Tripoli University

الميكانيكا الحيوية وعلوم الرياضة

Biomechanics in Sport sciences

Theories and Practice نظريات وتطبيقات

الدكتور: خالد جبريل ابوزيان

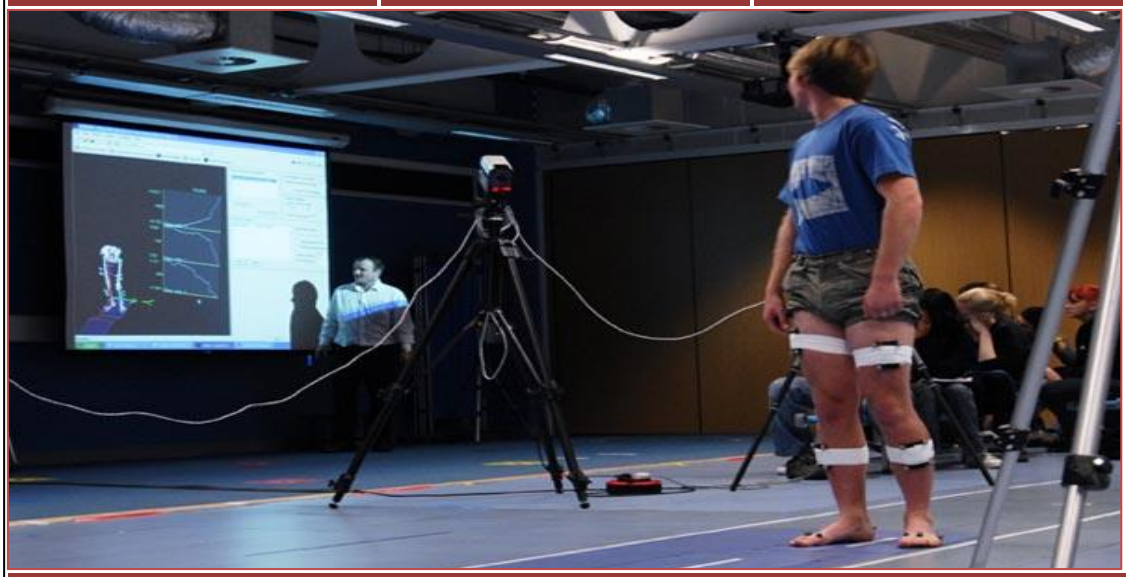


Table of Contents

1. الميكانيكا الحيوية 8
1.1. الميكانيكا الحيوية: Biomechanics 17
لماذا ندرس الميكانيكا الحيوية: 19
- تحسين الاداء Improve performance 19
- تقليل أو علاج الاصابات Prevent Injuries 20

استخدامات علم الميكانيكا الحيوية :- 21
مصادر معلومات الميكانيكا الحيوية 22
1.1.1. المفاهيم والاسس التشريحية: Anatomical Principles 26
1.1.3. مستويات الحركة: 27
1.1.2. محاور الحركة: 29
1.1.2 الوصف التشريحي للحركة: 34
1.1. الحركات في المستوى الجانبي حول المحور الامامي: 34
1.2. الحركات في المستوى الافقي حول المحورالعمودي: 37
1.3. حركات اخرى: 37
1.4. توصيف الوضع: Position Description 38
2. مقدمة للتحليل الحركي: Introduction to Motion Analysis 40
مفهوم التحليل الحركي-: 40
مفهوم التحليل الحركي-: 44
متطلبات التحليل الحركي 47
2. انواع التحليل البيوميكانيكي 52
التحليل البيوميكانيكي الكيفي: 52
2.1.1. التحليل الحركي في بعدين: 2D Motion Analysis 55
3. التحليل البيوميكانيكي للمهارات الرياضية 59
2.1.2 التحليل الحركي في ثلاثة ابعاد: 3D Motion Analysis 66
الكينماتيكا:Kinematics 70
2.2. انواع الحركات وامثلتها: 70
3. القياسات الكينماتيكية: Kinematics Measurements 75
3.1. السرعة الخطية:Linear Velocity 75

DRAFT

.3.2. السرعة الخطية:Linear Velocity 77
.3.3. السرعة الزاوية:Angular Velocity 80
.3.4. الروافع:Levers 83
.4. المشي والقوام: Gait and Posture 94
.1.1. استراتيجيات المحافظة على الاتزان اثناء الوقوف. 99
تطبيق مبادىء علم الميكانيكا الحيوية فى المصانع وأماكن العمل Ergonomics 102
أمثله لبعض المشاكل وحلول لها عن طريق أساسيات علم الميكانيكا الحيويه:- 111

قائمة الاشكال والرسومات

شكل 1. يوضح الوضع الاساسي (يسار) والوضع التشريحي (يمين). 26
شكل 2. يبين عمليا المستويات التشريحية التي تتم فيها الحركة 27
شكل 3. يبين المستويات التشريحية التي تتم فيها الحركة والمحاور التي تتم حولها الحركة ...29
شكل 4. يبين المستوى الجانبي الذي تتم فيه الحركة والمحور الجانبي التي تتم حوله الحركة.30
شكل 5. يبين المستوى الامامي الذي تتم فيه الحركة والمحورالعمبق التي تتم حوله الحركة. ..32
شكل 6. يبين المستوى الافقي الذي تتم فيه الحركة والمحورالعمودي التي تتم حوله الحركة. ..33
شكل 7. يبين الوصف التشريحي واتجاهات الحركة من خلال تقسم الجسم. 34
شكل 8. يبين حركات الثني والمد للرجل من المستوى الجانبي (يمين) وكذلك الثني والمد في مفصل الحوض (يسار). 34
شكل 9. يبين حركات الثني والمد لمفصل المرفق من المستوى الجانبي. 35
شكل 10. يبين حركات التبعيد (Abduction) والتقريب (Adduction) للذراع والرجل. 35
شكل 11. يبين حركات التدوير الوحشي أو الخارجي (Lateral rotation) و التدوير الانسي أو الداخلي (Medial rotation) للذراعين. 36
شكل 12. يبين بعض الاصابات في مفصل الكعب للخارج (Eversion) أو للداخل (Inversion). 36
شكل 13. يبين شكل الحركة المتداخلة المركبة من تدوير الذراع و مع تقريبه وثم التبعيد بدون تدوير. 37
شكل 14. يوضح الثني والمد الافقي لمفصل الكتف من المستوى افقي وحول المحور العمودي. 37

DRAFT

شكل 15: اشكال توضيحية لنظام الكورتزان للابعاد (Cartesian coordinate system) وتطبيقاته في الحركة البشرية. 38
شكل16: يوضح التطورمن استخذام التصوير السينمائي إلى التصوير التليفزيون في القياسات الكينماتيكية في التحليل الحركي 54
شكل17: يوضح التطورمن استخذام التصوير السينمائي إلى التصوير التليفزيون في القياسات الكينماتيكية في التحليل الحركي. 55
شكل18: يوضح استخذام التحليل الحركي في بعدين (2D) فيديو والشكل التقريبي رسومات. 55
شكل19: يوضح وضعية الكاميرات باستخذام التحليل الحركي في بعدين (2D) فيديو في مسابقة الوثب الطويل (كاميرا 1 لتصويرالمتغيرات الكينماتيكية للاقتراب و كاميرا 2 لتصويرالمتغيرات الكينما تيكية للارتقاء).....56
شكل 20. يبين الفرق في الزمن بين الكادرات في التحليل الحركي في بعدين (2D) عند استخذام نظام السرعة الفائقة (b) والنظام العادي(a) 56
شكل 21. يبين الفرق في الزمن بين الكادرات في التحليل الحركي في بعدين (2D) عند استخذام نظام السرعة الفائقة (b) والنظام العادي(a) 57
شكل 22. يبين الفرق في الزمن بين الكادرات في التحليل الحركي في بعدين (2D) عند استخذام نظام السرعة الفائقة (b) والنظام العادي(a) 58
شكل 23. يبين الفرق في الزمن بين الكادرات في التحليل الحركي في بعدين (2D) عند استخذام نظام السرعة الفائقة (b) والنظام العادي(a) 59
شكل 24. يوضح التصوير الفيديوي كإحدى وسائل التحليل البيوكينماتيكية.....61
شكل 25. يوضح شكل منصات قياس القوى.....63
شكل 26. يوضح أحد الأجهزة الموضوعة على الرأس لقياس قوة الضربة 64
شكل 27. يوضح كيفية ربط منصة قياس القوة بالمفسر. 65
شكل 28. يوضح تحويل الجهد الكهربائي الى قيم رقمية (واحد أو صفر).....66
شكل29: يوضح استخذام التحليل الحركي في ثلاثة ابعاد (3D) باستخذام العلامات العاكسة المستخذمة في نظام التصوير بالاشعة نحن الحمراء. 66
شكل30: يوضح جسم المعايرة التحليل الحركي في ثلاثة ابعاد (3D). 67
شكل31: يوضح توزيع الكاميرات المستخذمة فيالتحليل الحركي في ثلاثة ابعاد (3D) و منصات القوى وكذلك موضع الكومبيوتر(أعلى) منظر عام لشكل توزيع الكاميرات (أسفل). ..67
شكل27: يوضح استخذام التحليل الحركي في ثلاثة ابعاد (3D) باستخذام العلامات العاكسة المستخذمة في نظام التصوير بالاشعة نحن الحمراء. 68

DRAFT

شكل28: يوضح شكل الحركة الخطية كمستطيل اثناء التزلج على الجليد (Rectilinear Movement). 70
شكل29: يوضح شكل الحركة الخطية الحركة كمنحنى اثناء طيران الوثب الطويل (يمين) أو السقوط الحر في التزلج على الثلج (يسار) (Curvilinear Movement). 71
شكل30: يوضح شكل الحركة الدائرية أو الزاوية (مفصل الجسم) أو نشاط رياضي. 72
شكل31: يوضح شكل الحركة العامة أو المركبة (خطية + دائرية). 73
شكل32: يوضح بيانيا قيم متوسط السرعة في مسابقة 100مترعدو. 76
شكل33: يوضح مثال بيانيا لقيم العجلة المتوسطة (التسارع) في مسابقة 100مترعدو مصحوبة. 78
شكل34: يوضح دوران الطرف والاداة (يمين) دوران الاطراف أثناء الجري بالكرة (يسار).....80
شكل35: يوضح دوران الاطراف (الحركة الزاوية Angular Motion) أثناء ركل الكرة.....80
شكل36: يوضح القياسات الكينماتيكية لحساب متوسط السرعة الزاوية (ω) لاعلى الرجل (الفخذ). 81
شكل 37. يوضح الحركة الزاوية للاطراف في ركل الكرة (يوضح فقط الطرف الاعلى والاسفل للرجل).....81
شكل 38: يوضح تطبيق لشكل الرافعة في الاجهزة البشرية (الدجة الثالثة). 83
شكل 39. يوضح تركيبة الرافعة ومكوناتها. 84
شكل 40. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة في الجسم البشري.....84
شكل 41. يوضح شكل الرافعة من الدرجة الاولى. 85
شكل 42. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة من الدرجة الاولى في البشري. 85
شكل 43. يوضح شكل الرافعة من الدرجة الاولى. 86
شكل 44. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة من الدرجة الثانية في الحياة العامة والجسم في البشري.....86
شكل 45. يوضح شكل الرافعة من الدرجة الثالثة. 88
شكل 46. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة من الدرجة الثالثة في الحياة العامة والجسم في البشري.....89
شكل 47. يوضح نفس المجموعة العضلية العظمية المكونة في التطبيق (a) لرافعة من الدرجة الاول وفي التطبيق (b) رافعة من الدرجة الثالث 89

DRAFT

شكل 48. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة من الدرجة الثالثة في الحياة العامة والجسم في البشري.....90
شكل 49. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة من الدرجة الثالثة في الحياة العامة والجسم في البشري.....91
شكل 50: معمل اليكانيكا الحيوية لاختيارالحركة البشرية. 98
شكل 51: يوضح استخذام كلا من استراتيجية الكعب (يسار) واستراتيجية الحوض (يمين)...99
شكل 52: يوضح مكان مركز الثقل لعدة أمثلة.....100
شكل 53. يبين مركز الثقل لرجل يحافظ على اتزانه. يجب أن يحتفظ بمركز ثقله داخل قاعة الاتزان. ليست مشكلة اثناء الوقوف العادي في شكل (A) ولكن عندما يثني جذعه يقرب مركز ثقله الى الحافة الامامية لقاعة الاتزان ويصنع حالة من عدم الاتزان (B). الرجل يحتاج للضغط على مقدمة. 101

DRAFT

قائمة الرسومات

رسم توضيحي 1. تطبيقات الميكانيكا الحيوية وفروعهيا الأساسيين تحسين الاداء و تقليل أو علاج الاصابات. 19
رسم توضيحي 2. الميكانيكا الحيوية وفروعها. 23
رسم توضيحي 3. الميكانيكا الحيوية وفروعها الأساسية تطبيقيا. 24
رسم توضيحي 4. مقارنة لقيم ذات الاتجاه والمطلقة في الميكانيكا الحيوية، القيم المتجهة يجب تحديد مقدارها واتجاهها 25

قائمة الجداول

جدول 1. يبين مثال لقيم في مسابقة 100مترعدو مصحوبة بحساب السرعة المتوسطة. 75
جدول 2. يبين مثال لقيم في مسابقة 100مترعدو مصحوبة بحساب العجلة المتوسطة. 77

DRAFT

الميكانيكا الحيوية

Biomechanics

DRAFT

- **المقدمة:(Introduction)**

مرت عملية دراسة حركة الجسم البشري بمراحل تطوير متعددة ارتبطت بظهور العديد من الأجهزة والأدوات التي استعانت بها العلوم الأخرى في شتى المجالات الدراسة العلمية ، فبالقدر الذى تحقق فيه تطور لهذه الأجهزة والأدوات ، تطورت دراسة الحركة سواء كان في الحياة العامة أو في الأداء المتميز كالأداء الرياضي. ولذلك اهتم الباحثون منذ مطلع القرن العشرين بدراسة حركة الإنسان بشكل عام ، واستناداً إلى الأسس العامة لهذه الحركة وفق القوانين الطبيعية بدأ المختصون في مجال التربية الرياضية بدراسة أنواع الحركة وأشكالها والقوى المسببة لها.

والبيوميكانيك أو الميكانيكا الحيوية هي ذلك العلم الذى يبحث في حركة أي كائن حي من جميع النواحي (التشريحية – الفسيولوجية – النفسية – البدنية . الميكانيكية . الفيزيائية) ، والذي يتعامل مع القوة المؤثرة على الأجسام الحية سواء في الحالة السكون أو الحركية ، وهذه الحركة قد يكون فوق سطح الأرض أو الكواكب ، أو في وسط مائي أو في الفضاء .وتعني الميكانيكا الحيوية بأنها دراسة السلوك الحركي في ضوء القوانين والمبادئ الفيزيائية العامة ، وهى بهذا المفهوم تعتمد على طرق البحث في الفيزياء التقليدية وما توصلت إليه من طرق ووسائل في محاولة لتطبيق ما يمكن تطبيقيه على الجسم البشري. كما أن فهم القوانين الميكانيكية يسمح أيضاً بإيجاد حلول جديدة للإعداد ، وكذلك فإنها تعمل على أن تكون الفترة التعليمية قصيرة ، وبالتالي إيجاد مقدرة ممتازة ، من خلال التحليل الميكانيكي يمكن التوصل إلى حالات جديدة وملائمة لتطوير الأداء الفني، وتحقيق مبدأ الاقتصاد بالجهد. ويمثل الأداء الفائق للاعبي المستويات العليا مجالاً للدهشة والتعجب من هذا الإتقان والذي يتعدي مستوى التصور والمعرفة بطبيعة الأداء البشري، كما أن ملاحظة

السلوك الحركي للأطفال وما يطرأ عليه من تطوير ذات درجات صعوبة عالية بسهولة ويسر في حين يعجز أو يتعثر الآخرون في أدائها.

ما هية الميكانيكا الحيوية:

علم الميكانيكا هو احد فروع علم الفيزياء وهو العلم الذي يبحث في حركة وسكون الأجسام المختلفة سواء كانت حركة الكواكب في الكون أو الأجسام الصغيرة. البيوميكانيك علم دراسة القوانين العامة للحركة والتأثير الميكانيكي المتبادل بين الأجسام ، والحركة هي إزاحة لجسم بالنسبة لجسم آخر في الفراغ والزمن ، والتأثير الميكانيكي هو ذلك التيار المتبادل بين الأجسام الذى يغير أو يحاول تغيير طبيعة الحركة.

والميكانيكا الحيوية هو علم دراسة القوانين العامة للحركة والتأثير الميكانيكي المتبادلة بين الأجسام ، وأصبح مصطلح الميكانيكا الحيوية شائع الاستخدام منذ السبعينات على أنه مجال الدراسة الذي يختص بالتحليل الميكانيكي لحركة الأجسام الحية.

وتذكر سوسن عبد المنعم وآخرون تعريف الميكانيكا بأنة العلم الذي يبحث في الحركة النسبية للأجسام مستقصيا مقوماتها وشتى صورها وكذلك سكونها النسبي

*ويقال إن الجسم يكون ساكنا في فترة زمنية معينة إذا ظل شاغلا وضعا واحدا في الفراغ إثناء هذة الفترة

*إما إذا شغل الجسم وضعين مختلفين في لحظتين متتاليتين فأنة يقال إن الجسم متحرك ويجب ملاحظة إن السكون والحركة حالتان نسبيتان فليس هناك سكون مطلق أو حركة مطلقة فعندما نقول إن جسما ما يكون ساكنا فإننا نقصد إن وضعة لا يتغير بالنسبة للمشاهد الذي يدرس حالة

DRAFT

هذا الجسم ولكنة قد يكون متحركا بالنسبة لمشاهد أخر . فإذا جلس شخصين في قطار متحرك فان كلا منهما يكون ساكنا بالنسبة للأخر إما بالنسبة لشخص أخر خارج القطار فأنة يلاحظ أنهما يتحركان بنفس سرعة القطار وكذلك الأجسام الثابتة على سطح الأرض تكون ساكنة بالنسبة لبعضهما ولكنها تتحرك جميعا تتحرك بنفس حركة الكرة الأرضية بالنسبة لمشاهد موجود في كوكب أخر

أقسام علم الميكانيكا:

(أولا) الاستاتيكا: statics .

الاستاتيكا هو فرع الميكانيكا الذي يبحث في سكون الأجسام تحت تأثير مجموعة من المؤثرات تسمى القوى وتوصف القوى التي لا تغير في حالة الجسم بأنها متزنة ويقال للجسم أنة في حالة توازن تحت تأثيرها ولذلك فان الاستاتيكا تسمى أحيانا (علم توازن الأجسام)

(ثانيا) الديناميكا: Dynamics .

والديناميكا هي فرع الميكانيكا الذي يبحث في حركة الأجسام الصلبة وتنقسم الديناميكا إلى قسمين رئيسين :.

1 –الكينماتيكا: kinematics . وهى تبحث في خصائص الحركة من الوجهة الهندسية (وصف الحركة وصفا مجردا دون التعرض للقوى المسببة لها) كالموضع والإزاحة والسرعة والعجلة.

2 –الكيناتيكا: kinetics . وهى تبحث في تأثير القوى المسببة أو المغيرة للحركة.

وللميكانيكا سحر خاص يميزها عن سائر العلوم الأخرى فهي ترتبط ارتباطا وثيقا بتفسير ظواهر يومية عديدة تتعلق بحركة الأجسام وسكونها حول كل فرد منا كما أنها تخضع خضوعا كاملا يعد

DRAFT

محددا جزا من المبادى والقوانين الأساسية يندرج تحتها كل ما يحيط بنا من اصغر الجسيمات على مستوى الذرة إلى اكبر الأجرام السماوية في عالمنا اللانهائي.

التطور التاريخي للميكانيكا الحيوية (البيوميكانيك)

مر علم البيوميكانيك بكثير من التطور على ايدى العديد من العلماء من العصر قبل الميلاد حتى العصر الحديث وكان أرسطو (284/322ق م) أول من أشار إلى هذا العلم وأثراهما على حركة الأجسام وشرح اثر حركة الذراعين على سرعة العدو .ووصف حركة المشي.

كما ساهم أرشميدس (212/278ق م) في تطور العلم بطريقة غير مباشرة بتطوير قوانين الحركة في السوائل

كما برهن جالن (201/131م) والطبيب المعروف إن الدفع الحركي ينتقل من المخ إلى العضلات عن طريق الأعصاب وكان تشريح جالن يمارس على الحيوانات (القردة/ والكلاب /والأغنام / وكذل الفيلة) ولكن لم يحدث عندئذ تطور كبير جديد بالذكر ويرجع السبب في قصر أبحاثة على الحيوانات إلى أنة لم يكن بالامكان في ذلك الوقت أجراء هذة الأبحاث على الإنسان أو على حركاتة.

وكان ليوناردو دافنشى (1519/1452) أثرة في تطوير العلم حيث اهتم بدراسة حركة الإنسان وتركيب جثة وأوضح إن جسم الإنسان يخضع إلى قوانين الميكانيكا ووضح وصف ميكانيكا لجسم الإنسان في عدة اواضاع باستخدام النماذج.

وجاء الفونسوبوريلى (1679/1608م) وهو طبيب وعالم رياضيات ايطالى وكان تلميذ جاليليو واهتم بتطبيق المعادلات الرياضية لحل مشاكل الحركة واظهر عمل الروافع في جسم الإنسان

DRAFT

وأوضح إن العضلات تعمل وفقا لمعادلات ميكانيكية واضحة ووضع كل أبحاثة في كتاب يعتبر في الواقع خاصا بالميكانيكا الحيوية ويعتبر بوريللى أول من وضع تدريبات العلاج الطبيعي على أساس ميكانيكي كما ساهم نقولا اندريا (1742/1658م) في وضع أساس العلاج الطبيعي.

وفى عام (1836م) نشر عالمان من علماء وظائف الأعضاء الالمانى هما ى.ب فيبر ابحاثهما المنتظمة عن الحركة الانتقالية للإنسان وعن حركة المشي (ميكانيكا آلات المشي الإنسانية) ولقد استخدم في ابحاثهما طرقا رئيسية متعددة وكانت النظرية الخاصة بهما والمتعلقة بحركة المشي (الحركة البندولية البحتية وحركة تبديل الأرجل تتم فقط على أساس تأثير قوة الجاذبية الأرضية أساس للأبحاث التي قامت فيما بعد بمعارضة هذة النظرية.

وكان نيوتن (1727/1642م) علامة بارزة من علامات تطور علم دراسة الحركة الإنسانية بوضعة القوانين الميكانيكية الأساسية.

كما ساهم توماس ادسون (1880م) في تطور علم الميكانيكا الحيوية بطريقة غير مباشرة عن طريق تطوير لأجهزة التصوير السينمائي.

وفى منتصف القرن التاسع عشر (1880م) قدم مجموعة من العلماء الفرنسيين أبحاثا عدة عن طريق جديدة لبحث الحركات وهما مارى ودسمنى حيث ادخلا تطويرت على التصوير المتتابع دائريا مع اكتشاف تكنيك خاص بالمشي السريع لتستخدمة فرق المستعمرات.

وقد حقق العلم تطورا باكتشاف أبحاث العالمان الألمانيان فيشر وبرون عام (1938م) في أوزان وكتل أجزاء الجسم ومركز الثقل وقد استنبطا عن طريق ابحاثهما طريقة جديدة لتحديد مركز الثقل

DRAFT

وكان منطلقهما في ذلك هو تحديد مركز الثقل لأجزاء الجسم باستخدام أجزاء الجثث وقد تم تحديد مسار (المسافة ـ الزمني) للجسم باكملة ولأجزاء الجسم كل على حدة بطريقة عملية.

وقد استكمل العالم السوفيتي برتشتاين الأبحاث التي قام بها فيشر وبرون والتي تختص بالتصوير المتتابع الدائري والخاص (بالمسافة /الزمن)

ويعتبر لسجافن (1909/1837م) من العلماء الذي اهتموا بالتشريح والفسيولوجي كأساس لعلم الميكانيكا الحيوية ولتوضيح الارتباط بينهما في المجال الرياضي كما عالج علاقة البيئة المحيطة وإثرها على الجسم البشرى

وفى عام (1941/1854م) واصل كراسوكوفا تلميذ لسجانت ومعة كونيكوف عام (1939م) وهو أستاذ الميكانيكا الحيوية بمعهد لينجراد للثقافة البدنية دورا كبيرا في إعداد الرياضين.

كما أدى التطور في الرياضات المختلفة إلى الإسراع بتطوير الميكانيكا الحيوية وقد تطورت معظم الدول الميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية في إطار المناهج الرياضية.

ولقد كان معدل التطور في علم الميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية بطيا إلى إن ستندلر (1942م) مرجعا يوضح به الفؤاد التي يمكن إن يقدمها.

وعندما تطور البحث العلمي لدراسة وتحليل عناصر حركات الإنسان وسلوكه الحركي واجه نفس المشكلة ، واقترحت مسميات عديدة لاختيار اسم لهذه المساحة الجديدة ، فقد استخدم مسمى علم الحركة للإنسان Kinesiology ، والذي يتعامل مع معطيات متعلقة بعمل ووظيفة الجهاز العضلي والعظمي لجسم الإنسان ، وفيما بعد لافت الدراسة المتعلقة بتطبيق مبادئ الميكانيكا على حركات الإنسان قبولا واسعاً كجزء متكامل من علم الحركة للإنسان . وعند هذه النقطة أصبح من الواضح

أن علم الحركة فقد صلاحيته وصف في تحديد وصف هذا الجزء من علم الذي يتعلق بأي من الجهازين العضلي والعظمى أو مبادئ الميكانيكا المطبقة على حرك الإنسان.

وقد عقد الموتمر الدولي الأول حول المشكلات الأساسية للميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية بمدينة لينرج سنة (1960م) ولم تبداء تلك المرحلة الأخيرة من مراحل هذا التطور في الدول الرأسمالية تم عقدت أول ندوة أو لقاء عالمية في البيوميكانيك في مدينة زيوريخ بسويسرا سنة (1967م) تحت رعاية لجنة البحوث بالمجلس الدولي للرياضة والتربية الرياضية التابعة لمنطقة اليونسكو العالمية وقد عقد اللقاء الثاني في انيدهوفين بهولندا (1969م) وكان اللقاء الثالث في روما (1971م)وكان قويا ثم الموتمر الرابع في جامعة بنسلفانيا بالولايات المتحدة سنة(1973م)

كما أنشئت الجمعة الدولية البيوميكانيك (IsB) في أغسطس سنة (1973م) بغرض التبادل الأفكار والإنتاج العلمي ومعاونة اللقاءات المحلية وتقديم المشورة العلمية للباحثين.

كما ساهم تكوين الجمعية الدولية لتحليل العمل العضلي في علم الحركة (IsEK) إلى نمو ها القطاع في البيوميكانيك.

وفى عام (1985م) صدرت مجلة الميكانيكا الحيوية الرياضية ومع تطور التقنيات الحديثة في التصوير والإمكانيات الهائلة في تكنولوجيا المعلومات وخاصة في وضع وتصميم برامج الكمبيوتر إلى تطوير كبير جدا في طرق تطبيق القوانين والقواعد الخاصة بالميكانيكا الحيوية في المجال الرياضي مع ظهور شركات خاصة في تصميم الأدوات وأجهزة التصوير الحديثة وتصميم برامج التحليل الحركي على أجهزة الكمبيوتر ووجود منصات لقياس القوى وكذلك التقدم في ماكنيات التصوير ذات السرعات العالمية في كاميرات فيديوا أو سينما.

DRAFT

و قد مثل اختلاف الرأي حول طبيعة الميكانيكا الحيوية ، و حول المشاكل المتعلقة بطرق بحثها تحذيرا لها من أن تتخذ لنفسها مصطلحات الميكانيكا ، ويبلغ خطر الخوض فى الميكانيكا الحيوية ، بطريقة غير منطقية dialect أقصى درجات بالنسبة للرياضة . و يتمثل هذا الخطر بوضوح عند محاولة استيضاح جوانب الميكانيكا الحيوية باستخدام ما توصلت إليه الميكانيكا ، و تطبيق ذلك على أبسط العلاقات التى تربطها بمشاكل الحركات المكتسبة عن الميكانيكا الحيوية أساسا متكاملا لفهم طبيعتها المركبة حتى لو اضطرتنا النواحى العملية فى ميدان الرياضة لعمل ذلك ، حيث أن تلك الطريقة لا يمكن أن تعطينا الإجابة الكاملة.

لذا اهتمت الميكانيكا الحيوية فى العصر الحديث باستنباط القوانين الطبيعية التى تحكم حركة الجسم البشرى فى ضوء خصائصة التشريحية والفسيولوجية و النفسية و علاقتها بإنجاز الواجب الحركي المطلوب.

إن على الميكانيكا الحيوية ضرورة المساعدة فى إيجاد الإيضاحات الأخرى لذلك ، فإنه من الممكن بطرق أبحاثها تحدد الظواهر الميكانيكا للعلاقات البيولوجية بشكل موضوعى غير أن تحل محل فسيولوجيا العضلات ، أو فسيولوجيا الأعصاب ، أو علم النفس ، أو أن تحاول بطرق ووسائل غير صحيحة العثور على حلول لم تتمكن العلوم الأخرى المعنية بها من إيجاد الحلول لها حتى الآن . و من هذا المنطلق نشأ الرأي داخل أوساط المهتمين بالميكانيكا الحيوية حول ضرورة توحيد علم التشريح ، الميكانيكا ، الطبيعة الحيوية ، وظائف الأعضاء ، و علم النفس جميعا داخل الميكانيكا الحيوية ، و معنى هذا أن الميكانيكا الحيوية تعتبر علما مركبا. و قد استوجبت أبحاث الفضاء فى الآونة الأخيرة ، القيام بحل مشاكل جديدة فى مجال الميكانيكا الحيوية ، اقتضت قيامها

DRAFT

السريع بالتنبؤ العلمى الحاسم فيما يتعلق بحركات الإنسان تحت تأثير الظروف الشديدة التغير نتيجة لانعدام الوزن (عجلة السقوط<> 9.81 م/ث2).

و ينصب الاهتمام الخاص بالممارسة العملية للرياضة – مستعينة بالميكانيكا الحيوية – على إكمال فن أداء الرياضة سواء عن طريق التدريب أو من خلال دروس التربية الرياضية أيضا. و يلاحظ أن التدريب (فى دروس التربية الرياضية) يرفع المستوى الفنى المتوفر لمسار الحركة عن طريق التدريب الواعى.

و يتطلب التدريب المثمر أول ما يتطلب ، توفر كل من الشخص الرياضى و المدرب لمسار الحركة المناسبة ، و لا يجب أن يقتصر التعريف بالحركة على تخيلها ، بل و يجب أن يتم ذلك عن طريق أجهزة معينة (أجهزة قياس الحركة) حتى يمكن عقد المقارنات لاستنباط المسار الأمثل للحركة ، يضاف إلى ذلك ضرورة توفر كافة المعلومات توفرا سريعا ، و كذلك القيم التى تزيد من فعالية التدريب بطريقة ملحوظة . حيث يتيح ذلك إمكانية اجراء التعديلات فورا . و ثالث ما يجب توفره للتدريب ذى الفاعلية العالية ، المعلومات التى تم تحليلها و المتعلقة بإمكانيات الرياضي البدنية و النفسية ، وكذلك ما يلائمه من أمور .

و قد مهدت الأبحاث العلمية فى ميدان التشريح ، الميكانيكا الحيوية ، الطبيعة الحيوية ، الكيمياء الحيوية ، وظائف الأعضاء ، و علم النفس ، الأساس العلمى لإجراء مثل ذلك التدريب الفنى ، و إذا ما أضفنا إلى ذلك المناهج الرياضية كمادة أساسية ، فإننا نرى أنها تكون فى مجموعها مجال عمل مركب لإجراء الأبحاث الخاصة بالحركة. و يمكن على أساس من هذا الإدراك المتكامل أن نحدد الواجبات الأساسية للميكانيكا الحيوية لحركات الرياضية فى النقاط التالية:

DRAFT

أولا : وضع البحوث الخاصة بالأداء الرياضى الأمثل ، و معنى ذلك معرفة أنسب الحلول الميكانيكية الحيوية ، كما هو أمامنا من حركات رياضية مطروحة للبحث.

ثانيا : تعميم المعلومات المكتسبة حول فن الأداء الأمثل لأنواع الرياضة كل على حدة، ووضع ذلك فى صورة أسس ثابتة للميكانيكا الحيوية ، بما يخدم فن الأداء الرياضى الأمثل.

ثالثا : مواصلة تطوير مناهج البحث الخاصة بالميكانيكا الحيوية.

رابعا : تطوير مناهج البحث النوعية ، فيما يتعلق بالميكانيكا الحيوية ، من حيث سرعة و فردية الحصول على المعلومات لإستخدامها فى التدريب فنيا (المقارنة بين القيمة المرجوة و القيمة القائمة بإستخدام أجهزة قياس الحركة المتوفرة).

خامسا : الاستناد على استخدام أسس الميكانيكا الحيوية فى التدريبات الخاصة الهادفة إلى تطوير القدرات البدنية و النفسية المطلوبة (القوة ، السرعة ، رشاقة الجسم ، القدرة على رد الفعل و سرعته).

المصطلح العلمى للميكانيكا الحيوية :.

إن مصطلح الميكانيكا الحيوية في اللغة الإنجليزية هو Biomechanics وتنقسم إلى قسمين ميكانيكا mehanics والأخر Bio وهو حياة.

تعريف الميكانيكا الحيوية :.

. •يعرفه طلحة حسام الدين بأنه مجال الدراسة الذي يختص بالتحليل الميكانيكي لحركات الأجسام الحية.

DRAFT

•وقد عرفة ويلز ولوتجيز (1976م) بأنة ذلك الشكل في علوم الدراسة الحركة والذي يتعامل مع القوة الموثرة على الأجسام الحية سواء في حالة السكون أو الحركة.

•وعرفة هانز بأنة دراسة كل من تركيب ووظيفة الأجهزة البيولوجية من خلال نظريات الميكانيكا

•.وبعرفة هوخموث (1975م) البيوميكانيك بأنة علم تطبيق القوانين والمبادئ الميكانيكية على سير الحركات الرياضية تحت شروط بيولوجية معينة.

•وبعرفة ميلر ونيلسون (1973م) بأنة العلم الذي يبحث تأثير القوى الداخلية والخارجية على الأجسام الحية.

•وتذكر سوسن عبد المنعم وآخرون (1977م) إن البيوميكانيك هو العلم الذي يهتم بدراسة وتحليل حركات الإنسان تحليلا كميا ونوعيا بغرض زيادة كفائة الحركات الإنسانية.

•بينما بعرفة جابر بريقع وخيرية إبراهيم (2002م) الميكانيكا الحيوية ه دراسة القوى وتأثيراتها على النظام الحسي.

تقسيمات الميكانيكا الحيوية:

ينقسم علم الميكانيكا الحيوية إلى.

1-الميكانيكا الحيوية :. وهى تقوم بدراسة القوانين الأساسية التي تحكم حالة الجسم من السكون والحركة وهى تشمل

(أ) الاستاتيكا الحيوية :. التي تختص بالتحليل واتزان القوى الموثرة على الأعضاء المختلفة إثناء حالتي السكون أو الحركة بسرعة منتظمة.

DRAFT

(ب) الديناميكا الحيوية :. وهى تقوم بدراسة.

1. الكينامتيكا :. وهى تحدد العلاقة البدنية لحركة الأعضاء و الشكل الخارجي للأداء الحركى دون التطرق لمسببات القوة.

2. الكيناتيكا :. وهى تحدد الحركات الناتجة عن مؤثر القوي فى الأداء.

2. الميكانيكا الحيوية التطبيقية :. وهى تهتم بالتالي

(أ) تحسين الحركة :. وهذا له أهمية في ميدان التأهيل الطبي المهني والفني والرياضي.

(ب) تحسين الأدوات وذلك حتى تناسب قدرات الإنسان التشريحية

ومن خلال هذا التقسيم يتضح إن علم الميكانيكا الحيوية له جوانب متعددة يقتضى التعاون بين الخبراء في التخصصات المحللة حتى يمكن التوصل إلى انسب الحلول للمشاكل المتعلقة بحركة الإنسان.

ويشير جابر بريقع وخيرية السكري أنة من الأفضل إن نطلق مصطلح(الميكانيكا الحيوية في المجال الرياضي) حيث تكون أكثر وضوحا ووصفا لمجالنا الخاص بالتربية البدنية والتدريب الرياضي.

أغراض الميكانيكا الحيوية:

1. البحث العلمي وفق التقنيات في مجال التربية الرياضية والمجال الرياضي وذلك لتحديد المجال الامثل

2 –تحديد القوانين الميكانيكية التي تحكم الأداء الحركي في كل رياضة

DRAFT

3. تطوير مناهج البحث الخاصة بالميكانيكية الحيوية (تطوير أجهزة . استخدام أدوات . وضع قوانين)

4. بحث طرق الأداء الفني المثالية في مختلف الأنشطة

5. تطوير واكتشاف انسب الطرق لتعليم وتدريب الحركات الرياضية

6. وضع اختبارات موضوعية لتقيم الحركات الرياضية وذلك للتعرف على أخطاء الأداء واكتشافها إثناء الأداء الرياضي.

7. وضع التدريبات البدنية (القوى والسرعة ..... بالأدوات والأجهزة الحديثة أو بدون وفق المعايير الميكانيكية وقواعد وقوانين الحركة.

8. أجراء الدراسات المقارنة بين الأداء الموجود والأداء القائم باستخدام الأداء الحركي.

علاقة البيوميكانيك بالعلوم الأخرى:

تطور علم البيوميكانيك في الوقت الحاضر بفعل التطور الكبير للمعرفة والتقدم في صناعة الأجهزة المختلفة ذات العلاقة بتحديد الخصائص والمتغيرات المؤثرة في حركة الرياضي ، ولمعرفة دقائقها التي قد تختفي عن العين المجردة في ملاحظتها لتثبتها ، وما الأرقام القياسية والمستويات العالية في الأداء والتي وصلت إلى درجة متقدمة جاءت نتيجة لدراسة الحركة دراسة وافية من حيث زمانها ومكانها والقوى المسببة في حدوثها والمؤثرة على مسارها الحركي . وإن أهم ما يحتاج إليه العاملون في التربية الرياضية هو دراسة حركة الرياضي ، وتحليلها لمعرفة دقائقها ، وضم النواحي الديناميكية ومكوناتها وقيمها مع دراسة المسار الحركي الهندسي و الزماني للوقوف على العوامل المؤثرة على

DRAFT

التوازن في الجسم مثلاً عن طريق القوانين التي تطور نظريات التربية الرياضية كأساس للتقويم ، حيث نجد أن البيوميكانيك يعتمد على:

علم التشريح:

بصفته علماً يهتم ببناء جسم الإنسان وتكوينه (عظام ، مفاصل ، عضلات ، أنسجة ، أوتار) واعتماد العمل العضلي في الجسم على نظام الروافع في حركاته المختلفة ، فلا بد من معرفة منشأ و اندغام العضلة كنقطة لتأثير القوة أو المدى الحركي للمفاصل وأنواعه وحركاتها مثل حركة الساق والقدم عند الثني أو المد في حركات ضرب الكرة وتأثير الثني فيهما على حركات مفصل الفخذ كمحور للحركة يتميز بأنه من المفاصل ذات الثلاثة محاور ، أي تسمح حركته بالثني والمد الزائد ، فضلاً عن التبعيد والتقريب وحركات التدوير ، لذا فإن الجهاز الحركي هو المعني بشؤون حركة أجزاء الجسم بمختلف أنواعه ، وإن جسم الإنسان يحكمه تكوينه وتركيبه من الناحية التشريحية ، لذا نجد أن دراسة الحركات لكل مفصل طبقاً لطبيعته من الأمور المهمة الواجب فهممها فهماً عميقاً.

الفسيولوجيا:

هو علم يهتم بدراسة وظائف جسم الإنسان وأنسجته لأن جسم الإنسان يعمل وحدة واحدة متكاملة ، أي أن هناك بين علم الجهازين العصبي المركزي والعضلي ، وتطور علم البيوميكانيك يهتم بتطور النظريات المختلفة لفسيولوجية الجهاز العصبي – العضلي.

الرياضيات والفيزياء: من خلالهما يمكن إيجاد الحلول الكثيرة المتعلقة بقياس جسم الإنسان والدقة في وضع النتائج بإيجاد العلاقة والأسباب التي تؤدي حدوث الحركة من خلال قوانين التعجيل

DRAFT

والقصور الذاتي والمقذوفات والاحتكاك والجذب الأرضي وعلم الموائع التي جميعها اهتمت بدراسة النقاط المادية لجسم الإنسان سواء فيزيائية الموائع ذات العلاقة بطوفان الجسم ، أو قوانين الإزاحة ، وسرعة سقوط الأجسام قد ساهمت في الحصول على نتائج ذات نتائج موضوعية ساهمت في تقدم علم البايوميكانيك وتطوره.

علم النفس:

حيث نجح أن العلماء السيكولوجيين دأبوا في دراسة حركة الإنسان لأنها صور مختلفة عن سلوكه الذي يعبر بطريقة غير مباشرة عن نفسية الكائن الحي وجميع المعلومات التي حصل عليها من تفسيرات للتركيب السيكولوجي في عملية التعلم هي نتيجة لملاحظة حركة الإنسان في المواقف التعليمية المختلفة.

العلوم التربوية:

كما أن للبيوميكانيك علاقة بنظريات التربية الرياضية لأنه يهتم بإيجاد الحلول ووضع الطرق والنتائج الملائمة والمطابقة لحركات الإنسان للوصول إلى التكنيك الجيد.

ومن هنا علينا أن نذكر النواحي الأساسية الآتية:

إن أي حركة رياضية مهما كانت دقيقة لها متطلبات بيولوجية وتشريحية وفسيولوجية بدون تمازجها لا تؤدي الغرض الأساسي وهو الحركة الكاملة.

- لكل حركة رياضية أساس في إنتاج العمليات السيكولوجية المرئية.
- إن أي حركة هي نتاج لاستعمال الإنسان للقوانين الميكانيكا المختلفة.

DRAFT

•إن مصدر أي حركة ناتجة عن الجهاز العصبي المركزي وعن طريق الأعصاب يتم تحريك العضلات.

مجالات الدراسة للميكانيكا الحيوية:

1. مجال دراسة الحركات الرياضية

2. المجال الطبي (التأهيل المهني)

3مجال الصناعة والإنتاج

4. مجال التطوير الحركي للإنسان

5. مجال الحركة في الفراغ

6. التعلم الحركي

أهمية دراسة الميكانيكا الحيوية:

1. يساعد الفرد على إتقان الأداء الحركي والوصول بالحركة إلى المستوى المطلوب بكفاءة وكفاية

2. يساعد الفرد على تفهم الحركات التي يقوم بها مما يساعد على أدائها بطريقة سليمة وكذا تجنبة الحوادث والخطورة.

3. يساعد الفرد على الإحساس بالقوم المعتدل وحسن استخدام أطراف الجسم واجزائة المختلفة

4. يوفر للفرد القدرة على تقويم الحركات من حيث تأثيرها على التكوين البدنى وكذا معرفة الأخطاء وأسبابها

DRAFT

5. يساعد الرياضي في الوصول إلى مستوى البطولة إذا توفرت لدية الإمكانيات وذلك بتطبيق المبادئ والقوانين الميكانيكية والحركية في التدريب

6. يوفر للفرد القدرة على تحليل الحركات المختلفة

7. يسهل على المعلم عملية التعليم وذلك باستخدام الأسس العلمية من حيث تحليل الحركات الرياضية وبالتالي أمكان تحديد الأخطاء واكتشافها والعمل على اصلاحها مع معرفة النقاط الفنية الخاصة بكل مهارة حركية.

8. يساعد المعلم على وضع البرنامج المناسب تبعا للسن والجنس والحالة الصحية وكذا وضع برنامج للمعاقين .

1.1.الميكانيكا الحيوية: Biomechanics

هي دراسة كلا من الشكل والوظائف للانظمة البيولوجية باستخذام طرق ومناهج الميكانيكا. الميكانيكا الحيوية في المجال الرياضي تهتم بتركيز واضح على الانجاز الرياضي، وهذا الاهتمام يتعدى الى سلوك الاشياء الغير بيولوجية المؤثرة على الاداء مثل المعدات الرياضية، الاحذية الرياضية و الاسطح.

و تعرف الميكانيكا الحيوية بانها "هي تطبيقات القوانين الميكانيكية على الاجسام الحية خصوصا للنظام الحركي لجسم الانسان" (Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 2003) وفي المجال الرياضي تحديدا يعرفها جيمس هاي (James Hay) "بأنها العلم الذي يهتم بدراسة كلا من القوى الداخلية والخارجية العاملة على جسم الانسان والاثار المنتجة من تلك القوى" (Hay, 1988). وبالتالي فالميكانيكا الحيوية هي مزيج متناغم بين لفهم و تطبيق الاسس والقوانين الميكانيكية وفهم للانظمة البيولوجية.

ويهدف علم الميكانيكا الحيويه الى دراسة جسم الانسان وكأنه آلة أو ماكينة وذلك بتطبيق طرق القياسات المختلفة :

- قياس أبعاد الجسم البشرى (Anthropometry)
- قياس القوى المؤثره على الهيكل العظمى لجسم الانسان

لذا تجد علم الميكانيكا الحيويه هو تجميع لأساسيات علوم الهندسه (engineering) والتشريح(anatomy) وعلم وظائف الأعضاء(physiology).

DRAFT

لماذا ندرس الميكانيكا الحيوية:

العلماء من مختلف التخصصات (علم الحركة، الهندسة، الفيزياء، الاحياء، الحيوان) يهتمون بالميكانيكا الحيوية. ولماذا الاكاديميين من عدة خلفيات يهتمون بحركة الحيوانات؟ الميكانيكا الحيوية تعتبر مهمة لان الناس يهتمون بقدرة وحمال حركة الحيوانات. بعضهم يهتم أكاديميا باساس و نظريات الحركة لاكتشاف القوانين والقواعد التي تتحكم في حركة الحيوان من منظور علم الحركة، عدة مشتغلين بالميكانيكا الحيوية مهتمين بتطبيقات الاسس الميكانيكية على الرياضة والتمرينات. بتطبيقات الاسس الميكانيكية على حركة الانسان يمكن تصنيفها الى مجالين أساسيين: هما (تحسين الاداء و تقليل أو علاج الاصابات)

رسم توضيحي 1. تطبيقات الميكانيكا الحيوية وفروعها الأساسيين تحسين الاداء و تقليل أو علاج الاصابات.

- **تحسين الاداء Improve performance**

الاداء الحركي البشري يمكن تحسينه بعدة طرق. الحركات المؤثرة تتركب من عوامل تشريحية، مهارات عصبحركية، قدرات فسيولوجية، وقدرات نفسية /ادراكية. معظم علماء الكنسيولوجي يقيِّمون التغيرات التكنيكية و يقترحون التعليمات التي تسمح للشخص بتحسين أدائه. الميكانيكا الحيوية هي أهم عنصر فعال في تحسين الاداء الرياضي أوأي نشاط بدني حينما يكون التكنيك هو العنصر الأهم بغض النظر عن البناء الجسمي أو القدرات الفسيولوجية.

DRAFT

- **تقليل أو علاج الاصابات Prevent Injuries**

يالتحرك بأمان أو تقليل أوتفادي حدوث الاصابات / علاجها هو مجال أخر مهم في تطبيقات الميكانيكا الحيويةعن طريق إستخدام الطرق الامثل ميكانيكيا أثناء تأدية الحركات. اخصائيي الطب الرياضي بطبيعتهم درسوا بيانات الاصابات وذلك لتحديد اسباب المتوقعة المرض أو الاصابة (علم الاوبئة).

بحوث الميكانيكا الحيوية تعتبر منحى مهم في مهنة الطب الرياضي لتفادي او علاج الاصابات. فدراسات الميكانيكا الحيوية تساعد لتفادي الاصابات وذلك بتقديم المعلومات على الخصائص الميكانيكية للانسجة، الحمل أثناء الحركة و ووسائل الوقاية أو التأهيل بعدها. دراسات الميكانيكا الحيوية تقدم بيانات مهمة للتوقع الميكانيكي للاصابة المفترض من كلا من الطبيب الرياضي ودراسات علوم الاوبئة. ومثال ذلك فإن منتسبي الرياضة من بنات ونساء يتضح بأنهم أكثر خطرا لاصابة الوتر الصليبي الامامي (ACL anterior cruciate ligament) من الذكور وذلك نتيجة لعدة عوامل ميكانيكية .(Boden,Griffin, & Garrett, 2000)

DRAFT

استخدامات علم الميكانيكا الحيوية :-

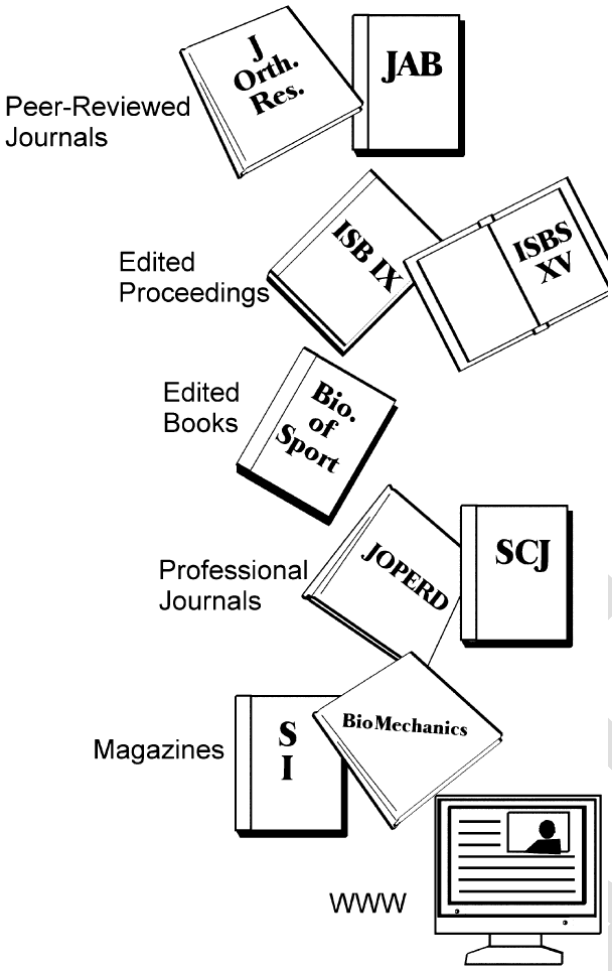
- تحليل الحركة (biomechanical analysis) (فى الحالات الطبيعية أو فى الاصابات).
- تحليل الحركة فى الرياضة.
- ميكانيكية السوائل (fluid biomechanics) ← سريان الدم .. رياضة العوم مثلا .
- ميكانيكية الأنسجة الرخوة [عضلات (muscle) أربطة(ligaments)] والصلبة (العظام).
- الأجهزة التكميلية (prosthesis) والتعويضية (orthosis) .

تعتمد الميكانيكا الحيوية في المجال الرياضي على الميكانيكا و التشريح لجهاز العضلات الهيكلية. فهم الميكانيكا اساسا يعتمد على فهم أسس بالرياضيات (الجبر وحساب المثلثات و حساب المتجهات). وندرس الميكانيكا الحيوية لانها تقدم لنا الحلول الانسب لكيفية الوصول الى الاداء الامثل.

تحليل الحركة .. ويشمل-:

- تحليل المشي. (gait analysis)
- تحليل الأوضاع الصحيحة والخاطئة فى المصانع وأماكن العمل (Ergonomics).
- تحليل القوى(force analysis) (تستخدم فى الأبحاث).

DRAFT



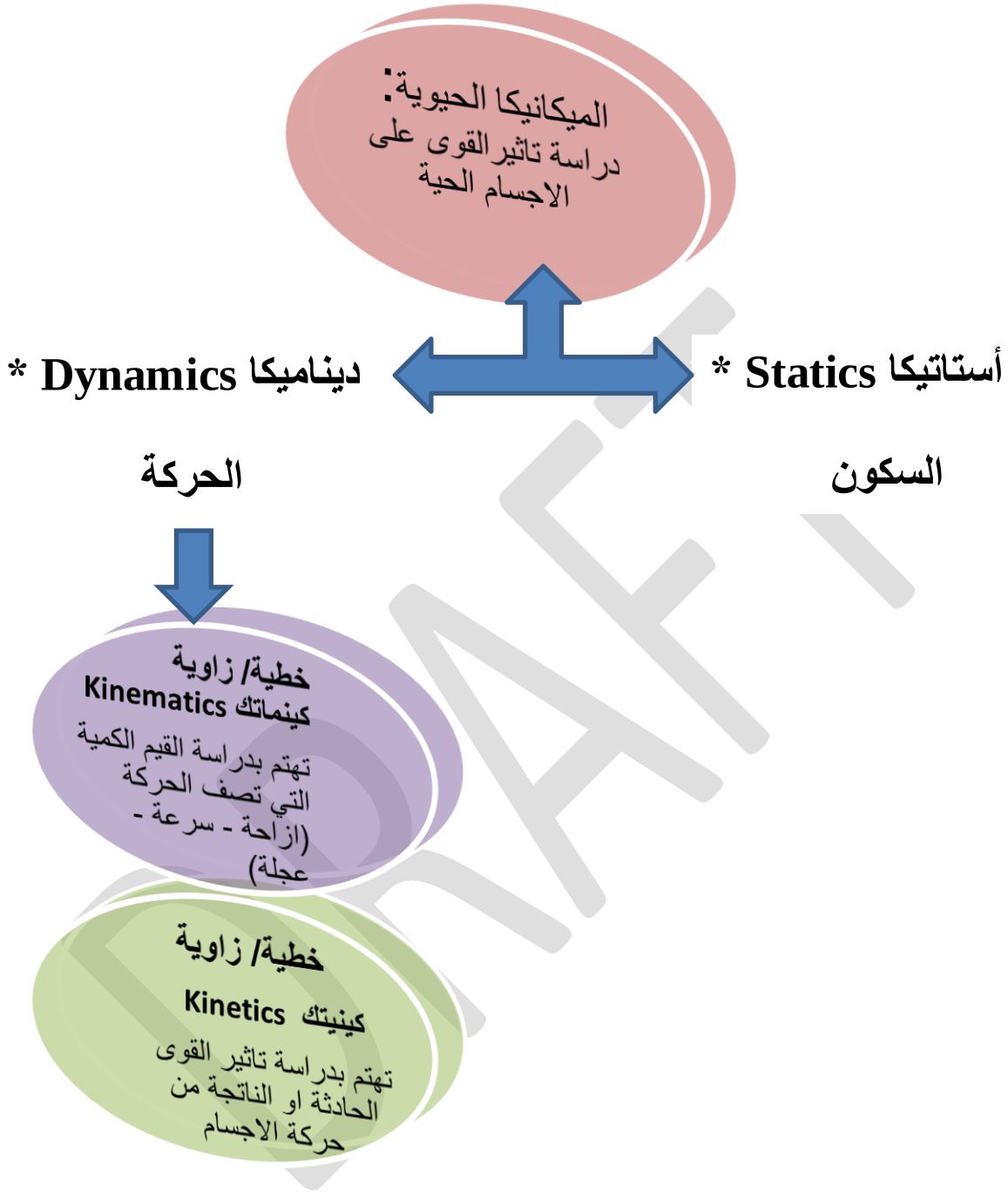
مصادر معلومات الميكانيكا الحيوية

المعلومات البيوميكانيكية مبنية من توافق بين العلماء من مجالات مختلفة مهتمون بالحركة البشرية (مثل البيولوجي، الهندسة، كنسيولوجي، الطب)

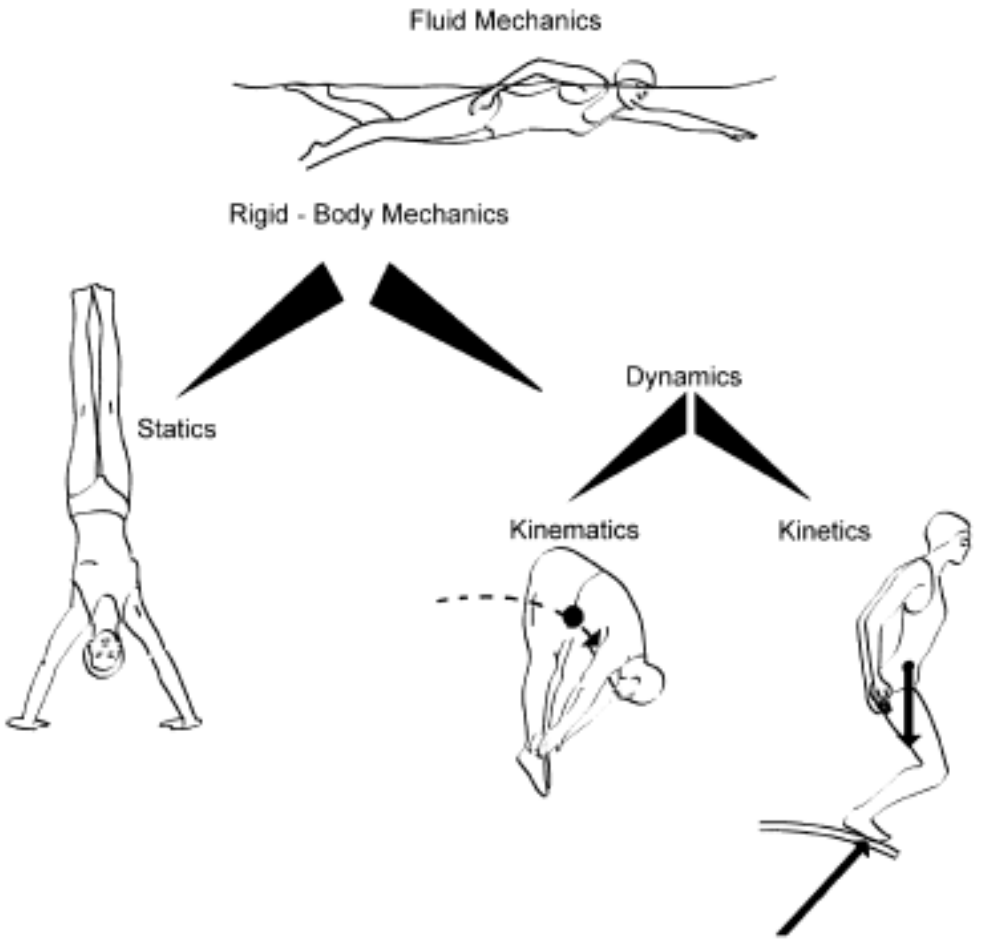
معظم مشاكل الحركة البشرية في الواقع لها فقط أجابة جزئية بسبب قلة الابحاث العلمية في مجال الميكانيكا الحيوية أو المعلومات التي لها علاقة بخلفيات حركة الشخص.

بالرغم من كمية المعلومات ليست دقيقة، المطالعة التحليلية هي الخيار الأمثل للوصول لافرب الحقائق

DRAFT



رسم توضيحي 2. الميكانيكا الحيوية وفروعها.

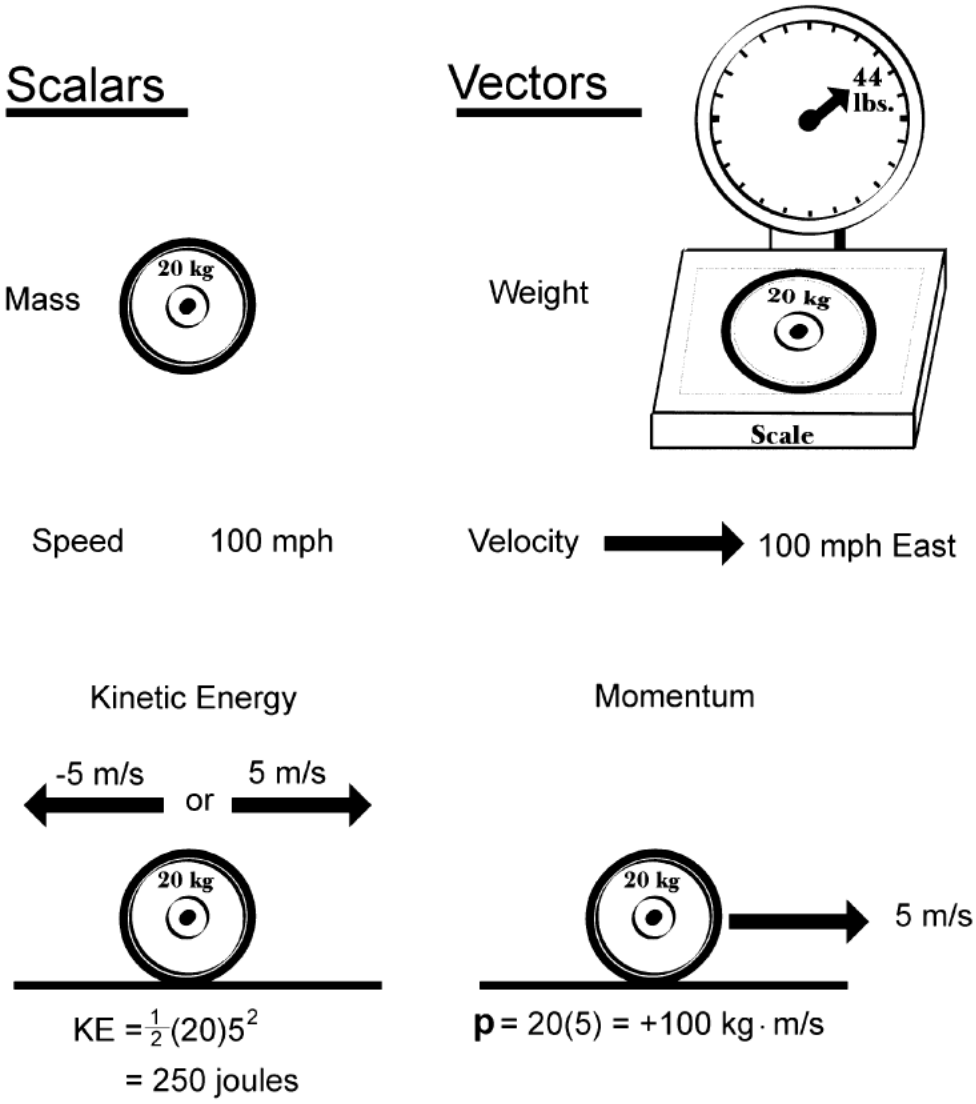


رسم توضيحي 3. الميكانيكا الحيوية وفروعها الأساسية تطبيقيا.

الكينماتيكا

تقييم الاداء الحركي من الناحية الوصفية تقع في منطقة ميكانيكية تسمى بالكينماتيكا. والتحليل الكينماتيكي للحركة يحتوي عل خمسة متغيرات أساسية:

- **الزمن (الاشكال الحركية الوقتية)**
- **الوضع او المكان**
- **الازاحة (وصف ما الحركة التي حدثت)**
- **السرعة (قياس كم السرعة التي تحرك بها الجسم)**
- **العجلة (الاشارة لسرعة تغير سرعة الجسم)**



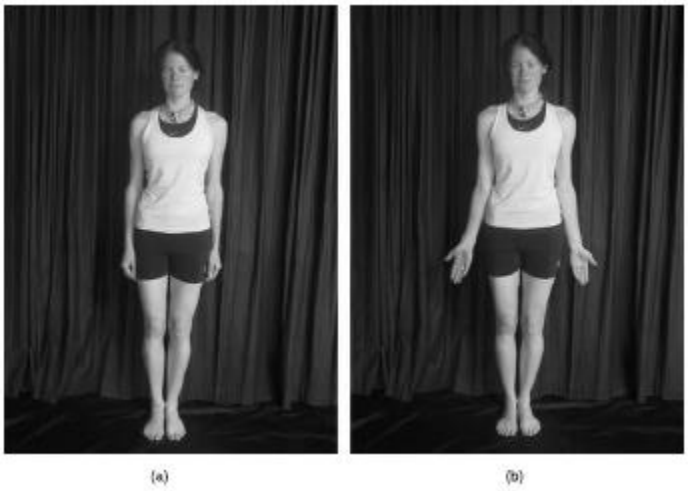
رسم توضيحي 4. مقارنة لقيم ذات الاتجاه والمطلقة في الميكانيكا الحيوية، القيم المتجهة يجب تحديد مقدارها واتجاهها .

1.1.1. المفاهيم والاسس التشريحية: Anatomical Principles

المستويات والمحاور: Planes and Axis

وصف الحركة البشرية يتطلب معرفة الوضع أو القوام والتي منها تكون الحركات:

- الوضع الاساسي: وهي الوضع الاشبه لوضع الجندي في حالة الاستعداد (الكفين يلامسان الفخذين) (a).
- الوضع التشريحي: يشبه الوضع الاساسي الا ان فيه الذراعين غير ملاصق للجسم والكفين مواجهين للامام. حركة اليدين والاصابع تحدد من هذا الوضع وهو الوضع الاساسي في حالة المعايرة الاستاتيكية (Static Calibration) (b).

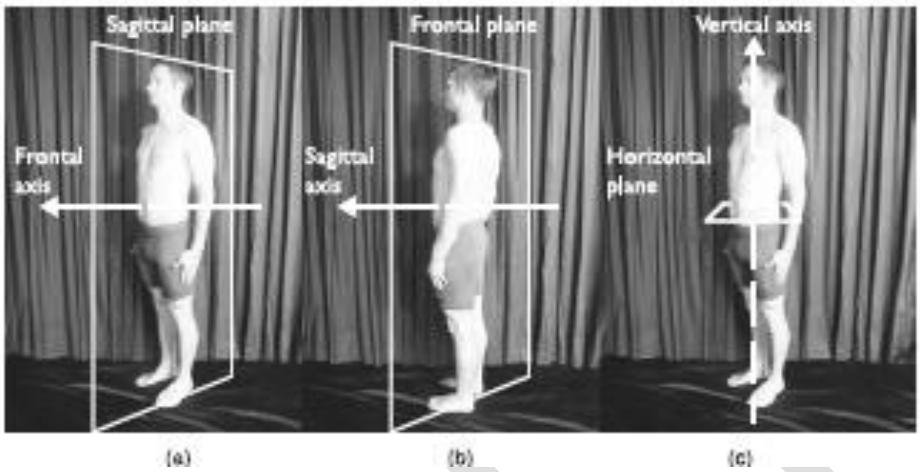


شكل 1. يوضح الوضع الاساسي (يسار) والوضع التشريحي (يمين).

DRAFT

.3.1.1. مستويات الحركة:

هناك عدة مصطلحات تستخدم لوصف الثلاثة مستويات المتعامدة (المتداخلة).



شكل 2. يبين عمليا المستويات التشريحية التي تتم فيها الحركة والمحاور التي تتم حولها الحركة

DRAFT

- **المستوى الجانبي او السهمي (Sagittal Plane or Anteroposterior Plane):**

هو المستوى العمودي الذي يمر من الخلف الى الامام ويقسم الجسم الى نصفين يمين ويسار وكلما اتجهنا للداخل (انسيMedial) وكلما اتجهنا للخارج (وحشيLateral)

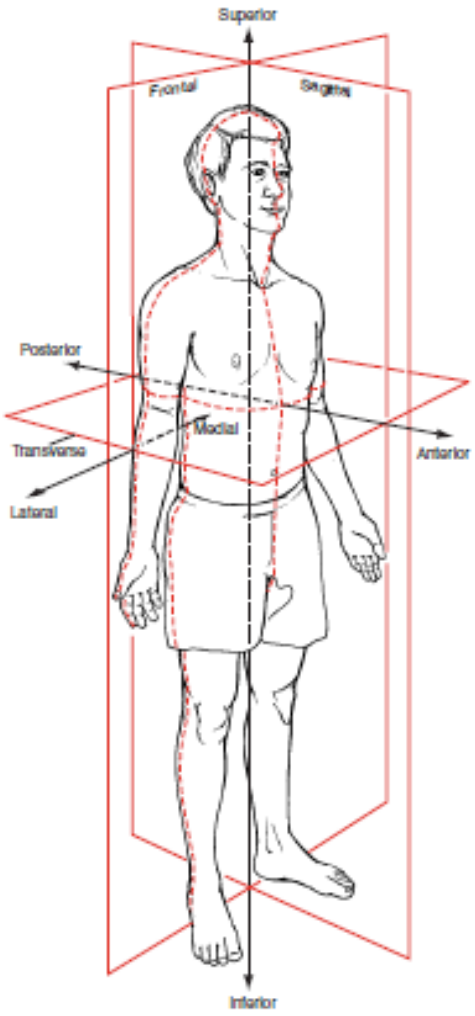
- **المستوى الأمامي(Frontal Plane or Coronal Plane) التاجي :**

هو المستوى العمودي ايضا الذي يمر من اليسار الى اليمين ويقسم الجسم الى نصفين خلفي (Posterior) وأمامي (Anterior)

- **المستوى الأفقي (Horizontal Plane or Transverse Plane):**

هو المستوى الذي ويقسم الجسم الى نصفين علوي (Superior) و سفلي(inferior).

DRAFT



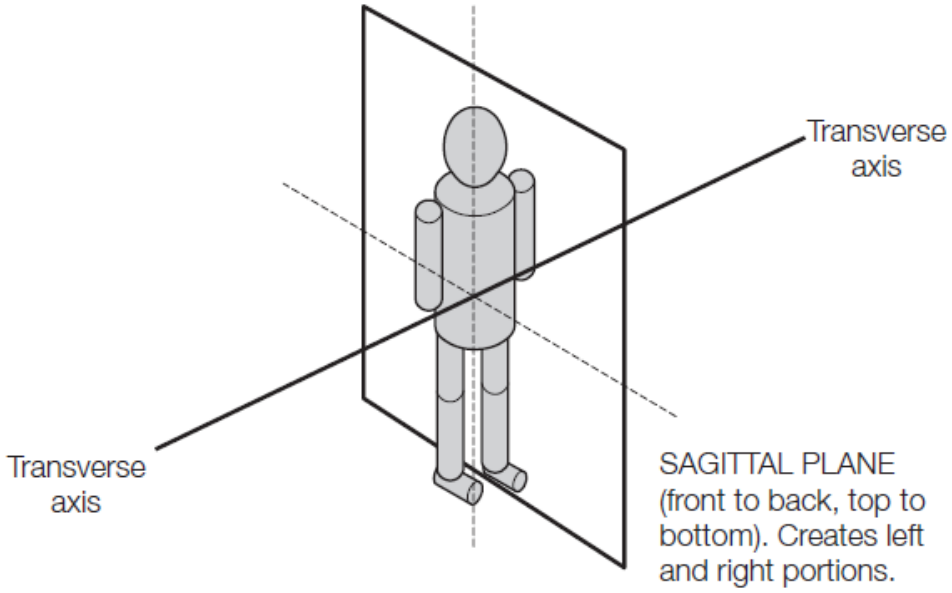
شكل 3. يبين المستويات التشريحية التي تتم فيها الحركة والمحاور التي تتم حولها الحركة

3.1.2. محاور الحركة:

الحركة حول المفاصل في نظام العضلات الهيكلية هي اغلبها دورانية وتكون في عمودي مع المستوى الذي تحدث فيه. هذا الخط يسمى بخط الدوران. هناك ثلاثة محاور متداخلة ومتلاقية ومتعامدة مع المستويات وهي:

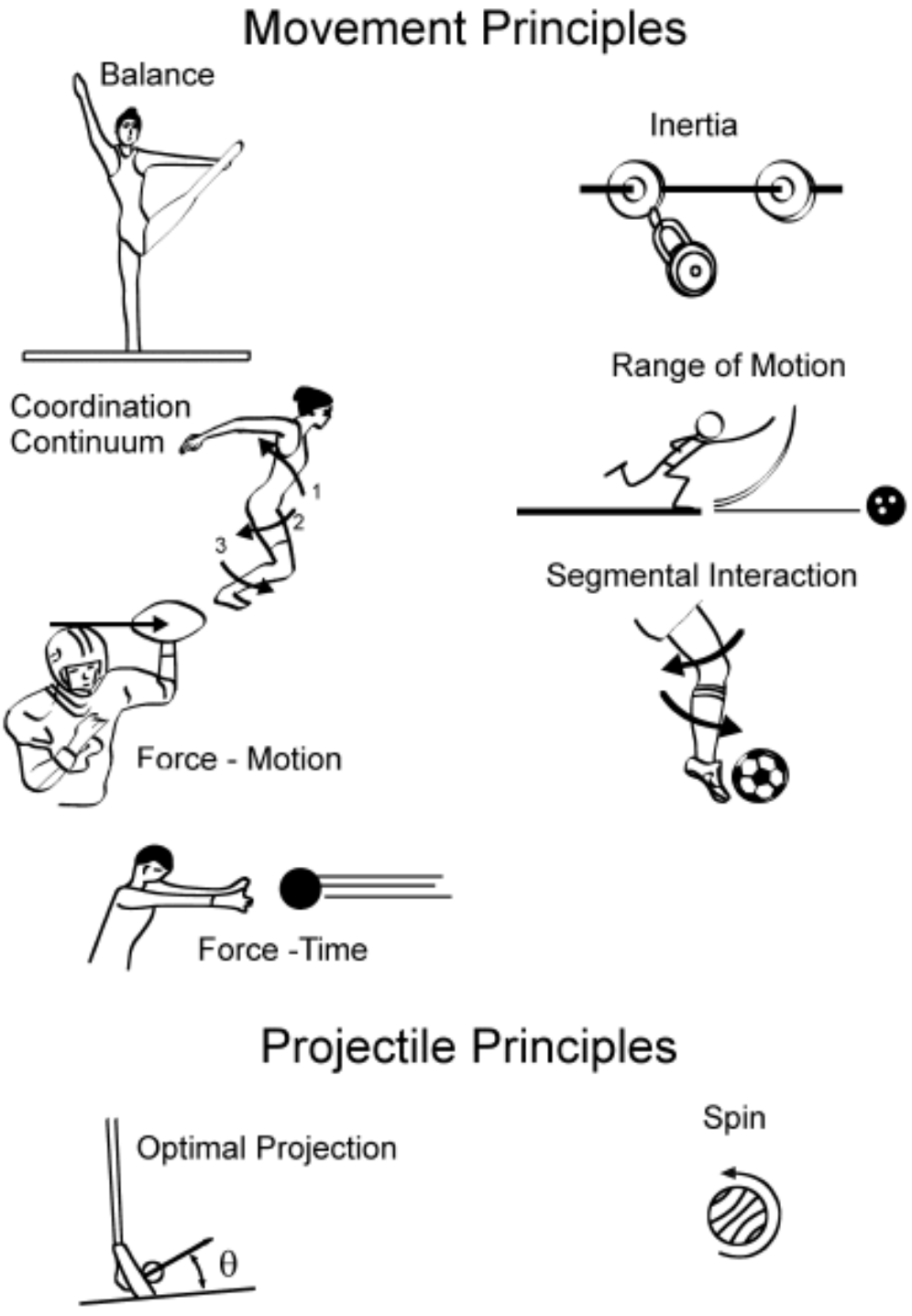
- **المحور الجانبي (Sagittal Axis):**

هو المحور العمودي الذي يمر من الخلف الى الامام ويقسم الجسم الى نصفين يمين ويسار وكلما اتجهنا للداخل (Medial) وكلما اتجهنا للخارج (Lateral)



شكل 4. يبين المستوى الجانبي السهمي الذي تتم فيه الحركة والمحور الجانبي التي تتم حوله الحركة.

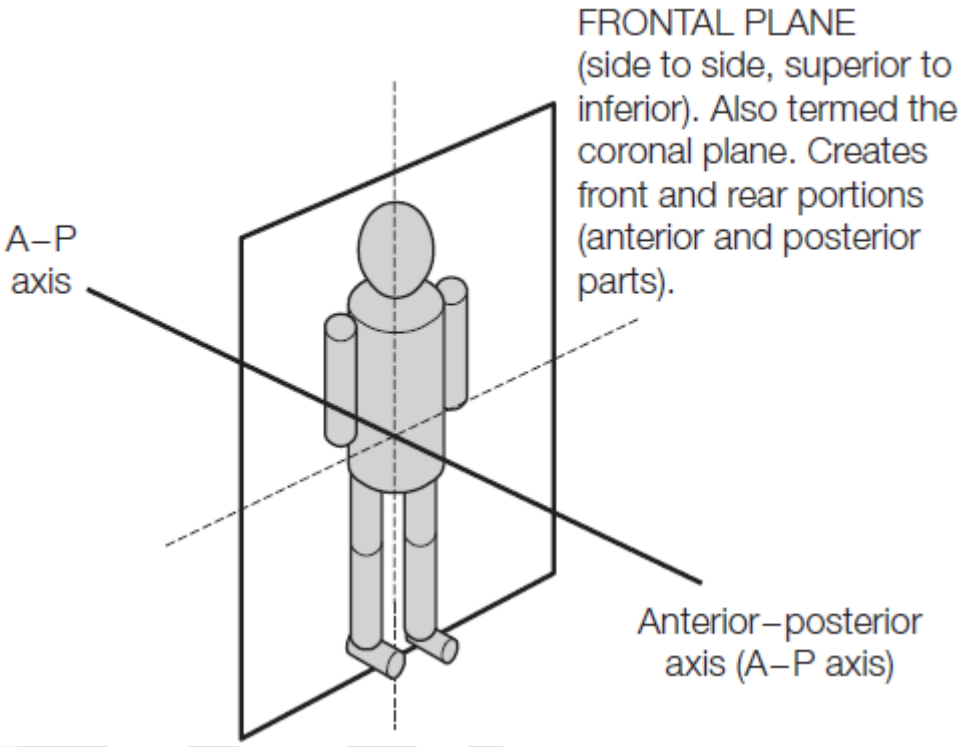
DRAFT



igure 2.5. The nine principles of biomechanics can be classified into those related to movement of the body or a rojectile. The human body can be a projectile, so all nine principles can be applied to the human body.

- **المستوى الأماميFronta)9 (I Axis:**

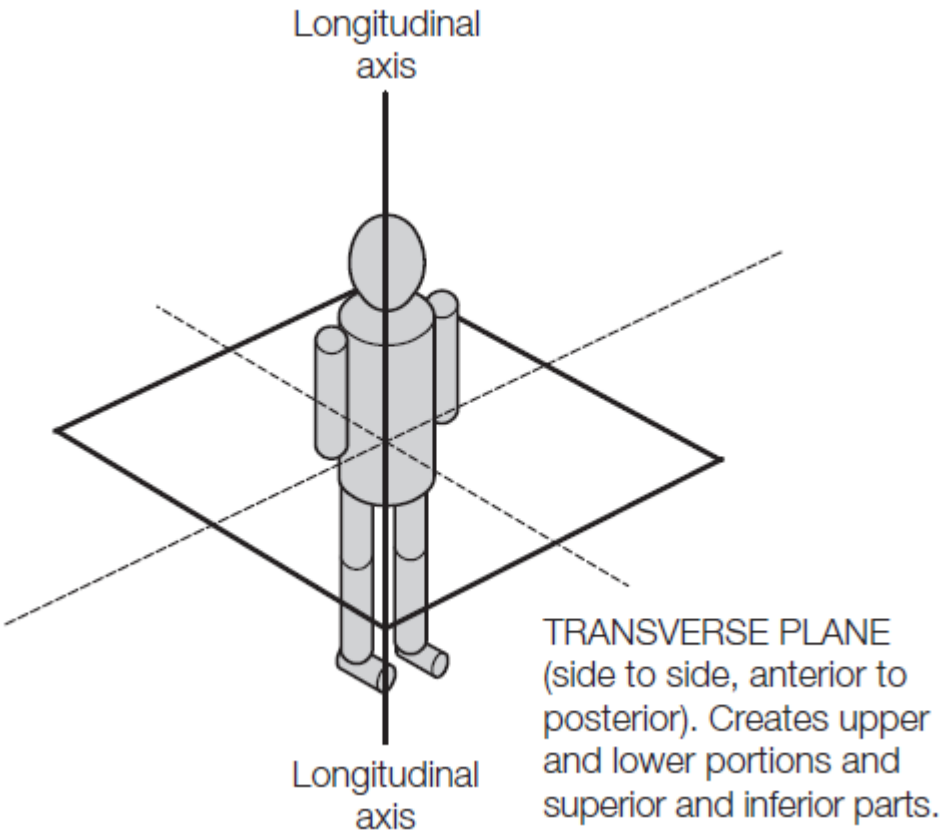
هو المستوى العمودي ايضا الذي يمر من اليسار الى اليمين ويقسم الجسم الى نصفين خلفي (Posterior) وأمامي (Anterior)



شكل 5. يبين المستوى الامامي التاجي الذي تتم فيه الحركة والمحور العمبق او السهمي التي تتم حوله الحركة.

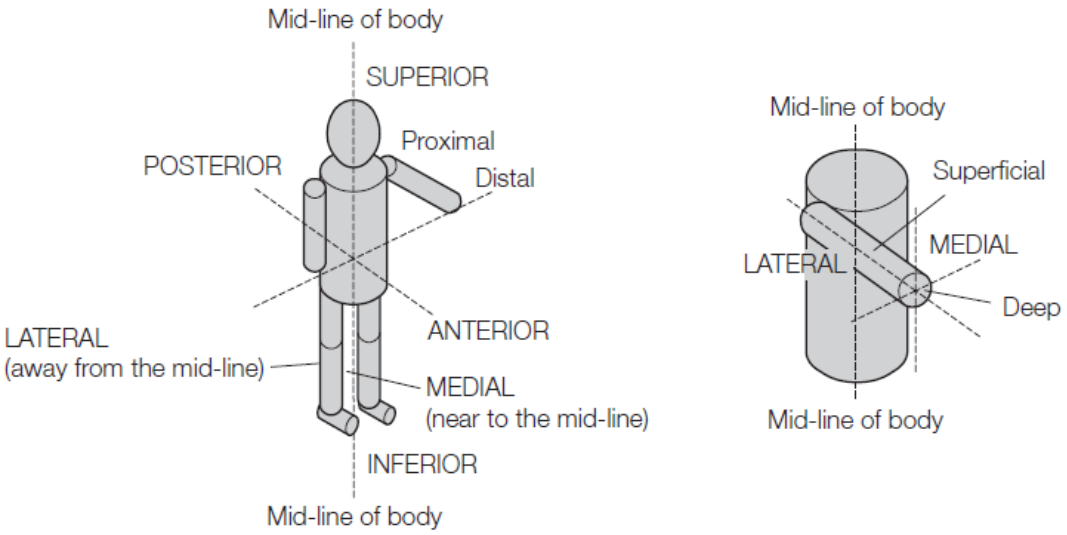
- **المستوى الأفقي (Vertical Axis):**

هو المستوى الذي ويقسم الجسم الى نصفين علوي (Superior) و سفلي(inferior)



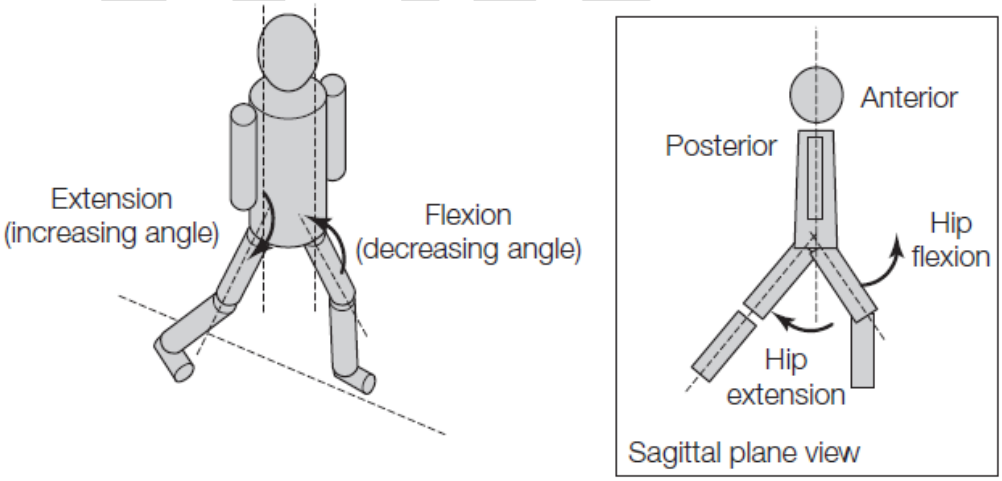
شكل 6. يبين المستوى الافقي الذي تتم فيه الحركة والمحورالعمودي التي تتم حوله الحركة.

2.1.1. الوصف التشريحي للحركة:



شكل 7. يبين الوصف التشريحي واتجاهات الحركة من خلال تقسم الجسم.

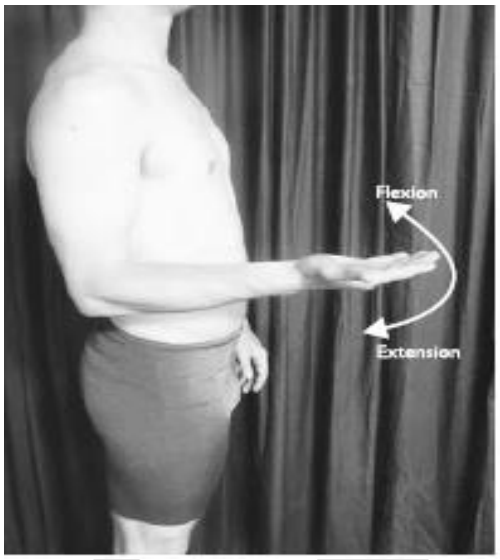
1.1. الحركات في المستوى الجانبي حول المحور الامامي:



شكل 8. يبين حركات الثني والمد للرجل من المستوى الجانبي (يمين) وكذلك الثني والمد في مفصل الحوض (يسار).

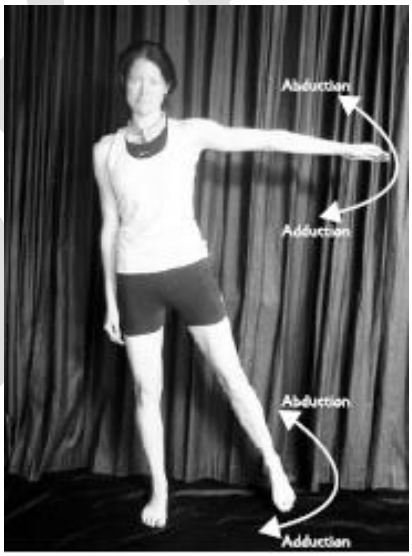
DRAFT

- الثني – المد و المد الزائد :Flexion, Extension and Hyper Extension



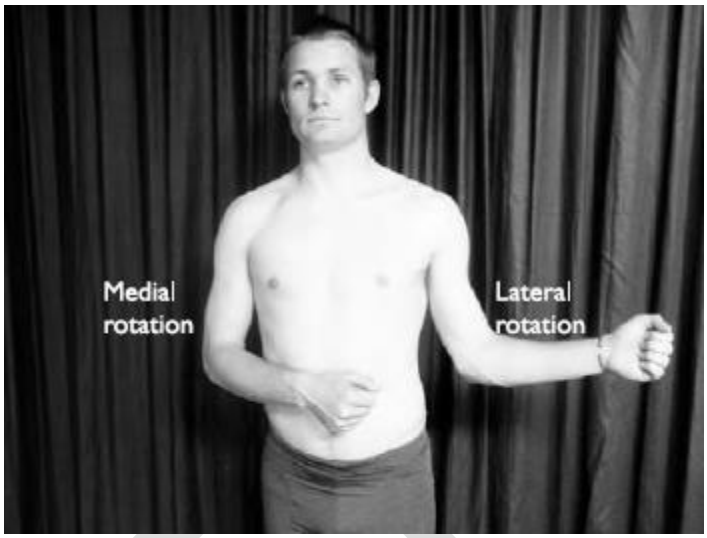
شكل 9. يبين حركات الثني والمد لمفصل المرفق من المستوى الجانبي السهمي.

التبعيد والتقريب Abduction and Adduction

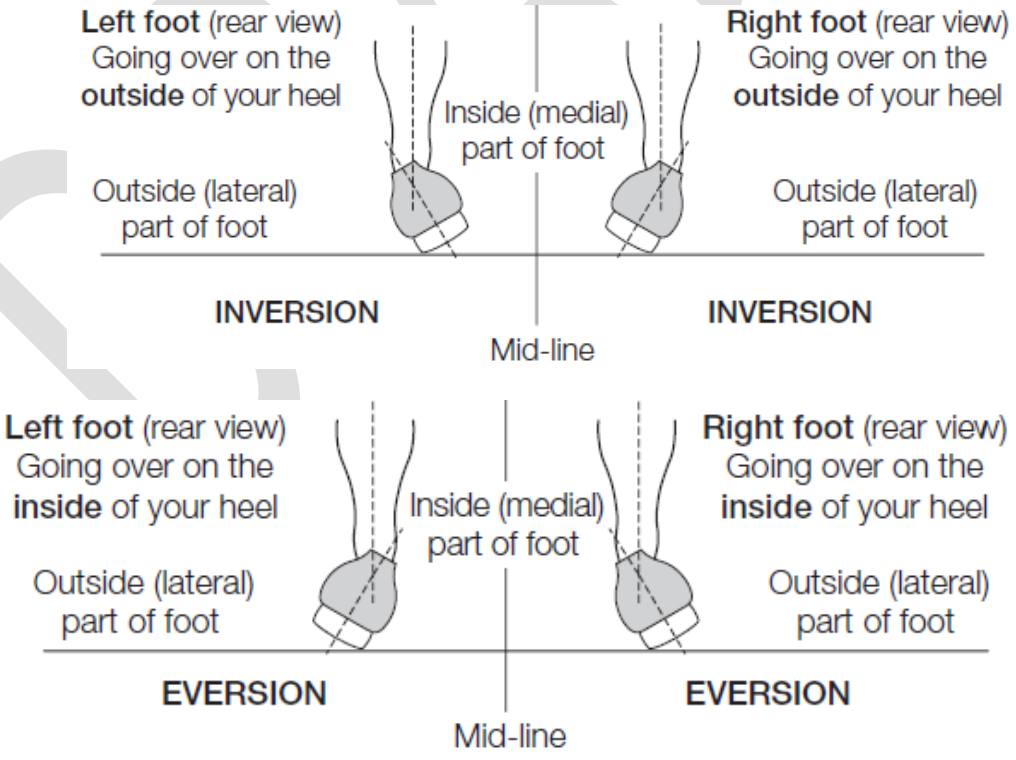


شكل 10. يبين حركات التبعيد (Abduction) **والتقريب** (Adduction) **للذراع والرجل.**

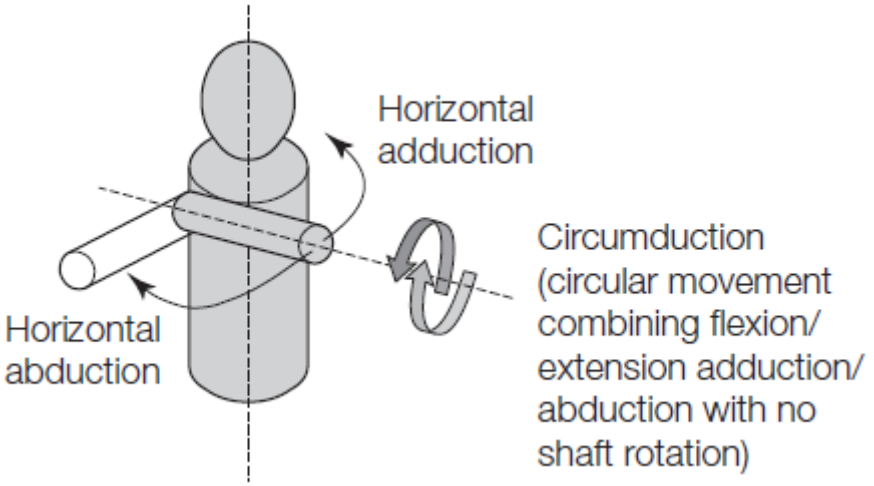
DRAFT



شكل 11. يبين حركات التدوير الوحشي أو الخارجي (Lateral rotation) **و التدوير الانسي أو الداخلي** (Medial rotation) **للذراعين.**

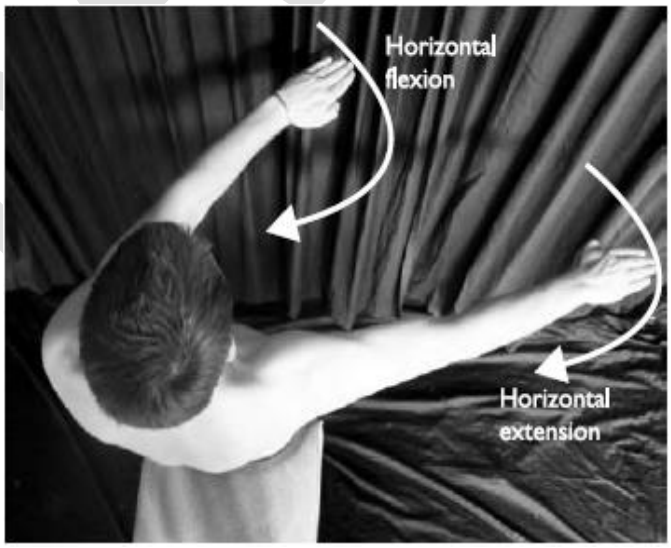


شكل 12. يبين بعض الاصابات في مفصل الكعب للخارج (Eversion) **أو للداخل** (Inversion).



شكل 13. يبين شكل الحركة المتداخلة المركبة من تدوير الذراع و مع تقريبه وثم التبعيد بدون تدوير.

1.2. الحركات في المستوى الافقي حول المحورالعمودي:



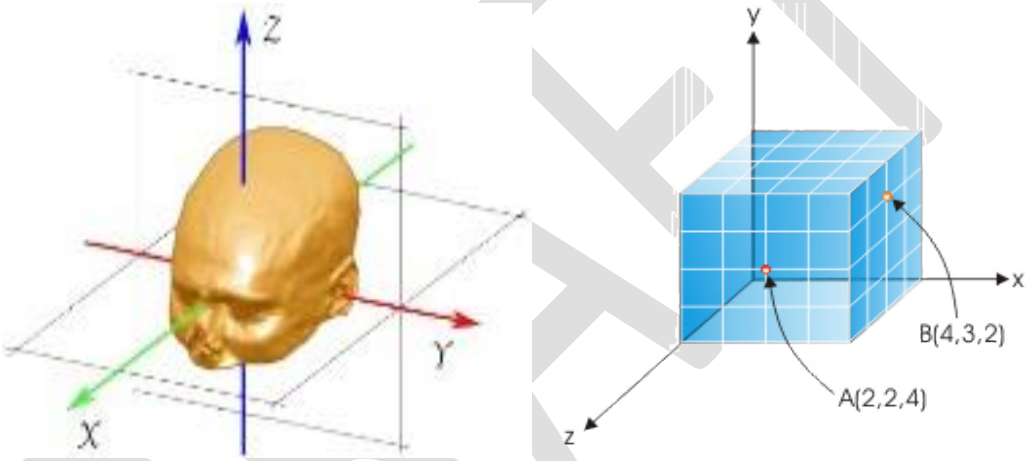
شكل 14. يوضح الثني والمد الافقي لمفصل الكتف من المستوى افقي وحول المحور العمودي.

1.3. حركات اخرى:

DRAFT

1.4. توصيف الوضع: Position Description

لوصف وضع نقطة اوجسم من الناحية الكمية. بداية يجب أن معرفة الادوات المستخذمة. والاداة الرئيسية المستخذمة هي نظام الكورتزان للابعاد (Cartesian coordinate system)، والذي نستخذمه لتحديد الاطر المرجعية



شكل 15: اشكال توضيحية لنظام الكورتزان للابعاد (Cartesian coordinate system) وتطبيقاته في الحركة البشرية.

DRAFT

التحليل الحركي

Motion Analysis

2. مقدمة للتحليل الحركي: Introduction to Motion Analysis

إن التحليل الحركي هو أحد المرتكزات الأساسية لتقويم مستوى الأداء والتي من خلالها يمكننا مساعدة المدرس أو المدرب في معرفة مدى نجاح مناهجهم في تحقيق المستوى المطلوب، إضافة إلى تحديد نقاط الضعف في الأداء والعمل على تصحيحها لرفع مستوى اللاعبين، لهذا فان التحليل الحركي يعد أكثر الموازين صدقاً في التقويم والتوجيه. كما إن" التحليل من خلال التجريب يعمل ويقودنا للوصول إلى نتائج دقيقة وصحيحة في الكشف عما يصاحب التغيير في الحركة للوصول إلى نتائج تتعلق بالإنجاز، حيث يتم الاستناد على وصف الحركة وتحليل جميع العوامل (البدنية، الميكانيكية، التشريحية) التي تحقق الأداء الحركي بشكل يضمن استخدامها في حل المشاكل التي تتعلق بالأداء وتقويمه من خلال موازنة هذه الحقائق التحليلية بمعايير معينة تسهل على المدربين اختيار التمرينات المناسبة لقيام رياضيهم بالأداء الحركي الصحيح وخلق ظروف تدريبية خاصة لتحقيق ذلك الهدف."

و عليه فإن "التحليل الحركي علم يبحث في الأداء ويسعى إلى دراسة أجزاء الحركة ومكوناتها للوصول إلى دقائقها، سعياً وراء تكنيك أفضل، فهو احد وسائل المعرفة الدقيقة للمسار بهدف التحسين والتطوير أي أن التحليل الحركي ما هو إلا وسيلة توصلنا إلى المعرفة وتساعد العاملين في المجال الرياضي على اكتشاف دقائق الأخطاء والعمل بعد قياسها على تقويمها في ضوء الاعتبارات المحددة لمواصفات الأداء".

مفهوم التحليل الحركي-:

قبل التطرق الى مفهوم التحليل الحركي لابد من معرفة ان هذا العلم يعتمد بالاساس على استخدام القوانين والاسس المستخدمة في علم البايوميكانيك لغرض دراسة الحركة وتحليلها تشريحيا وميكانيكيا. وتمثل كلمة تحليل (Analysis) مفتاحاً لتعريف سلوك حركة الانسان او مساره، أي عملية تجزئة الكل الى اجزاء لكي يتم دراسة طبيعة تلك الاجزاء والعلاقة بينهما من خلال معرفة دقائق مسار الحركة، ومدى العلاقة بين المتغيرات التي تؤثر في ذلك المسار أي تحويل الظاهرة المدروسة الى ارقام ودرجات. ويقصد بها ايضا الوسيلة المنطقية التي يجري بمقتضاها تناول الظاهرة موضوع الدراسة كما لو كانت مقسمة الى اجزاء او عناصر اساسية.

وانطلاقا من هذا المفهوم لمدلول كلمة التحليل يمكن عند دراسة حركة الانسان ان يكون التحليل تشريحيا، كيميائيا، نفسيا، تربويا، او ميكانيكيا. وينبغي ان يوضع في الاعتبار ان تجزئة الظاهرة ليس هدفاً بحد ذاته وانما وسيلة للوصول الى الادراك الشمولي للظاهرة ككل، لاسيما اذا كانت

الظاهرة تمثل حركة الكائن الحي الذي لا يمكن تحقيقها الا من خلال تجميع الاجزاء والعناصر في وحدة متكاملة.

ويعد التحليل في المجال الرياضي من العلوم المهمة التي تعتمد على علوم اخرى كالتشريح والميكانيكا الحيوية والفيزياء والرياضيات والعلوم الاخرى المرتبطة بالحركة، لذا لايمكن اجراء تحليل للحركات الرياضية دون ان تكتمل جميع العناصر المؤثرة في ذلك الاداء.

و التحليل اداة اساسية في جميع الفعاليات والانشطة الرياضية، اذ يبحث في الاداء ويسعى الى دراسة اجزاء الحركة ومكوناتها للوصول الى دقائقها، سعيا وراء تكتيك افضل، فهو احدى وسائل المعرفة الدقيقة للمسار بهدف التحسين والتطوير كما ان التحليل الرياضي يستخدم في حل المشكلات المتعلقة بالتعلم والتدريب حيث يقوم بتشخيص الحركات ومقارنة اجزائها واوقاتها وقوتها، والمقارنة بين الحركة الجيدة والحركة الرديئة ويساعد على تطور الحركة ومعرفة تكنيكتها وبذلك يقرب للمدرب صورة لحركة النموذجية ليتمكن من اختيار وسائل وطرائق التدريب الخاصة لايصالها الى المتعلم من اجل تجنب الاخطاء الحركية، اعتمادا على القياس الدقيق للجوانب المختلفة المتعلقة بالظاهرة.

ولهذا يلجأ العاملون في المجال الرياضي الى دراسة الحركة وتحليل مكوناتها سعيا وراء تحسين التكنيك، وان تحليل الحركة او المهارة ليس غاية في حد ذاتها بل هو وسيلة لمعرفة طرائق الاداء الصحيحة للفرد عند قيامه بالحركات المختلفة، وتساعد على اكتشاف الخطأ في الاداء والعمل على اصلاحه.

ولاجل تقويم الاداء الفني والوصول الى نتائج تتعلق بالانجازات الرياضية يتم بالاستناد على وصف الحركة وتحليل جميع العوامل (البدنية، والميكانيكية، والتشريحية) التي تخص الاداء الحركي بشكل يضمن استخدامها في حل المشكلات التي تتعلق بالاداء وتقويمه من خلال مقارنة الحقائق التحليلية بمعايير معينة تسهل على المدربين اختيار التمرينات المناسبة لقيام رياضييهم بالاداء الحركي الصحيح وخلق ظروف تدريبية خاصة لتحقيق ذلك الهدف.وتوجيه العملية التدريبية (علميا وتطبيقيا) لتمهيد الطريق لرفع وتحسين المستوى الرياضي من خلال استخدام الاسلوب العلمي المستند على التحليل الحركي البيوميكانيكي، وهذا يعني تقويم العملية التدريبية بقياسها موضوعيا من خلال استخدام الاجهزة العلمية. لذا فان التطوير الحاصل في طرائق التحليل والبحث العلمي في المجال الرياضي بالاعتماد على احدث الاساليب التدريبية والاجهزة التقنية في تتبع المسار الحركي لاداء المهارة لاسيما في الالعاب التي يحتل الاداء الفني جانبا مهما من

جوانب التدريب فيها مما ساعد المدربين على معرفة مدى نجاح مناهجهم التدريبية وتحديد مكامن الضعف في الاداء والعمل على تجاوزها.

وبناءً على ذلك فان اهمية استخدام تكنولوجيا التعليم والتدريب يرجع الى تحقيق الاقتصاد في الوقت والجهد لكل من المدرب والرياضي، فضلا عن انه وسيلة لاظهار الاخطاء الشائعة في الاداء وكيفية تلافيها. وعليه فان الوصول الى مثالية الاداء لا يتم مالم تكن هناك حلول ميكانيكية تتم عن طريق التحليل الحركي للاداء. الذي يعني استخدام القوانين والاسس التي تساعد على توضيح الشكل الرياضي الافضل للاداء الحركي للمهارات وكذلك توضيح الاسباب الميكانيكية للنجاح والفشل في اداء الحركة كما ان العاملين في مجال الميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية يلجؤون الى استخدام طرائق ووسائل التقويم المناسبة لدراسة الحركات الميكانيكية التي يؤديها الانسان مع مراعاة خصائص تلك الحركات ومكانية تحديد الاسباب الميكانيكية والخصائص الديناميكية الحيوية للمهارات الرياضية، التي تتم عن طريق التحليل الحركي، ويذكر ان التحليل الميكانيكي يعتمد على **نوعين من طرائق التحليل الحركي هما**

ا.التحليل البايوكينماتيكي للمهارات الحركية.

تهتم هذه الطريقة بتوضيح ووصف انواع الحركات المختلفة، عن طريق استخدام المدلولات الخاصة بالسرعة والتعجيل على اساس قياسات المسافة والزمن. ويطلق على هذا النوع من التحليل بـ (الكينماتيك) الذي يعنى (بدراسة حركة الاجسام بالنسبة للزمن سواء أكانت خطية ام دائرية، لذا يهتم بالجانب المظهري او الشكلي للحركة مثل المسافة، الزمن، السرعة، الزاوية، ورسم مساراتها الحركية، وتوضيح طريقة الاداء التي يقوم بها الجسم)

ب.التحليل البيوديناميكي للمهارات الحركية

تهتم هذه الطريقة بالبحث عن الارتباط الفرضي بين تأثير القوة والانواع المختلفة من الحركات، فضلا عن البحث في مسببات الحركة من خلال دراسة القوى التي تؤثر في الحركة. ويطلق على هذا النوع من التحليل بـ (الكيناتيك) الذي يعنى (بدراسة اسباب الحركة والقوى المصاحبة سواء أكانت ناتجة عنها او محدثة لها، وتبحث في مسببات الحركة ونتائج الانقباض العضلي وعلاقته بمثالية الاداء)

لذا فان التحليل الحركي البايوميكانيكي يبحث في دراسة الحركة وتحليها، وبذلك وضع لنفسه القاعدة العلمية السليمة التي تعتمد على مبادىء واسس علمية ثابتة، باستخدام اساليب التقنية الحديثة

في معالجة البيانات الخاصة بالاداء البدني والحركي سواء من جانب الباحثين ام من جانب المدربين للوصول الى مثالية الاداء. وعليه فان النظرة العلمية للفعاليات الرياضية تؤكد ضرورة وجود الاجهزة والادوات لترسيخ مواصفات ادائها عن طريق كشف الاخطاء او وضع التدريبات المناسبة لتطويرها وتحسينها. و بالتالي (ان القوانين الفيزيائية تعمل على صقل وتهذيب حركات الانسان ضمن حدود التركيب الجسمي ...ويمكن استعمال طرائق التحليل كطريقة تحليل الافلام لتحقيق الهدف المعين والحركة المعينة او الانجاز الرياضي المعين).

و بناء عليه (ان التحليل البايوكيناتيكي للافلام. .. يسهم في معرفة الاعداد الكبيرة من الاقسام الحركية لجسم الانسان وهذه مهمة لتحديد الخصائص الحركية للرياضيين ذوي المستويات العليا وصولا الى الانجاز العالي، وكذلك تحليل حركات الرياضيين ذوي المستويات المتواضعة لمعرفة الفروقات الحركية الواضحة في مستوياتهم لتحسينها)

إن التحليل الحركي البايوميكانيكي يعتمد على جانبين أساسيين هما:

1. التسجيل الصوري (سينمائي – فيديوي) للتغير الحركي الذي يطلق عليه (كينماتك) والذي يهتم بدراسة الظاهرة الخارجية ووصفها ميكانيكياً.

2. تسجيل القوة المصاحبة للتغيير الحركي الذي يطلق عليه (كينتيك) والذي يهتم بدراسة القوى التي تصحب العمل الحركي وتؤثر فيه.

أن أهمية التحليل الحركي تكمن فيما يأتي:

1. تعليل الحركات الرياضية وتوضيحها.

2. بحث قوانين الحركات الرياضية وشروطها وتطويرها.

3. تحسين الحركات الرياضية أو التكنيك المطلوب.

4. إن التحليل يستخدم لحل المشكلات التي تتعلق بالتعلم الحركي والإنجاز الرياضي العالي.

5. التحليل الحركي يجيب عن الكثير من الأسئلة التي تتعلق بالإنجاز الرياضي او كيف يمكن تحقيق الهدف المرسوم او كيف تتم الحركة.

6. إن التحليل الحركي يساعد المدرب على تصور الحركة أولا ثم إيصالها إلى المتعلم ثانياً.

DRAFT

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

انواع التحليل

1 -التحليل الكمي:

التحليل النوعي مع قياس الكمية او النسبة المئوية للمكونات المستخدمة للشيء الكلي، أي تعيين المقادير الكمية وتحديدها لمتغيرات الحركة التي تمثل المعلومات الموضوعية عن الخصائص الواقعية لحركة الرياضي، وعن توافقها وعن تعاقب تغيير أوضاع الجسم، وتمثل المحددات الكمية لمتغيرات الإزاحة والزوايا والسرعة والتعجيل .

2 -التحليل النوعي الكيفي:

هو "عملية تمييز الفروق وتقدير الاختلافات في استيعاب النتائج الأساسية للتحليل الكمي وإدراكها وتأويلها وتعميقها للوصول إلى الاستنتاجات الواقعية، إضافة إلى إيجاد الأسباب غير المباشرة لأخطاء الأداء مقارنة بالنموذج."

كما انه يحتوي على الملاحظة البصرية والفوتوغرافية، والتي عادة تنتج او توصف الحركة وتقوم الحركة من خلال نقاط القوة والضعف في الأداء الرياضي وان اعتماد التحليل النوعي على الملاحظة البصرية وهذا بحد ذاته له فائدة من حيث عدم حاجته إلى أجهزة ومعدات ولكنه من جانب آخر يفتقر إلى الدقة . فالتحليل النوعي يعطي شكلاً تقويمياً عاماً للأداء من دون اللجوء إلى تحديدات رقمية أي انه يحدد نوع الأداء كأن يكون الأداء جيداً، ضعيفاً، مرناً.... الخ.

وأخيراً يمثل هذا الأسلوب أداة لكل من المدرس والمدرب في ممارسة عمله، فهناك العديد من المواقف التدريسية والتدريبية التي يعتمد فيها التحليل على مجرد الملاحظة، ثم استرجاع تفصيلات الأداء من الذاكرة عند الشرح أو تصحيح الأخطاء.

مفهوم التحليل الحركي-:

ان هذا العلم يعتمد بالاساس على استخدام القوانين والاسس المستخدمة في علم الياليوميكانيك لغرض دراسة الحركة وتحليلها تشريحيا وميكانيكيا. وتمثل كلمة تحليل Analysis مفتاحاً لتعريف سلوك حركة الانسان او مساره، أي عملية تجزئة الكل الى اجزاء لكي يتم دراسة طبيعة تلك الاجزاء والعلاقة بينهما من خلال معرفة دقائق مسار الحركة، ومدى العلاقة بين المتغيرات التي

تؤثر في ذلك المسار أي تحويل الظاهرة المدروسة الى ارقام ودرجات ويقصد بها ايضا الوسيلة المنطقية التي يجري بمقتضاها تناول الظاهرة موضوع الدراسة كما لو كانت مقسمة الى اجزاء او عناصر اساسية.

وانطلاقا من هذا المفهوم لمدلول كلمة التحليل يمكن عند دراسة حركة الانسان ان يكون التحليل تشريحيا، كيميائيا، نفسيا، تربويا، او ميكانيكيا. وينبغي ان يوضع في الاعتبار ان تجزئة الظاهرة ليس هدفاً بحد ذاته وانما وسيلة للوصول الى الادراك الشمولي للظاهرة ككل، لاسيما اذا كانت الظاهرة تمثل حركة الكائن الحي الذي لا يمكن تحقيقها الا من خلال تجميع الاجزاء والعناصر في وحدة متكاملة

ويعد التحليل في المجال الرياضي من العلوم المهمة التي تعتمد على علوم اخرى كالتشريح والميكانيكا الحيوية والفيزياء والرياضيات والعلوم الاخرى المرتبطة بالحركة، لذا لايمكن اجراء تحليل للحركات الرياضية دون ان تكتمل جميع العناصر المؤثرة في ذلك الاداء.

ويرى كل من قاسم حسن حسين وايمان شاكر ان التحليل اداة اساسية في جميع الفعاليات والانشطة الرياضية، اذ يبحث في الاداء ويسعى الى دراسة اجزاء الحركة ومكوناتها للوصول الى دقائقها، سعيا وراء تكنيك افضل، فهو احدى وسائل المعرفة الدقيقة للمسار بهدف التحسين والتطوير. ويؤكد وجيه محجوب ان التحليل الرياضي يستخدم في حل المشكلات المتعلقة بالتعلم والتدريب حيث يقوم بتشخيص الحركات ومقارنة اجزائها واوقاتها وقوتها، والمقارنة بين الحركة الجيدة والحركة الرديئة ويساعد على تطور الحركة ومعرفة تكنيكيها وبذلك يقرب للمدرب صورة الحركة النموذجية ليتمكن من اختيار وسائل وطرائق التدريب الخاصة لايصالها الى المتعلم من اجل تجنب الاخطاء الحركية، اعتمادا على القياس الدقيق للجوانب المختلفة المتعلقة بالظاهرة

ولهذا يلجأ العاملون في المجال الرياضي الى دراسة الحركة وتحليل مكوناتها سعيا وراء تحسين التكنيك، وان تحليل الحركة او المهارة ليس غاية في حد ذاتها بل هو وسيلة لمعرفة طرائق الاداء الصحيحة للفرد عند قيامه بالحركات المختلفة، وتساعد على اكتشاف الخطأ في الاداء والعمل على اصلاحه.

ولاجل تقويم الاداء الفني والوصول الى نتائج تتعلق بالانجازات الرياضية يتم بالاستناد على وصف الحركة وتحليل جميع العوامل البدنية، والميكانيكية، والتشريحي التي تخص الاداء الحركي بشكل يضمن استخدامها في حل المشكلات التي تتعلق بالاداء وتقويمه من خلال مقارنة الحقائق التحليلية بمعايير معينة تسهل على المدربين اختيار التمرينات المناسبة لقيام رياضييهم بالاداء

الحركي الصحيح وخلق ظروف تدريبية خاصة لتحقيق ذلك الهدف.وتوجيه العملية التدريبية علميا وتطبيقيا لتمهيد الطريق لرفع وتحسين المستوى الرياضي من خلال استخدام الاسلوب العلمي المستند على التحليل الحركي البيوميكانيكي، وهذا يعني تقويم العملية التدريبية بقياسها موضوعيا من خلال استخدام الاجهزة العلمية . لذا فان التطوير الحاصل في طرائق التحليل والبحث العلمي في المجال الرياضي بالاعتماد على احدث الاساليب التدريبية والاجهزة التقنية في تتبع المسار الحركي لاداء المهارة لاسيما في الالعاب التي يحتل الاداء الفني جانبا مهما من جوانب التدريب فيها مما ساعد المدربين على معرفة مدى نجاح مناهجهم التدريبية وتحديد مكامن الضعف في الاداء والعمل على تجاوزها. وبناءً على ذلك فان اهمية استخدام تكنولوجيا التعليم والتدريب يرجع الى تحقيق الاقتصاد في الوقت والجهد لكل من المدرب والرياضي، فضلا عن انه وسيلة لاظهار الاخطاء الشائعة في الاداء وكيفية تلافيها .وعليه فان الوصول الى مثالية الاداء لا يتم مالم تكن هناك حلول ميكانيكية تتم عن طريق التحليل الحركي للاداء. الذي يعني استخدام القوانين والاسس التي تساعد على توضيح الشكل الرياضي الافضل للاداء الحركي للمهارات وكذلك توضيح الاسباب الميكانيكية للنجاح والفشل في اداء الحركة.

و في مجال الميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية يلجؤون الى استخدام طرائق ووسائل التقويم المناسبة لدراسة الحركات الميكانيكية التي يؤديها الانسان مع مراعاة خصائص تلك الحركات وامكانية تحديد الاسباب الميكانيكية والخصائص الديناميكية الحيوية للمهارات الرياضية، التي تتم عن طريق التحليل الحركي، وهناك نوعين من التحليل الحركي:

لذا فان التحليل الحركي البايوميكانيكي يبحث في دراسة الحركة وتحليها، وبذلك وضع لنفسه القاعدة العلمية السليمة التي تعتمد على مبادىء واسس علمية ثابتة، باستخدام اساليب التقنية الحديثة في معالجة البيانات الخاصة بالاداء البدني والحركي سواء من جانب الباحثين ام من جانب المدربين للوصول الى مثالية الاداء. وعليه فان النظرة العلمية للفعاليات الرياضية تؤكد ضرورة وجود الاجهزة والادوات لترسيخ مواصفات ادائها عن طريق كشف الاخطاء او وضع التدريبات المناسبة لتطويرها وتحسينها. و القوانين الفيزيائية تعمل على صقل وتهذيب حركات الانسان ضمن حدود التركيب الجسمي ...ويمكن استعمال طرائق التحليل كطريقة تحليل الافلام لتحقيق الهدف المعين والحركة المعينة او الانجاز الرياضي المعين. و التحليل البايوكيناتيكي للافلام. .. يسهم في معرفة الاعداد الكبيرة من الاقسام الحركية لجسم الانسان وهذه مهمة لتحديد الخصائص الحركية للرياضيين ذوي المستويات العليا وصولا الى الانجاز العالي، وكذلك تحليل حركات

الرياضيين ذوي المستويات المتواضعة لمعرفة الفروقات الحركية الواضحة في مستوياتهم لتحسينها.

يعد التحليل الحركي فرع مهم من فروع علم البايوميكانيك بل وهو الاساس الذي يستند عليه هذا العلم ومنه يستمد بيناته الخام ... وعليه فأن المبدأ الاساسي للمهتم بالبايوميكانيك هو الالمام بقواعد التحليل الحركي والاطلاع عليها بشيء من التفصيل من اجل معرفة مصادر المعلومات وكيفية تأويل الاحداث والنتائج

متطلبات التحليل الحركي

يمكن ايجاز هذه المتطلبات الى عدة نقاط وهي:

1 -تحديد الهدف من الدراسة وفقا للمهارة او الفعالية المطلوبة

2 -التعرف على المراحل الفنية للمهارة او الفعالية المطلوبة

3 -مراجعة في المصادر والدراسات السابقة لتحديد المتغيرات البايوميكانيكية

4 -تصميم الميدان التجريبي وفقا للمتغيرات المطلوب تحليلها

5 -توفير الادوات والبرامجيات اللازمة لتحديد المتغيرات البايوميكانيكية

6 -الرجوع الى القوانين والعلوم لتفسير النتائج

تحديد الهدف من الدراسة وفقا للمهارة او الفعالية المطلوبة قبل البدء باي اجراء يتطلب من الباحث تحديد هدف البحث بعد ملاحظة المشكلة والتأكد من توقع اولي لحل المشكلة بدراسة متغيرات بايوميكانيكة

التعرف على المراحل الفنية للمهارة او الفعالية المطلوبة لكل مهارة او فعالية مراحل فنية تصف الحركة من بدايتها حتى نهايتها وعلى الباحث ذكر المراحل بغض النظر عن خضوع جميع هذه المراحل للدراسة ، ثم عليه توضيح المرحلة المطلوبة.

مراجعة في المصادر والدراسات السابقة لتحديد المتغيرات البايوميكانيكية على الباحث ان ينطلق من المصادر والدراسات السابقة والمشابهة لوضع عدد من المتغيرات المهمة التي تتحكم بالحركة المطلوبة ، رغم انه قد اطلع على المراحل الفنية في فقرات سابقة الا ان المطلوب في هذه المرحلة ان يتقصى عن المتغيرات التي تؤثر فعلا في الحركة.

DRAFT

تصميم الميدان التجريبي وفقا للمتغيرات المطلوب تحليلها وفقا للمتغيرات المطلوبة يمكن تحديد ميدان للتجربة من حيث كادر العمل والادوات اللازمة مثل الة التصوير وعددها وتحديد مواقع هذه الآلات وفقا للابعاد الهندسية المطلوبة العمل وفقا للبعد الثنائي او البعد الثلاثي.

توفير الادوات والبرامجيات اللازمة لتحديد المتغيرات البايوميكانيكية بعد الحصول على المعطيات من عينة البحث يجب ان تخضع هذه المعطيات التي تم الاحتفاظ بها في اقراص او كاسيتات للبرامج ربما تكون اغلبها في الحاسوب لغرض تحويلها الى قيم رقمية صالحة للمعالجة والتفسير

الرجوع الى القوانين والعلوم لتفسير النتائج لحل المشكلة وبناءا على الافتراضات والاطار النظري المسبق يجب الاعتماد على النظريات والقوانين لتفسير النتائج ومن هذه العلوم ، الفيزياء ، الرياضيات ، التشريح ..... وغيرها.

مثـــــــــــــــــال

لحل مشكلة تدني مستوى الانجاز الرقمي في فعالية الوثب الطويل لدى (فئة معينة جلبت اهتمام الباحث) ، نتبع الخطوات الاتية

1 -ان الهدف من هذه الدراسة هو تقديم النصائح الممكنة لتطوير الانجاز الرقمي من خلال ايجاد مكامن الضعف بمعالجة بايوميكانيكة لتصحيحها ومكان القوة لتعزيزها

2 -ان المراحل الفنية لهذه الفعالية وفقا للمصادر تتكون من (سرعة الاقتراب ، الارتقاء ، الطيران ، الهبوط)

3 -ابدت الدراسات السابقة اهتماما كبيرا بسرعة الركضة التقربية فلقد اوضحت بعضها ان السرعة المثالية في هذه المرحلة تراوحت (-) متر لكل ثانية تم دراستها وفقا للمسافة المقطوعة في وحدة الزمن ، كما ذكرت مصادر اخرى ان قياس السرعة في هذه المرحلة بنيت على طول وتردد الخطوات ، كما تبين ان الخطوات الثلاث قبل الارتقاء لم تكن متساوية اذ كانت الخطوة قبل الارتقاء اقصر من سابقتها وذلك لاعطاء مركز كتلة الجسم ارتفاعا عموديا مناسبا (مركبة عمودية) فضلا عن المركبة الافقية ولقد ذكرت المصادر بعض المصطلحات مثل (ابتعاد مركز كتلة الجسم عن نقطة استناد قدم الارتقاء لحظة التماس) وكذلك زاوية الهبوط ، وعندما

ينتقل اللاعب الى الاستناد الخلفي يحسب له أيضا الازاحة الافقية وكذلك زاوية النهوض وسرعة الانطلاق والازمنة والعديد من المصطلحات. فيحدد الباحث جميع هذه المصطلحات ويعد قائمة بها لغرض اعتمادها في التحليل. كما عليه ان يطلع على الدراسات المشابهة كفعالية الوثبة الثلاثية.

4 -تبين ان هذه المتغيرات يمكن ايجادها باعتماد الة تصوير واحدة توضع من الجانب القريب لرجل الارتقاء وعمديا عليها أي الاكتفاء بالبعد الثنائي ، وربما دعت الحاجة الى استخدام الة اخرى لضبط سرعة الاقتراب ، ويجب الان اجراء تجربة استطلاعية بسيطة لضبط موقع التجربة من حيث عدد الالات المطلوبة ومقياس الرسم ان دعت الحاجة اليها وكذلك النقطة النسبية او نقطة ثابتة ، واذا تطلب الامر اجراء تداخل بين التي التصوير في حالة استخدام اكثر من الة.

5 -بعد تصوير الفعالية او مرحلة من مراحلها يمكن نقل الفلم الى الحاسوب وفقا لامكانيات الة التصوير اذ ان البرامج الملحقة والتي تباع مع الة التصوير كفيلة بنقلها الى الحاسوب من خلال مخارج (AV) او (Sviduo) او (USB) اذ يتم تحويلها الى الحاسوب ، ان نقل الفلم من الة التصوير الى الحاسوب يتم باحدى الطريقتين الاولى عن طريق كارت (بطاقة) خاصة تنصب داخل الحاسوب ويتم التعرف عليها كمكون مادي ومعها البرنامج الخاص بنقل الفلم الى الحاسوب اما الطريقة الثانية فهي مباشرة من خلال منافذ متاحة مثل (USB) مع البرنامج الخاص الملحق مع الة التصوير اذ يتم التعرف عليها ايضا كمكون مادي. ولايكتفي الباحث بذلك بل يجب توفر برامج اخرى خاصة بتقطيع الفلم الى صور متسلسلة وبرامج اخرى لغرض ايجاد الزوايا والابعاد والازمنة وبرامج اخرى لمعالجة النتائج ميكانيكيا او هي برامج يمكن ان تكتب قوانين خاصة على شكل معادلات لغرض معالجة القيم الرقمية المستنتجة ، وبرامج اخرى للاخراج الفني كالصور المتسلسلة والمنحنيات وبرامج اخرى للمعالجة الاحصائية وبرامج الطباعة.

6 -ان الاعتماد على النظريات هو الحل الامثل للتفسير اذ قد تكون النتائج الاحصائية غير كفيلة بتفسير النتائج فيلجأ الباحث الى القوانين مثل قوانين نيوتن في الحركة والعوامل المؤثرة فيها وقوانين المثلثات والعتلات والوضع التشريحي الامثل للعضلات والمفاصل . ان الاحصاء يقدم الحلول الصحيحة فقط عند السيطرة على العوامل الدخيلة.

خطة التصوير السينمائي:

المقدمة:

تؤكد النظرة العلمية للفعاليات الرياضية ضرورة وجود الاجهزة والادوات لترسيخ مواصفات ادائها عن طريق كشف الاخطاء او وضع التدريبات المناسبة لتطويرها او تحسينها ويشير وجيه نزار الطالب 1982 الى ان القوانين الفيزياوية تعمل على صقل وتهذيب حركات الانسان ضمن حدود التركيب الجسمي .. ويمكن استعمال طرق التحليل الحركي كطريقة تحليل الافلام لتحقيق الهدف المعين او الحركة المعينة او الانجاز الرياضي المعين. و التحليل البايوكينماتيكي للافلام السينمائية يساهم في معرفة الاعداد الكبير من الاقسام الحركية لجسم الانسان ،وهذه مهمة لتحديد الخصائص الحركية للرياضيين دوي المستويات العالية وصولا الى الانجاز العالي ، وكذلك تحليل حركات الرياضيين ذوي المستويات المتواضعة لمعرفة الفروقات الحركية الواضحة في مستوياتهم لتحسينها.

فالاساس في تسجيل حركة جسم اللاعب اثناء اداءه المهارة ، هو تسجلي دقيق لحركة اجزائه بالقياس بنقطة ثابتة نقطة دالة ، حيث يساعد هذ الاسلوب على تحديد المسارات الهندسية للجسم او اجزائه من ناحية وزمن الاداء من ناحية اخرى ، وبذلم فان استخدام الة التصوير السينمائي في المجال الرياضي يعني الكشف عن حركات الرياضيين في نواحيهم الفنية المختلفة وبشكل خاص في ناحيتي دراسة المسارات باستخدام مفاصل الجسم او الزمن من خلال عدد الافلام.

خطوات التحليل الحركي باستخدام التصوير الفيديوي:

1 .اجعل الة التصوير عمودية على منطقة التجربة.

2 .ابتعد اكثر ما يمكن واستخدم البعد البؤري لتقريب الهدف.

3 .خلفية منطقة التجربة يجب ان تكون مستوية غير محدبة.

4 .ضع علامات دلالة على مفاصل جسم اللاعب.

5 .تاكد من وجود اضاءة كافية قاعات ،ملاعب مفتوحة.

6 .يتم نصب جهاز التصوير النابضي بعد كل محاولة تصوير.

7 .الة التصوير تعمل قبل اداء التجربة بقليل.

8 .تاكد من عدم تغيير الة التصوير اثناء التجربة.

9 .تاكد من وجود نقطة ثابتة نقطة دلالة في موقع التجربة.

10 .تاكد من وجود مقياس متري لاغراض التحويل.

11 .تاكد من الامور التالية:

الغرض من التصوير تاريخ التصوير موقع التصوير وقت بدء التصوير. وقت انتهاء التصوير. نوع الة التصوير ومنشأها. سرعة الة التصوير. البعد البؤري. ابتعاد الة التصوير. ارتفاع الة التصوير. .

التحليل الحركي في المجال الرياضي باستخدام التصوير السينمائي:

1 .صمم موقع التجربة طولا حسب المدى الذي يتحرك فيه اللاعب وارتفاعا قد يؤدي اللاعب قفزة اثناء الركض باستخدام شريط قياس

2 .استخدم الجداول لتحديد ابعاد الة التصوير من موقع التجربة.

3 .ضع علامات دلالة على مفاصل جسم اللاعب.

4 .يتم تصوير مقياس متري للاستفادة منه في تحويل المقياس الى الحقيقة .يمكن ايجاد المسارات بايصال نقاط مفصل معين من صورة الى اخرى.

و يمكن الاستفادة من المعادلات الفيزياوية كالسرعة ، حيث يتم ايجادها على الشكل الاتي:

أ. المسافة من المفصل المعين الى النقطة.

ب. المسافة من المفصل السابق الى النقطة الثابتة في الصورة الثانية.

جـ.يطرح المسافتان لتنتج المسافة الظاهرية.

د.يتم تحويل المسافة الظاهرية الى المسافة الحقيقية بالاستفادة من المقياس المتري.

هـ.يتم ايجاد زمن الحدث من طرح رقم الصورة الثانية من رقم الصورة الاولى.

و.يقسم الرقم الناتج في الفقرة السابقة على سرعة الة التصوير فينتج زمن الحدث.

ز.تقسم المسافة في الفقرة د على الزمن في الفقرة و لتنتج السرعة الحقيقية لانتقال المفصل.

ح.يمكن ايجاد مركز ثقل الجسم وايجاد سرعة الجسم باكمله.

ط. يمكن تحديد زاوية تحدد بثلاث مفاصل كزاوية الركبة تتكون من مفصل الورك والركبة والكاحل.

ي. يمكن تحديد زاوية تحدد بمفصلين وخط مع المحور الافقي او العمودي كزاوية الجذع.

ك. يمكن تحديد زاوية تحدد بمفصل او مركز ثقل اداة او الجسم من صورة الى اخرى بخط ويحدد الخط الاخر مع المحور الافقي او العمودي كزاوية الانطلاق او الطيران.

ل. يمكن استخدام المنقلة او المعادلات الجبرية لايجاد قيم الزاويا.

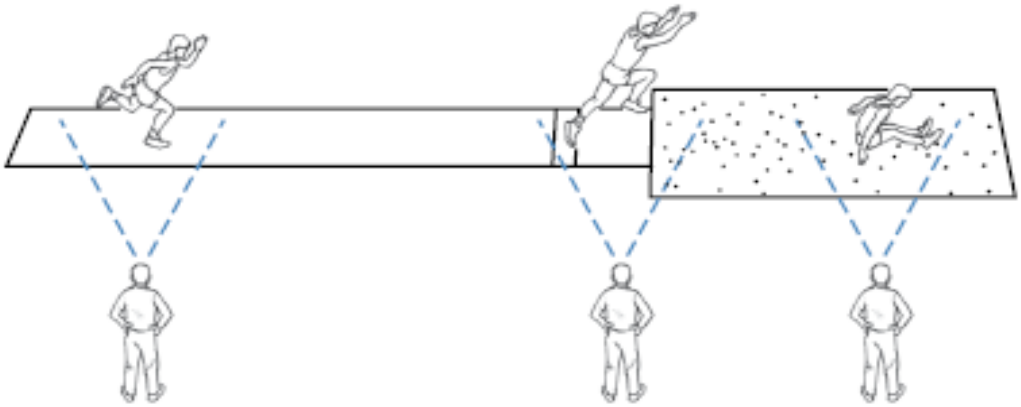
م. يمكن ايجاد السرعة الزاوية بطرح قيمة الزاوية في الصورة الثانية من قيمتها في الصورة الاولى يتم ايجاد الزمن بنفس الطريقة المستخدمة في الفقرتين هـ ، و

انواع التحليل البيوميكانيكي

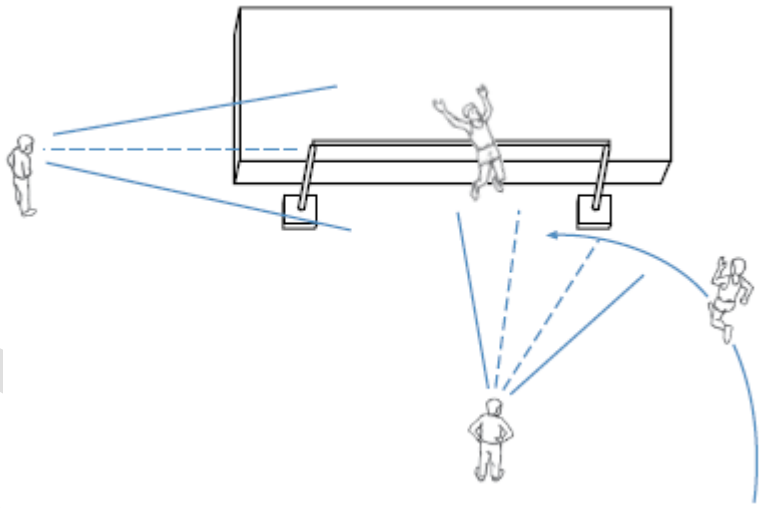
يهدف التحليل البيوميكانيكي عموما الى تحسين الاداء و تفادي الاصاباتو لمعرفة المزيد عن الفرق بين نوعي التحليل البيوميكانيكي الكمي و التحليل البيوميكانيكي الكيفي.

التحليل البيوميكانيكي الكيفي:

المعلمين والمدربين و الخبراء غالبا ما يؤدون التحليل البيوميكانيكي الكيفي للحركات (Biomechanical qualitative analysis) لكنهم نادرا ما يؤدون أي التحليل البيوميكانيكي الكمي .(Biomechanical quantitative analysis) فالمعلمين والمدربين يقومون بملاحظة لاعبيهم اوالطلاب وهم يؤدون و يصفون خصائص الأداء الميكانيكي موضوعيا. مقارنات وصفية (أسرع و أبطأ، أعلى، أدنى، وأقصر، أطول، أكبر، و أصغر، وهلم جرا) قد يتم استخدامها للدلالة هذه الخصائص. حاسة البصر، أو الملاحظة البصرية ، هو الأساس لمعظم التحليلات الكيفية. كيف يمكن لمدرب أو معلم ان يلاحظ الاثر الناتج عن تحليل الأداء البيوميكانيكي الكيفي.



شكل (1) يوضح نقاط ملاحظة مختلفة في منافسة الوثب الطويل (اقتراب – ارتقاء – هبوط)



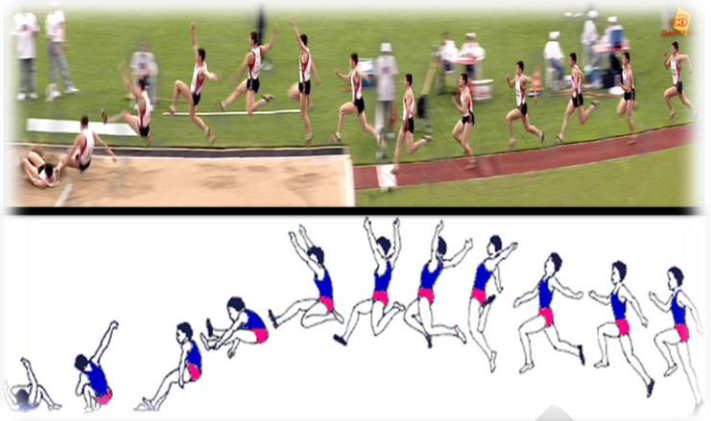
شكل (2) يوضح نقاط ملاحظة مختلفة في منافسة الوثب الطويل (اقتراب – ارتقاء – هبوط)

شكل (3) يوضح نقاط ملاحظة مختلفة في منافسة الوثب الطويل (اقتراب – ارتقاء – هبوط) باستخدام الكانيرات (تحليل كمي)

تقنيات التحليل المرئي

وتشمل التقنيات الحديثة الانتقال من التصوير السينمائي إلى التصوير التليفزيون أو الكاميرات التي تعمل بالأشعة تحت الحمراء الذى يصل إلى 500 كادر/ثانية وقد احتلت هذة الأجهزة المكانة الأولى فى التحليل الكينماتيكى وذلك للميزات التالية:

شكل16: يوضح التطورمن استخذام التصوير السينمائي إلى التصوير التليفزيون في القياسات الكينماتيكية في التحليل الحركي



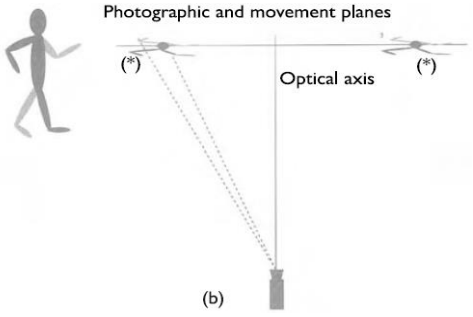
شكل17: يوضح التطورمن استخذام التصوير السينمائي إلى التصوير التليفزيون في القياسات الكينماتيكية في التحليل الحركي.

2.1.1. التحليل الحركي في بعدين: 2D Motion Analysis

اجراءات التسجيل المرئي (2D)

الخطوات التالية تعتبر ضرورية لتقليل اخطاء التصويرفي نظام التصوير البعدين (2 D). و بالتالي تحسين دقة كل البيانات المحسوبة وايضا تكون غالبا مفيدة خصوصا للطلبة الغير خبراء بالتصوير المرئي. هذه الاجراءات تمنح تحويلة خطية بسيطة من الصورة الى لابعاد مستوى الحركة باستخذام معلومات مقياس بسيطة مصورة في حقل التصوير.

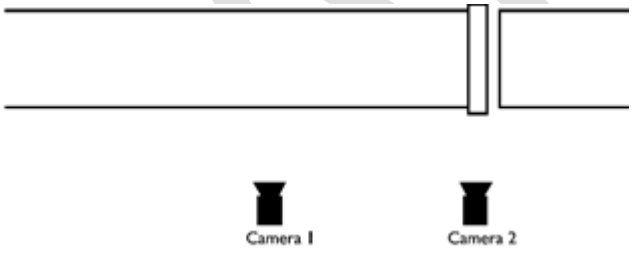
الكاميرا يجب أن تثبت على حامل ثلاثي الارجل الذي بدوره يشير الى مركز مستوى التصويروعموديا على الحركة (



- شكل18) وعدم تحريك أو إمالة الكاميرا.

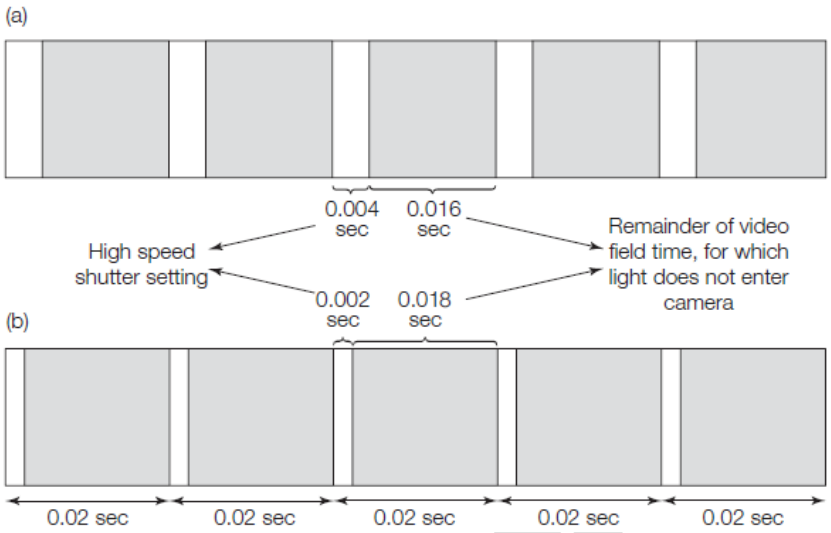
شكل18: يوضح استخذام التحليل الحركي في بعدين (2D) فيديو والشكل التقريبي رسومات.

- الكاميرا يجب أن توضع على بعد كاف لتقليل أخطاء التصويرويمكن استخذام العدسة للحصول على المجال المطلوب للصورة.
- البعد البؤري للعدسة يجب أن يعدل بعناية للتركيزالصورة. وهذا يكون أفضل بتكبيرالعدسة وذلك بالتركيزعلى الاداء ومن تم تصغير العدسة لتصوير المجال المطلوب للتصوير. وهذا المجال يجب تعديله بالتزامن مع مجال الاداء للتصويروهذا يزيد حجم المؤدي في العرض والذي يزيد من الدقة الرقمية.
- عندما يضبط مجال التصوير. البعد البؤري للعدسة يجب أن يحفظ ثابت. وهذا يعني يجب تعطيل ميزة الضبط البؤري في الكاميرات الرقمية.
- المسابقات التي تنفذ في مسافات طويلة (الوثب الطويل أو الوثب الثلاثي) يمكن استخذام كاميرتين أو اكثر لتغطية كل مجال التصوير(شكل19).



شكل19: يوضح وضعية الكاميرات باستخذام التحليل الحركي في بعدين (2D) فيديو في مسابقة الوثب الطويل (كاميرا 1 لتصويرالمتغيرات الكينماتيكية للاقتراب و كاميرا 2 لتصويرالمتغيرات الكينما تيكية للارتقاء).

DRAFT



شكل 20. يبين الفرق في الزمن بين الكادرات في التحليل الحركي في بعدين (2D) عند استخذام نظام السرعة الفائقة (b) والنظام العادي(a) .

DRAFT

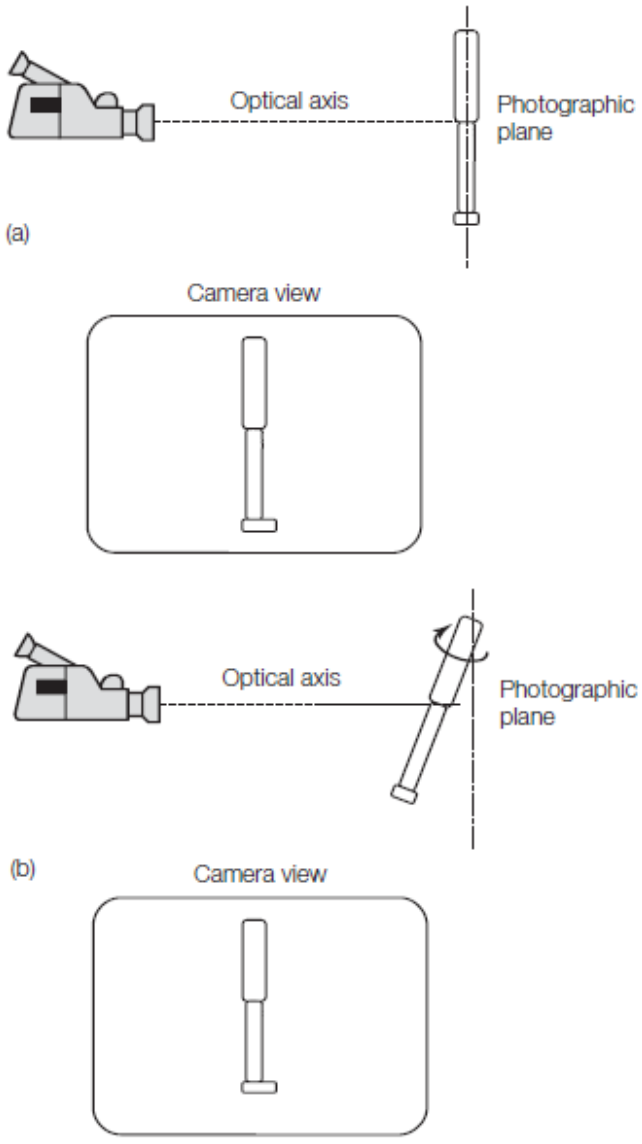


Fig. F1.3. (a) Plane of body segments coincides with photographic plane. (b) Body segments moved out of photographic plane, showing shorter segment length in camera view

شكل 21. يبين الفرق في الزمن بين الكادرات في التحليل الحركي في بعدين (2D) عند استخذام نظام السرعة الفائقة (b) والنظام العادي(a) .

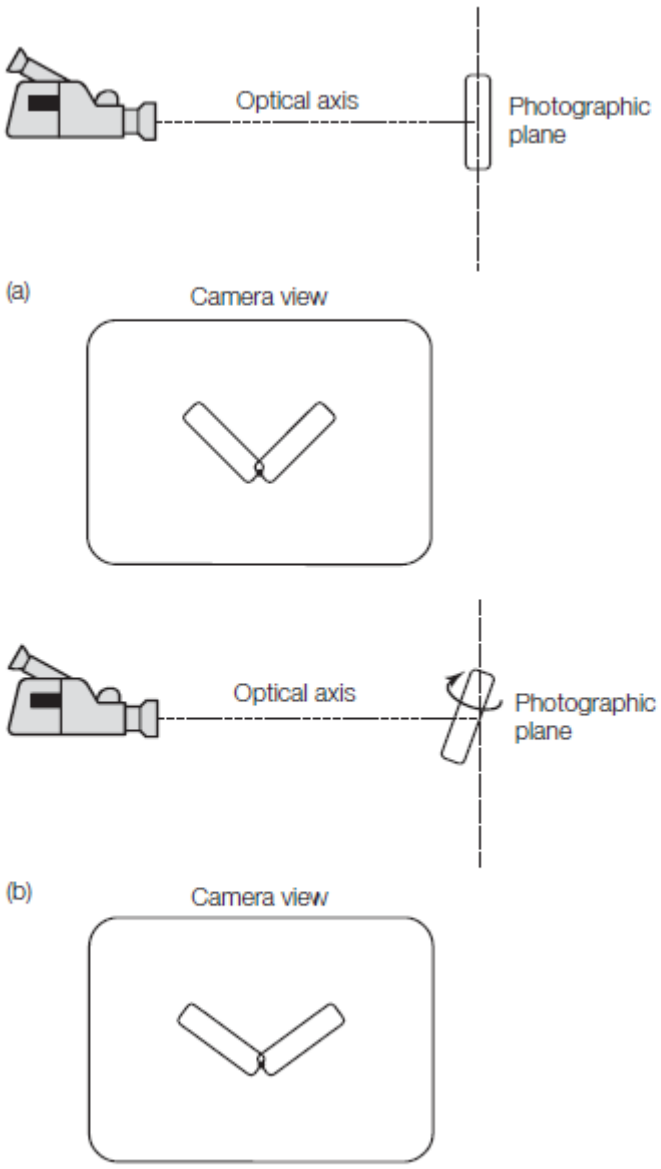


Fig. F1.4. (a) Plane of body segments coincides with photographic plane. (b) Body segments moved out of photographic plane, showing more obtuse segment angle in camera view

شكل 22. يبين الفرق في الزمن بين الكادرات في التحليل الحركي في بعدين (2D) عند استخذام نظام السرعة الفائقة (b) والنظام العادي(a) .

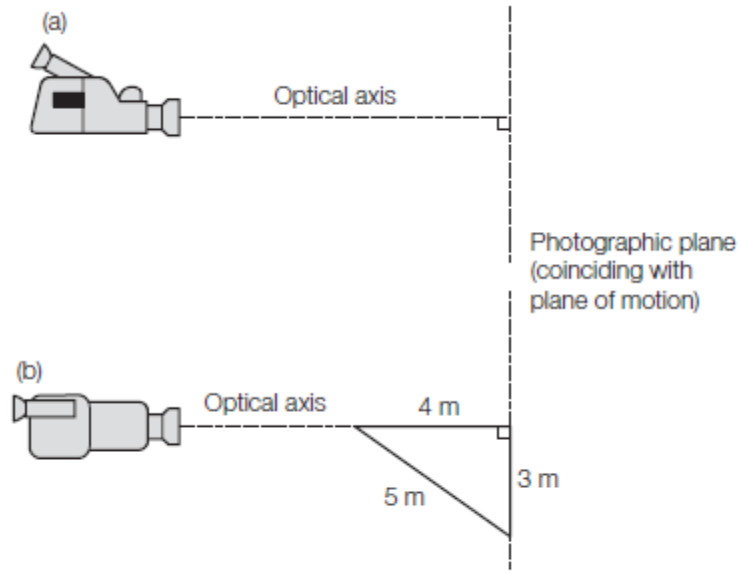


Fig. F1.5. Optical axis of the camera aligned at 90° to the photographic plane (a) when viewed from the side, and (b) when viewed from above

شكل 23. يبين الفرق في الزمن بين الكادرات في التحليل الحركي في بعدين (2D) عند استخذام نظام السرعة الفائقة (b) والنظام العادي(a) .

التحليل البيوميكانيكي للمهارات الرياضية

أن التتبع العلمي لما هية الأداء الحركي قديمًا وحديثًا يبرز لنا الفارق الكبير ب ـين المستوى المهاري الذي مارسه اللاعبون لتحقيق هدف معين وفقًا للمف ـاهيم التـي كانت مفهومة آنذاك ، وما ألت أليه المهارات من تطور إذ انعكست بشكل مباش ـر على المستويات التي حققها اللاعبون في البطولات كافة ومنها بطـولات كـأس العالم بكرة القدم ، ويرجع هذا التطور بالمهارات من خلال الإلمام الكافي بالمبادى والأسس الميكانيكية المرتبطة بحركة جسم اللاعب والذي يعتبر م ـن المقوم ـات الأساسية في نجاح أساليب تنمية الأداء وتطويره .

فبعد أن كانت الحركة تلاحظ ملاحظةً فجةً من خلال مشاهدتها للوق ـوف علـى نقاط الضعف والقوة في مسارها برزت الحاجة إلى اس ـتخدام الأجهـزة العلميـة المتطورة للتشخيص العلمي لكل مراحل الحركة وذلك من خلال تجزئة المهـارة إلى أجزاء مترابطة لكي يتم فهم ط بيعة هذه الأجزاء وإيجاد العلاقة فيما بينها مـع الأخذ بعين الاعتبار أن تجزئة المهارة ليس هدفًا بحد ذاته وأنما وسيلة للوص ـول إلى الإدراك الشمولي للظاهرة

ككل وهذا ما يسمى بالتحليل الحركي الذي يعتب ـر مفتاحًا لتعريف سلوك حركة الإنسان أو مساره ، فهو يعمل على ف ـرز وت بوي ـب المعلومات الكثيرة لعناصرها الرئيسية ثم معالجتها منطقيًا أو إحصائيًا للعمل على تلخيصها في نتيجة رقمية قابلة عند تفسيرها بالمقارنة مع معيار مناسب ومح ـدد من صيغها الكمية الصماء إلى أخرى ذات معاني مفيدة ، ويعتبر التحليل الحركي أداة أساسية في جميع الفعاليات والأنشطة الرياضية ، إذ يبحث في الأداء ويسعى إلى دراسة أجزاء الحركة ومكوناتها للوصول إلى دقائقها سعيًا وراء تكنيك أفضل.

لذا فأن التحليل البيوميكانيكي هو إحدى وسائل المعرفة الدقيقة للمسار من خلال إخضاع الحركة للقوانين الطبيعية والميكانيكية واستثمار هذه الق ـوانين لتحسين وتطوير الحركات الرياضية .

أن العاملين في مجال علم البيوميكانيك يلجئون إلى استخدام طرائ ـق ووسـائلالتقويم المناسبة لدراسة الحركات الميكانيكية التي يؤديها الإن ـسان م ـع مراع ـاة خصائص تلك الحركات وإمكاني ـة تحدي ـد الأسباب الميكانيكيـة والخ ـصائص الديناميكية الحيوية للمهارات الرياضية والتي تت م عن طريق التحليل البيوميكانيكي ، لذا ترتبط طريقة التحليل البيوميكانيكي بالطريقتين الخاصـتين ب ـالتعرف عل ـى الميكانيكا وهما الطريقة الكينماتيكية والطريقة الكينتكية لذا فـأن الم ـرء يع ـرف نوعين من طرق التحليل هما:-

أو ًلا:- طريقة التحليل البيوكينماتيكية للمهارات الحركية.
ثانيًا:- طريقة التحليل البيوكينتكية للمهارات الحركية.

أو ًلا:- طريقة التحليل البيوكينماتيكية للمهارات الحركية.
تهتم هذه الطريقة بتوضيح ووصف أنواع الحركـات المختلفـة عـن طريـق استخدام المدلولات الخاصة بالسرعة والتعجيل على أساس قياسات المسافة والزمن ويطلق على هذا النوع من التحليل ب ـ (الكينماتيك) الذي يعنـي "بدراسـة حركـة الأجسام بالنسبة للزمن سواء أكانت خطية أم دائرية لـذا فهـو يهـتم بالجانـب المظهري للحركة مثل المسافة ، الزمن ، السرعة ، الزاويـة ورسـم مسـاراتها الحركية وتوضيح طريقة الأداء التي يقوم بها الجسم".

وتستخدم عدة وسائل في سبيل تحقيق ذلك منها ما يلي:-

جهاز ضبط الزمن .	Cronograph
القياس اللحظي بواسطة الخلايا الضوئية	Electronic Stroboscopic
التصوير بالأثر الضوئي.	Chronophotography
تصوير النبضات الضوئية .	Cyclogrametery
جهاز تسجيل السرعة.	Speedography
التصوير السينمائي	Cinematography
التصوير الدائري	Cyclography
التصوير الفيديوي.	Videography

شكل 24. يوضح التصوير الفيديوي كإحدى وسائل التحليل البيوكينماتيكية.

ويعتبر التصوير الفيديوي والسي نمائي من أفضل طرق التحلي ـل البيوكينماتيكي ـة لأنها تسمح بالتحسس من بعد ولا تتداخل أص ًلا م ـع الأداء ، وهك ـذا ف ـأن الأداة الأكثر شهرة المستخدمة لتقييم الأداء هي التحليل البيوكينماتيكي باستعمال التصوير السينمائي أو الفيديوي .

ثاني ًا:- طريقة التحليل البيوكينتكية للمهارات الحركية.

تهتم طريقة التحليل البيوكينتكية للمهارات الحركية بالبحث عن الارتباط الفرضي بين تأثير القوة والأنواع المختلفة من الحركات ، بالإضافة إلى البحث في الشروط التي يمكن أن تنشأ تأثيرات القوة في ظروفها ويطلق على هذا النوع من التحليـل ب ـ(الكينتك) "الذي يعني بالأسباب الفيزيائية للحركة.

وتستخدم في سبيل تحقيق ذلك أجهزة تسجيل القوى التي تستغل الحقيقة القائلة بأن مقاومة الأرض (م) تساوي في مقدارها كقوة لرد فعل تل ك الق وة الع ضلية المؤثرة في وضع الارتكاز (ق**ع س**) فإذا كانت (ق**ع س**) تقابل قاعدة مرنة ، فأنهذه القاعدة تنحرف بما يماثل مقدار (ق**ع س**) بشكل أو بأخر .

كما أمكن التوصل إلى استخدام إمكانية التحويل الميكانيكي للق وة إل ى قيم ة كهربائية عن طريق استخدام أجهزة قياس كهر وتضاغطية أو تأثيرية أو حثي ة أو غير ذلك من الأجهزة مما أدى تعدد أنواع أجهزة الق وى آلا أنه ا تعتم د ف ي تصميمها على أساسين هما:-

أ. الأساس الميكانيكي .
ب . الأساس الكهربائي .

وتشير بعض المصادر إلى أن أجهزة تسجيل القوى المبنية على أساس ميكانيكي يعيبها ما لها من قصور ًا ذاتي ًا كبير ًا مما يؤثر على القراءات ، ويمك ن الاعتم اد على نتائجها في الاستفادة بها في حالات أجراء الأبحاث الأولية ويعنى بذلك بعض الأجهزة المبسطة المعروفة عن أبلاكوف Abalakow وجندلاخ Gundlach وماير Mayer ويور Your.

أما أجهزة قياس القوة المبنية على أساس كهربائي فأنها تبنى على إمكانية تحويل التأثير الميكانيكي للق وة إلى قيمة كهربائية ، وبم ساعدة أجهزة القياس الكهروتضاغطية أو التأثيرية أو الحثية أو التوترية أو غير ذلك من الأجهزة يمكن تحقيق هذا التحول بالقيمة المقاسة .

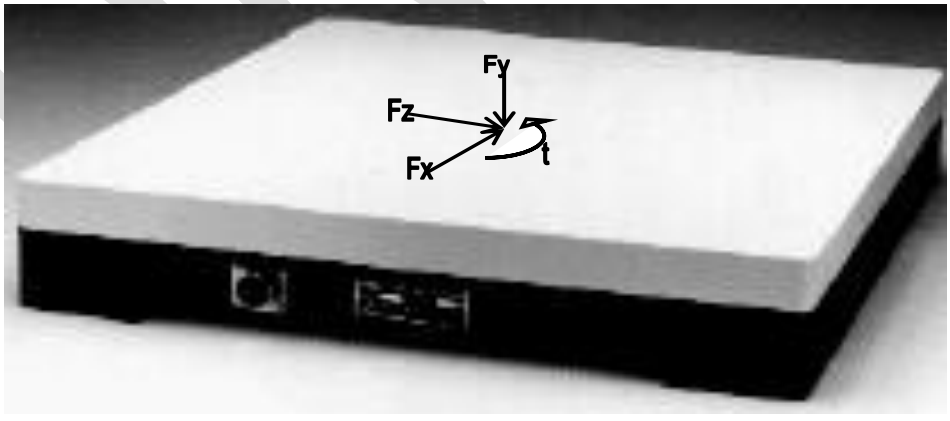
وبالرغم من إمكانية استخدام هذه الطرق باختلاف أنواعها في ت صميم أجه زة قياس القوة في المجال الريا ضي ألا أن الأجهزة التي تعتبر أكثر انتشارا في الوقت الحالي تلك الأجهزة التي تسير على أساس التوتر (طرق القياس بالاس تطالة) وتسمى بمنصات القوى .

ومن أهم المنصات الشائعة الاستخدام في مجال دراسة المهارات الحركية ف ـيمجال الميكانيكا الحيوية هي :-

1. منصة القوى المستخدمة لدراسة حركة المشي .
2. المنصة الثلاثية للقوى .

والمنصة الثلاثية للقوى هي الأكثر استخداما في التحليل البيوديناميكي للمهارات الرياضية ويطلق عليها منصة قياس القوة Force Plate Form والت ـي ت ـسجل ثلاث مركبات للقوى مركبة عمودية (Fy) ومركبتان أفقيتان متعامدتان (Fx,Fz) أضافة إلى زمن التماس مع المنصة (t) ويرتبط بهذه المنصة جهاز حاسوب ألـي حيث يتم برمجة أجزاء الحركة وفق تسلسلها ويبـدء العمـل بتـسجيل الحركة للحصول على منحنيات القوة حيث يمكن إظهارها مباشرً ة على شاشة الحاس ـوب ومن ثم يتم طباعتها على ورق .

أن الميزة ال علمية لاستخدام هذه المنصة هو أن الأشكال البيانية التي تزودنا بهـا تمثل أحداثيين يمثل الإحداثي العمودي مؤشر القوة بينما الإحداثي الأفقي مؤش ـر الزمن المستغرق للأداء فضلا عن ذلك يمكن احتساب زمن حدوث أي قيمة للقوى في أي لحظة من لحظات حدوث الحركة.



شكل 25. يوضح شكل منصات قياس القوى

ومن خلال احتساب كلا من الزمن والقوة فأننا نستطيع من معرفة الدفع وال ـذييعتبر من المتغيرات الأساسية والمرادفة لمساحة تحت المنحنى معتمدا بذلك عل ـى قانـون الدفع.

Impulse = Ft

وقد أمكن عمليًا من خلال استثمار التعاون بين العـاملين فـي مجـال التحليـل البيوميكانيكي والعاملين في مجال صنع الأجهزة من استخدام أجهزة تسجيل القوة الموضوعة على جزء من الجسم كوضعه في يد الملاكم أو وضعه في حذاء القافز وغير ذلك إلى أن أنتهى الأمر إلى وضعه على راس اللاعب أثناء أدائه الضرب بالرأس كما موضح في الشكل رقم (3) ورغم النتائج الطيبة التي تخبرنا عنها هذه الأجهزة ألا أن ها تعيق الحركة المنفذة وبالتالي قد تعطي نتائج غير دقيقة ولا تعبر عن الحالة بشكل صادق .

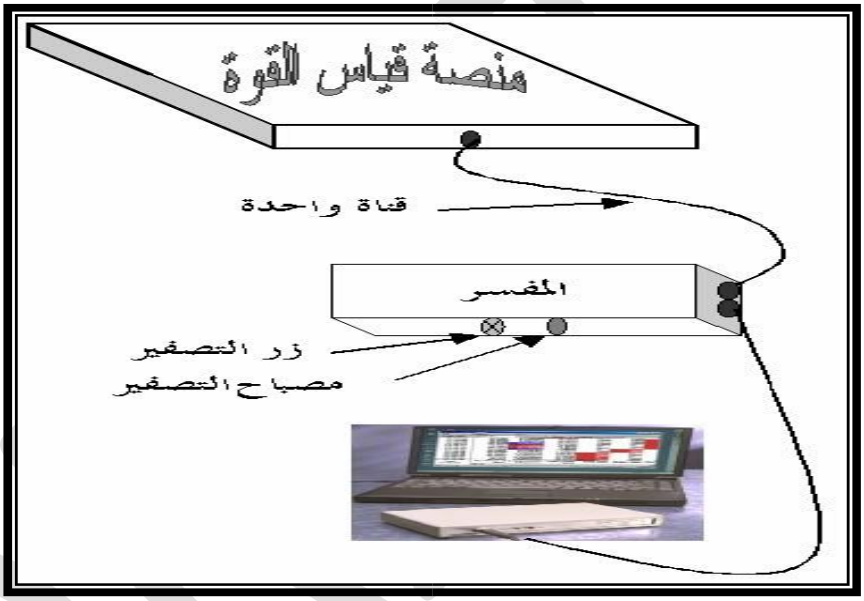
شكل 26. يوضح أحد الأجهزة الموضوعة على الرأس لقياس قوة الضربة .

أن جميع أنواع المنصات المستخدمة كانت ترتبط بالحاسوب بواسطة جه ـاز مفسر سمي بجهاز التصفير وهذا ا لجهاز كما موضح في الشكل رقم (4) عب ـارة عن صندوق يحتوي على قطع الكترونية واجبه كما يأتي:-

1. تكبير الجهد المتولد على المتحسسات بسبب تغير تسليط القوة على المنصة.
2. تحويل الجهد الكهربائي إلى قيم رقمية (1،0) باستخدام المحـول Analog to Digital.

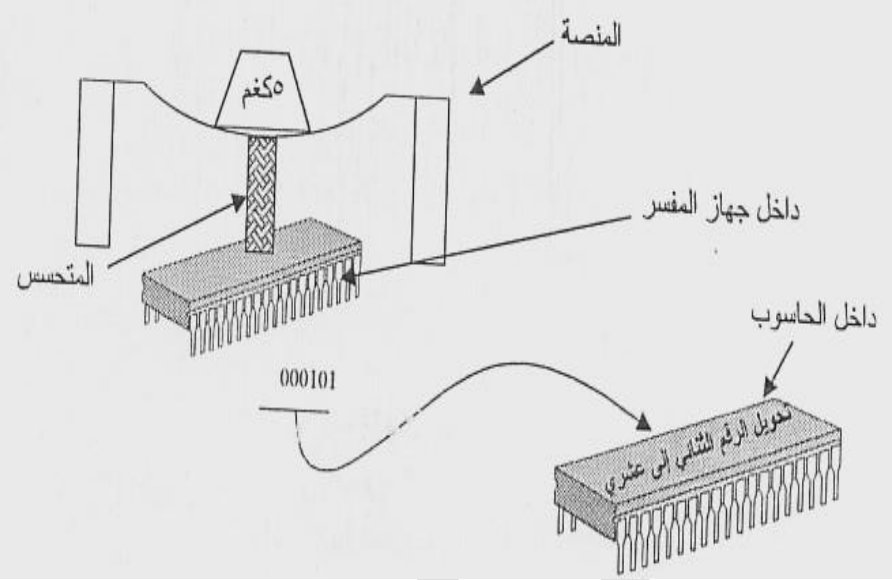
3. تصفير القيم الرقمية عند عدم وجود وزن على المنصة .
4. التعيير .

أن أهم مرحلتين في المفسر هو مرحلة التصفير والتعيير ويتم التحكم بالت ـصفير خارجيًا وللبساطة تربط مع هذه المرحلة مصباح بل ـون احم ـر أو ازرق (**LED**) فيحاول الباحث تدوير مفتاح (زر التصفير) لحين إطفاء المصباح حيث ينير ه ـذا المصباح عند وجود وزن على الجهاز ، أما المرحلة الثانية فهي التعيير أي "وضع القيم ضمن معيار موحد وهذه هي المرحلة الأخيرة التي تلي تصميم شكل المعدن وربط القطع الإلكترونية وتسليك المنصة مع المفسر والحاسوب .



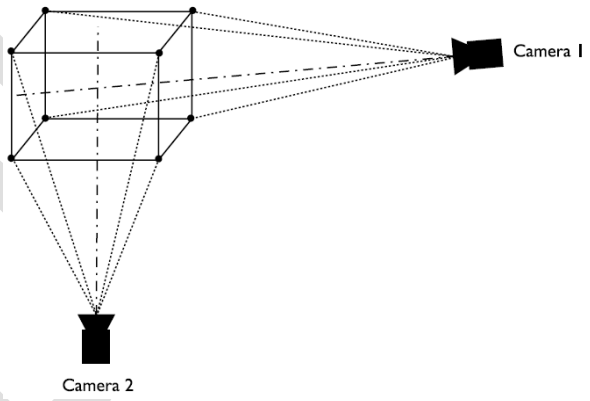
شكل 27. يوضح كيفية ربط منصة قياس القوة بالمفسر.

وفي مرحلة التعيير يجري اختبار تطابق قيم الأوزان الموضوعة على المن ـصة مع القيم الناتجة على شاشة الحاسوب في حالتي الاستطالة (التـصاعدي) وإزال ـة الأثر (التنازلي) ، وفي المرحلة نفسها يح ـدث ب ـسبب ال ـضوضاء الإلكترون ـي (**Noise**) أو أخطاء التصميم زيادة أو نقصان القيم الناتجة ع ـن الق ـيم الحقيق ـة الموضوعة على المنصة مما لا يمكن تفاديه ألا بافتراض رقم ثابت (**Factor**) كمعامل تص حيح يثبت في برنامج الحاسوب إذ أن الحاسوب هو ال ـذي س ـيتولى تحويل القيم الرقمية (1،0) إلى قيم عشرية كما موضح ذلك في الشكل التالي .



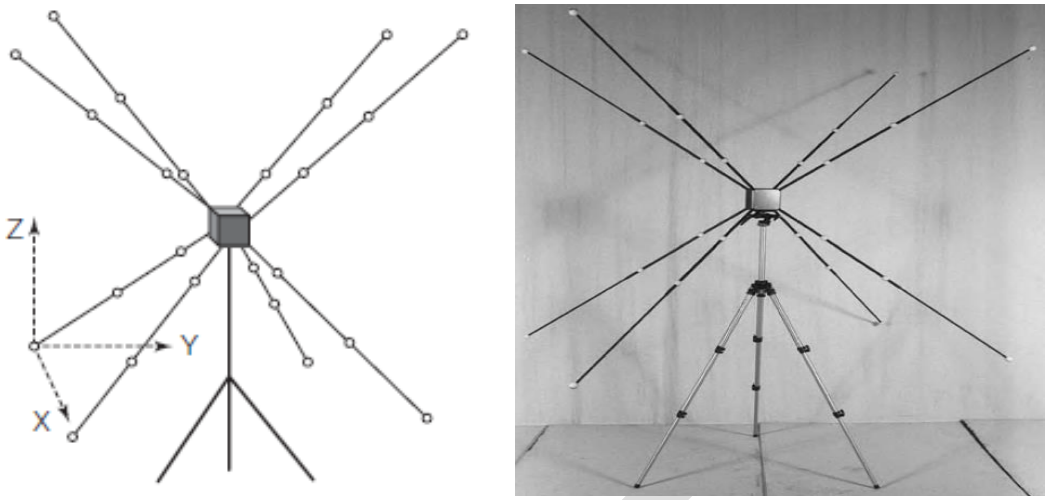
شكل 28. يوضح تحويل الجهد الكهربائي الى قيم رقمية (واحد أو صفر)

2.1.2. التحليل الحركي في ثلاثة ابعاد: 3D Motion Analysis

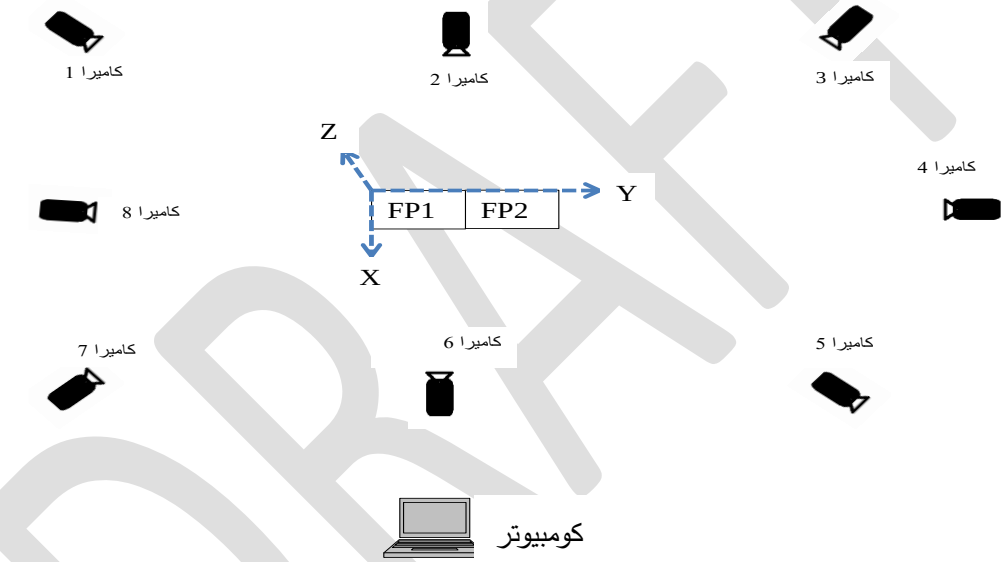


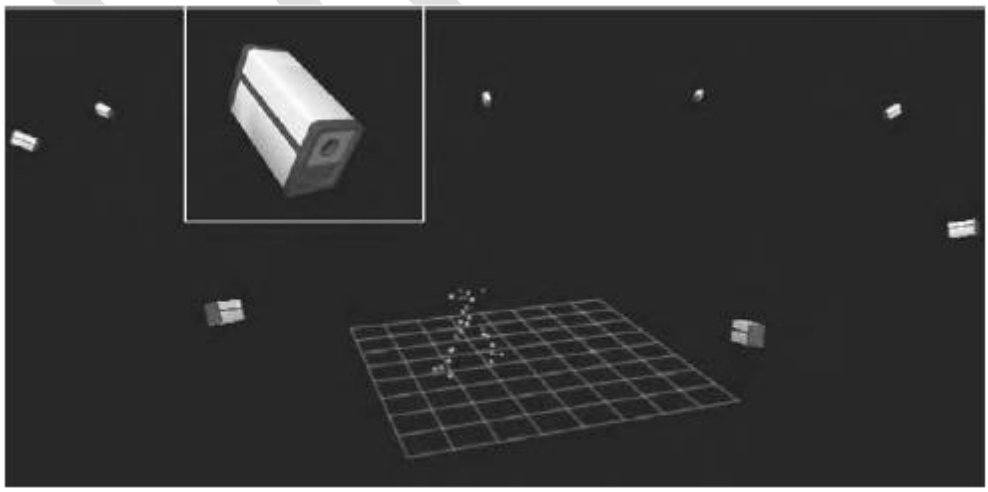
شكل29: يوضح استخذام التحليل الحركي في ثلاثة ابعاد (3D) باستخذام العلامات العاكسة المستخذمة في نظام التصوير بالاشعة نحن الحمراء .

DRAFT



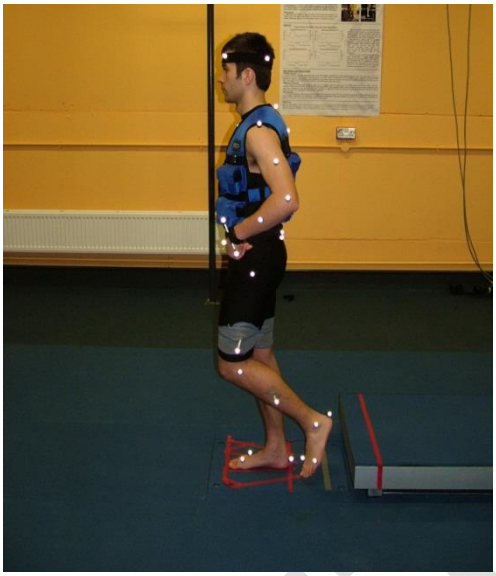
شكل30: يوضح جسم المعايرة التحليل الحركي في ثلاثة ابعاد (3D).



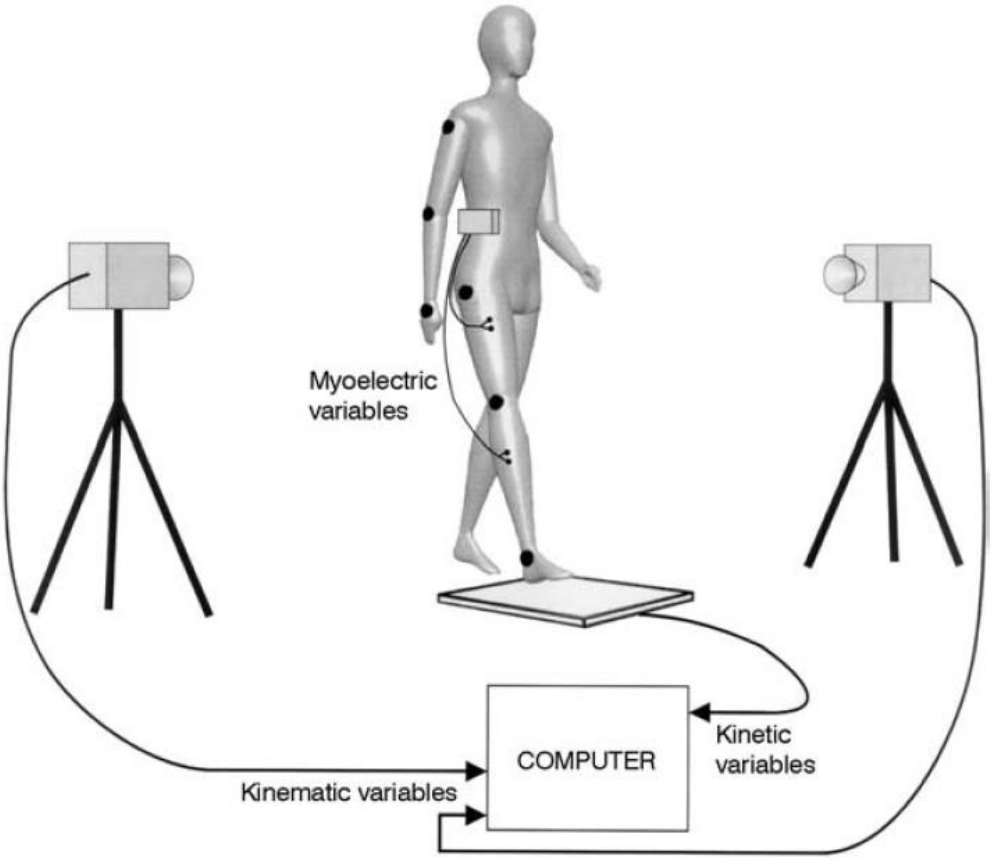


شكل31: يوضح توزيع الكاميرات المستخدمة فيالتحليل الحركي في ثلاثة ابعاد (3D) و منصات القوى وكذلك موضع الكومبيوتر(أعلى) منظر عام لشكل توزيع الكاميرات (أسفل).

DRAFT



شكل32: يوضح استخذام التحليل الحركي في ثلاثة ابعاد (3D) باستخذام العلامات العاكسة المستخذمة في نظام التصوير بالاشعة نحن الحمراء.



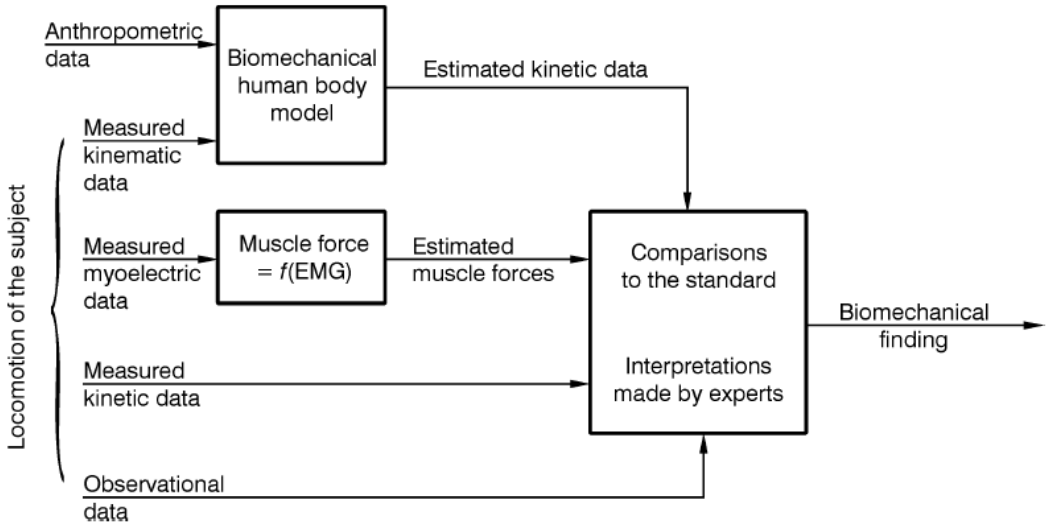


FIGURE 3.5 Information flow in a clinical locomotion measurement system.

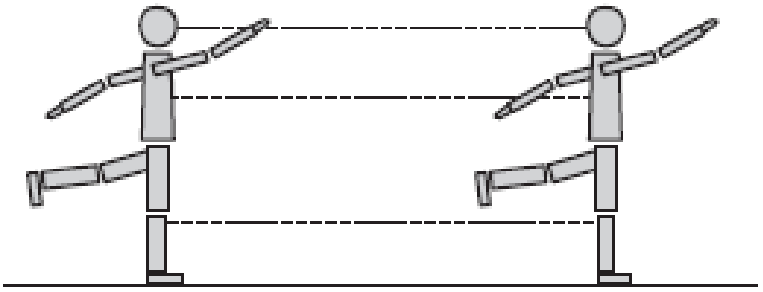
الكينماتيكا: Kinematics

هي فرع من فروع الديناميكا ويهتم بدراسة حركة الاجسام من حيث العلاقة المكانية الزمنية دون التعرض للقوى المسببة للحركة. حيث انها تهتم بوصف وتوضيح كلا من الاوضا ع الخطية والزاوية للأجسام وعلاقتهما بالزمن.

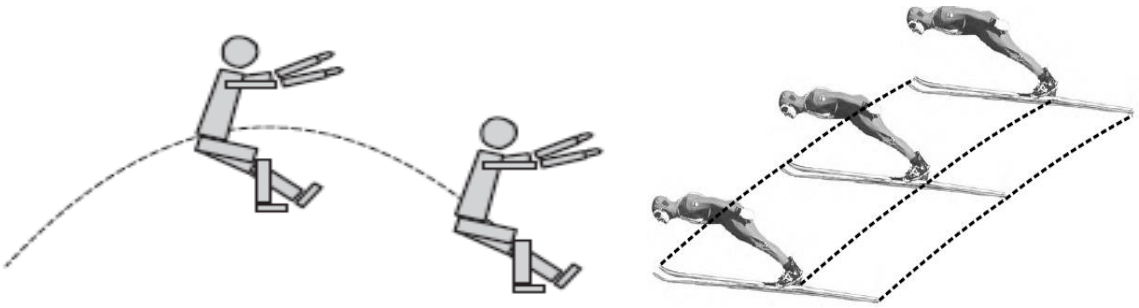
.2.2. انواع الحركات وامثلتها:

❖ **حركة خطية: Linear Motion**

وفيها تتم حركة او انتقال كل نقطة من نقاط الجسم نفس المسافة في نفس الزمن وبالتالي بنفس السرعة. وأشكالها إما أن تكون كشكل مستطيل Rectilinear Movement (كحالة الانزلاق في التزلج على الجليد أنظر شكل34) أو كمنحنى Curvilinear Movement (الطيران اثناء الوثب الطويل شكل34)



شكل33: يوضح شكل الحركة الخطية كمستطيل اثناء التزلج على الجليد (Rectilinear Movement).

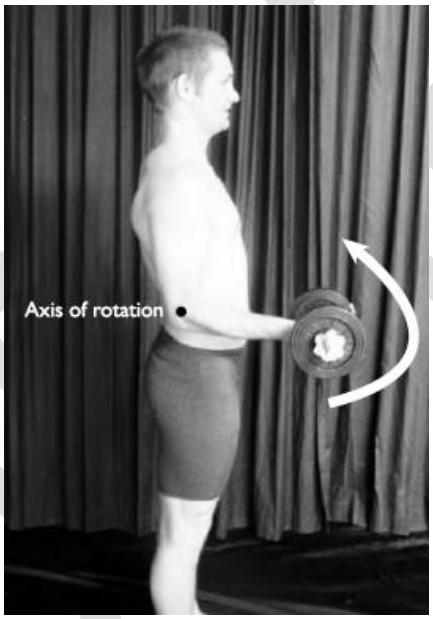


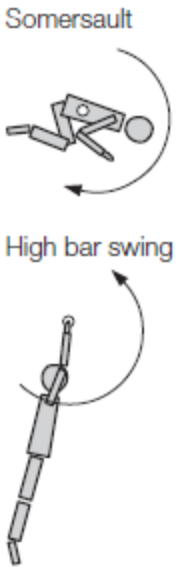
شكل34: يوضح شكل الحركة الخطية الحركة كمنحنى اثناء طيران الوثب الطويل (يمين) أو السقوط الحر في التزلج على الثلج (يسار) (Curvilinear Movement).

DRAFT

❖ **حركة دائرية Angular Motion**

وفيها تتم حركة او انتقال كل نقطة من نقاط الجسم حول محور داخلي [مفصل المرفق في شكل35 (يمين)] أو حول محور خارجي غير مرئي [الدوران في الدحرجات والاكروبات شكل35 (أعلى اليسار)] أو حول محور خارجي مرئي [الدوران حول العقلة في أداء الاكروبات في رياضة الجمباز شكل35 (أسفل اليسار)] وبالتالي انتقال هذه النقاط يختلف في المسافة وإن تم في نفس الزمن.





شكل35: يوضح شكل الحركة الدائرية أو الزاوية (مفصل الجسم) أو نشاط رياضي.

DRAFT

❖ **حركة عامة: General Motion**

هي خليط بين النوعين السابقين (حركة خطية بنوعيها: الشكل المستطيل والشكل المنحني) و الحركة الزاوية (الدائرية) ولهذا تمسى احيانا بالحركة المركبة Compound Motion.

شكل36: يوضح شكل الحركة العامة أو المركبة (خطية + دائرية).

الكينماتيكا

Kinematics

3. القياسات الكينماتيكية : Kinematics Measurements

وتتضمن تلك القياسات وصف المتغيرات الظاهرية للمسار الحركي مجرداً دون التعرض للقوى المسببة أي الزمن والمكان لجسم الإنسان.

3.1. السرعة الخطية: Linear Velocity

هي قيمة مهمة في الميكانيكا الحيوية والتي تستخدم لتحليل حركة الجسم البشري. **Error! Reference source not found.** يبين مثال لقيم في مسابقة 100مترعدو.

الازاحة (متر)	الزمن التراكمي (ثانية)	الزمن (ثانية)	متوسط السرعة (متر/ثانية)
10	1.66	1.66	6.02
20	2.84	1.18	8.47
30	3.88	1.04	9.62
40	5	1.12	8.93
50	5.95	0.95	10.53
60	6.97	1.02	9.80
70	7.93	0.96	10.42
80	8.97	1.04	9.62
90	10.07	1.1	9.09
100	11.09	1.02	9.80

جدول 1. يبين مثال لقيم في مسابقة 100مترعدو مصحوبة بحساب السرعة المتوسطة.

وتم حساب متوسط السرعة لكل 10 متر بناء على استخذام معادلة متوسط السرعة وبالتالي الحصول على السرعة الفترة لمعرفة كيف كانت ظروف السباق وكذلك كيفية التسارع (التعجيل).

$$\text{معادلة1 متوسط السرعة} = \frac{\text{الازاحة النهائية – الازاحة الابتداية}}{\text{الزمن النهائي – الزمن الابتدائي}}$$

- السرعة المتوسطة لأول 10 متر

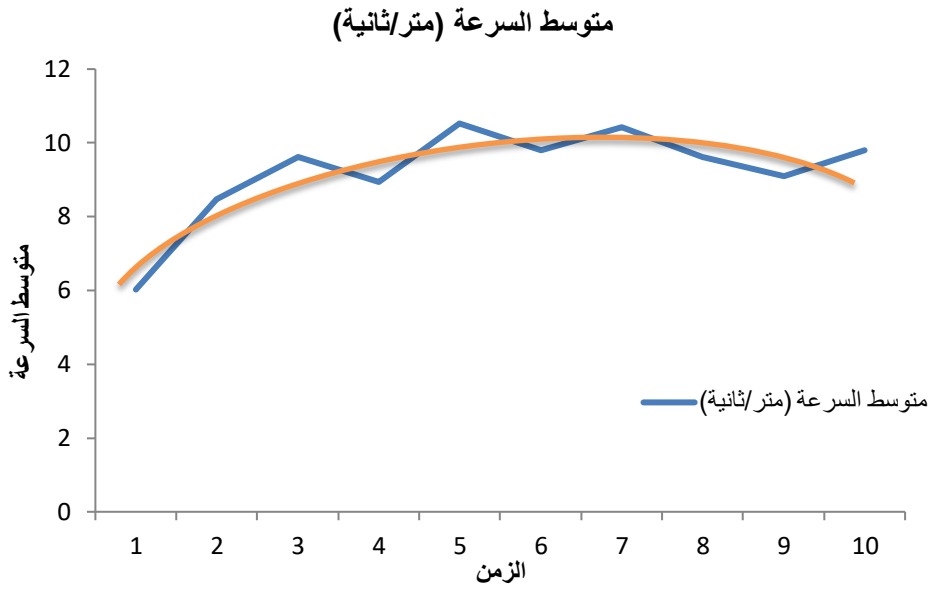
0-10متر = 10 م ÷ 1.66 ث = 6.03 م/ث

- السرعة المتوسطة ما بين 10- 20متر

0-10متر = 10 م ÷ 1.18 ث = 8.47 م/ث

- السرعة المتوسطة ما بين 20- 30متر

0-10متر = 10 م ÷ 1.04 ث = 9.62 م/ث



شكل37: يوضح بيانيا قيم متوسط السرعة في مسابقة 100مترعدو.

.3.2. السرعة الخطية: Linear Velocity

هي قيمة مهمة في الميكانيكا الحيوية والتي تستخذم لتحليل حركة الجسم البشري. **!Error Reference source not found.** يبين مثال لقيم في مسابقة 100مترعدو.

الازاحة (متر)	الزمن التراكمي (ثانية)	الزمن (ثانية)	متوسط السرعة (متر/ثانية)	العجلة
10	1.66	1.66	6.02	
20	2.84	1.18	8.47	3.37
30	3.88	1.04	9.62	1.47
40	5	1.12	8.93	0.34
50	5.95	0.95	10.53	1.13
60	6.97	1.02	9.80	−0.52
70	7.93	0.96	10.42	0.20
80	8.97	1.04	9.62	−0.40
90	10.07	1.1	9.09	0.35
100	11.09	1.02	9.80	0.89

جدول2 . يبين مثال لقيم في مسابقة 100مترعدو مصحوبة بحساب العجلة المتوسطة.

$$\text{معادلة2 العجلة} = \frac{\text{السرعة النهائية – السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن النهائي – الزمن الابتدائي}}$$

- العجلة المتوسطة ما بين 0– 7 ثوان

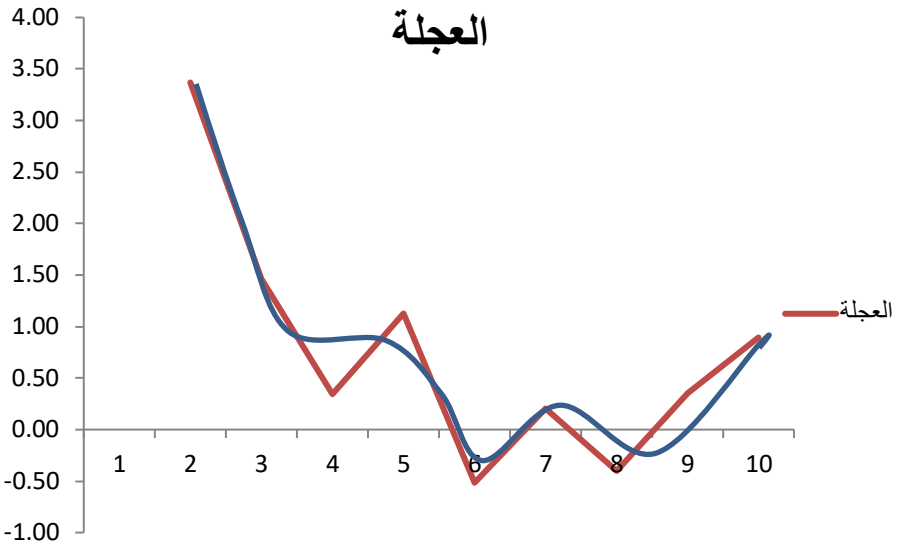
العجلة (a) = (10.51– 0 م/ث) ÷ (7.0 – 0 ث)= 1.50 م/ث^2

- العجلة المتوسطة ما بين 0– 11 ثوان

العجلة (a) = (9.21– 0 م/ث) ÷ (11.0 – 0 ث)= 0.83 م/ث^2

- العجلة المتوسطة ما بين 7– 11 ثوان

$$\text{العجلة (a)} = \frac{(\mathbf{10.51 - 9.21}\text{م/ث})}{(\mathbf{7.0 - 11.0}\text{ ث})} = -0.33 \text{ م/ث}^2$$

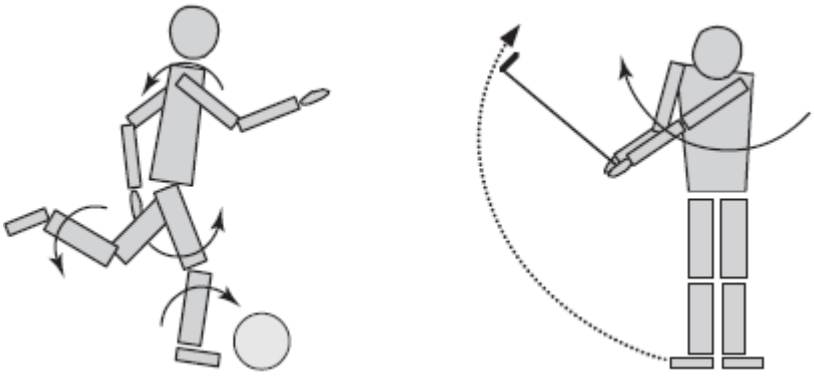


شكل38: يوضح مثال بيانيا لقيم العجلة المتوسطة (التسارع) في مسابقة 100مترعدو مصحوبة.

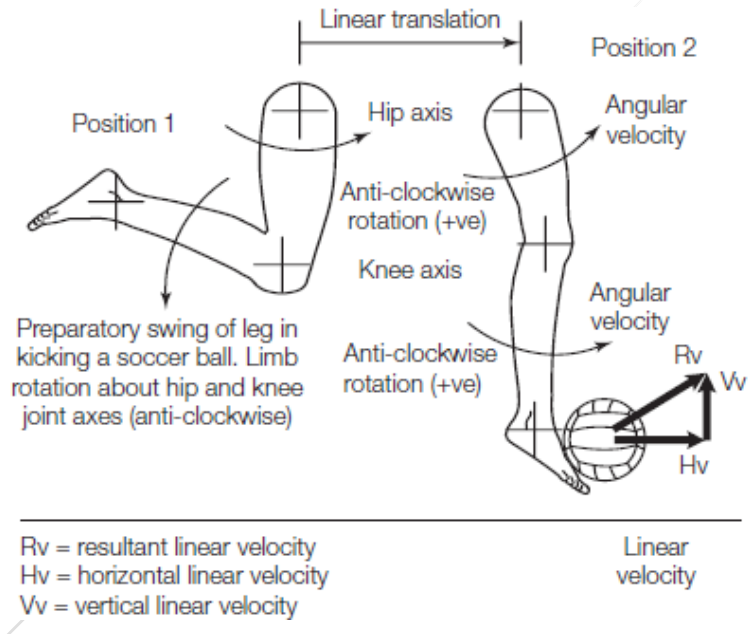
الزمن	المسافة	السرعة المتوسطة (م/ث)	السرعة المتوسطة (م/ث^2)
0	0.00		
0.5		4.20	
1	4.20		3.03
1.5		7.23	
2	11.43		1.68
2.5		8.91	
3	20.34		1.51
3.5		10.42	
4	30.76		1.10
4.5		11.52	
5	42.28		0.61
5.5		12.13	
6	54.41		0.16
6.5		12.29	
7	66.70		−0.29
7.5		12.00	
8	78.70		−0.75
8.5		11.25	
9	89.95		−1.20
9.5		10.05	
10	100.00		

جدول3 . يبين مثال لقيم الكينماتيكية في مسابقة 100مترعدو.

3.3. السرعة الزاوية: Angular Velocity



شكل39: يوضح دوران الطرف والاداة (يمين) دوران الاطراف أثناء الجري بالكرة (يسار)



شكل40: يوضح دوران الاطراف (الحركة الزاوية Angular Motion) أثناء ركل الكرة.

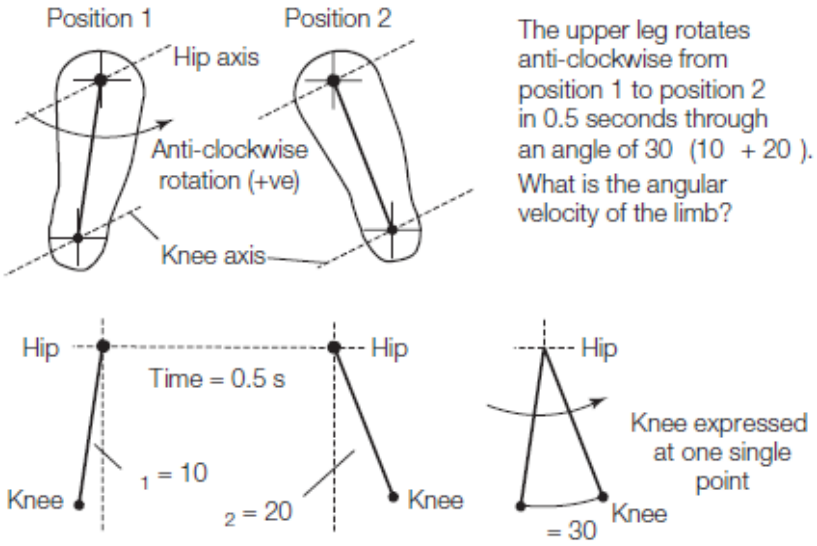
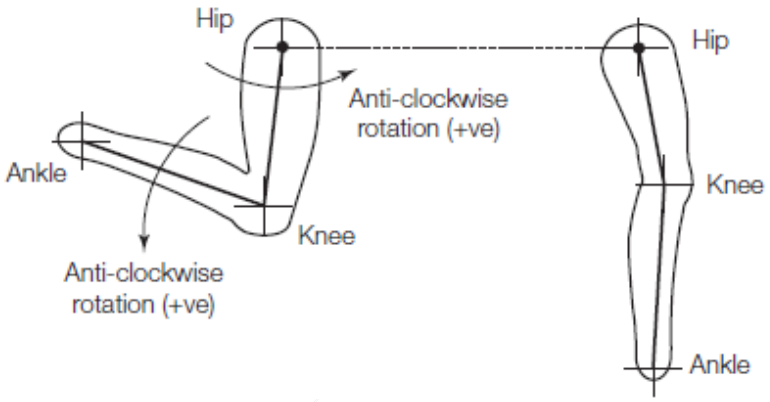


Fig. A3.5. Calculation of average angular velocity (ω) of the upper leg (thigh)

شكل41: يوضح القياسات الكينماتيكية لحساب متوسط السرعة الزاوية (ω) لاعلى الرجل (الفخذ).



شكل 42. يوضح الحركة الزاوية للاطراف في ركل الكرة (يوضح فقط الطرف الاعلى والاسفل للرجل).

الاستاتيكا: Statics

تعرفها سوسن هال "بأنها فرع من فروع الميكانيكا يهتم بالانظمة في حالة السكون او الحركة المنتظمة".(Hall, 2007.p.3)

الديناميكا: Dynamics

تعرفها سوسن هال "بأنها فرع من فروع الميكانيكا يهتم بالانظمة في حالة التسارع (العجلة)" (Hall, 2007.p.3).

الكيناتيكا: kinetics

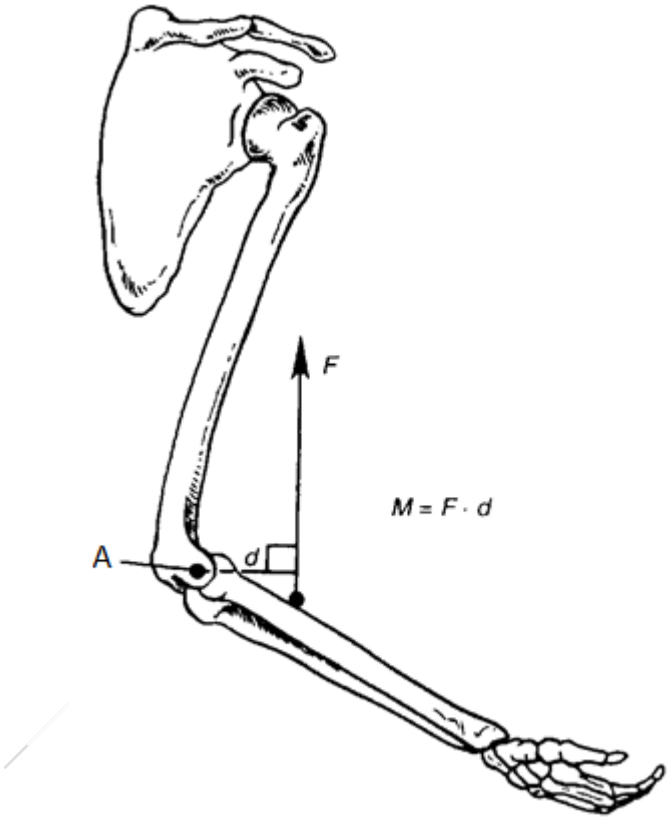
تعرفها سوسن هال "بأنها دراسة تأثير القوى".(Hall, 2007.p.3)

كينسيولوجي : Kinesiology

تعرفها سوسن هال "بأنها دراسة الحركة البشرية".(Hall, 2007.p.3)

3.4. الروافع: Levers

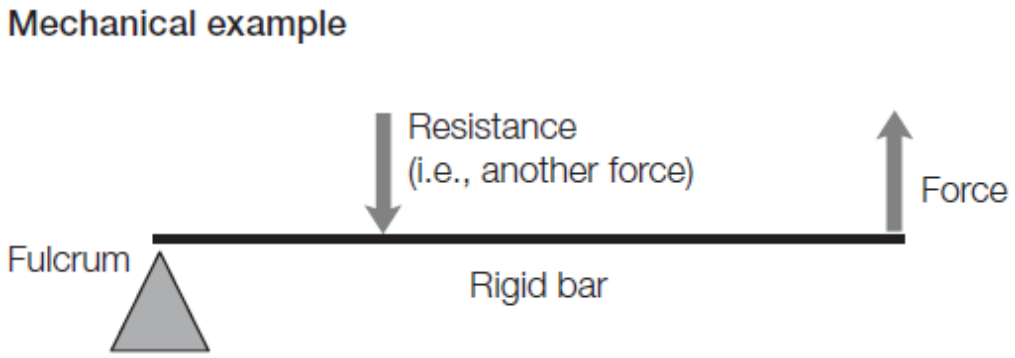
وتعرف الرافعة بأنها " قضـيب صـلب يدور حول محور او نقطة ارتكاز. في الجسـم البشـري العظام او الاطراف تتصرف كقضيب صلب والمفاصل تتصرف كمحوراو نقطة ارتكاز. عموما القوة المؤثرة على الرافعة للتحرك او مقاومة جسم او قوة خارجية. في الجسم البشري العضلات تمثل النتج للقوة و المقاومة (القوة الاخرى) تنتج عن قوى خارجية تؤثرعلى الجسـم مثل (الجاذبية – ثقل – إصطدام أو اتصال).



شكل 43: يوضح تطبيق لشكل الرافعة في الاحهزة البشرية (الدجة الثالثة).

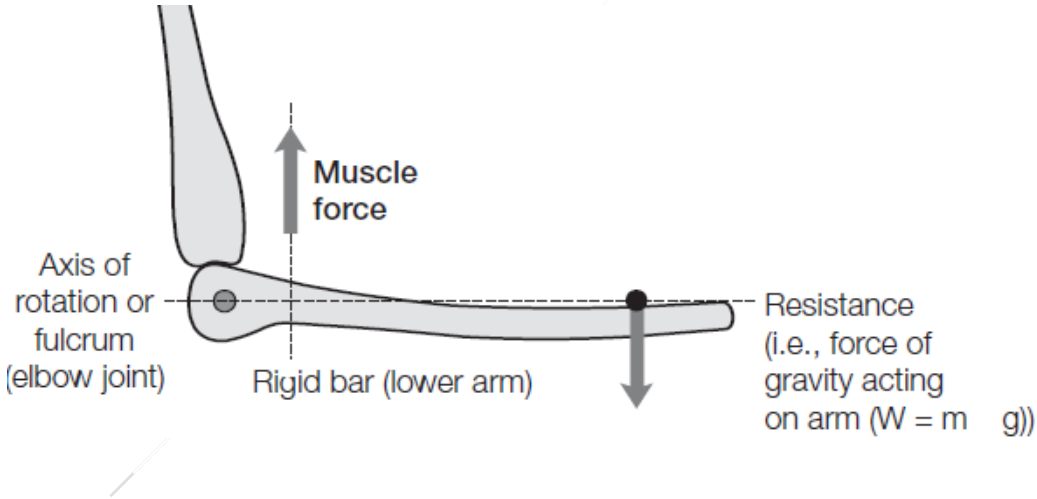
قانون اتزان الرافعة: القوة X ذراعها (عموديا) = المقاومة X ذراعها (عموديا)

معادلة3 : $F.FA\perp = R.RA\perp$



شكل 44. يوضح تركيبة الرافعة ومكوناتها.

وبالتالي فإن مكونات الرافعة الموضح في شكل 44 يمكن تطبيقها علي الجسم البشري بحيث تكون المفاصل ممثلة في محور الدوران أو الارتكاز (Fulcrum) ووزن الطرف المتحرك أو المقاوم للحركة (Resistance) والمسافة من نقطة تاثير المقاومة عموديا حتى المفصل يمسى بذراع المقاومة. أما القوة (Force) تكون ناتجة عن انقباض العضلات إما للتحريك أو لمقاومة الحركة.

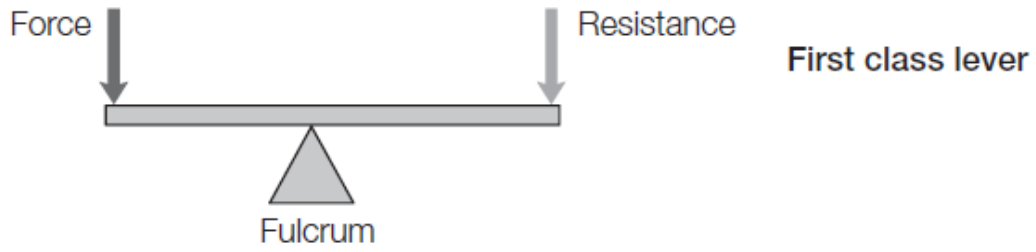


شكل 45. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة في الجسم البشري.

- رافعة من الدرجة الاولى:

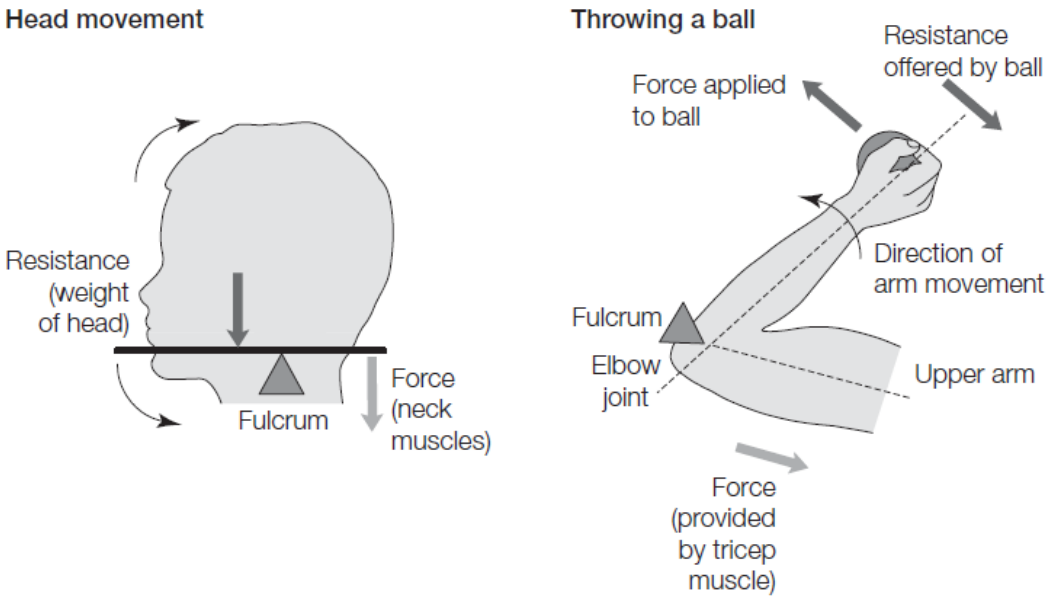
وفيها يكون مكان محور الدوران واقع بين نقطة تاثير القوة ونقطة تأثير المقاومة (أو قوة أخرى)

شكل 46 يوضح ذلك خطيا.



شكل 46. يوضح شكل الرافعة من الدرجة الاولى.

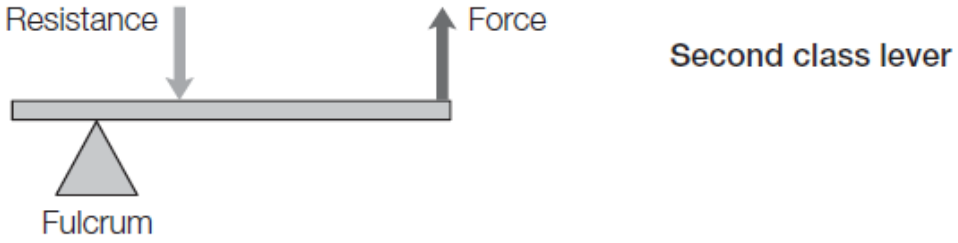
وأمثلة ذلك في الحياة العامة



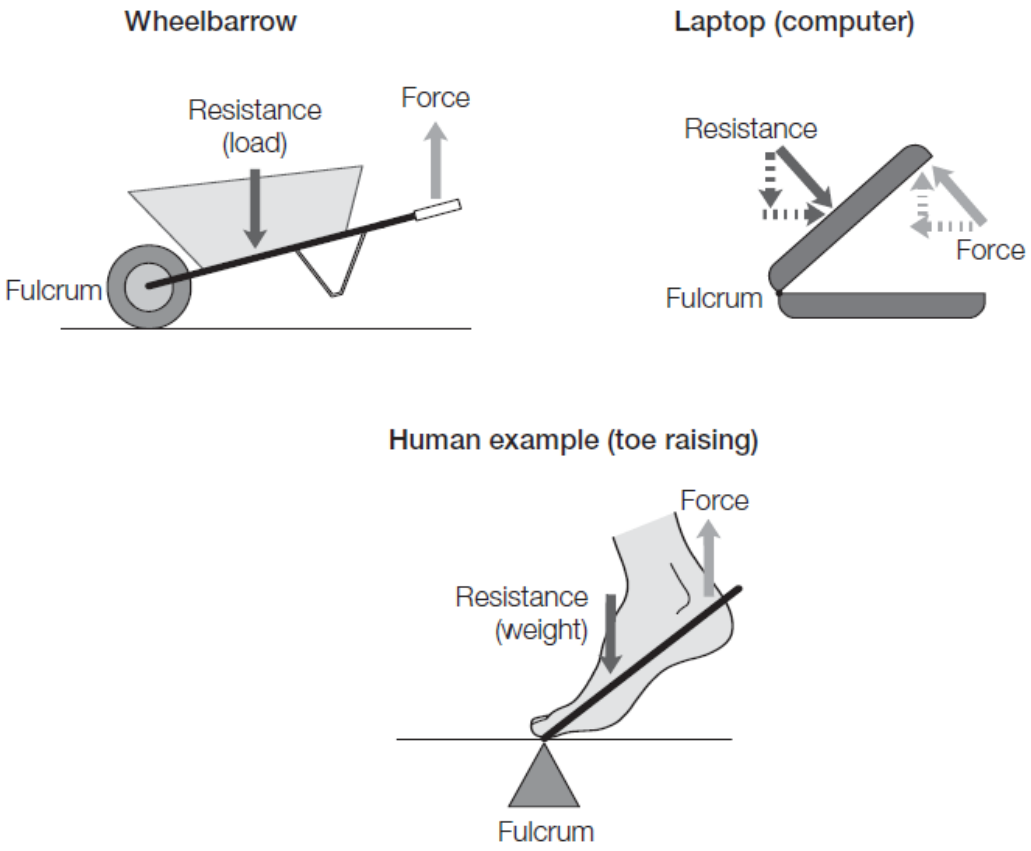
شكل 47. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة من الدرجة الاولى في البشري.

- رافعة من الدرجة الثانية:

وفيه يكون مكان نقطة تأثير المقاومة (أو قوة أخرى) واقع بين نقطة تاثير القوة و محور الدوران شكل 46 يوضح ذلك خطيا.



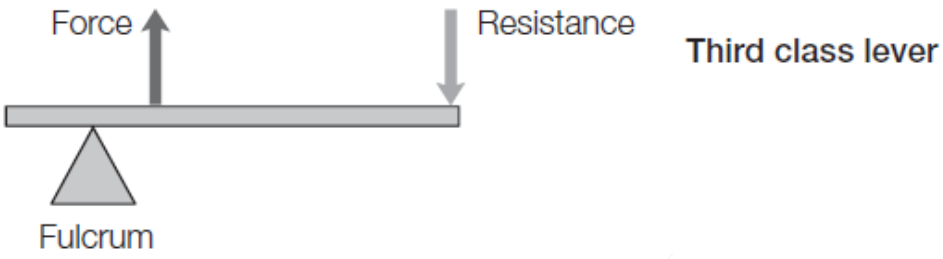
شكل 48. يوضح شكل الرافعة من الدرجة الاولى.



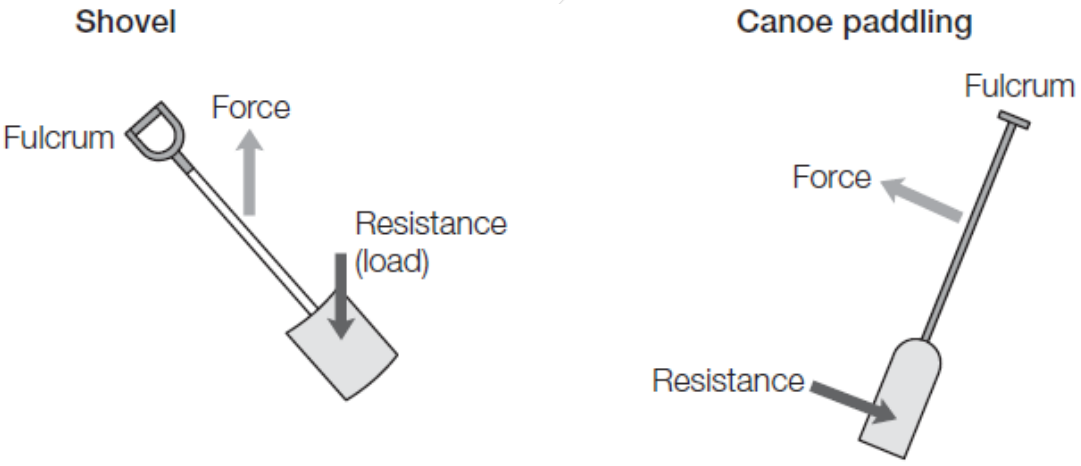
شكل 49. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة من الدرجة الثانية في الحياة العامة والجسم في البشري.

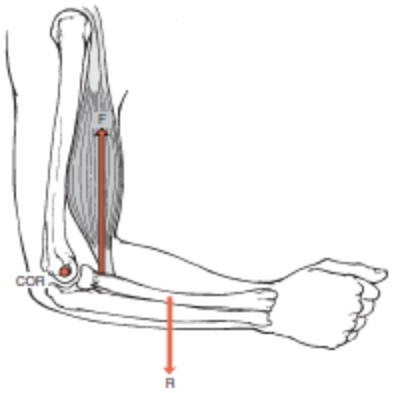
- رافعة من الدرجة الثالثة:

وفيه يكون مكان نقطة تاثير القوة واقع بين نقطة تأثير المقاومة (أو قوة أخرى) و محور الدوران شكل 46 يوضح ذلك خطيا.

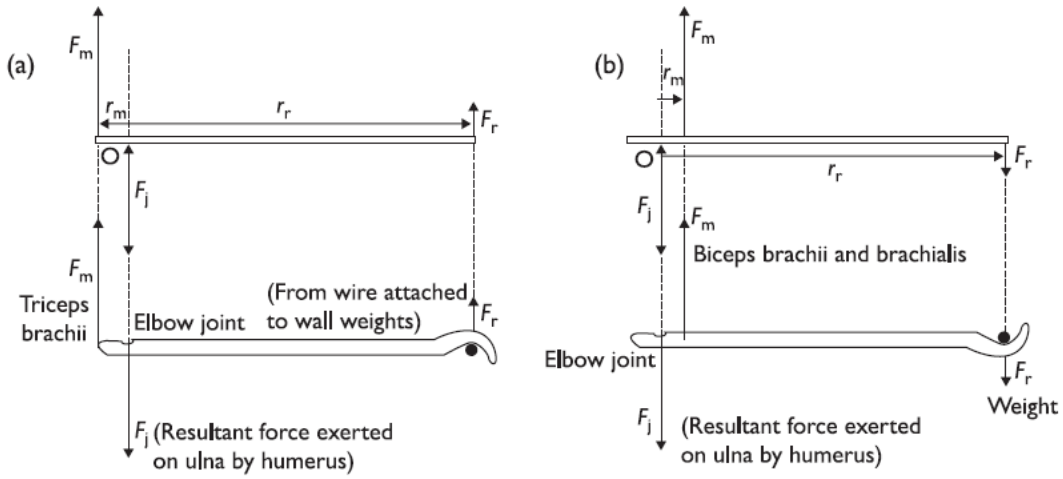


شكل 50. يوضح شكل الرافعة من الدرجة الثالثة.





شكل 51. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة من الدرجة الثالثة في الحياة العامة والجسم في البشري.



شكل 52. يوضح نفس المجموعة العضلية العظمية المكونة في التطبيق (a) لرافعة من الدرجة الاول وفي التطبيق (b) رافعة من الدرجة الثالث

3.4.1. *ذراع القوة:* (Moment Arm)

هو البعد العمودي ⊥ من نقطة تأثير القوة حتى محور الدوران.

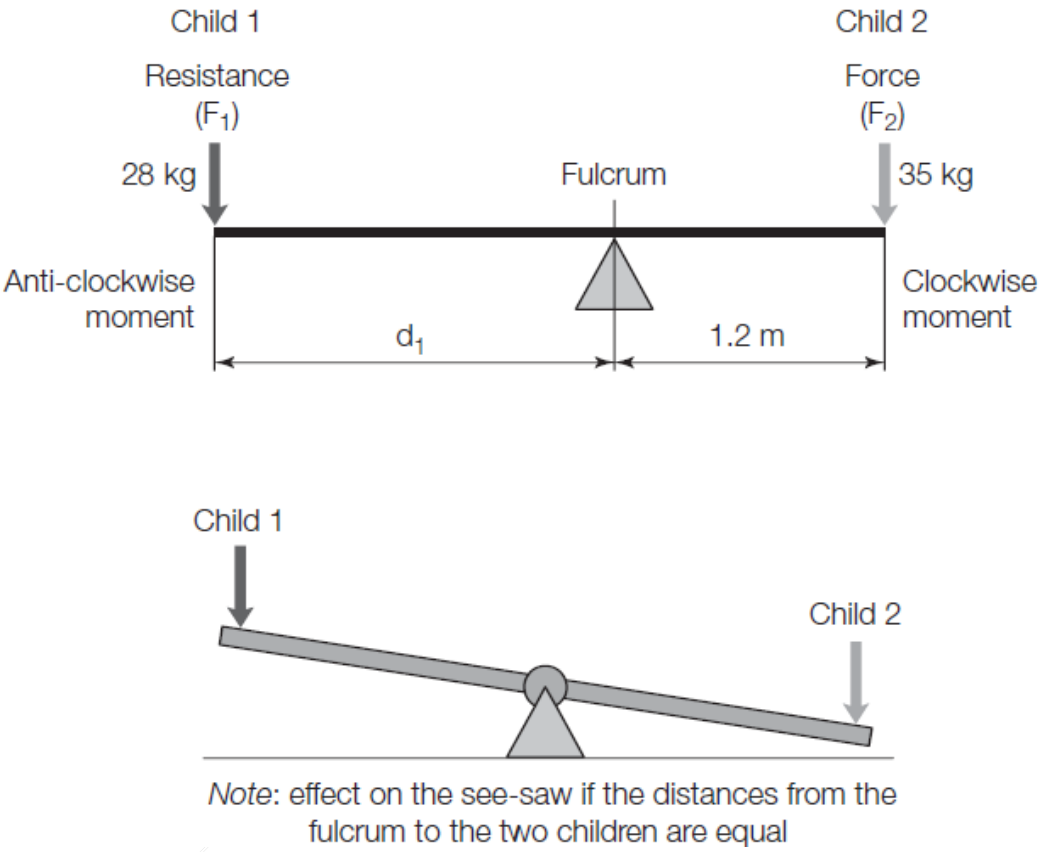
3.4.2. *ذراع المقاومة:* (Resistance Arm)

هو البعد العمودي ⊥ من نقطة تأثير المقاومة حتى محور الدوران.

3.4.3. *محور الدوران:* (Fulcrum)

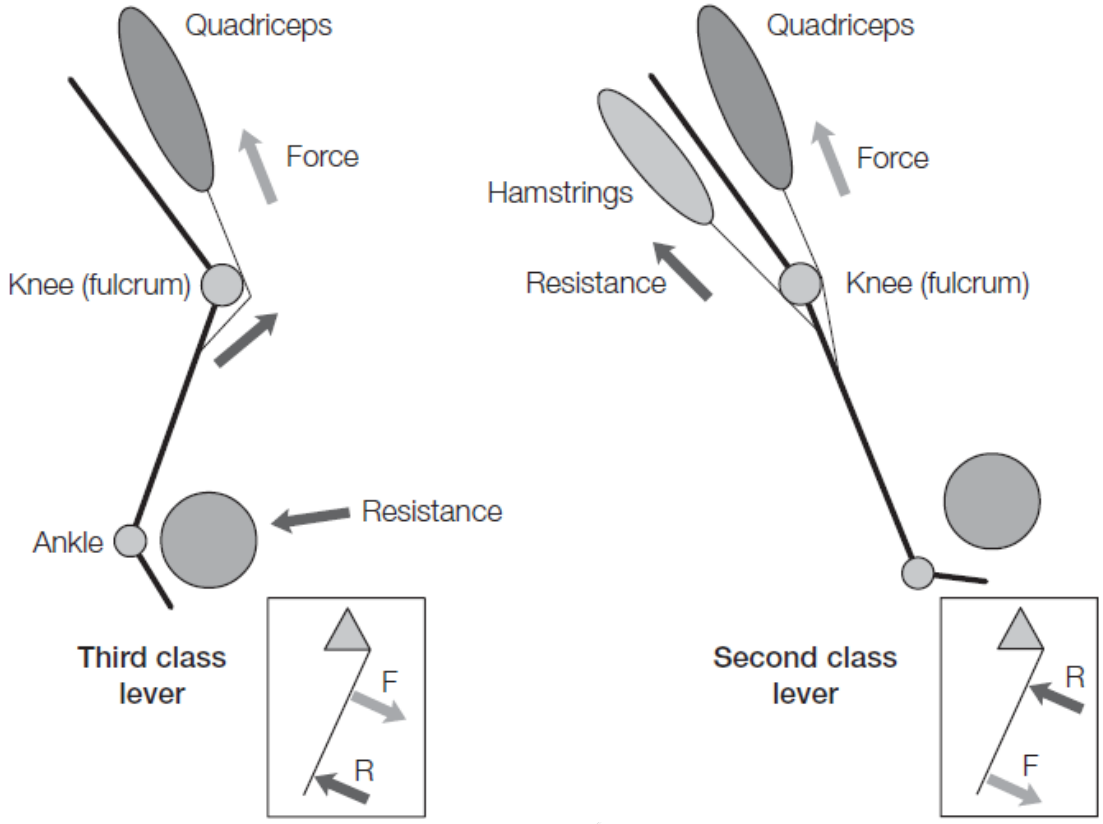
هو المحور الذي تدور حوله الرافعة.

مثال: بتطبيقك لقانون توازن الرافعة. أحسب قيمة ذراع القوة أوالمقاومة (d_1) اذا ما علمت أن الرافعة متزنة.



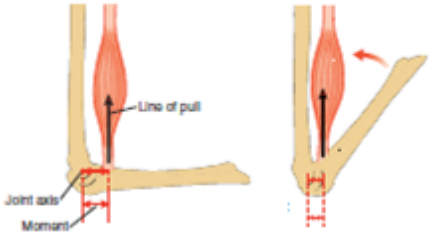
شكل 53. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة من الدرجة الثالثة في الحياة العامة والجسم في البشري.

الروافع اثناء حركة الانسان:



شكل 54. يوضح تطبيق عملي لشكل الرافعة من الدرجة الثالثة في الحياة العامة والجسم في البشري.

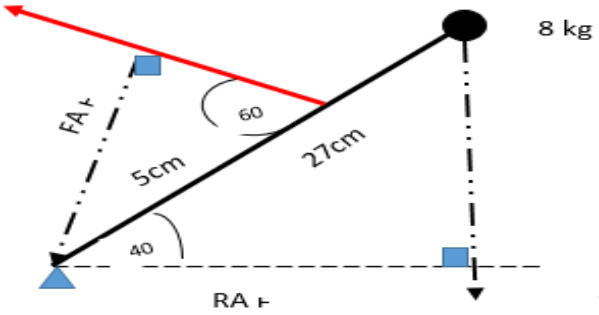
مثال: وضع ثقل على راحة اليد كتلته 8 كجم. بحيث كان يبعد مسافة 27 سم عن اندغام العضلة ذات الرأسين العضدية والتي كان إندغامها يبعد مسافة 5 سم عن مفصل المرفق وتشد بزاوية مقدارها 60°. والساعد كان يصنع زاوية مقدارها 40° مع الافقي. أوجد القوة اللازمة لاتزان الرافعة. (10 درجات)

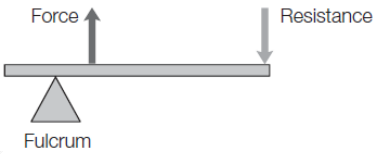


1. تحويل الكتلة الى وزن بالنيوتن:

W=m*g w = 8 * 9.81 = 88.29N

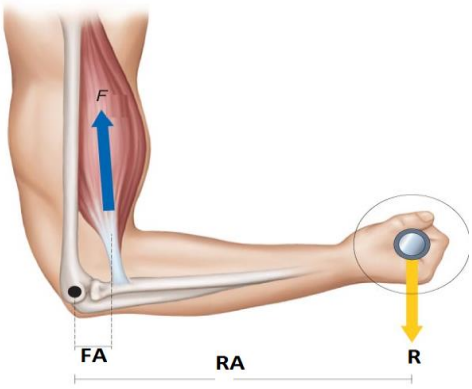
2. رسم السؤال: رافعة من النوع الثالث يليه وضع البيانات الاخرى على الرافعة





3. التعويض:

$$F * FA\perp = R * RA\perp$$



المشي والقوام

Posture and Gait

4. المشي والقوام: Gait and Posture

ما المقصود بتحليل المشى-:

تحليل حركة وميكانيكية جسم الانسان أثناء المشى وما يصاحبها من طلوع ونزول السلم وتجنب العوائق فى الطريق.

أهمية تحليل المشيه-:

- معرفة وتشخيص مشاكل الطرف السفليين.
- اتخاذ القرار بشأن العمليات.
- عمل الجهاز التعويضى (prosthesis) المناسب للطرف.
- مقارنة المشي قبل وبعد العمليه.
- الدراسات فى حالات البتر (amputee)والرياضات المختلفه.

كيف يتم تحليل المشى أو الحركة بصفة عامة ؟

معمل الميكانيكا الحيوية يتكون من جزئين-: ..

- جزء الأجهزة والمعدات-:(hardware)

1. كاميرات متعددة متصلة (multi system camera)ببعضها البعض.
2. بلاطة حساسة للقوى.(force platform)
3. محسات الضوء.(markers)
4. وحدة القياس الكهربى للعضلات.(EMG)
5. وحدة التصفير والتعديل.(calibration apparatus)

- جزء المعدات والبرامج-:(software)

1. تجميع نواتج التحليل والتصوير.
2. حساب أجزاء وخواص المشى .(gait parameters)

الملاحظات وتحليل الحركة

يتم بملاحظة خواص المشيه .. وهى-:

- طول الخطوة المزدوجة :(stride length)المعدل الطبيعى لها .. 1.5 متر (تكون أقل فى الأطفال).
- زاوية التقاء الكعب بالأرض (heel contact angle): الطبيعى عند بداية اللمس للأرض يكون فى زاوية قائمة مع مشط القدم ويكون فى شكل سقوط مشط القدم الى أسفلfoot drop فى حالات شلل عضلات الساق الأمامية (anterior tibial) وفى حالات التشوهات (talipes eqiuno)) حالات تيبس العضلات الخلفية للساق (calf spasticity)
- الزاوية بين مشط القدم والأرض فى نهاية الخطوة. (terminal toe angle)
- زاوية الركبة عند التقاء القدم بالأرض.. (contact knee angle)

تكون الركبة مفرودة فى الوضع الطبيعى عند بداية تلامس الأرض فى بداية الخطوة وعند التقدم فى الخطوة تكون المرحلة الثانية- وهى ثنى الركبة قليلا- لتحميل وزن الجسم على القدم.

وفى بعض الحالات المرضية تكون زاوية الركبة أعلى من الطبيعي وثابتة فى ما يسمى تيبس العضلة الخلفية للفخذ (hamstring contracture)والمسئولة عن ثنى الركبة.

درجة ثنى الركبة فى حالة (knee flexion)رفع القدم من على الأرض (swing phase)وحالة وضعها خلال المشى.(stance phase)

درجة فرد مفصل الفخذ الى الخلف فى نهاية الخطوة.(terminal hip extension)

- مدى انحناء الظهر.(spine flexion)
- سرعة المشى.(gait velocity)
- عدد الخطوات فى وقت معين أثناء المشى. (cadence)
- عرض الخطوة.(step width)
- بعض أشكال المشي الغير طبيعيه

لجعل ما لاحظته أثناء المشى أشياء عملية وتشخيصية يجب معرفة أكثر أشكال المشيات الغير طبيعية-: ...

أمثلة المشاكل الناتجة عن مرض-:

1. أضطراب الجهاز العصبى الحركى العلوى المركزى (upper motor neuron lesion)
2. الشلل النصفى (hemiplegia) شلل الطرفين السفليين. (diaplegia)
3. المخيخ ←(cerebellum) الشلل الرعاش الثابت. (ataxia)
4. اضطراب فى الأعصاب الطرفية.... (peripheral neuropathy)
5. انشقاق العمود الفقرى (spina bifida)عطب العصب المغذى للفخذ (femoral nerve injury).
6. اضطراب الحس. (sensory neuropathy)

7. عطب قشرة المخ. (cortical lesion)

8. اضطراب الجهاز العظمى (musculoskeletal disorders) التفاف قصبة الساق (tibial torsion) خلع مفصل الحوض أثناء الولادة (congenital hip dislocation)

9. حالات البتر.(amputee)

أمثلة أشكال خاطئة لبعض المناطق-:

1. القدم ... انحناء الأصابع .. (toes flexion) رجل البطة .. (flat foot)السير ووضع الأصابع للداخل. (toe in gait)

2. الكاحل .. انحناء للداخل أو للخارج .. (varus,valgus)سقوط القدم. (foot drop)

3. القصبة .. التواء القصبة. (tibial torsion)

4. الركبة .. الركبة المتخشبة .. (stiff knee)انحناء الركبة للخلف نتيجة ارتخاء الأربطة. (genu recurvarum)

5. عظمة الفخذ .. التواء عظمة الفخذ. (femoral anteversion)

6. مفصل الحوض (زيادة الانثناء (hip flexion)) الميلان أثناء السير (trendlenburg sign) .

7. عظام الحوض .. الالتفاف للأمام أو الخلف (anterior, posterior pelvic tilting)

8. العمود الفقارى .. زيادة التحدب فى منطقة الصدر .. (kyphosis)التواء العمود الفقارى وانحنائة الى جهة ما. (scoliosis)

9. الذراع .. زيادة أو قلة التأرجح عن المعدل الطبيعى. (swing abnormalities)

أمثلة للألآم وأسبابها التى تؤدى الى مشاكل-:

1. خشونة المفاصل (osteoarthritis) الركبة – العمود الفقارى.
2. التمزق والالتواء (sprain, strain) الركبة – الكاحل.
3. الكسور. (fractures)
4. التهابات العضلات .

شكل 55: معمل اليكانيكا الحيوية لاختيارالحركة البشرية.

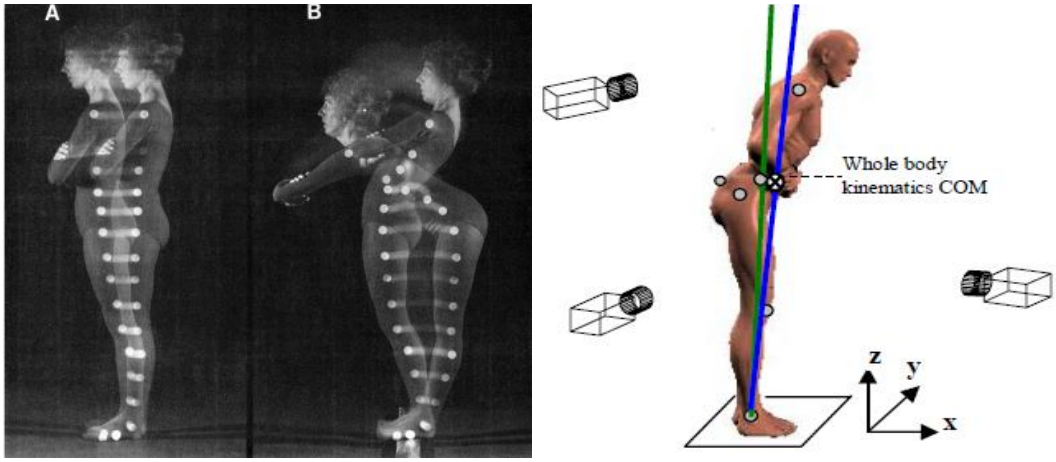
.1.1. استراتيجيات المحافظة على الاتزان اثناء الوقوف.

للاحتفاظ الاتزان اثناء الوقوف يتطلب الامر الاحتفاظ بمركز الثقل فوق وداخل قاعدة الاتزان (الرجل أو الرجلين غالبا).

استراتيجية الكعب. Ankle Strategy

اثناء الظروف العادية اي سلامة الحواس (السمع – البصر – حساسات الجسم – والصحة العقلية) يستخدم الجسم أولا استراتيجية الكعب بحيث يكون شكل عمل الجسم كبندول مقلوب قمته مركز الثقل ومحور دورانه مفصل الكعب وهو ما يسمى نظرية البندول المقلوب Pendulum Inverted (IP). شكل 56 يسار يبين الحركة توضيحيا في الاتجاهين امام – خلف Anterior – Posterior (AP) والذي يحدث ايضا في الاتجاهين أنسي – وحشي Medial – Lateral (ML).

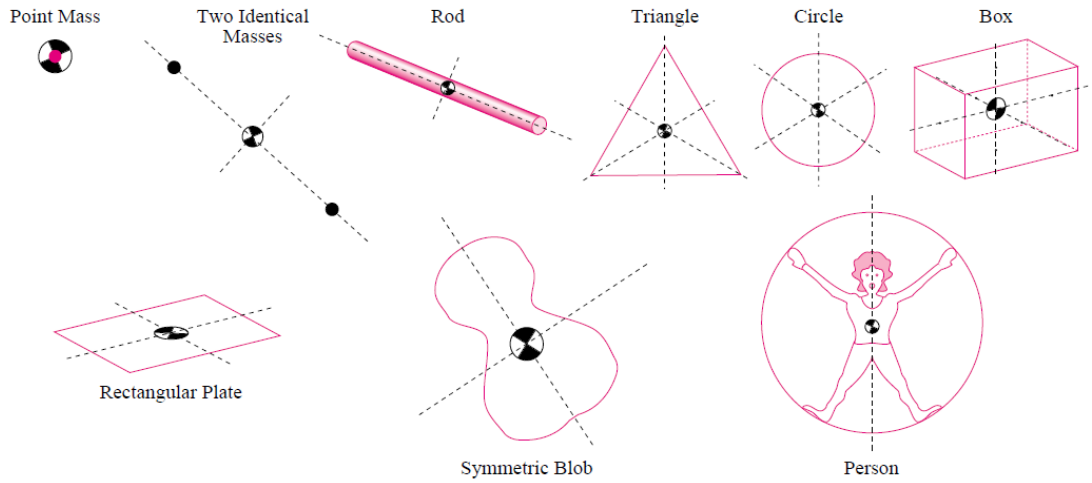
استراتيجية الحوض.Hip Strategy



شكل 56: يوضح استخذام كلا من استراتيجية الكعب (يسار) واستراتيجية الحوض (يمين).

استراتيجية الخطوة.Stepping Strategy

مركز الجاذبية: هو نقطة الجسم والتي يكون تاثير كل الوزن حولها. بوضوح اكثر هي النقطة التي يكون فيها تصرف كل الجسم نتيجة تاثير قوة الجاذبية تماما مثل تصرف كل نقاط الجسم والشكل التالي يوضح هذه النقطة.



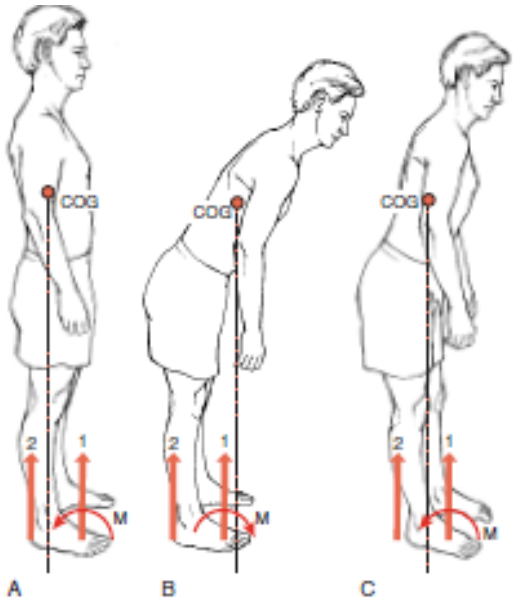
شكل 57: يوضح مكان مركز الثقل لعدة أمثلة.

مركز الثقل: هوالنقطة أوالموقع الذي يمثل متوسط تركيز كل كتلة الجسم. معرفة وفهم موقع مركز الثقل في الجسم هو أمرهام لتطبيق قوانين الميكانيكا الحيوية على الحركة البشرية. فأنماط حركة مركز الثقل فوق الحاجزهو أمرهام ومرعاة إهتمام لمدرب العاب القوى كذلك معرفة شكل ونمط حركة مركز الثقل أثناء المشي باثولوجيا للاطفال هو أمرهام ومرعاة إهتمام التقييم الطبي.

موقع مركز الثقل في الجسم البشري إما أن يكون في حالة تغيرمستمرأوشبه ثابت. هو النقطة التي يمكن أن تقع داخل الجسم أو خارجه. فلاعب الوثب العالي يسمح لمركز ثقله بالمرور تحت العارضة اثناء مرحة التعدية في الوثب العالي.

الاتزان هو قدرة الجسم على الاحتفاظ باتزانه الساكن. فاتزان الجسم يتأثر بموقع مركز ثقله. فيكون الجسم في حالة اتزان اذا ما اقترب مركز ثقله من قاعدة الاتزان. كذلك يكون الجسم في حالة اتزان

اذا ما مرالخط العمودي داخل قاعدة الاتزان. أما اذا ما وقع مركز الثقل خارج قاعدة الاتزان فيعتبر الجسم في حالة انعدام الاتزان.



شكل 58. يبين مركز الثقل لرجل يحافظ على اتزانه. يجب أن يحتفظ بمركز ثقله داخل قاعة الاتزان. ليست مشكلة اثناء الوقوف العادي في شكل (*A*) ولكن عندما يثني جذعه يقرب مركز ثقله الى الحافة الامامية لقاعة الاتزان ويصنع حالة من عدم الاتزان (*B*). الرجل يحتاج للضغط على مقدمة.

مركز الجاذبية ومركز الثقل هما نقطتان تخيليتان أي لا يمكن رؤيتهما بالعين بل يتم حسابهم وفق معادلات رياضية. هناك عدة مناهج يكمن من خلالها حساب موقع مركز الثقل الانسان. لوح تحديد موقع مركز الثقل هو احدي هذه المناهج والتي يتم بها ببساطة تحديد موقع مركز الثقل اثناء السكون الجسدي. المناهج الاخري يكون باستخذام نظام الثلاثة الابعاد وذلك باستخذام التصويرالمرئي وتحويل العلامات المستخدمة على الجسم ومن تم حساب موقع مركز الثقل بواسطة تحليل الحركة البشرية. موقع مركز الثقل في النظامين البعدين والثلاثة ابعاد ايضا اثناء حالة السكون أو الحركة يحدد من قواعد الحركة. التحرك حول محاور مختلفة تؤخذ في الاعتبار لحساب موقع مركن الثقل الكلي للجسم. تستخذم بيانات مركز ثقل مختلف الكتل الجسمية لحساب تحديد مركز الثقل الكلي للجسم. يوجد طرق مختلفة تستخذم لحساب مركز ثقل مختلف الكتل الجسمية.

تطبيق مبادىء علم الميكانيكا الحيوية فى المصانع وأماكن العمل Ergonomics

يعتبر علوم الحركة على الأعمال(ergonomics) من العلوم الحديثة والتى تهدف الى توفير الوقت فى العمل وجعل مكان العمل والأدوات المستخدمة أكثر فاعلية عن طرق جعلها أكثر راحة وأسهل استخداما وأكثر أمانا بالنسبة للعمل .

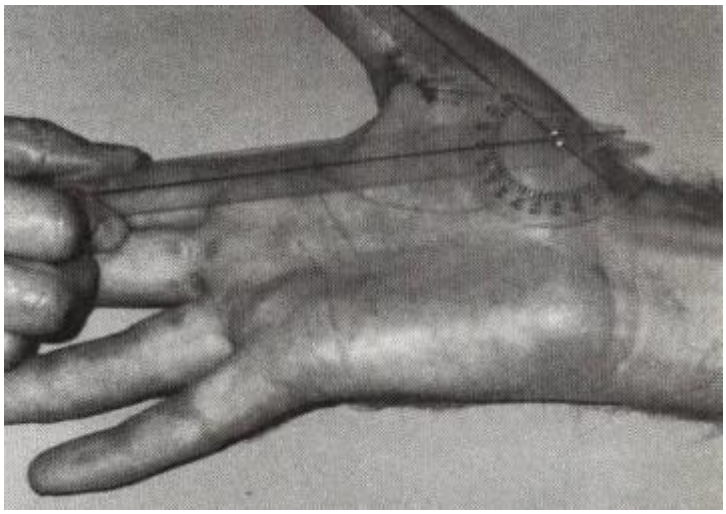
وهذا التحليل يتطلب معلومات عن الأداء الانسانى ومعرفة أهم العوامل المؤثرة عليها فى أماكن العمل .. وهذه العوامل يمكن وضعها تحت عنوانين .. هما .. شكل الأدوات والماكينات المستخدمه والذى يؤثر على قوام العامل و طبيعة مكان العمل (درجة الحراره – الرطوبة – الاهتزاز – الضوضاء) وتأثيرها على صحة العامل .

- أمثله على أنواع الحركة أثناء العمل :-

- قوام الجسم أثناء العمل(posture) .
- قياسات جسم الانسان ومدى تلائمها مع العمل المطلوب(anthropometry).
- المتطلبات الجسديه للعمل(physical demands) .
- تحليل الوقت(time analysis) .. ومعرفة الوقت المطلوب للانتاج (predetermined time analysis) .
- معرفة كمية الطاقه المبذوله فى عمل ما(energy expenditure) .
- الوقت المفروض لأخذ راحه كافيه أثناء وبعد العمل(fatigue\rest cycle) .
- بعض الاصابات الناتجة عن تكرار استخدام أداة ما .. فى شكل معين .. لوقت طويل(cumulative trauma) .

- طرق التحليل :-

  - الطريقة الرياضية الحسابية(mathematics) .
  - عن طريق الكمبيوتر وبرامج التحليل المختلفة: وهذه الطرق تعتمد على القياسات (قوة العضلة –مدى الحركة للمفصل) وتتم القياسات عن طريق التخطيط الكهربى للعضلات (EMG) وقياس مدى الحركه عن طريق المعدات المخصصه لذلك(goniometer).



- خطوات التحليل الحركى داخل أماكن العمل :-

- تجميع معلومات عن طبيعة العمل.

- مقابلة مع العمال .

- تقسيم العمل الى مراحل .

- دراسة كل مرحلة لمعرفة العوامل المؤثرة على العامل .

- قياس تلك العوامل .

- تحويل المرحلة الى أدوات ومعدات مستخدمة .

- ملاحظة العمال أثناء أداء العمل .استخدام تسجيل الفيديو أو أخذ صور لأوضاع العامل .

- القياسات داخل مكان العمل :-

- قياس الارتفاعات للمهمة المطلوبة(work surface height) .

- قياس المسافة بين العامل وأدواتة .
- معرفة مميزات سطح مكان العمل .. مثل .. الانزلاق – مدى الصلابة – وجود حواف حادة ... أم لا .
- قياس درجة الحرارة (بارد أو ساخن) ومدى التعرض لها ... وجود اهتزازات ناتجة من جهاز .. ام لا .
- هذا بالاضافة الى قياسات قوى العضلة ومدى الحركة للمفاصل كما قلنا سابقا .

- ايجاد حلول للمشكلات داخل مكان العمل :-

- أولا معرفة العوامل المؤثرة ومدى الضرر منها .
- قياس ذلك الضرر ومقارنتهة بالمعدل الطبيعى والذى يتعلق بأمان العامل (درجة الاهتزاز).
- مدى صعوبة المهام المطلوبة .
- ترتيب المشاكل حسب الأولوية .
- حل المشاكل بالترتيب.

- تحليل المتطلبات الجسمانية :-

- معرفة متطلبات العمل من قدرات وامكانيات لتحقيقه على أكمل وجه ولوضع العامل المناسب فى العمل المناسب"fit" والذى يجعل العامل يعمل فى وضع آمن .
- توقع الوقت المطلوب لتحقيق عمل ما(predetermined time) .. وذلك عن طريق تقسيم المهنة الى عدة حركات واعطاء كل حركة وقت .. ومعرفة تأثير الأدوات المستخدمة على هذه الحركات وعلى الوقت المطلوب لتنفيذها لجعل انتاجية العمل أسرع (وقت أقل) .

- معرفة الطاقة المبذولة(energy expenditure) :-

- وتعتمد على معرفة قدرات العامل ومميزاته .. وعلى طبيعة المهمة المطلوبة .

- معرفة الوقت المطلوب لجلب الراحة الكافية(fatigue\rest cycle) :-

- وهى توقع الوقت المطلوب للراحه لجعل العامل يعود أكثر نشاطا الى العمل دون اجهاد .

- تحليل وضع العامل وقوامه ووقفته أثناء العمل .

التحليل الحركى لأوضاع الوقوف والجلوس والاستلقاء وعلاقتها بالعمل :-

- وضع الوقوف :-

- يوجد نوعين من ألياف العضلات فى جسم الانسان .. نوع يتميز بقدرته على العمل لفترات طويله(tonic) .. ونوع آخر يتميز بقدرته على بذل شغل أكبر فى المرة الواحدة(phasic) لكنه لا يتحمل أثقال لفترات طويلة.

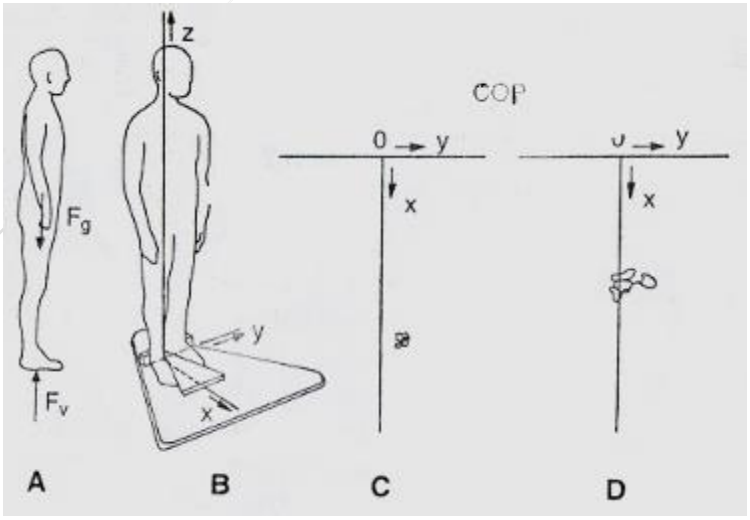
- عند الوقوف تعمل العضلات الهيكلية من الرقبه وحتى القدم تعمل على ثبات القوام وتكون تلك العضلات من النوع الذى يتحمل العمل لفترات طويلة دون تعب .. ومن عيوب تلك العضلات أنها تقوم باضعاف العضلات المقابله لها من النوع الآخر وهذا يؤدى الى حدوث القوام الخاطىء ويؤدى الى الآلآم .

- مثال على ذلك قصر عضلات المنطقة الظهرية القطنية وعضلات مفصل الفخذ الأماميه مع وجود ضعف فى عضلات البطن والأرداف ويؤدى الى التفاف الحوض الى الأمام مع زيادة انحناء الفقرات القطنية وهذا يؤثر على المشى وعلى العمل.

- ما يقاس أثناء الوقفة :-

- مكان مركز ثقل الجسم (COG) .

- تأثير ثقل الجسم (وزن الجسم على القدمين) عند الالتقاء بالأرض (مدى الضغط الناشىء عن وزن الجسم)وتقاس عن طريق بلاطة والتي تستخدم محسات فى كل زاويه منها لتقيس القوى .. وأيضا متصلة بالكمبيوتر.

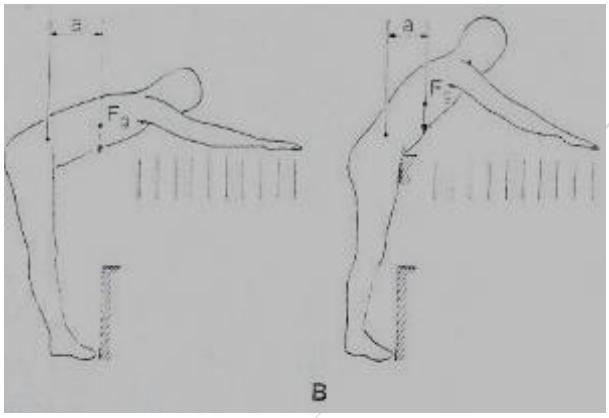


- كمية التأرجح من وضع الثبات لتوضيح مدى التحكم فى عضلات الجسم.

- درجة ميل القدم لأنها تحدد الى أى مدى يحمل العامل وزنه على مشط القدم أو على الكعب .. ويعبر درجة الميل على طول الكعب للحذاء (المسموح به درجة ميل 10 ← 14 درجه أى 3- 4 سنتيمتر طول كعب الحذاء كحد أقصى) .

- شكل القدم : مدى تقوسها .. والقدم فى الشخص الطبيعى ليست مسطحه ولكنها تأخذ شكل القوس لتوزيع وزن الجسم بالتساوى على القدم.

- وضع مد الذراعين للحصول على أداة ما(reach) : وهذا الوضع يكون أسوأ كلما تكون المسافة أطول بين الأدوات والعامل لأنه سوف يضطر الى احناء ظهره أكثر وهذا يؤدى الى تحميل أكثر على العضلات .



- وضع الجلوس :-

- من الممكن معرفة الكرسى المناسب ومقاساته بالنسبه لشخص ما عن طريقين : معرفة مقاسات الشخص نفسه .. ومعرفة نوع العمل المطلوب .

- والمقصود بالكرسى المناسب هو الذى يسمح بحركه جيده فى مجال العمل المطلوب مع تقليل التحميل على العضلات عن طريق مسند الظهر ومسند الذراعين ونوع المادة المستخدمه فى المقعد .. وكذلك مسند القدمين

- .

- مسند الذراعين(arm rest) :-

- أهميته تكمن فى عدم تحميل وزن الذراعين على عضلات الكتف (وزن الذراع يمثل 10% من وزن الجسم).

- من المفضل أن يكون قابل للتغيير فى طوله وأن يأخذ شكل الذراع أسفل المرفق .. المهم أن لا يكون هناك مسند أسفل الرسغ أو اليد .

- من مشاكل عدم وجود مسند الذراع .. حدوث تحميل على عضلات وأربطة الكتف وهذا يؤدى الى حدوث آلآم الرقبه وتسميعها فى الذراعين .

- مسند الظهر(back rest) :-

- أهميته فى جعل الظهر فى شكله الطبيعى مستوى وقائم دون تحميل على العضلات .

- عندما يكون المقعد بدون مسند الظهر يؤدى هذا الى .. آلام أسفل الظهر (حيث يجلس العامل فى وضع مسترخى يجعل المنطقه القطنيه تتقوس وتفقد شكلها الطبيعى وهذا يضغط على أربطة العمود الفقارى).

- من الضرورى ألا يمتد المسند لأعلى من لوح الكتف . فقط أسفله .. حتى لا يجعل الجالس يميل بظهره الى الأمام وهذا يؤدى الى زيادة التحميل على أسفل الظهر .

- المقعد(seat) :-

- عند الجلوس يتحمل وضع الجسم العلوى بالكامل على ما يسمى بالبروز الحوضى (Ischial tuberosity) .. ويمكنك الشعور بذلك اذا جلست على مقعد صلب .

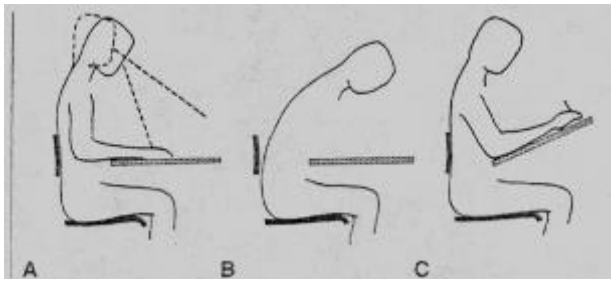
- يوجد بعض قوى الاحتكاك بين المقعد وهذا البروز .. وهذا يمكن تجنبه تماما بجعل زاوية المقعد مع مسند الظهر حوالى .. 90-95 درجة .

- يفضل أن تكون مادة المقعد اسفنجية لتسمح بتوزيع أفضل لوزن الجسم على أرداف الجالس بالتساوى بدون الضغط على منطقه أكثر من الأخرى .

- عدم ملائمة المادة أو صلابتها تؤدى الى تركيز القوة والوزن على منطقه معينة وهذا يؤدى الى شعور عدم الارتياح .

- تعتمدالزاوية بين المقعد ومسند الظهر على العمل المطلوب فتكون الزاوية أكبر فى كرسى السيارة وكراسى الراحة فى المنزل (الفوتيه) ويتطلب وجود مسند للرأس .. ولكن فى كراسى العمل لا يفضل زيادة تلك الزاويه عن 90-95 درجه .. ولا يفضل وجود مسند للرأس.

- طاولة المكتب (table):-



- تعتمد راحة الجالس عليها أيضا بصفة أساسية – بالاضافة الى مميزات الكرسى – على الطاوله الموضوعه أمام الكرسى .. مثلا للقراءة أو الكتابه .

- عندما تكون الطاولة قصيرة بالنسبة للشخص يضطر الى الميل برقبته الى الأمام وهذا يؤدى الى آلام الرقبة بعد فترة من العمل .

- أيضا يتأثر وضع الشخص بزاوية المكتب (حوالى 120 درجة ← يسمح بزاوية جيدة للنظر ووضع مناسب للرقبة).

- بعض مشاكل الجلوس :-

- غيا ب مسند الذراع ← آلام الكتف والرقبة .

- غياب مسند الظهر ← آلام أسفل الظهر .

- اذا كان مسند الظهر أعلى من لوح الكتف ← تقوس الظهر فى شكل C .

- المقاعد الصلبة (الناشفة) الأفقية تماما ← احتكاك بين المقعد والأرداف .. عدم الراحة .

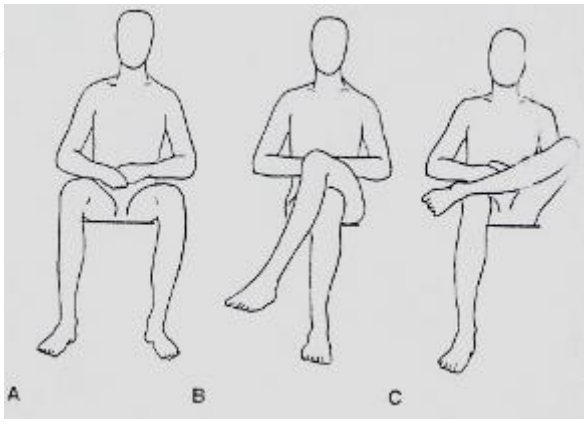
- غير مناسب للمسنين أن يجلسوا على مقاعد قصيرة أو عميقة .

- طول المقعد المناسب للكبار يكون كبير وغيرمناسب للأطفال .

- القراءة أو الكتابة على المكتب الأفقى تماما دون زاوية ← ميل الرقبة الى الأمام .. آلام الرقبة .

- الجلوس مع وضع (رجل على رجل)(cross) :-

- يلاحظ أن العضلة البطنية المائلة(abdominal obliquus) تكون فى حالة نشاط فى وضع الجلوس أكثر منها فى وضع الاستلقاء .. و وضع قدم على قدم يريح تلك العضلة .. ولذا ينصح بوضع قدم على قدم أثناء العمل على فترات متباعدة مع تبادل وضع القدمين .

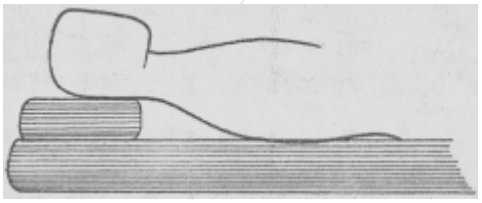


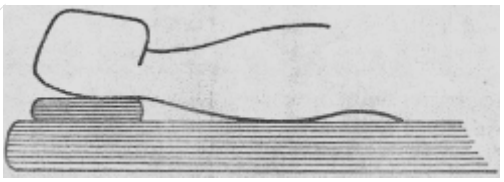
-

- وضع الاستلقاء :-

- هو الوضع الذى يكون فيه الجسم كاملا مستريحا على السرير .. ولذا لابد أن يكون للسرير مواصفات لتجعله أكثر راحة .. وهى :-

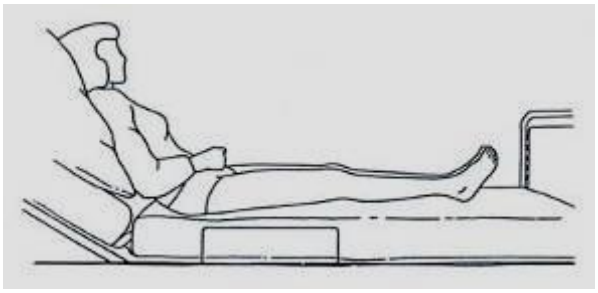
- مشابه لانحناءات الجسم والظهر .
- يظل مستويا .
- له رد فعل مريح وغير قوى (مثل السوستة الزنبركيه).
- له فتحات تهوية جيدة.
- مادته ليست باردة جدا أو ساخنة جدا .
- هام جدا للرقبة .. أن تكون هناك وسادة ملاءمة وتكون سميكة تبعا لانحناء الرقبة .
- كلما كان الانحناء أكبر يفضل أن تكون الوسادة أعلى وأكثر سمكا .
- اذا كان السمك قليل .. يعطى انحناءا للرقبة أكثر للخلف .. واذا كان أكثر من اللازم يعطى انحناءا للأمام أكثر .. وكلاهما غير مريح .
- يجب ألا تكون وسادة السرير صلبة لأن هذا يؤدى الى عدم الارتياح.





- الجلوس فى السرير :-

- هذا الوضع منتشر وخصوصا فى المستشفيات ويفضل أن يكون السرير يمكن تعديله بحيث يلاءم كل شخص .. وأن يعطى للظهر والرقبة مسند مناسب ولكن مشكلته هى الانزلاق من هذا الوضع دائما .. مما يؤدى الى قرح الفراش خصوصا مع الجلوس لفترات طويله .



أمثله لبعض المشاكل وحلول لها عن طريق أساسيات علم الميكانيكا الحيويه:-

- آلام الرقبة واستخدام الانترنت :-

- عند الجلوس لفترات طويلة والرقبة فى وضع واحد – مثلا عند التعامل مع الكمبيوتر والانترنت – يؤدى هذا الى التحميل الزائد على عضلات الرقبة .. وآلام الرقبة .. وقد يضغط على فقرات الرقبة والغضاريف بينها .. وهذا بدوره يؤثر على الأعصاب الخارجة من بين الفقرات والمغذيه للطرفين العلويين وهذا يؤدى الى شعور بالتنميل .

الحلول المقترحة :-

- لا تجلس لفترة تزيد عن 45 دقيقه .. استرح قليلا بعد هذة الفترة ثم عاود العمل .

- عمل بعض التمارين الخفيفة للرقبة كل 45 دقيقه .. متمثلة فى تمرينات تقوية واطالة وحركة الرقبة .

- تعديل وضع شاشة الكمبيوتر أو الأداة المنحرفة أمامك بحيث تكون مناسبه لوضعك .

- الصــداع :-

- فى الأغلب يكون بسبب العين والتى تقوم بعمل تعديل لمعدل الاضاءة والمسافه باستمرار .. ووجود اضاءة عالية أو منخفضة .. أيضا التركيز على الكمبيوتر لفترات طويله يجهد العين ويعطى شعور بالصداع.

الحلول المقترحة :-

- تعديل الشاشة بحيث تكون الاضاءة غير عالية .

- اغلاق النافذة أمام ضوء الشمس الذى ينعكس على الشاشة .

- استخدام الشاشة الواقية والتى تحمى عينيك من الأشعة الضارة.

- أرح عينيك كل فترة عن طريق النظر الى شيء بعيد قليلا لمدة دقيقه .

- اجهاد العينين :-

- ويحدث هذا عادة مع مستخدمى الكمبيوتر والانترنت لفترات طويله.

الحلول المقترحة:-

- مراجعة طبيب العيون لعمل نظارة أو عدسات مناسبة–اذا كنت فى حاجه اليها.
- استخدام الشاشة المفلترة الحامية من الأشعة الضارة .
- لاتستخدم أو تفتح أكثر من نافذة – أى فى الكمبيوتر –في المرة الواحدة .
- تعديل لون واضاءة الشاشة الى درجة مناسبة ومريحة .

- آلام أسفل الظهر :-

الحلول المقترحة :-

- استخدام مسند للظهر مناسب بزاوية مناسبة .
- تعديل مكان المكتب المقابل بحيث يكون بالقرب منك فى مسافة جيدة .
- عمل بعض التمارين الخفيفة للبطن والأرداف كل فترة من الجلوس المستمر (علي شكل تقويات واطالة وحركة مجردة) .