام الروافع في المجال الرياضي

تمهيد

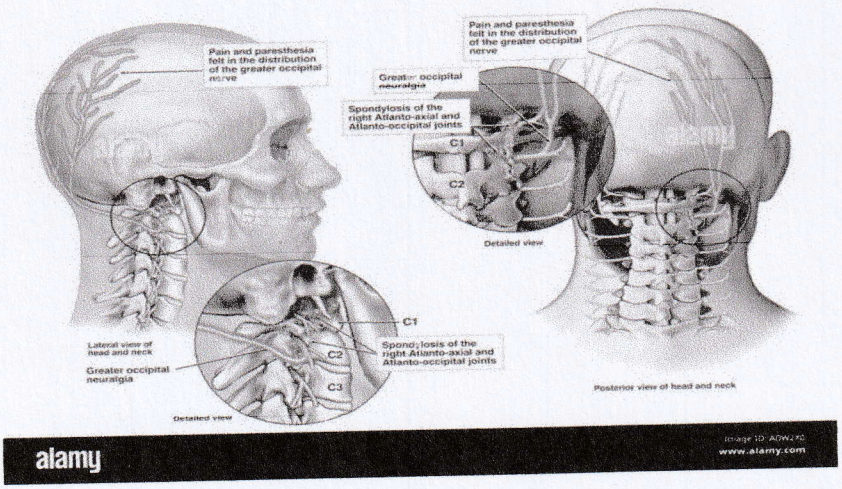
قال أرخميدس: "أعطني نقطة ارتكاز وباستخدام الرافعة سأرفع العالم"، هذا يسمح لنا بفهم أهمية الرافعة. الرافعة عبارة عن قضيب صلب، يتأرجح حول نقطة ارتكاز ويستخدم لرفع وتحريك الأحمال الثقيلة جدا بالنسبة للإنسان. يتكون جسم الإنسان من العديد من الروافع، كل مفصل يعبر عن رافعة، والعضلة التي تقوم بالعمل تلعب دور القوة المطبقة، والمفصل هو نقطة الارتكاز، ويمكن أن يكون الثقل شيئا نحمله، أو كتلة جسمنا نفسه.

الرافعة 1: رافعة ذات الارتكاز البيني؛ القوة والمقاومة على جانبي النقطة الثابتة.

-المثال الفيزيائي: الميزان.

-مثال في جسم الانسان: عضلات الرأس الخلفية التي تحافظ على استقامة الرأس على الجذع.

-نقطة الدعم عند مستوى فقرات الرقبة (l'articulation occiputo-axoidien)



-لكي يكون هناك توازن، يجب أن تكون عزم القوة مساوي لعزم المقاومة.

رافعة1 = الثقل ↔ نقطة ارتكاز ↔ القوة المطبقة.

لذلك في جسم الإنسان: الجسم أو الثقل ، مفصل ، عضلة.

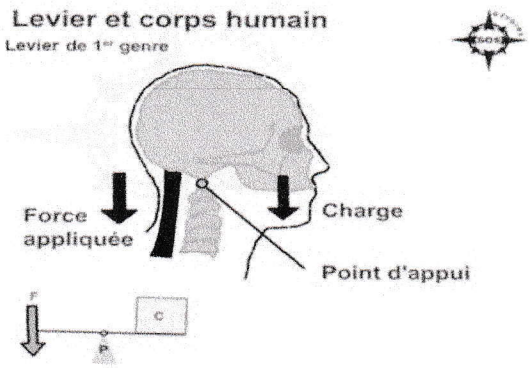
على مستوى جسم الإنسان نادرا ما توجد رافعة من النوع الأول. عندوجودها، فإنها تلعب دورا التوازن كما هو الحال على مستوى coxo-femoral أو Occupito-atxoid.

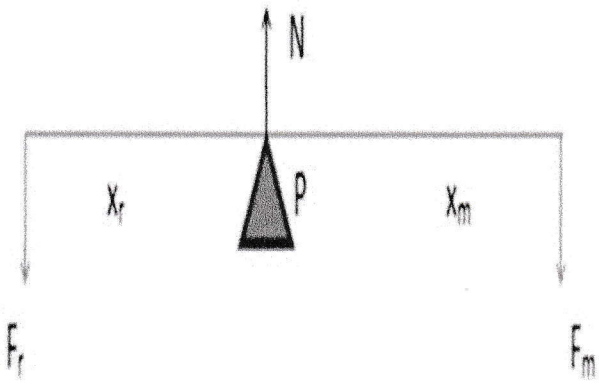
أمثلة للرافعة من النوع الأول في:APS

التسديد في كرة القدم: عضلة الفخذ والركبة والكرة.

التسديد في لكرة اليد: العضلة ثلاثية الرؤوس، الكوع ، الكرة.

رفع وخفض الرأس: عضلة الظهر في العنق والرقبة وكتلة الرأس.





الرافعة 2:

رافعة ذات المقاومة البينية: نقطة الارتكاز في نهاية الرافعة ويتم تطبيق القوة في الطرف الآخر.

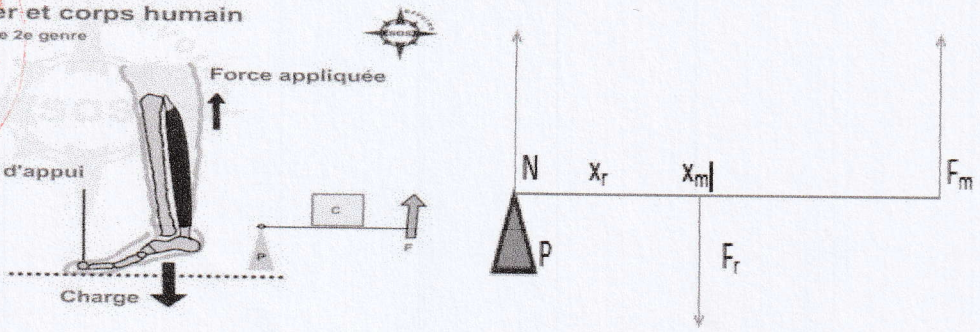
-تقع المقاومة بين محور الدوران والقوة ، نظام الرافعة هذا نادر جدا في جسم الإنسان.

- يطلق عليه رافعة القوة لأن ذراع القوة أكبر من ذراع المقاومة، الغرض منه هو إنتاج القوة.

المثال الفيزيائي: عربة يدوية - مثال في جسم الانسان: يوجد هذا النوع من الرافعات على مستوى مفصل الكاحل ف حالة تمدده

النوع 2 = نقطة ارتكاز، ثقل، قوة مطبقة.

إذن في جسم الإنسان: مفصل، الجسم أو ثقل خارجي، عضلة.



الرافعة 3

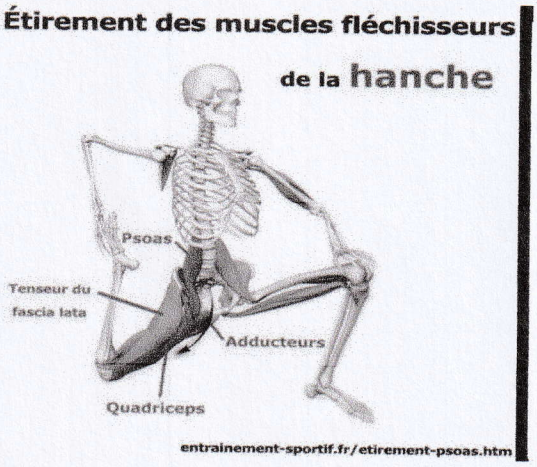
رافعة ذات القوة البينية: القوة بين نقطة الارتكاز وقوة المقاومة.

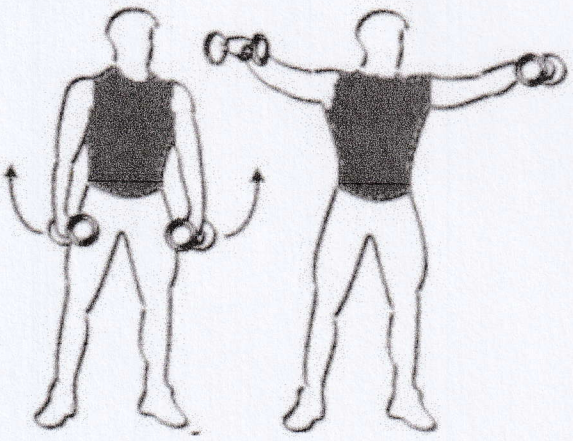
تنتمي معظم روافع جسم الإنسان إلى هذا النوع، لأنها تسمح بإنتاج حركات سريعة وبسعة كبيرة. إنها أيضا رافعة السرعة لأن ذراع المقاومة أطول من ذراع القوة.

-مثال فيزيائي: رفع صخرة بقضيب.

-مثال في جسم الانسان:

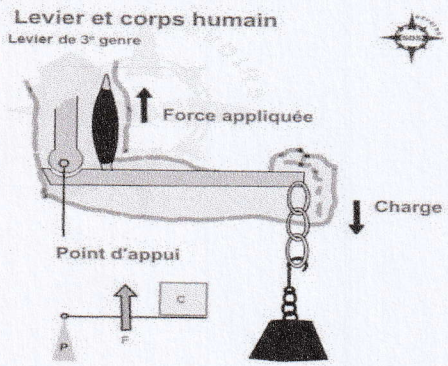
ثني الساعد عن طريق العضلة ثنائية الرأس – تبعيد (Abduction) الذراع عن طريق العضلة الدالية الوسطى – ثني الورك.

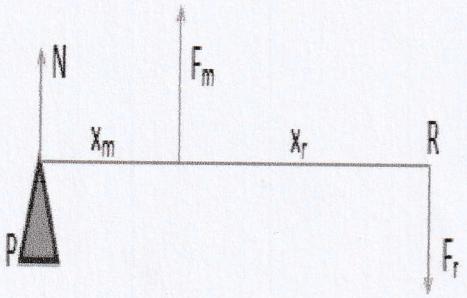




النوع 3= نقطة ارتكاز ↔ القوة المطبقة ↔ الثقل

لذلك في جسم الإنسان: مفصل ↔ عضلة ↔ثقل الجسم، أو ثقل خارجي.





الفعالية الميكانيكية لنظام الرافعة AM (Mechanical Advantage)

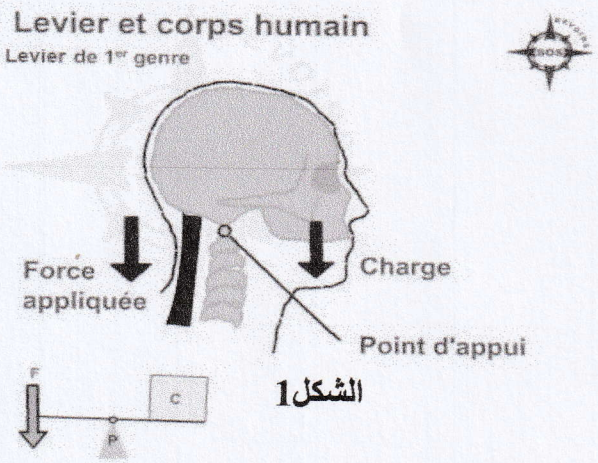
AM هي نسبة ذراع القوة إلى ذراع المقاومة.

$AM = \frac{Lf}{Lr}$ حيث: Lm ذراع القوة، Lr ذراع المقاومة.

الفعالية الحركية لنظام الرافعة AC (Kinematic Advantage)

AM هي نسبة ذراع المقاومة إلى ذراع القوة.

$AM = \frac{Lr}{Lf}$ حيث: Lm ذراع القوة، Lr ذراع المقاومة.



الشكل1

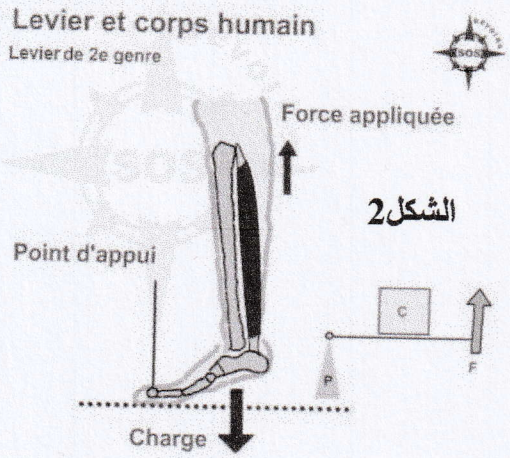
تطبيق1

بناءا على الشكل1 وعلى المعطيات التالية:

Lr= 3cm / Lf= 4cm. R= 40 N

1. أحسب القوة F التي تنتجها العضلات الخلفية للرقبة لإبقاء الرأس في حالة توازن.

2. أحسب AM. ماذا تستنتج؟



الشكل2

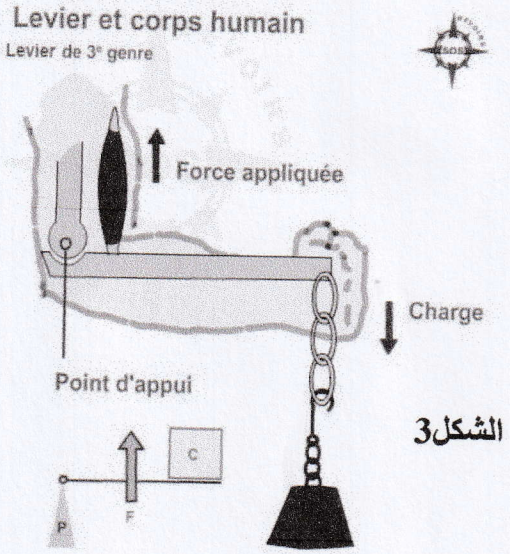
تطبيق2

بناءا على الشكل2 وعلى المعطيات التالية:

Lr= 4cm / Lf= 16cm. R= 800 N

1. أحسب القوة F التي تنتجها العضلات الخلفية للساق لإبقاء الجسم في حالة توازن، ومفصل الكاحل في وضعية تمدد.

2. أحسب AM. ماذا تستنتج؟



الشكل3

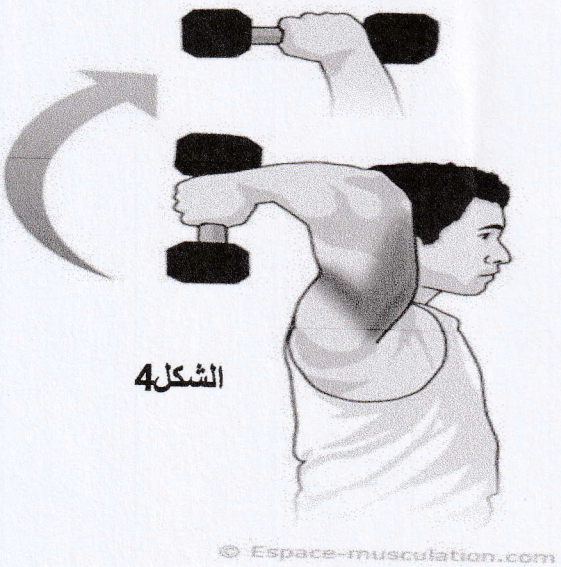
تطبيق3

بناءا على الشكل3 وعلى المعطيات التالية:

Lr= 36cm / Lf= 3cm. R= 50 N

1. أحسب القوة F التي تنتجها العضلة ثنائية الرأس لإبقاء الساعد في حالة انثناء

2. أحسب AC. ماذا تستنتج؟



الشكل4

تطبيق4

بناءا على الشكل4 وعلى المعطيات التالية:

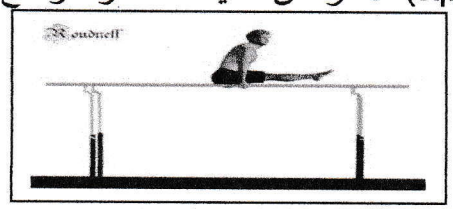
Lr= 24cm / Lf= 3cm. R= 50 N

1. أحسب القوة F التي تنتجها العضلة ثلاثية الرأس لإبقاء الساعد في حالة انثناء.

2. أحسب AM. ماذا تستنتج؟

تطبيق5

يتقدم رياضيان إلى نادي رياضي لممارسة الجمباز طول الأول 1.90m و الثاني 1.70m، بعد اجراء مجموعة من الاختبارات البدنية للرياضيين لقياس قوة عضلات البطن لوحظ تقارب في النتائج غير أن الرياضي الأول لا يستطيع القيام بحركة (équerre à la barre) لأكثر من ثانية كما هو موضح في الشكل5.



إذا اعتبرنا المعطيات التالية:

m**1**= 100kg – Lf**1**=10cm –Lr**1**=32cm –m**2**=68kg –Lf**2**=8cm –Lr**2**=20cm – g=10m/s²

1. حدد القوى المؤثرة على الشكل؟

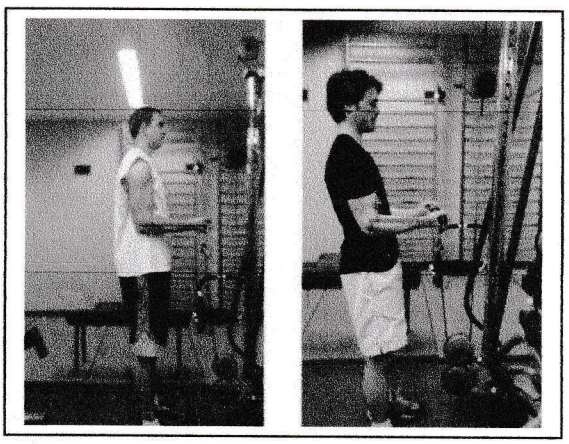
2.حدد نوع الرافعة الموافقة للشكل؟

3. أحسب القوة المنتجة من طرف عضلات البطن**f1** و **f2**؟

4. ما ذا تستنتج؟

تطبيق6

يقوم رياضيان بممارسة رياضة التعضيل (musculation) الأول طوله 2.02m و الثاني 1.70m عند التقدم لجهاز تقوية عضلات ثنائية الرأس (brachial antérieur) يقومان بحمل نفس الحمولة.



إذا اعتبرنا المعطيات التالية:

m= 20kg – Lf**1**=0,03cm –Lr**1**=36cm

Lf**2**=0,03cm –Lr**2**=28cm – g=10m/s²

1. أحسب القوة المنتجة **f1** و **f2**؟

2. ماذا تستنتج؟

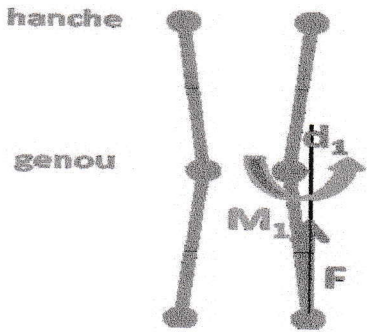
3. من خلال المثالين السابقين فسر دور نظام الروافع أثناء ممارسة النشاط الرياضي؟

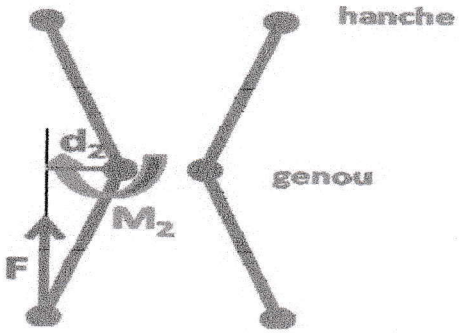
المحور التاسع: تطبيقات في مجال التدريب والمجال الطبي

المحاضرة 13 حساب شدة التدريب وتوقع الاصابات

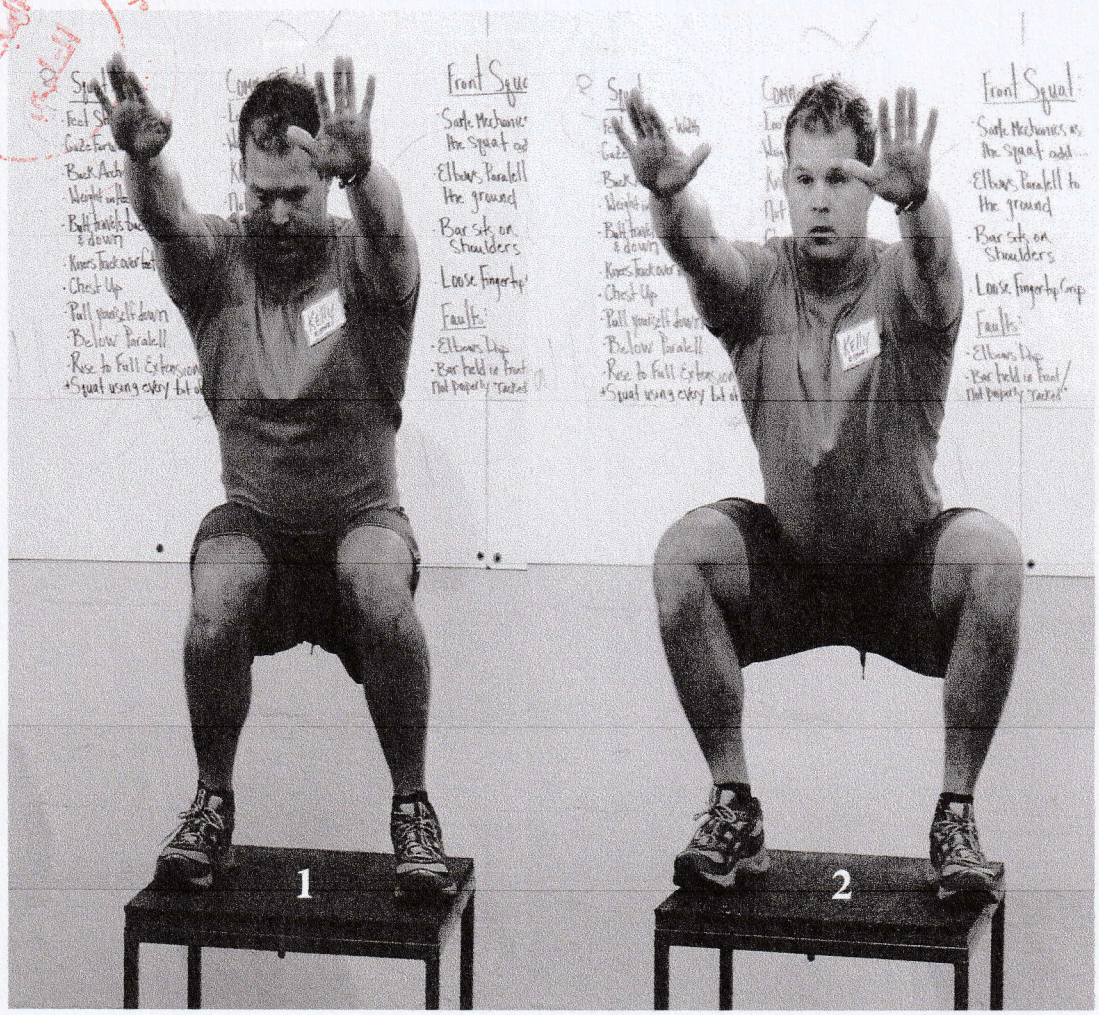
تطبيق القوانين الكنتيكية في المجال الطبي (معرفة ميكانيكية حدوث الاصابات).

في المثال التالي سنوضح كيف يمكن لدراسة عزم القوة أن تفسر سبب تعرض الرياضي لخطر الاصابة أكثر من غيرها. عند الهبوط من القفز، يمكن للرياضي التعرض لحالة التقوض في الركبتين. يفترض هنا أن قوة رد الفعل على الأرض F هي نفسها لنوعي الاستقبال. في إحدى الحالات، تكون المسافة d1 بين محور دوران الركبة (عند الهبوط الجيد) صغيرة جدا، بينما في الحالة الثانية (تقوص، هبوط غير سليم)، تكون المسافة d2 أكبر بكثير. نظرا لأن القوى متطابقة، فهذا يعني أن عزم القوة حول الركبة في حالة الهبوط السيئ هي أكبر M1 M2>. أثناء الهبوط، يسعى الرياضي إلى الاستقرار وبالتالي معارضة (إلغاء) العزوم المتولدة في مفصل الركبة والتي تعمل على خلق حركة دورانية. لهذا، "يستخدم" الرياضي عضلاته وأربطة ركبته. كلما زاد عزم القوة، زاد عمل العضلات والضغط على الأربطة. منطقيا، إذا كانت القوى المطلوبة أكبر من مقاومة العضلات والأربطة فسيحدث تمزق. لذلك فإن الهبوط بتقوص كبير للساقين سيكون أكثر خطورة بالنسبة للرياضي هنا.





تطبيق: ما هي الوضعية الصحيحة؟ فسر ذلك.



القوى المسببة للإصابات الرياضية

حسب Van Mechelen et al يمكن تعريف الإصابات الرياضية على أنها جميع أنواع الأضرار التي يمكن أن يتعرض لها الرياضي أثناء ممارسة الرياضة. الإصابة في المجال الرياضي متعددة العوامل. تحدد منظمة الصحة العالمية عامل الخطر على أنه أي خاصية تعرض شخص لاحتمالية الإصابة بمرض أو التعرض لإصابة (Barthélémy, 2019).

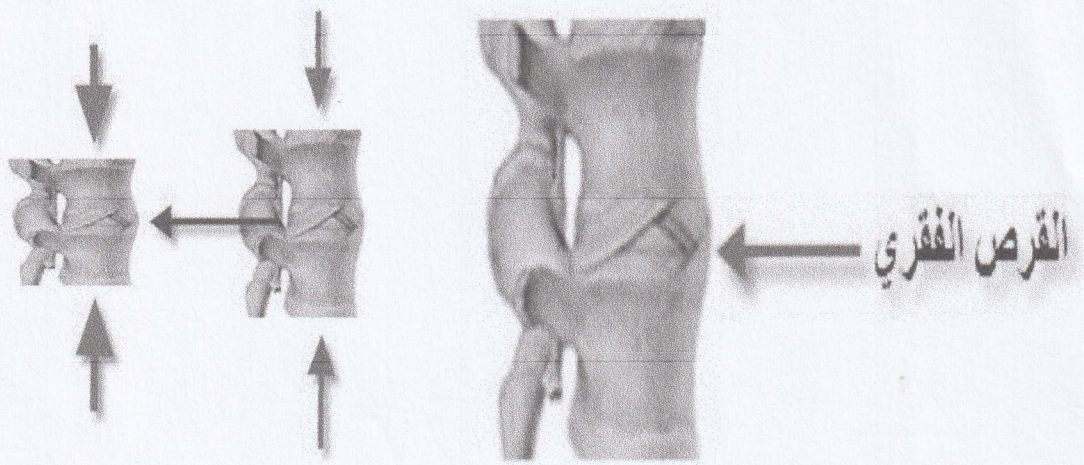
من بين أهم عوامل الخطر التي تعمل على حدوث الاصابات الرياضية، العوامل الميكانيكية، والتي لها علاقة مباشرة الأداء المهاري للحركة وكذلك مرونة ومطاطية العضلات، والأربطة، والأوتار، (في حالة تطويرها تسمح للرياضي بتحقيق مدى واسع للحركة وبالتالي امكانية تجنب الاصابات).

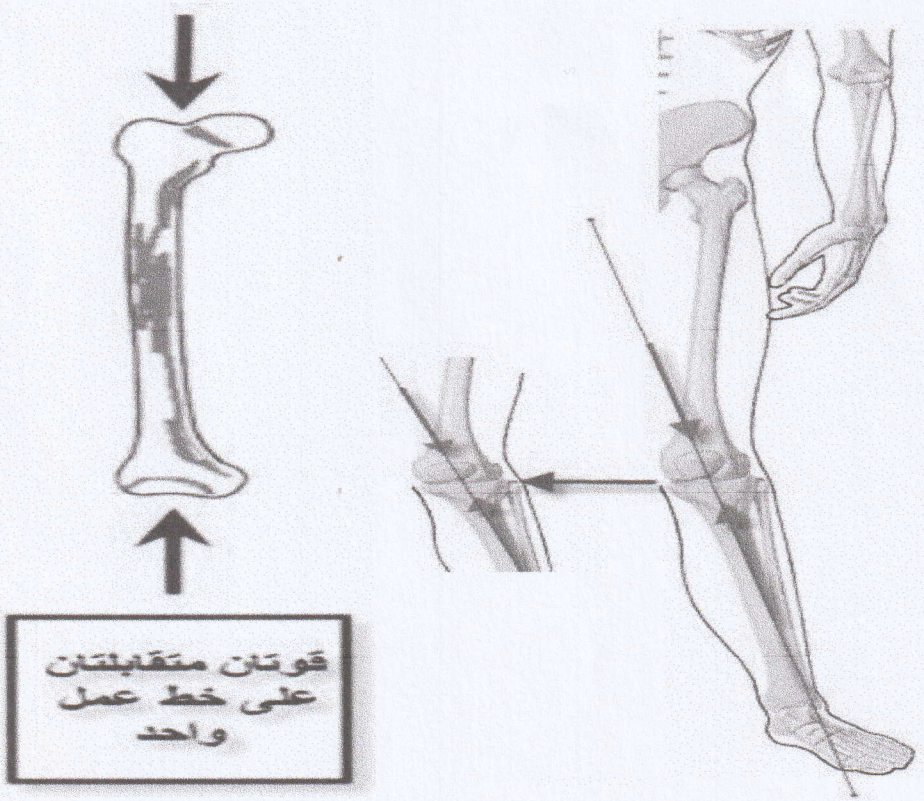
من العوامل الميكانيكية لحدوث الاصابات، مختلف أنواع القوى. فماهي هذه القوى حسب وجهة نظر بيوميكانيكية؟

1. القوة الضاغطة

اذا أثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتقابلتان في الاتجاه، وعلى خط العمل نفسه، تؤثر قوة من اعلى الفقرة و تؤثر الأخرى من أسفل الفقرة مثل السقوط على الرجلين مع وجود ثقل على الكتفين تعمل هاتين القوتين على تقصير الجزء وتسببان في ازدياد عرضه، مما يؤدي إلى تمزيق انسجة القرص الفقري.

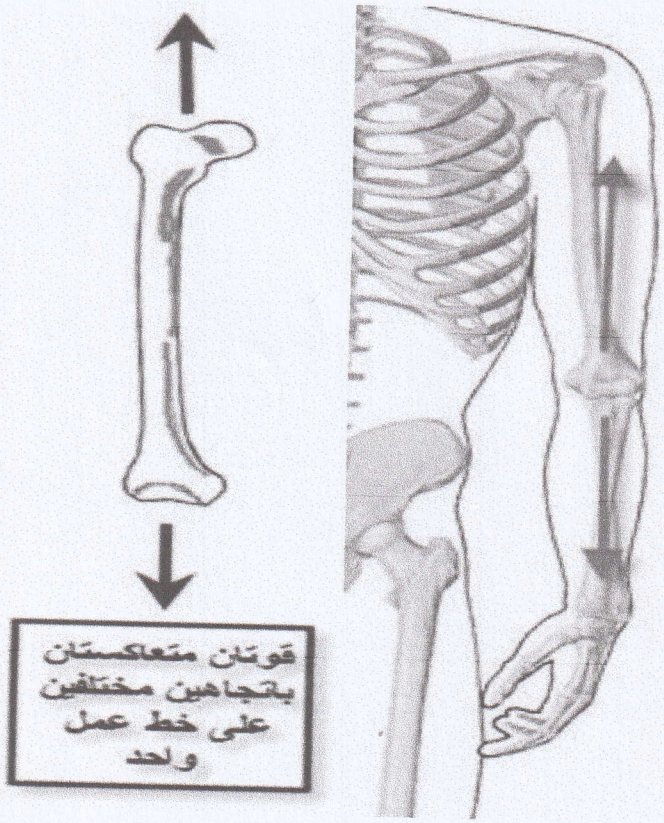
(www.husseinmardan.com)





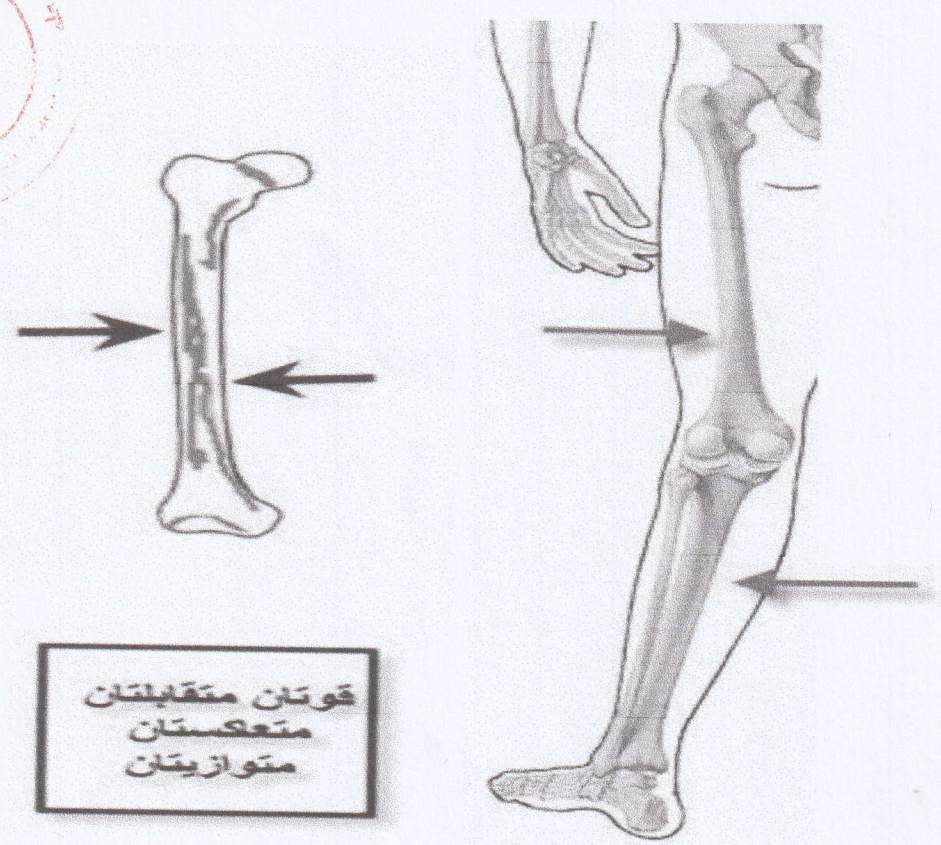
2. قوة الشد.

تأثير قوتان متساويتان ومتعاكستان في الاتجاه على نفس خط العمل (الاولى تسحب الجسم إلى الأعلى والثانية للأسفل)، مثل تمرين تقوية العضلات على عمود أفقي مثبت، يعمل على زيادة طول الجزء والتقليل من عرضه مما يسبب تمزق الأربطة. (www.husseinmardan.com)



3. قوة القص

تأثير قوتان متساويتان متوازيتان ومتعاكستان في الاتجاه، لا يعملان على نفس خط العمل تتسببان في في تشويه الجزء أو الأجزاء المتصلة. (www.husseinmardan.com)

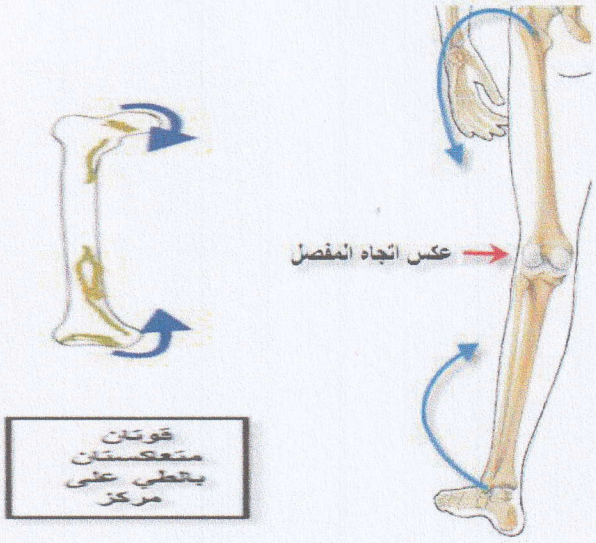


4. قوة اللي (التدوير)

إذا أثرت قوتان متساويتان ومتعاكستان في اتجاه دورانهما، ومتوازيتين (الدوران في رمي المطرقة...)، وأثرتا على محيط محور الجسم تأديان إلى لي الجسم (دورانه حول محوره) مما يسبب في تشويه الأجزاء وتمزق في الأربطة والعضلات. (www.husseinmardan.com)

5. قوة الطي

إذا أثرت قوتان متساويتان، ومتجهتان كل من طرف إلى المركز أي ليستا على الخط نفسه، تؤديان إلى طي الجسم، ويسببان في تشويه الأجزاء وكسرها. (www.husseinmardan.com)



تعتبر الحركة عند الإنسان مجال خصب لتطبيقات الميكانيكا الحيوية لما تقدمه اختصاصات مثل التربية البدنية و التدريب الرياضي من كم كبير من الحركات، في مجال التربية البدنية تهدف الميكانيكا الحيوية لتقييم المهارات و تسجيل الملاحظات اللازمة لمساعدة التلاميذ على التحسن، كما تساعد الأساتذة على تحديد الأنشطة و التمارين المناسبة لتنمية مختلف المجموعات العضلية و مختلف مكونات اللياقة البدنية (Knudson et Morrison, 2002). في مجال التدريب يستعين المدربون بالميكانيكا الحيوية للتحليل الحركي للمهارات الرياضية و تحديد التدريب المناسب (حمولات التدريب) و معالجة الإصابات الرياضية (Elliott et Bartlett, 2006; Knudson, 2007)،

يعتبر تحديد حمولة التدريب من أهم المشكلات التي تواجه المدربين و بصفة خاصة من ناحية تحديد زمن أو المسافة التي يجب أن يقطعها الرياضي في تمرين معين.

1. اشرح طريقة استخدام أحسن زمن(أحسن انجاز) في تحديد شدة التدريب للتمارين الخاصة بالجري لمسافات قصيرة مستدلا بمثال دقيق؟

2. ما هو أهم نقد يمكن تقديمه لهذه الطريقة؟

3. اشرح طريقة استخدام نظرية الطاقة الحركية لحساب شدة التدريب للتمارين الخاصة بالجري لمسافات قصيرة مستدلا بمثال دقيق؟

1. طريقة استخدام أحسن زمن(100% من الشدة) في تحديد شدة التمرين تتطلب معرفة هذا الزمن(100% من الشدة) و المسافة ثم نسبة المئوية للشدة التي سيتدرب وفقها الرياضي و هو ما يسمح زمن التدريب الخاص بالمسافة المراد قطعها.

مثال: عداء يحقق 10،5 ثا في 100م، 10،5 ثا تمثل شدة قصوى (100%)

الهدف: تطوير السرعة القصوى، الشدة 90% و لتحديد شدة التمرين بهذه الطريقة نقوم بقسمة الزمن المحقق على هذه الشدة بمعنى 0,9/10,5 و هو ما يساوي 11،66 ثا.

11، 66ثا يمثل شدة 90%

2. هذه الطريقة لا تأخذ بعين الاعتبار الفروق الفردية بين الرياضيين المورفولوجية منها و الفيزيولوجية.

3. طريقة استخدام الطاقة الحركية لتحديد شدة التدريب جاء ت للأخذ بعين الاعتبار الفروق الفردية و هي:

استخدام قانون الطاقة الحركية: طح= 0.5 x الكتلة x مربع السرعة.

حساب طح للعداء السابق و الذي كتلته 65 كغ، طح= 0.5x (100/10 x 70 ،5)²

طح= 3174 جول بالتقريب و هي تمثل 100% من طاقته الحركية.

إذا أردنا أن يتدرب بشدة 90% من طاقته الحركية = 03174 ،0 x 9.، 5

90% طح= 2856 جول بالتقريب، و بالرجوع إلى المعادلة يمكن حساب الزمن الواجب قطعه في التدريبات بشدة 90.%

2856جول= (100/0،5 x 65 x ز)² ، ز= 10،66ثا، هذا الزمن يأخذ بعين الاعتبار الفروق الفردية من حيث كتلة الرياضيين التي تلعب دورا كبيرا في الجري بأكبر سرعة و يمكن استخدام هذه الطريقة لتدريب السرعة لمسافات تصل حتى 400م.

بعض مصطلحات علم الميكانيكا الحيوية (مردان، 2021، ص 317 - 322)

البايوميكانيك Biomechanics

1. علم يبحث في حركة جسم الانسان او الحيوان او بعض أجزائه بطريقة موضوعية ملموسة سواء على سطح الارض او في الماء او في الفضاء بهدف تحديد التكنيك المثالي للحركة.

2. ديناميكية الحركةDynamic Movement

وهو تأثر الحركة بالقوى الداخلية او الخارجية فعندما تتأثر الحركات بقوى الجاذبية ووضع مركز ثقل الجسم والقوة الناتجة من الانقباض العضلي ترتبط بأسس الميكانيكا وقوانينها

3. الاستاتيك Static

وهو علم السكون الذي يبحث في حالة استقرار وشروط توازن الاجسام تحت تأثير القوى الدافعة بمستوى واحد والتي تتلاقى في نقطة.

4. الكينماتيكKinematics

فرع من فروع الديناميك، يدرس الحركة ويصفها وصفا مجردا دون البحث في مسبباتها وهو يصف حركة الاجسام من جوانب الزمن، الازاحة، والانطلاق ويطبق على الحركات الخطية والدائرية.

5. الكيناتيكKinetic

وهو العلم الذي يدرس القوى التي تسبب الحركة وأنه يصف حركة الاجسام من جوانب الوزن والكتلة والزخم والقوة والشغل والطاقة.

6. التحليل الحركيAnalysis Movement

هو تناول الظاهرة الحركية المراد دراستها بعد تجزئتها الى عناصرها الأولية الاساسية المؤلفة لها وقد يكون التحليل تشريحيا، فسيولوجيا، كيميائيا، نفسيا، تربويا، ميكانيكيا.

7. التحليل النوعيQuality Analysis

هو تحليل يعتمد على الملاحظة البصرية او الفديوية والحكم من خلال تقييم الأداء بالوصف والتعرض الى نقاط القوة والضعف فمثلا يوجد ميلان زائد أو زاوية الطيران قليلة او ارتفاع الطيران غير كافي ويمكن ان يعتمد على نتائج التحليل الكمي في وصف الأداء.

8. التحليل الكمي Quantity Analysis

هو التحليل الذي يعتمد على الحكم من خلال القيم الرقمية المؤثرة فيها ومدى الت ا ربط بين هذه القيم وتشمل قيم الزوايا والأزمنة والمسافات والمصطلحات التي تشتق منها.

9. الحركةMovement

وتعني هي انتقال الجسم او أي جزء منه من مكان الى مكان اخر وباتجاه معين.

10. الحركة المنتظمة او الثابتة**Constant Movement**

وهي الحركة التي يقطع الجسم فيها مسافات متساوية في ازمنة متساوية، أي يتحرك بمعدل سرعة ثابته بحيث لا يحدث تغير في سرعته.

11. الحركة غير المنتظمةNon-Constant Movement

وهي الحركة التي يقطع فيها الجسم مسافات غير متساوية في ازمنة متساوية.

12. الحركة الخطيةLinear Motion

وفيها يتم انتقال الجسم او مركز ثقله او أجزائه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية متوازنة خلال انتقالها وان سرعة هذه الأجزاء متساوية وتحدث في خط مستقيم.

13. **الحركة الدائرية Rotation Motion** وهي الحركة التي يسير بها الجسم بشكل دائري حول محور داخل الجسم او محور خارجه بحيث يرسم الجسم ككل او مرا كز ثقله او اجزاءه مسارا ت وخطوط دائرية ذات أنصاف أقطار غير متساوية وان اجزاء الجسم تنتقل هنا بسرع مختلفة تبعا لاختلاف بعدها عن محور الدورا ن.

14. **السرعة Speed** هي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن.

15. **السرعة المتجهة Velocity** هي الازاحة المقطوعة في وحدة الزمن.

16. **السرعة اللحظية Instantaneous Velocity** اقل مسافة ممكنة في اقل زمن ممكن.

17. **المحصلة Result** هو مقدار القيمة الناتجة من جمع او طرح متجهات للسرعة او القوة سواء كانت على خط مسار واحد او متعامدة او تشكل ا زويا بينها.

18. التسارع **Acceleration** هو الت ا زيد او التناقص في السرعة، وقد يكون موجب او سالب، وقد يكون منتظم او غير منتظم.

19. **السرعة الزاوية Angular Velocity** هي معدل الانتقال الزاوي للجسم في وحدة الزمن.

20. **السرعة المحيطية Circumferences Speed** هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط دائرة الى الزمن المستغرق.

21. **المقذوف Projectiles** جسم حر الحركة في الهواء انطلق بتأثير قوة.

22. **المقذوفات الرأسية** Vertical Projection هي المقذوفات التي تأخذ المسار العمودي.

23. **المقذوفات الأفقية Horizontal Projection** هي المقذوفات التي تحدث مسا را أفقيا.

24. **الروافع Levers** نظام عمل تحتوي على ثلاث عناصر هي نقطة الارتكاز، نقطة تأثير القوة، نقطة تأثير المقاومة، ولكي تبقى الرافعة في حالة توازن يجب ان يكون ذراع القوة مساويا الى ذراع المقاومة.

25. **القوة Force** وتعني كل ما يغير او يحاول ان يغير من شكل الجسم او حالته الحركية مقدارا او اتجاها.

26. **القوة المركزية Centripetal Force** وهي القوى التي تحاول الحد من تأثير القوى اللامركزية الطاردة، أي التي تسحب الجسم الى مركز الدورا ن.

27.**القوة الطاردة Centrifugal Force** وهي القوة الناتجة من حركة الجسم بشكل دائري والتي تعمل على سحب الجسم الى الخارج بعيدا عن المركز.

28.**النيوتن Newton** قوة اذا أثرت على جسم كتلته 1kg اكسبته تسارعا مقداره $1m/s^2$.

29.**الشغل Work** لو أثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فأنه يكون قد انجز شغلا ويقاس بالجول.

30.**القدرة Power** وهي الشغل المنجز في وحدة الزمن، وتقاس بالواط.

31.**الطاقة Energy** هي قابلية الجسم على انجاز شغل، وينص القانون العام للطاقة بأنه الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من شكل الى اخر.

32.**الطاقة الحركية Kinetic Energy** وهي الطاقة المسببة للحركة في الجسم.

33.**الطاقة الكامنة Potential Energy** وهي الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات.

34.**قوة الاحتكاك Force Friction** وهي القوة الناشئة بين الجسم المتحرك والسطح الذي تتم عليه الحركة وتساوي هذه القوة، القوة الدافعة للجسم بالمقدار وتعاكسها في الاتجاه.

36.**معامل الاحتكاك Friction coefficient** ناتج قسمة قوة الاحتكاك على مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم على السطح. وان معامل الاحتكاك يختلف اذا كانت الجسم ساكناً او متحركا ، فاذا كان الجسم في حالة الثبات عندئذ يكون معامل الاحتكاك اكبر مما لو كان الجسم في حالة حركة.

37. **عزم القصور الذاتي Moment of Inertia** يفهم من القصور الذاتي هو مقدار المقاومة التي يمتلكها الجسم للحفاظ على السكون او الحركة ضد التغيير. اما عزمه فهو عبارة عن مجموع اجزاءه وهذا يتوقف على مقدار كتلة الجسم وبعده عن المحور.

38. **الزخمMoment** عبارة عن كمية الحركة التي يمتلكها الجسم اثناء السرعة.

39. **عزم الدوران Torque of Rotations** ان العزم هو حاصل ضرب القوة في المسافة العمودية بين خط عملها ومركز دوران الجسم . وينشأ عزم الدوران عند تأثير قوة على جسم حر الحركة ويكون خط تاثيرها بمسافة عمودية عن مركز ثقل الجسم.

40. **قانون الجاذبية الأرضية Law of Gravity** كل كتلة في الكون تجذب أي كتلة اخرى بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسيا مع مربع البعد بين مركزيهما.

41. **التوازن والسكون Static** يتم عندما تكون محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم معدومة.

المراجع

1. مروان عبد المجيد ابراهيم، ايمان شاكر محمود. التحليل الحركي البيوميكانيكي في مجالات التربية البدنية والراضية، الرضوان للنشر، 2014، عمان.
2. حسين مردان عمر. 2021، مواضيع في البايوميكانيك، ط2، مطبعة جامعة ديالي، العراق.
3. صريح عبد الكريم الفضلي، تطبيقات البيوميكانيك في التدريب الرياضي والأداء الحركي، ط1، دار دجلة، 2001، عمان.
4. حيدر شمخي جابر، حسين علي كاظم، البايوميكانيك الرياضي، نظريات وتطبيقات، مكتبة دجلة للنشر والتوزيع، بغداد، 2018.
5. عادل عبد البصير، الميكانيكا الحيوية التكامل بين النظرية والتطبيق في المجال الرياضي، مركز الكتاب للنشر ط2، 1998، مصر.
6. امل جابر، مبادئ الميكانيكا الحيوية وتطبيقاتها في المجال الرياضي، ط1، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الاسكندرية، 2007.
7. طلحة حسام الدين، مبادئ التشخيص العلمي للحركة، الطبعة الاولى، دار الفكر العربي، 1994.
8. طلحة حسام الدين، الميكانيكا الحيوية، الطبعة الاولى، دار الفكر العربي، 1993.
9. محمد أحمد الشامى، تقويم الفاعلية الميكانيكية لمهارتي الدورة الهوائية الأمامية والخلفية المكورة على جهاز التمرينات الأرضية بدلالة بعض المؤشرات البيوميكانيكية المختارة، بكلية التربية الرياضية للبنين، جامعة الزقازيق، مصر.
10. بسمان عبد الوهاب عبد الجبار. وهبي علوان حسون البياتي. 2020، التقويم البيوميكانيكي للحركة في الرياضة والتمرين، ط1، دار أمجد للنشر والتوزيع.
11. McGinnis, P. 2013, Biomechanics of sport and exercise. 3rd ed, Human Kinetics, USA.
12. Allard, B., et coll. 2000, Analyse du mouvement humain par la biomécanique, Décarie éditeur inc, canada.
13. Hamill, J., Knutzen, K M., Derrick, T R. 2001, Biomechanical basis of human movement, Human Movment, 4th ed.
14. Knudson, D. 2007. Fundamentals of Biomechanics, 2nd ed, Springer.
15. Emeric, A. 2017, Biomechanics of human motion: applications in the martial arts, 2nd ed, Taylor & Francis Group.
16. Chapman, A.E. 2008, Biomechanical analysis of fundamental human movements, Human Kinetics, Canada.
17. Carl J. Payton, Roger M. Barlett, 2008, Biomechanical Evaluation of Movement in Sport and Exercise, Taylor & Francis.