مفهوم التحليل الحركي

يقصد بالتحليل الحركي هنا تناول الظاهرة الحركية المراد دراستها بعد تجزئتها الى عناصرها الاولية الاساسية المؤلفة لها والتحليل قد يكون تحليلاً تشريحياً او فسيولوجياً او كيميائياً او نفسياً أو تربوياً أو ميكانيكياً.

ويعتمد التحليل الحركي بالأساس على استخدام القوانين والأسس المستخدمة في علم البيوميكانيك لغرض دراسة الحركة وتحليلها الى أقسامها المتداخلة وتقدير طبيعة كل جزء من الحركة لغرض تطبيق الاسس والقوانين الميكانيكية والتشريحية الملائمة للتكنيك المثالي للحركة.

ويساعد التحليل الحركي العاملين في مجال التربية الرياضية على اختيار الحركات الصحيحة بالأسلوب الجيد والملائم ويقرب للمدرب صورة الحركة النموذجية ليتمكن من اختيار وسائل التدريب الخاصة وطرائقه لإيصالها للمتعلم من اجل تجنب الأخطاء الحركية، كما أن التحليل من خلال التجريب يقودنا إلى الوصول إلى حصيلة دقيقة وصحيحة في الكشف عما يصاحب التغير في الحركة لكي نصل إلى نتيجة تتعلق بالإنجازات الرياضية التي تتم بالاستناد على وصف الحركة وتحليل جميع العوامل (البدنية والميكانيكية والتشريحية) التي تخص الأداء الحركي بشكل يضمن استعمالها في حل المشكلات التي تتعلق بالأداء وتقويمه، وهنالك بعض النواحي الاساسية الواجب دراستها في تحليل الحركة تتمثل بالزمن، الكتلة، القوة، المسافة ومركز الثقل.

وان التحليل الحركي من خلال التجريب يعمل ليقودنا للوصول الى حصيلة تتعلق بالإنجازات الرياضية ويتم بالاستناد على وصف الحركة وتحليلها من ناحية جميع العوامل البدنية والميكانيكية والتشريحية التي تخص الاداء الحركي بشكل يضمن استخدامها في حل المشكلات التي تتعلق بالأداء وتقويمه من خلال موازنة هذه الحقائق التحليلية بمعايير معينة تسهل على المدربين اختيار التمارين المناسبة لقيام لاعبيهم بالأداء الحركي الصحيح وخلق ظروف تدريبية خاصة لتحقيق لذلك الهدف.

تعريف التحليل الحركي

هو دراسة أجزاء الحركة وفرز وتبويب البيانات الكثيرة بعناصرها الرئيسية ثم معالجتها منطقيا بالمقارنة مع معيار مناسب ومحدد للتحول من صيغتها الكمية الى اخرى ذات معان مفيدة لمعرفة تأثير المتغيرات الوصفية والسببية للارتقاء بمستوى أداء الحركة وتحقيق الهدف منها.

أساليب التحليل الحركي

هناك أسلوبين في التحليل الحركي للحركة الرياضية ولكل منهما حدوده وطرائقه ووسائله المستخدمة في تفسير ومعرفة أبعاد الحركة، ويمكن أن نوضح الاسلوبين بما يلي:

1- الاسلوب الكمي:

يتركز هذا الاسلوب في التحليل للحركة الرياضية على الوصف القياسي الرقمي. ويتم تحويل الاداء الحركي الى قيم وأرقام تعبر عن معاني لها مدلولات علمية للتفسيرات البيوميكانيكية وتستخدم في هذا الاسلوب الكمي اجزاء مختلفة منها البسيط والمعقد لقياس وتحديد الاداء الى القيم والأرقام والمقادير للحالة الحركية.

2- الأسلوب الكيفي:

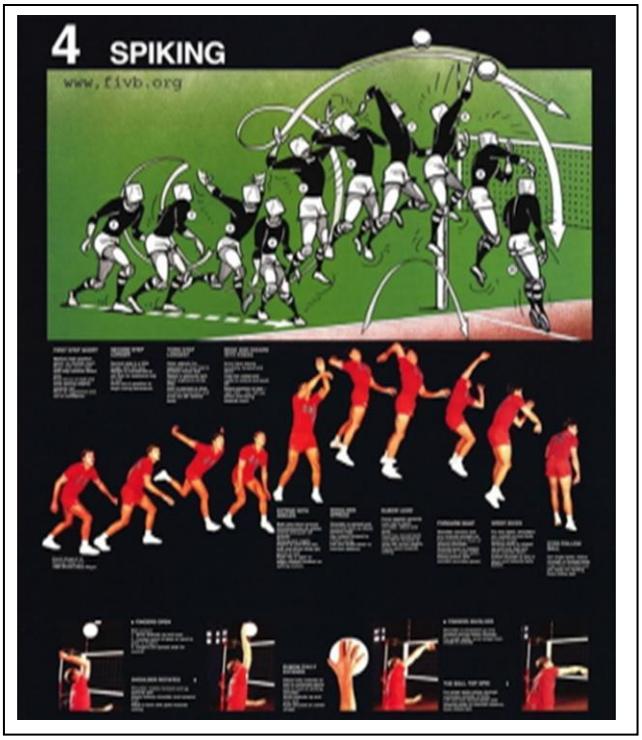
تتحدد بدراسة الحركة بشكل عام ومن دون الدخول في التفاصيل الرقمية الدقيقة. ان هذا لا يعني مطلقاً انه اسلوب سهل التطبيق بل إن الافتراضيات العلمية الكثيرة تتطلب اساساً هذا النوع من الاساليب لدراسة الحركة. ويمثل الاسلوب الكيفي اداة لكل من المدرس والمدرب الرياضي لفهم المواقف العلمية في الاداء والتدريب الرياضي الذي يعتمد فيها التحليل الحركي على مجرد الملاحظة ثم اعادة تفاصيل الاداء من الذاكرة عند الشرح وتصحيح الأخطاء.

قواعد التحليل الحركي

بغض النظر عن نوعية التحليل فان التحليل الحركي يخضع لمجموعة من القواعد العامة يمكن تطبيقها تبعا لما يأتي:

1. تحديد اسم المهارة او التمرين البدني بشكل دقيق وواضح.
2. تحديد هدف التحليل الحركي للمهارة او التمرين البدني إذ يكون مطابقا مع واجبات التحليل.
3. اختيار الطريقة العلمية التي تتناسب مع التحليل الحركي المطلوب للمهارة أو التمرين البدني.
4. تحديد الوسائل والأجهزة التي يمكن من خلالها الحصول على المعلومات الخاصة بالتحليل الحركي.
5. تعيين الخصائص والقوانين الخاصة بالمهارة او التمرين المطلوب تحليله.
6. تحليل العلاقة بين الخصائص والمتغيرات من وجهة نظر القوانين الميكانيكية والتشريحية والفيزيائية والفسلجية.

أهمية التحليل الحركي



1- تعليل الحركات الرياضية وتوضيحها.

2- بحث القوانين وشروط الحركات الرياضية وتطويرها.

3- اكتشاف طرق جديدة غير معروفة أو غير معقدة.

4- تحسين الحركات الرياضية أو التكنيك الرياضي.

5- إنَّ التحليل الحركي يستعمل لحل المشكلات التي تتعلق بالتعلم الحركي والإنجاز الرياضي العالي.

6- إنَّ التحليل الحركي يساعد المدرب على تصور الحركة أولاً ثم إيصالها الى المتعلم ثانيا.

اقسام التحليل الحركي

1- التحليل البيوكينماتيكي

وهو ذلك العلم الذي يهتم بدراسة العلاقات بين حركة جسم ما ووزنها ومكانها من دون البحث في القوى التي تسبب هذه الحركة فهو يعنى بوصف أنواع الحركات المختلفة بمساعدة اصطلاحات السرعة والتعجيل والتغيرات الخاصة بها. وتشكل الحركة الأساس الحيوي والمهم في المهارات في مجال التربية الرياضية لذلك فان مسالة التعمق في فهمها سيساعد على حل الكثير

من المشاكل. إذن الفهم يتم من خلال التحليل الكينماتيكي واستخدام التصوير الفيديوي الذي يوصلنا الى معرفة دقائق مسار الحركة ومدى تأثير المتغيرات الوصفية. فهو الوسيلة المنطقية التي يجري بمقتضاها تناول الظاهرة موضوع الدراسة كما لو كانت مقسمة الى أجزاء أو عناصر أساسية.

2- التحليل البيوكينتيكي

وهو ذلك العلم الذي يهتم بدراسة الحركة والقوى او الاسباب التي تقف وراءها من وجهة نظر القوة والشغل والطاقة .....إلخ وقد يكون البيوكينتيك انتقالياً خطياً ويطلق عليه البيوكينتيك الخطي او يكون حول محور للدوران ويسمى البيوكينتيك الدائري او الزاوي.

مفهوم الحركة

تمثل الحركة محور اهتمام مختلف الدراسات والأبحاث للعاملين في مجال التعلم والتدريب الرياضي، وذلك بالنظر إلى طبيعة النشاط الحركي المبني بالأساس على أداء مختلف الحركات لتجسيد معظم المهارات الحركية والتي نسعى من خلالها إلى تحقيق الأداء الحركي المثالي وفق المستويات المراد تحقيقها والمتمثلة في (أقوى ، أسرع ، أعلى ...) في مختلف الفعاليات الرياضية خلال المنافسات الرياضية، ولذلك قد مثلت الحركة أحد المواضيع الرئيسية للعديد من التخصصات التربوية و البيولوجية ... بغرض تحديد أهم العوامل والمتغيرات المؤثرة في الجانب الكمي و الكيفي للحركة.

فالحركات من الناحية البيوميكانيكية هي أن يغير الجسم مكانه في مساره الزمني، فالحركة تحدث إما بتأثير جسم على جسم أخر أي قوة خارجية أو تكون داخل الجسم (ذاتية) بتأثير قوة العضلات، والحركة المقصودة في مجال التربية الحركية هي الحركة الهادفة التي تؤدي إلى النشاط الملحوظ للعضلات الهيكلية أي الحركة الإرادية، وتكون الحركة بأشكال متعددة (دورانية، انتقالية، منتظمة وغير منتظمة ذات مرجحات أو بدون توقفات).

تعريف الحركة

هي انتقال أو ودوران الجسم أو أحد أجزائه في اتجاه، وبسرعة معينة، وباستخدام أداة أو بدونها وتحدث نتيجة لانقباض العضلات والذي ينتج عنها حركة الجسم كلية أو أحد أجزائه.

اشكال الحركات

عندما ننظر الى المهارة بالعين المجردة فإننا ندرك ابعادا: البعد الافقي والبعد العمودي والبعد العميق وإن العين البشرية ترى جميع هذه الابعاد ولكن المشكلة تكمن في بعض الاجزاء التي تختفي، حيث إننا نستطيع أن نرى لاعب الكرة الطائرة عند الكبس أو لاعب الغطس عند قفزه في الماء، حيث نلاحظ جميع الاجزاء التي ضمن مدى الرؤية وندرك العلاقة بينها ولكن يتعذر علينا رؤية الجهة المعاكسة للاعب، ولكن في حالة لاعب الجمناستك الذي يؤدي حركة دوران الجسم على المحور الطولي نرى جميع الاجزاء بالتعاقب، ويمكن أن تقسمها الى نوعين او بعدين:

1- حركة ذات البعدين(المستوية):

وهي الحركة التي يمكن تحديدها وتحليلها من خلال آلة التصوير واحدة أو اثنتين.

2- الحركات ذات الابعاد الثالثة:

وهي الحركة التي يمكن تحليلها من خلال أبعاد ثلاثية سيما الحركات التي تتم على أكثر من محور في وقت واحد.

ان هناك حركات مستوية وذات أبعاد متماثلة وغير متماثلة وهذا يتعلق بالوصف الدقيق للحركة، فحركة دوران الجسم حول نفسه مثل الجمناستك متماثلة، في حين أن حركة الوثب العريض غير متماثلة عندما يترك لوحة الارتقاء وتكون قدم للأمام والاخرى الى الخلف وذراع الى الاسفل والاخرى الى الأعلى.

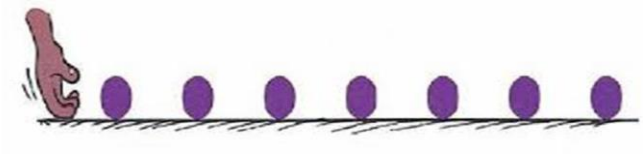
اشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي:

الحركة الانتقالية:

يحدث هذا النوع من الحركة عندما ينتقل الجسم بكامل أجزائه من مكان لأخر بحيث ترسم الأجزاء المكونة لذلك الجسم مسارات متوازية مع بعضها في أي لحظة من لحظات حدوث الحركة وتقطع مسافات متساوية أثناء حدوثها، وقد تكون هذه المسارات متوازية مع بعضها بشكل أفقي كما في حركة التزحلق على الجليد أو بشكل منحني كما يحدث في الهبوط بالمظلات.

ويمكن الاستدلال عليها عندما تتحرك جميع نقاط الجسم نفس المسافة وفي نفس الاتجاه وبنفس الزمن المستغرق عادة ما تسمى هذه الحركة بالحركة الخطية ويمكن حدوث هذا الانطلاق بطريقتين تتمثلان:

الحركة الانتقالية المستقيمة:

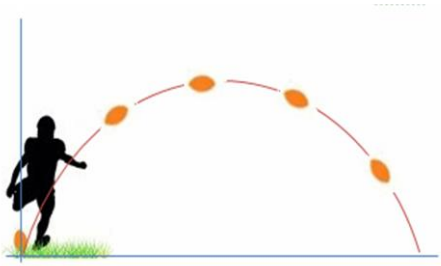


أحد أنواع الحركات الانتقالية المستقيمة

تتمثل في حركة جميع أجزاء الجسم في نفس الاتجاه على خط مستقيم. ومن الأمثلة هذه الحركة:

حركة التسديد في كرة اليد من الثبات، حركة الكرة في خط مستقيم، حركة الانزلاق على الجليد، حركة كرة البولينغ، الركض في ألعاب الساحة والميدان

الحركات الانتقالية المنحنية

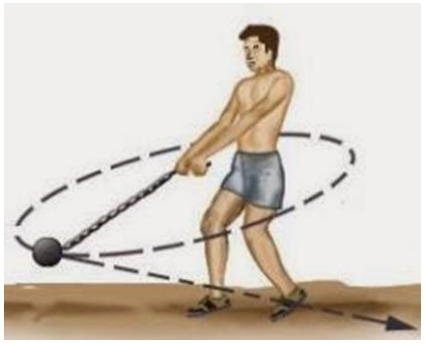


أحد أنواع الحركات الانتقالية المنحنية

وهي الحركات التي تتم في الزاوية: أثناء انتقال الجسم وهي تختلف عن الحركة الدائرية حيث إن الحركة الدائرية يكون محور دورانها داخل أو خارج الجسم، أما الحركة الانتقالية المنحنية فيكون محور دورانها خارج الجسم والحركة الانتقالية المنحنية هي حركة انتقالية ولكن في خط منحنى.

ومثال ذلك: حركة الرمي في الجلة هي حركة في خط منحني (حركة الجلة)، حركة اللاعب في القفز الطويل، حركة رجل المظلات بالنسبة للجذع

الحركة الدائرية



أحد أشكال الحركات الدورانية (رمي المطرقة)

تعرف الحركة الدائرية على أنها حركة الجسم على محيط دائرة، بحيث يقطع أقواسا تقابلها زوايا. ويحدث هذا النوع من الحركة عندما تدور النقطة أو الجسم حول محور ثابت وتسمى غالبا الحركة الدورانية، وقد يكون محور الدوران خارج الجسم، كما هو الحال في جميع المهارات العقلة مثلا، وقد يكون داخله كدوران الأطراف حول مفصلها.

اشكال الحركة من ناحية مسارها الزماني

تقسم الحركات وفقا للعلاقة بين المسافة المقطوعة ووحدة الزمن الى نوعين:

1- لحركات المنتظمة:

وتعني ان يقطع الجسم مسافات متساوية في ازمنة متساوية مثل عداء يقطع كل 10م في 1 ثانية لكل مسافة في السباق اي ان الحركة منتظمة.

2- حركة غير المنتظمة:

يقطع الجسم مسافات غير متساوية في ازمنة متساوية، فقد يقطع العداء مسافة 10أمتار في الثانية الاولى و12 متر في الثانية التي تليها و8 أمتار في الثالثة، من هنا فإن حركة العداء غير منتظمة نظرا لاختلاف سرعته وهنا يعرف ذلك بالتعجيل، وهي اما تكون متزايدة بتعجيل موجب او تناقصي بتعجيل سالب او متذبذبة بين الزيادة والنقصان وبحسب طبيعة الواجب الحركي.

علم التشريح وعلاقته بالتربية البدنية وعلوم الرياضة:

مما لا شك أن هناك علاقة كبيرة بين التربية البدنية عامة وبين علم التشريح جسم الانسان بصفة خاصة إذ يعتبر هذا العلم من العلوم الطبية التي تعتمد على قاعدة أساسية للتعرف والتفهم لأصول التربية البدنية من الجانب التشريحي. وتختلف دراسة علم التشريح في كليات التربية البدنية عنها في كليات الطب من ناحية الغرض والتطبيق، اذ يدرس هذا العلم في كلية الطب دراسة عملية أكثر منها نظرية ويقصد به معرفة أجزاء جسم الانسان وأعضائه وأجهزته وأحشائه وما به من أوعية دموية ولمفاوية وأعصاب وغيرها والوضع الطبيعي لها في الجسم ويستفيد الطالب والطبيب من ذلك في كل علومه الطبية وفي تشخيص الامراض وأجراء العمليات الجراحية وغيرها. أما في كلية التربية البدنية فقد روعي في منهج علم التشريح كأحد المواد الطبية الفنية فوضع منهج محدود يتناسب مع دراسة التربية البدنية من حيث:

1-إمكانيات الجسم الحركية: ويستطيع المدرس او المدرب من الاستفادة من علم التشريح حسب احتياجاته ويتمكن من معرفة أجزاء جسم الانسان والاستفادة بذلك في الاستعمال الصحيح وفي القيام بالحركات الرياضية المختلفة ومعرفة العضلات التي تقوم بهذه الحركات والبعد عن الاخطاء التي قد تؤدي إلى نتائج غير مقبولة.

2-أهمية علم التشريح لعلوم التربية البدنية: ولا يغيب عن الذهن أهمية علم التشريح للقائمين بالتربية البدنية فعلى أساسه يدرس علم إصابات الملاعب وعلم التدليك والعلاج الطبيعي وغيرها إذ تعتمد هذه العلوم اعتمادا أساسياً على دراسة علم التشريح الذي يساعد كثيرا على تفهمها بوجه خاص وتفهم التربية البدنية بوجه عام، فضلا عن ايجاد التحليل الحركي المناسب للحركات الرياضية وفق الخصائص التشريحية للمفصل المشترك بالأداء والذي له علاقة مباشرة بعلم البايوميكانيك.

3-الحركات الرياضية وتحقيق الاداء الامثل: كما يستفيد الرياضي من علم التشريح باستعمال الاعضاء المناسبة للحركة التي يقوم بها وأداء هذه الحركات بطريقة صحيحة وذلك بمعرفة العضلات والمفاصل التي تقوم وتشترك في هذه الحركات ومقدار أهميتها فيها.

4-التعرف على الاخطاء البدنية وتصحيحها وعلاجها: ومن دراسة علم التشريح نستطيع أيضاً التعرف على كثير من الاخطاء البدنية وبالتالي نستطيع تصحيحها وعلاجها وكذلك بمعرفتنا للأجزاء المكونة لجزء معين في الجسم ونستطيع تلافي بعض العيوب البدنية وذلك بالتمرينات الرياضية المناسبة التي تزيل أو تخفف تلك العيوب.

الحركات الأساسية لمفاصل جسم الانسان

1- الثني: يقصد به تقليل الزاوية بين أجزاء الجسم المتحركة كما في حركة تقريب الساعد من العضد أو ثني الجذع الى الامام أو الى الجانبين.

2- المد: هي عكس عملية الثني أي إبعاد الاجزاء المتحركة عن بعضها أو الرجوع الى وضع الحركة الطبيعي.

3- التبعيد: هي عملية إبعاد جزء الجسم المتحرك عن الخط الممثل لمنتصف الجسم.

4- التقريب: هي عكس عملية التبعيد أي تحريك الجزء المبعد الى خط منتصف الجسم.

5- الرفع: هي عملية رفع جزء أو أجزاء من الجسم من وضع الوقوف التشريحي الى الأعلى.

6- الخفض: هي عكس عملية الرفع أي إعادة الجزء أو الاجزاء المتحركة الى وضع الوقوف التشريحي.

7- الكب: تدور اليد أو اليد والساعد من مفصل المرفق الى الداخل وتتم الحركة حول المحور الطولي بالساعد بحيث تواجه ظهر اليد الى الأعلى، أي تدوير اليد أو اليد والساعد.

8- البطح: هي عكس عملية الكب تماماً المرفق الى الخارج بحيث تواجه باطن اليد الى الأعلى.

9- التدوير: هي عملية تدوير الجسم او الجزء المتحرك حول المحور الطولي للعظم.

10- الدوران: وهي أوسع الحركات التي يقوم بها الجسم أي تشكيل دوائر أثناء الحركة وتشمل هذه الحركة كالثني والمد والتقريب والتبعيد والرفع والخفض حركة الكب والبطح حركة التدوير

تحليل حركات اجزاء الجسم:

تقسم الى ثلاثة اقسام رئيسية وهي:

1- الاطراف السفلى: (القدم...الساق...الفخذ)

2- -هيكل محور الجسم: (الجذع...الراس...الرقبة)

3- -الاطراف العليا: (العضد...الساعد...اليد)

بعض القياسات الجسمية اثناء الأداء الحركي:

- زاوية مفصل الرسغ: وهي الزاوية المحصورة بين الكف والساعد وتقاس من الأمام.
- زاوية مفصل المرفق: هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل من مفصل الكتف الى مفصل المرفق مع الخط الواصل من مفصل المرفق الى مفصل الرسغ وتقاس من الامام.

يوضح زاوية مفصل الرسغ

يوضح زاوية مفصل المرفق

- زاوية مفصل الكتف: هي الزاوية المحصورة بين خط الجذع وخط عظم العضد وتقاس من الأمام.
- زاوية مفصل الركبة: هي الزاوية المحصورة بين خط عظم الفخذ (من نقطة مفصل الورك إلى نقطة مفصل الركبة) وبين خط عظم الساق (من نقطة مفصل الركبة إلى نقطة مفصل الكاحل وتقاس من الخلف.

يوضح زاوية مفصل الركبة

يوضح زاوية مفصل الكتف

- زاوية مفصل الكاحل: وهي زاوية المحصورة بين التقاء عظم الساق مع عظم مشط القدم وتقاس من الامام.

- زاوية مفصل الرأس: وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل لعظم الصدغ مع الرقبة (اي نهاية الفقرة العنقية) مع نقطة الالتقاء بالفقرات الصدرية (من الخلف) .

يوضح زاوية مفصل الراس

يوضح زاوية مفصل الكاحل

- زاوية مفصل الورك: وهي الزاوية المحصورة بين خط الجذع من نقطة مفصل الكتف الى نقطة مفصل الورك) وبين خط الفخذ (من نقطة مفصل الورك الى نقطة مفصل الركبة) في أقصى انثناء وتقاس من الأمام.
- زاوية النهوض: هي الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي والخط الواصل بين نقطة ارتكاز قدم الدفع على الأرض ومفصل الورك في آخر صورة قبل ترك القدم الأرض وتقاس من الإمام.

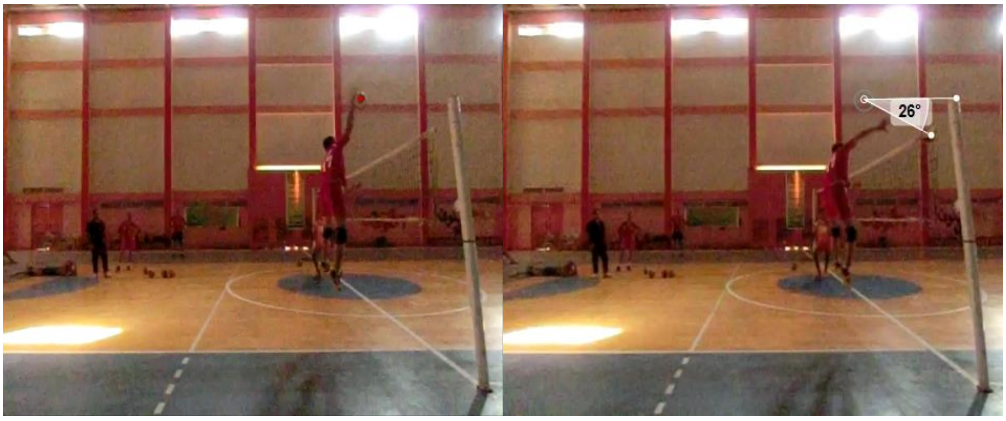
يوضح زاوية مفصل الورك

يوضح زاوية النهوض

- زاوية الطيران: وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل من مفصل الورك في آخر صورة تماس القدم مع الأرض وخط انتقال المفصل (عشرة صور متتالية) من طيرانه وبين الخط الأفقي المار بنقطة مفصل الورك الموازي للأرض وتقاس من الأمام.

ب يوضح زاوية الطيران أ

- زاوية انطلاق الكرة بعد الضرب: وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل لموقع الكرة أثناء الضرب وموقعها بعد عشرة صور متتالية مع الخط الافقي والموازي للأرض.



ب يوضح زاوية انطلاق الكرة أ

- زاوية ارتداد الكرة من الذراعين: وهي الزاوية المحصورة بين خط مسار الكرة بعد ارتدادها والخط الأفقي المار بمركز الكرة والموازي مع الأرض.

ب يوضح زاوية ارتداد الكرة من الذراعين أ

- مسافة الخطوة: هي المسافة المحصورة بين مشط القدم المتأخرة وكعب القدم الأمامية (للخطوة الأولى والثانية والأخيرة).

ب يوضح مسافة الخطوة أ

- المسافة الأفقية من لحظة النهوض إلى لحظة الهبوط: هي المسافة الأفقية المحصورة بين مشط القدم لحظة ترك الأرض عند الارتقاء إلى كعب القدم لحظة مس الأرض عند أول هبوط.

ب يوضح المسافة الأفقية من لحظة النهوض إلى لحظة الهبوط أ

- ارتفاع الكرة عن الأرض: وهي المسافة العمودية المحصورة بين مركز الكرة والأرض.
- المسافة الأفقية بين الكرة والمحور الطولي للجسم: وهي المسافة الأفقية المحصورة بين مركز الكرة والمحور الطولي للجسم.

يوضح ارتفاع الكرة عن الأرض

يوضح المسافة الأفقية بين الكرة والمحور الطولي للجسم

- ارتفاع مفصل الورك: هي المسافة العمودية المحصورة بين سطح الأرض ونقطة مفصل الورك في أقصى انثناء.

يوضح ارتفاع مفصل الورك

- زمن اقصى انثناء لمفصل الركبة: وهي الفترة الزمنية المحصورة بين أول تماس للرجل الدافعة إلى أقصى انثناء لمفصل الركبة زمن كبح (توقف) مفصل الركبة

ب يوضح زمن اقصى انثناء لمفصل الركبة أ

- زمن المد القصوي لمفصل الركبة: وهي الفترة الزمنية المحصورة بين أول عملية مد لمفصل الركبة بعد أقصى انثناء إلى لحظة قبل ترك الأرض (آخر صورة تماس القدم مع الأرض).

ب يوضح زمن المد القصوي لمفصل الركبة أ

- السرعة الزاوية للارتكاز: هي حاصل قسمة الزاوية المحصورة بين الوضع الابتدائي (أول تماس مع الأرض للرجل الدافعة) والوضع النهائي (وآخر تماس لنفس الرجل قبل ترك الأرض) على الزمن المستغرق.

ب يوضح السرعة الزاوية للارتكاز أ

- السرعة الزاوية للذراع الضاربة: هي حاصل قسمة الزاوية المحصورة بين الوضع الابتدائي (لليد الضاربة مع أول تماس لها مع الكرة) والوضع النهائي (بعد عشرة صور متتالية) على الزمن المستغرق.

ب يوضح السرعة الزاوية للذراع الضاربة أ

المستويات والمحاور وتطبيقاتها في المجال الرياضي:

ان الاستخدام للمحاور والمستويات هو الجل تصنيفي حيث ان نقطة التقاء هذه المحاور والمستويات تمثل نقطة مركز ثقل الجسم.

1-المحاور:

-**المحور الطولي (العمودي)**: وهو عبارة عن خط وهمي يخترق جسم الانسان من قمة الرأس الى أسفل الجسم ومثال على الحركة التي تتم حول هذا المحور هي كل مهارات الجمناستك التي يدور فيها الجسم حول نفسه بشكل طولي.

-**المحور العرضي (الجانبي)**: يخترق هذا المحور جسم الانسان من جانب الى آخر والحركة التي تتم حول هذا المحور هي مهارات الدحرجات والقلبات الهوائية في الجمناستك والغطس وغيرها من الفعاليات الرياضية الأخرى.

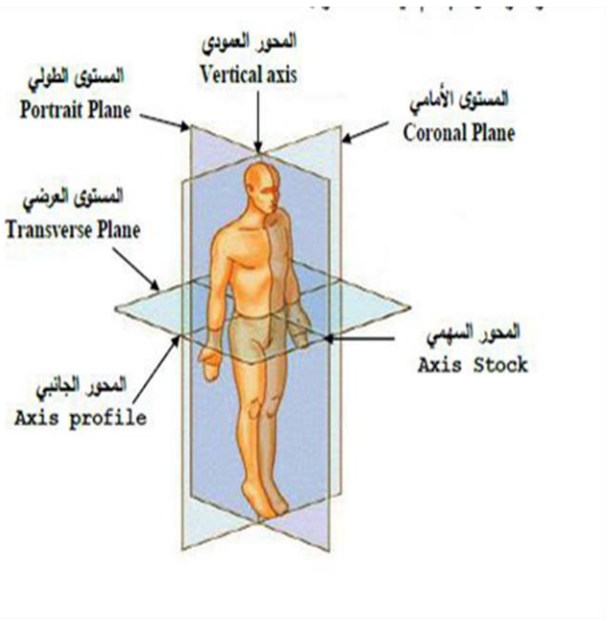
-**المحور العميق (السهمي):** يخترق هذا المحور جسم الانسان من الامام الى الخلف والحركة التي تتم على هذا المحور حركة العجلة البشرية في الجمناستك.

2-المستويات:

- **المستوى الامامي:** يقسم هذا المستوى جسم الانسان الى قسمين امامي وخلفي ومثاله حركة ثني الجذع الى الجانبين من وضع الوقوف. المحور العميق يكون عموديا على المستوى الامامي.

-**المستوى لجانبي:** يقسم هذا المستوى جسم الانسان الى قسمين متساويين ايمن وأيسر ومثاله الدحرجة الامامية في الجمناستك. المحور العرضي يكون عموديا على المستوى الجانبي.

-**المستوى العرضي:** يقسم هذا المستوى جسم الانسان الى قسمين متساويين علوي وسفلي والمحور الطولي يكون عموديا عليه ومثاله حركة دوران الجسم حول نفسه. المحور الطولي يكون عموديا على المستوى العرضي.



محاور ومستويات الحركة

التحليل باستخدام التصوير الفيديوي وفوائده:

تعتبر هذه الطريقة أكثر موضوعية في عملية التحليل الحركي بطريقة الملاحظة والتقدير الذاتي المتكرر لأنها تعتمد على استخدام أدوات وأجهزة علمية متطورة وذات تقنيات علمية متقدمة في رصد الاداء الحركي وتحديد نقاط قوته وضعفه خلال فترة زمنية معينة ودقة متناهية، فالأخطاء المرافقة لطريقة الملاحظة والتقدير بالعين المجردة يمكن تجاوزها بطريقة التسجيل الفيديو والسينمائي. أن طريقة التصوير تتميز بالقدرة على أعادة عرض ما تم رصده بالفيديو أو الكاميرا وعرضه للمدرب واللاعب لمشاهدته وتحديد تفاصيل أدق الاخطاء المرافقة للأداء الحركي التطبيقي من خلال العرض البطيء أو تثبيت الصورة. فالتحليل الحركي بالتصوير السينمائي أو الفيديوي يزيد من خلفية المدرب الفكرية عن أخطاء لاعبيه وطبيعة أدائهم وبالتالي معالجة هذه الاخطاء بشكل مباشر للأخطاء التي سبق وأن تم التنويه عنها خلال الأداء الحركي السابق حيث يقوم كل من اللاعب والمدرب بملاحظة وتدقيق الصور المسجلة للأداء الحركي وتعديلاته وإرشادات المدرب خلال

الوحدات التدريبية المصورة بغرض مقارنتها مع الأداء الذي سبق الأداء المصور. والتحليل السينمائي أو الفيديوي قد يرصد التغيرات الكينماتيكية لحركات مفاصل الجسم خلال المراحل التي تتكون منها الحركة وبشكل مباشر وعن طريق تحليل صور الفيلم أو اختيار الصور المهمة والرئيسية المؤثرة لكل مرحلة من مراحل الحركة لتحديد مسار الحركة الكامل والتعرف على اتجاهها ومؤثرات القوى العضلية والجاذبية الأرضية عليها. ويرصد التحليل بهذه الطريقة الصور التي تتطلب دراسة القوى التي تقف وراء الحركة، أي دراستها كينتيكياً، وهذه الطريقة تربط بين الأداة السينمائية وجهاز منصة القوى للتعرف على أسباب الحركة والأخطاء الناتج عن تأثيرات القوى الداخلية والقوى الخارجية.

ونتيجة للتطور الحاصل على نوعية ودقة الأداء للمهارات الحركية في كافة مجالات الألعاب لذلك بات من الضروري التماشي مع التقنيات المتطورة للقياسات والاختبارات لاستخدامها في تحديد الأخطاء ورصد المعالجات التي يضعها المدربين للنهوض بمستوى أداء لاعبيهم. أن أهمية المهارة المراد تسجيلها بغرض تحليلها ودراستها وتحديد الأخطاء المرافقة للأداء تتطلب اختيار إحدى المستويات التحليلية الآتية:

1. التحليل الحركي الخاص بمعرفة خصائص الأداء الفني للمهارة:

أن هذا المستوى للتحليل بسيط ويرتكز على دراسة المسار الحركي للمهارة وما يميزها من خصائص ميكانيكية. فعلى سبيل المثال يمكننا دراسة المسارات الحركية الخاصة بالحركة الخطية أو الدائرية وقوانينها بغرض حساب قيم المتغيرات المميزة للمسار وتحديد أهم خصائصها.

2. التحليل لتحديد الأخطاء المرافقة للأداء:

يحدد هذا النوع بامتلاك المعرفة المسبقة بأهم الخصائص للأداء الفني المميزة للمهارة التي نقوم بدراستها وقيم متغيرات هذه الخصائص على أساس التحليل والذي يتم عن طريق المقارنة بين قيم المتغيرات في كلتا الحالتين لمعرفة الأخطاء.

3. التحليل المقارن بين الأداء للحركة والمنحنيات النظرية:

تحدد هذه الطريقة بمقارنة المنحنيات النظرية للخصائص العامة التي تميز المهارة الحركية مع الأداء الفعلي للاعبين بغرض تحديد الأخطاء واقتراح ما يمكن تصحيحه على أساس هذه المقارنة والوصول بمستوى الأداء وقيمه إلى الحدود المناسبة التي تعكسها قيم المنحنيات النظرية.

4. التحليل بغرض الدراسة النظرية لحركات النماذج:

يعتبر هذا النوع من التحليل من أكثر الأنواع صعوبة ودقة، حيث يتم تصنيع نماذج وتحديد مسارات بعض المهارات الحركية الرياضية، بغرض معرفة الاحتمالات الحركية الجديدة لهذه النماذج ومدى أمكانية تطبيقها على الجسم الرياضي والتي نتوصل من خلالها من ابتكار مهارات حركية لم يسبق التعرف عليها سابقاً وخاصة في الكثير من العاب السرعة والخفة والمرونة في رياضة الجمباز والغطس وبعض ألعاب القوى.

تصميم موقع التجربة في التحليل الحركي باستخدام التصوير الفيديوي:

1- اجعل الة التصوير عمودية على منطقة التجربة.

2- ابتعد أكثر ما يمكن واستخدم البعد البؤري لتقريب الهدف.

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

4- ضع علامات دلالة على مفاصل جسم الاعب.

5- تأكد من وجود اضاءة كافية.

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

7- الة التصوير تعمل قبل اداء التجربة بقليل.

8- تأكد من تغيير الة التصوير اثناء التجربة.

9- تأكد من وجود نقطة ثابتة نقطة دلالة في موقع التجربة.

10-تأكد من وجود مقياس متري لأغراض التحويل.

11-تأكد من الامور التالية:

أ-الغرض من التصوير.

ب-تاريخ التصوير

جـ-اسم المصور.

د-موقع التصوير.

هـ-وقت بدء التصوير.

و-وقت انتهاء التصوير.

ز-نوع الة التصوير ومنشأها.

ح-سرعة الة التصوير.

ط-البعد البؤري.

ي-ابتعاد الة التصوير.

ك-ارتفاع الة التصوير.

ل-نوع الفلم وحساسيته.

كيفية التحليل الحركي في المجال الرياضي باستخدام التصوير الفيديوي:

1. صمم موقع التجربة طولا 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. يمكن ايجاد المسارات بإيصال نقاط مفصل معين من صورة الى أخرى.

4. يمكن الاستفادة من المعادلات الفيزيائية 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 ولتنتج السرعة الحقيقية لانتقال المفصل.

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

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 أخرى بخط ويحدد الخط الاخر مع المحور الافقي او العمودي كزاوية الانطلاق او الطيران.

ل. يمكن استخدام المنقلة او المعادلات الجبرية لإيجاد قيم الزاوية.

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

التحليل البيوكينماتيكي الخطي

بعد اكتشاف الة التصوير السينمائية والتي كانت تلتقط 24 صورة في الثانية وهي سرعة التقاط الحركة لدى الانسان (بواسطة العين) استطعنا تحليل الحركات الرياضية، ولكون بعض الحركات الرياضية تؤدى بسرعة عالية مثل اللكمة المستقيمة في الملاكمة وضرب كرة التنس فأصبحت الحاجة الى ابطاء الصور في هذه الحركات لمتابعتها بشكل افضل من خلال عرض دقائق الحركة فظهرت الة التصوير التي تلتقط 48 صورة في الثانية وهي أتاحت رؤية الحركة بضعف وجودها في الحقيقة مقارنة بالعين البشرية، بعد ان تم التقاط 48 صورة في الثانية تم عرضها على شاشة بيضاء بالة عرض سينمائية تعمل على 24 صورة بالثانية فظهرت الحركة بطيئة أي ان العملية عكسية كلما زادت سرعة الة التصوير بطئت عند العرض، ثم تم اكتشاف 64 صورة في الثانية وهكذا الى مئات الآلاف من الصور في الثانية، وظهرت آلات ارتبطت بالحاسوب مع برامج التحليل الحركي ورافقتها بعض البرامجيات التي لها القابلية على تقطيع الفلم الى صور ويتم ترقيم هذه الصور مع البدء بإعطاء الرقم صفر للصورة التي تعتبر بداية الحركة أي المرجع او الصورة التي ستقارن بها الصور الاخرى (نسبية الحركة) ثم الاستمرار بإعطاء ارقام الى نهاية الهدف من الحركة، والسرعة كمية فيزيائية متجهة، بمعنى أن لها قيمة عددية واتجاه محدد، واتجاه السرعة هو نفسه اتجاه الجسم.

في التحليل الحركي علينا معرفة نقطتين هامة:

1-الزمن

2-المسافة الحقيقية (مقياس الرسم)

الزمن: من المهم معرفة زمن حدوث الحركة او الانتقال من صورة الى اخرى معادلة الزمن هي

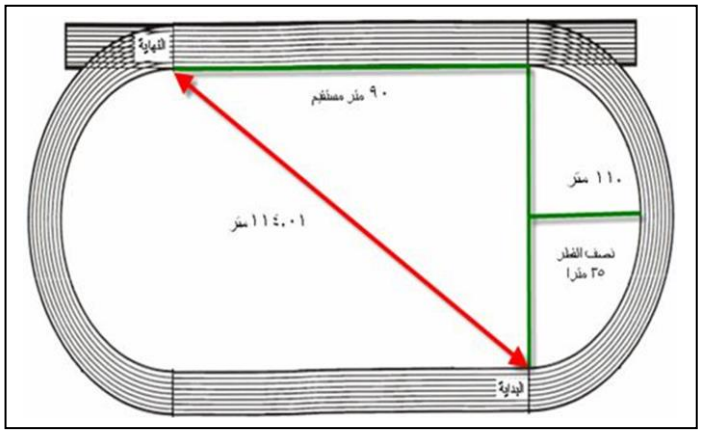
$$\text{الزمن} = \frac{\text{عدد الصور}}{\text{سرعة الة التصوير}}$$

المسافة والإزاحة

المسافة والإزاحة كميتان عادة ما تستخدم لوصف مدى حركة الجسم

المسافة: هي طول المسار الحقيقي الذي يقطعه الجسم

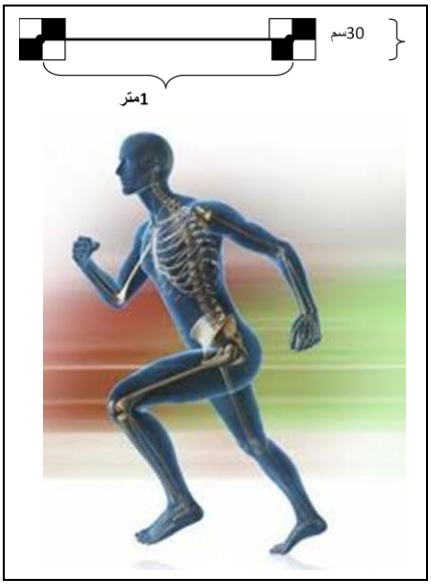
الازاحة: هي الخط المستقيم الموصل بين نقطتي بداية ونهاية الحركة مع ملاحظة الاتجاه الذي يتخذه ذلك الخط



الفروقات بين المسافة والازاحة:

المسافة	الازاحة
1- كمية قياسية (عددية) 2- يجب معرفة مقدارها فقط للتعرف عليها 3- قد تكون أكبر من الازاحة او تتساوى معها 4- يقاس الفراغ الفعلي المقطوع خلال الحركة ولا يمكن ان يكون مقداره صفرا لأنها تعني مقدار او طول الفراغ بين نقطتي الحركة	1- كمية متجهة 2- يجب معرفة مقدارها واتجاهها للدلالة عليها 3- لا يمكن ان تكون أكبر من المسافة 4- قد لا يقاس الفراغ فعليا خلال الحركة ويمكن ان تصل قيمتها الى الصفر لأنها تعني مقدار التغير بين الوضع الابتدائي والنهائي الذي قد ينطبق كلاهما في نقطة واحدة ويمكن ان نطلق عليها بمحصلة المسافة

مقياس الرسم: عبارة عن مسطرة تحمل على طرفيها مربعان وكما موضح في الشكل

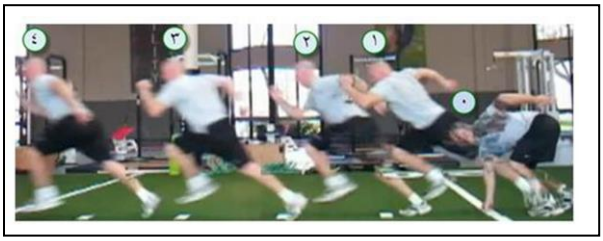


الصورة: عندما نلتقط الصور فإنها ستبدو أصغر من الحقيقة لذلك يجب تعديلها وفقا للقانون ادناه لإيجاد المسافات الحقيقية:

$$\text{المسافة الحقيقة} = \frac{\text{المسافة في الصورة} \times \text{مقياس الرسم في الحقيقة}}{\text{مقياس الرسم في الصورة}}$$

السرعة: هي مقدار المسافة التي يقطعها الجسم في وحدة الزمن ووحدتها م/ث

أنواع السرعة:



السرعة اللحظية: تعرف بأنها سرعة جسم معين يتحرك عند نقطة زمنية معينة، أو سرعة الجسم عند لحظة معينة، وهي كمية متجهة ويمكن تحديدها بأخذ الميل من الرسم البياني الذي يوضح العلاقة بين المسافة والزمن.

السرعة المتوسطة: وهي المسافة الكلية المقطوعة خلال زمن محدد، فالجسم عندما يتحرك يخضع أثناء حركته لتغييرات بالسرعة زيادة أو نقصانا، فيمكن حساب السرعة المتوسطة بحساب جميع السرعات اللحظية خلال الفترة الزمنية وإيجاد المتوسط الحسابي لها جميعا أو بطريقة أسهل يمكن حساب المسافة الكلية المقطوعة خلال الفترة الزمنية ذاتها.

السرعة الدورانية: وهي تمثل عدد الدورات التي يدور بها الجسم على وحدة الزمن بالنسبة لجسم يسير في مسار دائري.

السرعة والسرعة المتجهة

السرعة: يتم الحصول عليها بقسمة المسافة المقطوعة على الزمن المستغرق **(السرعة = المسافة/ الزمن)**

السرعة المتجهة: يتم الحصول عليها بقسمة الازاحة على الزمن المستغرق **(السرعة = الازاحة/ الزمن)**

التسارع (التعجيل)

التعجيل: هو المعدل الذي تتغير فيه السرعة المتجهة خلال زمن معين، والتعجيل كمية متجهة اي تحتوي على مقدار واتجاه، وحدات قياسه: م/ثا2 – سم/ثا2 – قدم/ثا2

التعجيل= التغير في السرعة / الزمن المستغرق

انواع التعجيل:

- التعجيل الموجب: هو استمرار الرياضي او الاداة بزيادة السرعة
- التعجيل السالب: هو استمرار الرياضي او الاداة بتقليل السرعة حتى تصبح صفرا
- اللا تعجيل: هو وصول الرياضي الى السرعة المستقرة أي عدم وجود تعجيل سالب او موجب

تسارع (تعجيل) الجاذبية الارضية

وهو التسارع الى الاسفل باتجاه الارض الذي يتعرض له الجسم وهو في الهواء ناتج عن تأثير الارض في جميع الاجسام القريبة من سطحها، وهذا التأثير يعرف بالجاذبية، وهو يتغير من مكان الى اخر على سطح الأرض ويرمز له بحرف مستقل g ويساوي تقريبا 9,81 م/ثا^2

المتجهات وغير المتجهات

المتجهات: وتشمل الازاحة، السرعة المتجهة، التسارع وهي التي تحتاج الى تحديد كلا الاتجاه والمقدار

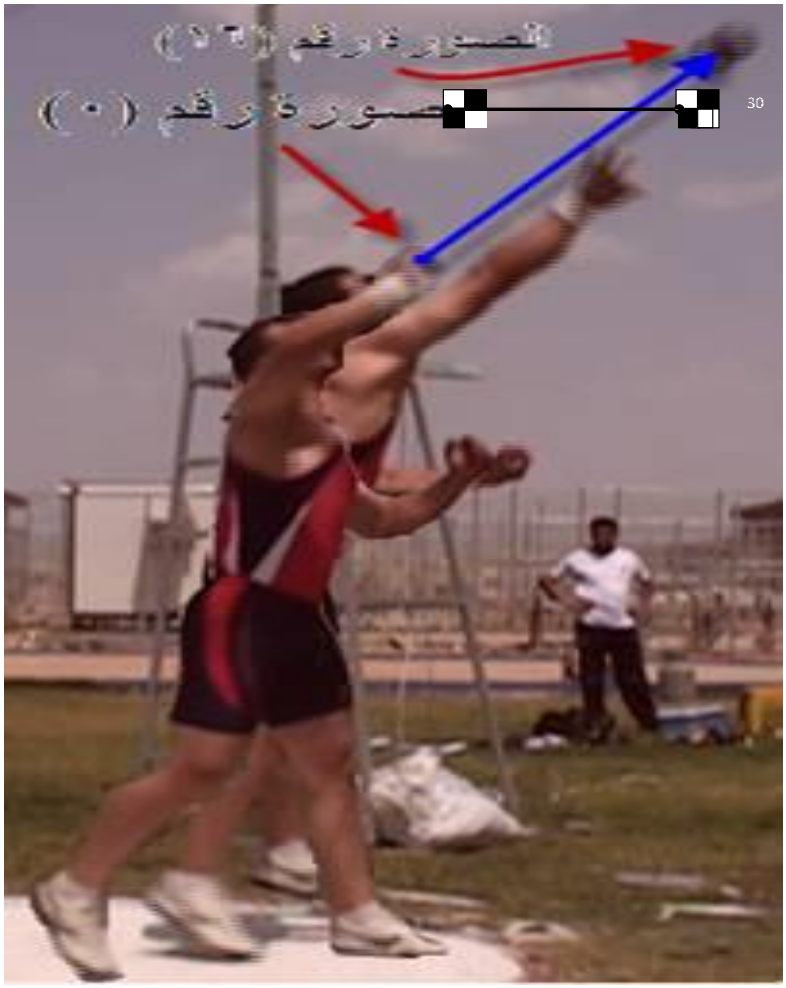
غير المتجهات: وتشمل المسافة، والسرعة والتي يمكن وصفها بمقدارها

الحركة المنتظمة التسارع

عندما يتعرض جسم للتسارع نفسه (في كلا المقدار والاتجاه) خلال فتره من الزمن، يقال عن تسارعه بأنه ثابت (او منتظم)، أي تزداد سرعته بمقدار ثابت في وحدات الزمن المتساوية

مثال 1/ تم تصوير لاعب رامي ثقل بالة تصوير كانت سرعتها 100 صورة في الثانية، جد سرعة طيران الثقل عند صورة 16 خلال مسار طيرانه ومن اخر صورة تماس اليد الرامية مع الثقل؟

الحل/



- ان مقياس الرسم المعلوم مسبقا في الحقيقة 1 متر يتضح من خلال قياسه بالمسطرة ان طوله 3 سم.
- يتم تحويله الى وحدة القياس المتر بقسمته على 100 أي 100/3 = 0.03 م.
- عند قياس المسافة لمسار طيران الثقل لـ 16 صورة بالمسطرة يظهر ان قياسه 4.6 سم، وعند تحويله الى وحدة المتر 100/4.6 = 0.046 م

$$\text{قانون الزمن} = \frac{\text{عدد الصور}}{\text{سرعة الة التصوير}}$$

زمن الصورة 16 = $\frac{16}{100}$ = 0.16 ثانية

$$\text{قانون المسافة الحقيقة} = \frac{\text{المسافة في الصورة} \times \text{مقياس الرسم في الحقيقة}}{\text{مقياس الرسم في الصورة}}$$

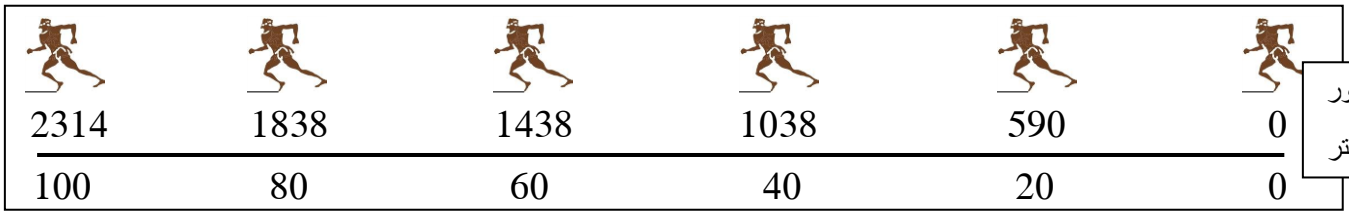
المسافة الحقيقية للثقل في الصورة 16 = $\frac{1 \times 0.046}{0.03}$ = 1.53 متر

السرعة في الصورة 16 = $\frac{\text{المسافة } 1.53}{\text{الزمن } 0.16}$ = 9.58 متر/ثانية

مثال 2/ تم تصوير عداء مسافة 100 متر بالة تصوير ذات سرعة 200 صورة في الثانية، حيث قطع العداء مسافة 20 متر الأولى بالصورة رقم 590، وقطع مسافة 20 متر الثانية بالصورة رقم 1038، وقطع مسافة 20 متر ثالثة بالصورة رقم

1438، وقطع مسافة 20 متر الرابعة بالصورة رقم 1838، وقطع مسافة 20 متر الخامسة بالصورة رقم 2314، اوجد سرعة اللاعب في كل 20 متر؟ اوجد الزمن النهائي لقطع مسافة 100 متر؟ اوجد تعجيله خلال فترات السباق الخمس؟

$$\text{قانون الزمن} = \frac{\text{عدد الصور}}{\text{سرعة الة التصوير}}$$



عدد الصور	0	590	1038	1438	1838	2314
المسافة متر	0	20	40	60	80	100

$$\text{زمن 20م الأولى} = \frac{590}{200} = 2.95 \text{ ثا}$$

$$\text{زمن 20م الثانية} = \frac{448}{200} = 2.24 \text{ ثا}$$

$$\text{زمن 20م الثالثة} = \frac{400}{200} = 2 \text{ ثا}$$

$$\text{زمن 20م الرابعة} = \frac{400}{200} = 2 \text{ ثا}$$

$$\text{زمن 20م الخامسة} = \frac{476}{200} = 2.38 \text{ ثا}$$

$$\text{الزمن النهائي لقطع مسافة 100 م} = \frac{2314}{200} = 11.57 \text{ ثا}$$

$$\text{قانون السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{سرعة 20م الأولى} = \frac{20}{2.95} = 6.78 \text{ م/ثا}$$

$$\text{سرعة 20م الثانية} = \frac{20}{2.24} = 8.93 \text{ م/ثا}$$

$$\text{سرعة 20م الثالثة} = \frac{20}{2} = 10 \text{ م/ثا}$$

سرعة 20م الرابعة= $\frac{20}{2}$ = 10 م/ثا

سرعة 20م الخامسة= $\frac{20}{2.38}$ = 8.4 م/ثا

متوسط السرعة لقطع مسافة 100 م = $\frac{100}{11.57}$ = 8.64 م/ثا

قانون التعجيل = $\frac{\text{السرعة النهائية – السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن}}$

التعجيل خلال 20م الاولى = $\frac{0 - 6.78}{2.95}$ = $\frac{6.78}{2.95}$ = 2.3 م/ثا^2

التعجيل خلال 20م الثانية = $\frac{6.78 - 8.93}{2.24}$ = $\frac{2.15}{2.24}$ = 0.96 م/ثا^2

التعجيل خلال 20م الثالثة = $\frac{8.93 - 10}{2}$ = $\frac{1.07}{2}$ = 0.54 م/ثا^2

التعجيل خلال 20م الرابعة = $\frac{10 - 10}{2}$ = $\frac{0}{2}$ = 0 م/ثا^2

التعجيل خلال 20م الخامسة = $\frac{10 - 8.4}{2.38}$ = $\frac{1.6 -}{2.38}$ = -0.67 م/ثا^2

التحليل البيوكينماتيكي الزاوي:

تتشابه التحليل الكينماتيكي للحركة الدورانية إلى حد كبير مع التحليل الكينماتيكي للحركة الخطية أو الانتقالية من حيث أنها تهتم بدراسة كل من الإزاحة والسرعة والتعجيل، ووجه الاختلاف بين كلا النوعين هو أن هذه المتغيرات تفسر دوران الجسم ولا تفسر حركته الانتقالية، وعلى الرغم من التشابه الكبير في المعادلات التي تفسر طريقة حساب هذه المتغيرات إلا أن الوحدات المستخدمة مختلفة.

ومن أمثلة الحركة الدورانية في الحياة العامة: حركة عقارب الساعة، كما أن التعبير بالرفض عن طريق حركة الرأس ما هو إلا حركة دورانية للرأس حول المحور الطولي للرقبة. ونظراً إلى أن طبيعة تركيب الجسم البشري تعتمد على التمفصل بدرجة كبيرة، فإن معظم حركات الجسم تتم بشكل زاوي أو دائري.

ومن أمثلة الحركة الدورانية في الحركات الرياضية: تعلق لاعب الجمناستك بالعقلة يقوم بمرجحات الى الامام وللخلف بحركات بندولية يقع فيها المحور خارج الجسم، بينما حركة دوران اللاعب حول محوره الطولي اثناء رمي المطرقة فان المحور يقع داخل الجسم أي ان جميع نقاط الجسم تشكل مساراً دائرياً فيشكل دائرة او جزء منها وان سرعة اجزاء الجسم تختلف باختلاف بعدها عن محور الدوران فكلما ازداد نصف القطر ازدادت السرعة. وفي أداء الوثب العمودي فإن كلاً من الذراعين والرجلين يدوران حول محاور مفاصلهما، والحركة الدورانية لبعض الأدوات الرياضية كمضرب الجولف أو التنس تعتبر أيضاً من الموضوعات التي تحتاج إلى دراسة تفصيلية وفهم لأساسيات الحركة الدورانية.

الزاوية المطلقة:

عادة ما تعرف الزاوية المراد حسابها بمقدار القبض أو المد الزائد أو التقريب أو التبعيد أو أي حركة ينتجها المفصل، وتقاس الزوايا المطلقة الكاملة بنفس الاتجاه اما عموديا او افقيا مثل انطلاق أي أداة (القرص والثقل والرمح والكرة وغيرها) او نهوض اللاعب قبل القفز مثل العريض والعالي والقفز بجميع الألعاب.

ومن هذه الزوايا هي زاوية النهوض والهبوط وزاوية الطيران:

زاوية الهبوط: هي الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي والخط الواصل من نقطة وضع قدم الهبوط على الأرض ومركز ثقل الجسم في آخر صورة اثناء وضع القدم على الأرض بعد عملية الطيران وتقاس من الخلف.

زاوية النهوض: هي الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي والخط الواصل بين نقطة ارتكاز قدم الدفع على الأرض ومركز ثقل الجسم في آخر صورة قبل ترك القدم الأرض وتقاس من الإمام.

زاوية الطيران: وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل من مركز ثقل الجسم في آخر صورة تماس القدم مع الأرض وخط انتقال مركز الثقل (بعد عدة صور) من طيرانه وبين الخط الأفقي المار بنقطة مركز ثقل الجسم الموازي للأرض وتقاس من الأمام.

زاوية الطيران

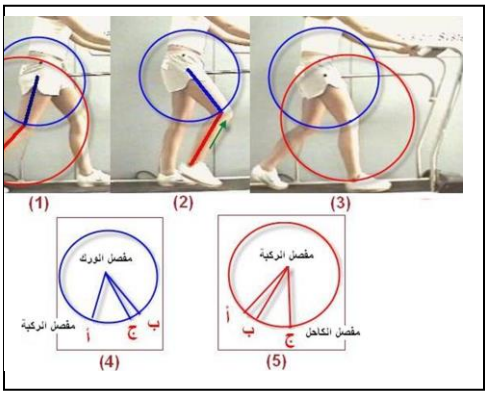
زاوية النهوض

زاوية الهبوط

الزاوية النسبية:

أن فهم الحركة الدورانية له أهميته الخاصة في دراسة حركة الجسم البشري وأطرافه، فعندما يحدث انقباض في مفصل المرفق في أي تمرين فإن عظام الساعد تدور حول محور أمامي يمر خلال مفصل المرفق، أي ان الزاوية تقاس في أي مفصل من مفاصل جسم الانسان بين أجزاء الجسم المجاورة.

المسافة الزاوية (الانتقال الزاوي):



عندما يتحرك بندول الساعة نجد انه يدور حول محور (نقطة اتصاله برقاص الساعة) وعلى المستوى الفراغي الذي يتحرك فيه البندول، فاذا ما تحرك بزاوية (30) فهذا يعني ان المسافة الزاوية مقدارها (30) ايضاً اي ان المسافة الزاوية تعني: مجموع التغيرات الزاوية التي يحققها البندول اما في حركات جسم الانسان فان حساب المسافة الزاوية لأجزاء الجسم في حركات حول محور المفصل، كذلك لاعب العقلة في حركته الدورانية حول العقلة إذا تحرك من نقطة الى اخرى فان المسافة الزاوية تحسب من بداية الحركة الى نهايتها بعدد الدرجات المقاسة.

الازاحة الزاوية:

هي الفرق بين وضعي البداية والنهاية فاذا كان دوران لاعب العقلة دورة كاملة أي بمعنى (360) وإذا تحرك من نقطة أ الى نقطة ب لمسافة (320) فأنها تعبر عن مقدار المسافة الزاوية التي قطعها حول العقلة. اما بالنسبة لمقدار الازاحة الزاوية فنستدل عليها من خلال الفرق بين وضعي الجسم من بداية الحركة ونهايتها أي360 −320 = 40 الازاحة الزاوية.

السرعة الزاوية: كمية قياسية تعرف بنتائج حاصل قسمة المسافة الزاوية على الزمن.

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{المسافة الزاوية (قيمة الزاوية)}}{\text{الزمن}}$$

اما السرعة الزاوية المتجهة: كمية متجهة تعرف بنتائج حاصل قسمة الازاحة الزاوية على الزمن.

$$\text{السرعة الزاوية المتجهة} = \frac{\text{الازاحة الزاوية}}{\text{الزمن}}$$

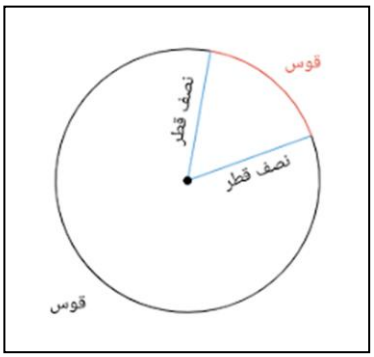
وحدة قياس السرعة الزاوية والسرعة الزاوية المتجهة تستخدم (درجة/ ثانية)

السرعة المحيطية: هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط الدائرة الى الزمن المستغرق.

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{\text{السرعة الزاوية}}{\text{القطاع}} \times \text{نق}$$

وحدة قياس السرعة المحيطية تستخدم (متر/ ثانية)

القطاع: هو مساحة جزء من الدائرة محصور بين نصفي قطرين وقوس بينهما ويساوي (57.32)



اهمية استثمارها في المجال الرياضي:

ان حركة أطراف الجسم تتم بسرعة عالية وخاصة الحلقة الاخيرة من الطرف الذي كلما ازداد في مد الطرف نفسه تزداد السرعة حول محيط الدائرة فلو اخذنا رامي المطرقة او القرص وقارنا بين سرعتهما فإننا نجد ان سرعة المطرقة تزداد نتيجة سرعة دوران الجسم وطول نصف قطر الحركة الدورانية نتيجة لطول السلك وطول الذراع التي تؤدي دوراً مهماً في ازدياد السرعة اللازمة لإطلاق المطرقة.

فمثلاً: نجد ان مبدأ اطالة نصف قطر الدوران لحظة ضرب الكرة في الارسال وخاصة في رياضة الكولف والتنس او الريشة مستخدمين المضرب الاطول وخاصة في الكولف عند ضربها لمسافات ابعد، لذا نلاحظ ان اللاعب يحمل في حقيبته مضارب ذات اطوال واوزان مختلفة لاختيار المناسب منها لكل ضربة. وعليه نرى من الضروري اعتماد مبدأ اختيار ذوي الاطراف الطويلة عن ذوي الاطراف القصيرة في الفعاليات التي يكون لنصف قطر الدوران تأثير مباشر على مسافة الانجاز والأداء.

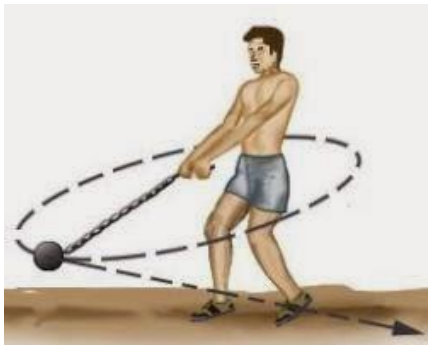
التعجيل الزاوي:

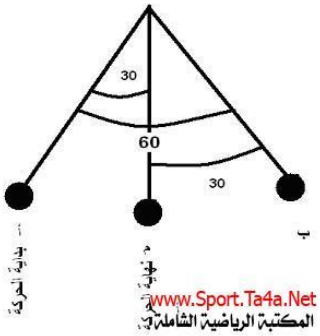
لا يختلف التعجيل في الحركات الدورانية عن المستقيمة (ويكون التعجيل الموجب او التعجيل السالب او اللا تعجيل) حيث انه في الحركات الدورانية يتحرك حول محور اما داخل الجسم او خارجه ويعرف بانه معدل التغيير في السرعة الزاوية خلال الزمن المستغرق او (معدل التغيير الذي يحدث في السرعة بوحدة الزمن)، وان سرعة الجسم في الحركة الزاوية يمكن ان تحلل الى مركبتين هي السرعة المماسية والتي تمثل سرعة نقطة معينة من الجسم على محيط الدائرة (المماس يعني الخط الذي يلمس ولكن لا يعبر قوس الدائرة عند أي نقطة) وبالرغم من ان سرعة الجسم المقذوف على طول طريق القوس يمكن ان لا تتغير لكن التغير يكون في اتجاه حركة الجسم لذا فالمكون الثاني للسرعة هي السرعة العمودية والتي يكون اتجاهها نحو محور الدوران والتي ترتبط بنصف قطر الدوران.

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{السرعة الثانية} - \text{السرعة الأولى}}{\text{الزمن}}$$

والتعجيل يوضح تغيير قيمة واتجاهه المستمر وان معدل التغيير في نقطتين في فترة زمنية محددة والمعادلة اعلاه تطبق على التعجيل وخاصة في الحركات او الفعاليات التي يتم فيها الدوران حول محور كفعاليات رمي القرص او المطرقة، حيث تتخذ مساراً دائرياً يحكمه طول الذراع مع المحافظة على المسار الحركي للقرص او المطرقة بزيادة القبض على مقبض المطرقة للحظات التي تسبق الرمي مباشرة، ويعد توقيت إطلاق الاداة من الامور الحاسمة في تحديد مسارها.

ومن المعروف ان طبيعة حركة الاجسام بشكل دائري حول محور معين تتأثر بشكل كبير بنصف القطر مثال إذا تحرك جسمان على دائرتين احداهما صغيرة والاخر كبيرة وبسرعة واحدة فان الجسم الذي يتحرك حول الدائرة الصغيرة يعمل على تغيير اتجاهه نحو المركز بشكل أكثر حدة من الجسم الذي يدور حول الدائرة الكبيرة وهذا بسبب طبيعة اختلاف انصاف الاقطار وان تغير اتجاه الحركة اثناء الدوران يؤدي الى اختلاف سرعته.





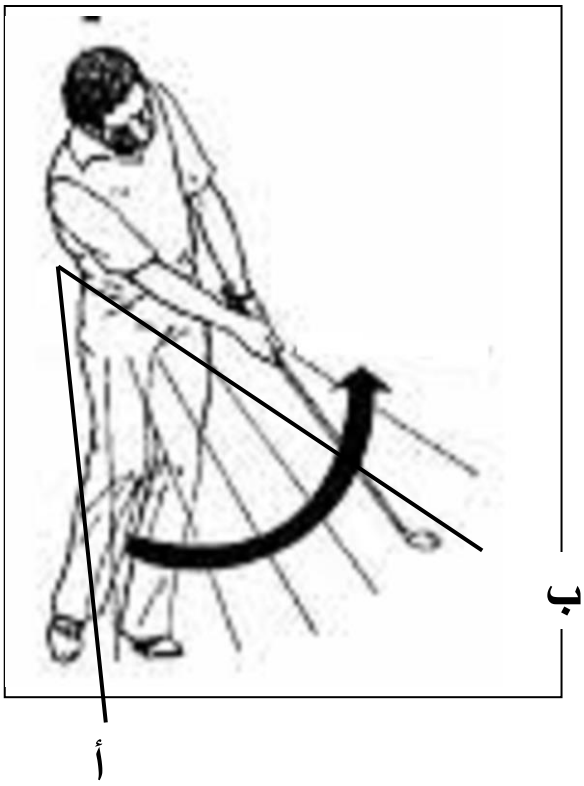
مثال/ تم تصوير لاعب كولف بكاميرا ذات سرعة 50 صورة في الثانية. اوجد ما يلي؟ علما ان عدد الصور من نقطة أ الى نقطة ب هو 10 صور.

1- المسافة الزاوية

2- الازاحة الزاوية

3- الزمن من نقطة أ الى نقطة ب

4- السرعة الزاوية من نقطة أ الى نقطة ب



الحل/

المسافة الزاوية = 50 درجة

الازاحة الزاوية = 50 درجة

$$\text{الزمن} = \frac{\text{عدد الصور}}{\text{سرعة الة التصوير}} = \frac{10}{50} = 0.2 \text{ ثا}$$

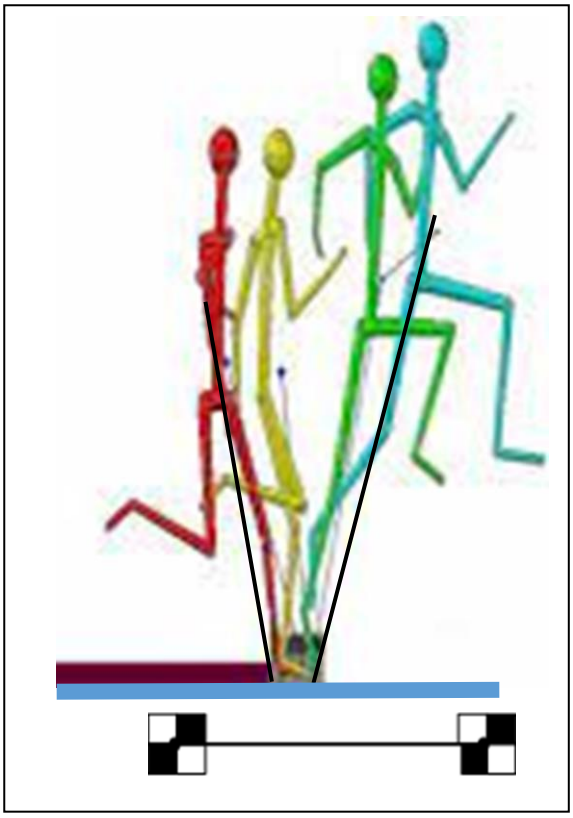
$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{المسافة الزاوية}}{\text{الزمن}} = \frac{50}{0.2} = 250 \text{ درجة/ثا}$$

مثال/ احسب التعجيل لقرص يتحرك بسرعة 6 م / ثا عند نقطة معينة على محيط الدائرة وعلى نقطة أخرى في لحظة أخرى 10 م / ثا خلال الصورة الخامسة من كاميرا ذات سرعة 24 صورة في الثانية؟

الحل/

$$\text{الزمن} = \frac{\text{عدد الصور}}{\text{سرعة الة التصوير}} = \frac{5}{24} = 0.21 \text{ ثا}$$

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{السرعة الثانية – السرعة الأولى}}{\text{الزمن}} = \frac{10 - 6}{0.21} = 19.1 \text{ م/ثا}^2$$



مثال/ تم تصوير لاعب يقوم بأداء حركة الحجلة في فعالية الوثبة الثلاثية بالة تصوير ذات سرعة 64 صور في الثانية، اوجد من خلال الشكل المرفق السرعة المحيطية لمفصلي الورك والكتف؟

الحل/

المسافة الزاوية (الانتقال الزاوي) = 180 − (80 + 76) = 24 درجة

$$\text{الزمن} = \frac{\text{عدد الصور}}{\text{سرعة الة التصوير}} = \frac{4}{64} = 0.063 \text{ ثانية}$$

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{المسافة الزاوية}}{\text{الزمن}} = \frac{24}{0.063} = 380.95 \text{ درجة/ثا}$$

$$\text{المسافة الحقيقة} = \frac{\text{المسافة في الصورة} \times \text{مقياس الرسم في الحقيقة}}{\text{مقياس الرسم في الصورة}}$$

مقياس الرسم هو 4 سم يحول الى المتر ليصبح 100/4=0.04 متر
المسافة في الصورة لمفصل الورك هي 5.2 سم نحول الى بالمتر لتصبح 100/5.2=0.052 متر
المسافة في الصورة لمفصل الكتف هي 7.5 سم نحول الى بالمتر لتصبح 100/7.5=0.075 متر

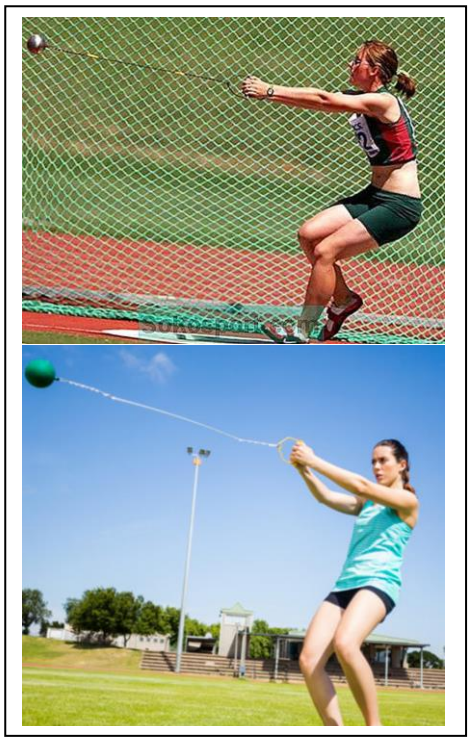
$$\text{المسافة الحقيقية لمفصل الورك} = \frac{1 \times 0.052}{0.04} = 1.3 \text{ متر}$$

$$\text{المسافة الحقيقية لمفصل الكتف} = \frac{1 \times 0.075}{0.04} = 1.875 \text{ متر}$$

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{\text{السرعة الزاوية}}{\text{القطاع}} \times \text{نق}$$

$$\text{السرعة المحيطية لمفصل الورك} = \frac{1 \times 5.2}{57.32} \times 380.95 = 1.3 \times 8.64 \text{ م/ثا}$$

$$\text{السرعة المحيطية لمفصل الكتف} = \frac{380.95}{57.32} \times 1.875 = 12.46 \text{ م/ثا}$$



مثال/ لاعبة مطرقة اثناء الأداء كانت سرعتها الزاوية (270 درجة/الثانية) وكانت طول الذراع للاعبة 0.68 م، ولاعبة اخرى كانت سرعتها الزاوية (270 درجة/الثانية) وكانت طول الذراع للاعبة 0.62 م، احسب السرعة المحيطية للمطرقة للاعبتين وما الفرق بينهما؟ علما بان طول السلك للمطرقة هو 1.22 م.

الحل/

طول الذراع اللاعبة الأولى مع السلك = 0.68+1.22 =1.9 م

طول الذراع اللاعبة الاخرى مع السلك = 0.62+1.22 =1.84 م

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{\text{السرعة الزاوية}}{\text{القطاع}} \times \text{نق}$$

$$\text{السرعة المحيطية اللاعبة الأولى} = \frac{270}{57.32} \times 1.9 = 8.95 \text{ م/ثا}$$

$$\text{السرعة المحيطية اللاعبة الأخرى} = \frac{270}{57.32} \times 1.84 = 8.67 \text{ م/ثا}$$

ان السرعة المحيطية للاعبة الأولى هي أكبر من السرعة المحيطية للاعبة الاخرى وهذا ناشئ عن الاختلاف في بعد المطرقة عن محور الدوران العمودي للاعبة، كون ان اللاعبة الأولى ليس لديها انثناء في مفصل المرفق عسك اللعبة الأخرى حيث كان هناك انثناء في مفصل المرفق، هذا يقودنا هذا الى الاستنتاج الى تطبيق مبدأ اطالة نصف قطر الدوران كي تزداد السرعة المحيطية للجسم كما في فعالية رمي القرص، حيث يوصي المدربون بمد الذراع الحاملة للقرص أثناء دورانها أبعد ما يمكن ليكتسب القرص أكبر سرعة دائرية قبل الانطلاق. على هذا الاساس أيضاً يفضل الرامي ذو الذراع الطويلة عند اختيار رامي القرص او المطرقة او الرمح وفي جميع فعاليات الرمي من حيث المواصفات الجسمية.

برمجيات التحليل في الأداء الرياضي:

كما هو معروف لدى الجميع ان برمجيات الحاسوب تعددت وتنوعت الى الحد الذي يصعب معه رسم حدود له، ولقد تعددت ايضا اغراض استخدام هذه البرمجيات وعلى الرغم من وجود أكثر من برنامج واحد يؤدي نفس الغرض الا اننا أردنا هنا ان نسترض اهم تلك البرمجيات التي تستخدم في عملية التحليل الحركي مع ذكر الهدف من استخدام كل برنامج.

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

1- برنامج التحليل الحركي (Dartfish):

خصائص البرنامج:

المزامنة في المشاهد: يسمح بمزامنة 4 فيديوات في نفس النافذة او اربعة مشاهد مختلفة لنفس الرياضي والمقارنة بين كل مشهدين معا بتحديد ومراقبة بمرور الوقت بين كل مشهدين معا وابراز نقاط الاختلاف عن طريق اسقاط صورة من مشهد على صورة لنفس المشهد من محاولة اخرى. وإسقاط الضوء على الأداء والحركة.

ويوفر هذا البرنامج الإمكانيات التالية:

- **ادوات التذييل والرسم:** القابلية على القياس المباشر والادوات تتضمن رسم الخط وقياس المسافة والزوايا وامكانية اضافة الشبكات الافقية والعمودية لأغراض التحليل.
- **التقطيع والعرض المسلسل والمسلسل المدمج:** القابلية على التقطيع والعرض المسلسل والتنقيح والكتابة على المشاهد المقطعة والطباعة.
- **ادارة الفيديو والارشيف:** يمكنك من حفظ اعمالك وعرضها ومشاركة اراء الاخرين معك.

تطرح دارت فش 5 حزم من البرامج لتغطي الاحتياجات المختلفة:

A. **دارت فش تيم برو:** برنامج قوي يستخدم لتسجيل المباريات والالعاب وتحديد الاحداث خلالها وهو حل مثالي متكامل ورائد للرياضات الجماعية والالعاب الفردية النزالية او اي نشاط بحاجة لتحليل تكتيكي خططي.

B. **دارت فش بروسوت:** برنامج فعال ومتكامل لتحليل الفيديو محتويا لكل الادوات والخصائص التي تمكنكم من اجراء التحليل المتميز للأداء الفني خلال التدريب واثناء المنافسات.

C. **دارت فش لايف:** مخصص لهؤلاء الراغبين في التركيز على تقديم مردود مرئي فوري أثناء الاداء في الملعب، يمكنكم ادخال الفيديو كجزء من التدريب او الدرس وذلك بدون الحاجة الى التعطيل، الريموت كونترول سيساعدكم على التحكم في البرنامج وايضاً الكومبيوتر لتتمكنوا من التركيز الكامل مع الحصة.

D. **دارت فش كونيكت:** مصمم ليقدم الادوات الاساسية اللازمة لأي شخص يريد ان يبدأ استخدام تحليل الفيديو الرقمي، المستخدم سيتمكن من عمل تحليل متعمق واضافة تعليقه الشخصي على الفيديو قبل مشاركته مع الاخرين.

E. **صف دارت فش:** يجمع خصائص دارت فش كونيكت مع رخصة تبادلية للشبكة الداخلية، يسمح صف دارت فش بتنصيب البرنامج على أكثر من جهاز على ان تشتري الرخصة حسب عدد المستخدمين التبادليين، في هذه الحالة سوف يتم الاستخدام في المناهج المختلفة وبسعر معقول لكل مستخدم، نقدم من خلال صف دارت فش حلول سهلة وفعالة لمشاكل ادارة واستخدام الفيديو الرقمي في الصف ولفائدة كل من المدرس والطالب.

2- برنامج التحليل الحركي (pro-trainer)

يعد برنامج من البرامج المستخدمة في التحليل الحركي إذ يساعد هذا البرنامج في عمل الصور المتسلسلة للأداء بشكل بسيط ومذهل ويمكن من حساب الفترات الزمنية للأداء والاهم من ذلك يمكن الباحث من الحصول على البيانات بشكل data إذ يتعامل البرنامج مباشرة مع برنامج الأكسل وبالتالي يمكن معاملة البيانات إحصائيا مباشرة بعد الأداء.

ويوفر هذا البرنامج الإمكانيات التالية:

- تأشير مركز ثقل الجسم والأدوات وحركتها
- يمكن وبسهولة استخراج المسار الحركي للأجسام
- يمكن من استخراج الإيقاع الحركي
- يمكن الباحثين من استخراج الانسيابية للحركات الرياضية
- حساب الفروقات بين اللاعبين والمقارنة بين أدائهم المختلف

3- برنامج التحليل الحركي (MaxTRAQ)

هذا البرنامج ينفرد بصفة مميزة وهي امكانية تطبيق اجراءات التحليل على الصورة الاولى فقط لتنتشر تلقائيا على الصور الاخرى أي ان الباحث فقط يحدد نقاط مفاصل اللاعب في الصورة الاولى ليجد ان هذه النقاط قد تحددت تلقائيا في الصور الاخرى للفلم وهكذا اذا تم تحديد زاوية معينة في الصورة الاولى من الفلم فان الصور الاخرى تتحدد قيم الزوايا فيها تلقائيا، ان هذا يتطلب اجراءات دقيقة عند التصوير فمبدأ عمل هذا البرنامج يعتمد على اختلاف كمية الاضاءة على مناطق الجسم فيجب مثلا ان يرتدي اللاعب ملابس ضيقة سوداء ويتم صبغ مفاصل الجسم بصبغات بيضاء لكي يستطيع البرنامج من متابعة النقاط من صورة الى أخرى، وفي البرنامج امكانيات أخرى.

4- برنامج التحليل الحركي (Kinovea)

هو تطبيق تحليلي شامل يستهدف في المقام الأول من قبل المدربين الرياضيين وأصحاب المهن الطبية، إذ يتم عن طريق هذا البرنامج تحليل ومقارنة وتقييم الحركة وذلك لتقييم مدى التقدم الحاصل عند تدريب الرياضيين، أي يمثل هذا البرنامج ملف متكامل يتيح للمدربين إظهار مجموعة الفيديوات على شكل صور مصغرة متحركة يمكن حفظها والرجوع إليها، مما يتيح الترميز على حركات معينة ضمن الفيديو واكتشاف الحركة بشكل إطار تلو الإطار أو بشكل حركة بطيئة، إن مستخدمي هذا النظام يمكنهم من إضافة أي محتوى إلى الفيديوهات التي تخصهم بواسطة استخدام أدوات الرسم والتي تمكنهم من إضافة أشكال مختلفة مثل الخطوط والسهام مع إضافة وصف لمفاتيح المواقع، فالخطوط وأدوات التوقيت تتيح للمدرب قياس المسافة والزمن، كما يمكن متابعة مسار الحركة وقياس السرع باستخدام أدوات اوتماتيكية متشابهة مثل نموذج الشاشة المزدوجة والتي من خلالها يمكن تتبع اثنين من الفيديوهات في حدث معين مشترك، إضافة إلى ذلك فان هذا البرنامج يمكنه حفظ الفيديو.

خصائص البرنامج:

- واجهة التطبيق الرئيسية بسيطة وسهلة الاستخدام مقارنة بالبرامج الأخرى.
- يقبل لأي امتداد لملف الفيديو (صيغة الملف).
- مجاني ويمكن تنزيله عبر الانترنت.

- يحتوي على خصائص لمعالجة الصورة.
- الرسم على ملف الفيديو مباشرة من خلال أدوات الرسم المتوفرة في البرنامج
- حساب السرعة والمسافات والأزمنة والمتجهات أوتوماتيكيا من خلال البرنامج
- إمكانية مشاهدة أكثر من فيديو في وقت واحد، مما يساعد على اجراء المقارنات بين أكثر من محاولة او مع لاعبين اخرين.
- المتابعة والمراقبة البصرية للفيديو والصور، مما يتيح التعرف على واقع القوة والضعف.
- إمكانية تحويل عرض الفيديو من اليمين الى اليسار وبالعكس.
- يتعامل البرنامج مباشرة مع برنامج الأكسل وبالتالي يمكن معاملة البيانات إحصائيا مباشرة بعد الأداء.
- كل المتغيرات أعلاه هي متغيرات كينماتيكية يمكن البرنامج من استخراجها في غضون ثواني وهي أهم نقطة تميز البرنامج عن غيره.

مفهوم مركز ثقل الجسم:

هي النقطة التي تقع عندها كتلة جسم ما في موضع معين بغرض فهم حركة هذا الكائن، فمركز ثقل جسم كروي منتظم هو النقطة التي يقع فيها مركز هذا الجسم، كما أن مركز ثقل قضيب منتظم ذي مقطع عرضي دائري هو النقطة التي تقع في مركز الجزء المقطعي العرضي من القضيب الذي يقع في منتصف القضيب طوليا. وفي بعض الأجسام ذات الشكل غير المنتظم، قد يقع مركز الثقل خارج الجسم.

ولقد ظهر مفهوم مركز الثقل للمرة الأولى في أعمال أرخميدس، ووفقًا له: فإن مركز الثقل للجسم هو نقطة خاصة في داخله، بحيث أن الجسم إذا وضع (علق) من هذه النقطة فإنه يبقى في حالة السكون ويحافظ على وضعه الأصلي، وذلك لأن جميع المستويات التي تمر بهذه النقطة تقسم الجسم إلى أجزاء تتوازن فيما بينها.

إن الأجسام الساقطة تنجذب نحو مركز الأرض، وإن اختلاف قوة الجذب يرجع إلى المسافة بين الجسم الساقط وهذا المركز. وهذه إشارة واضحة إلى أن الجسم كلما كانت مسافة سقوطه أطول، كانت سرعة سقوطه أعلى، ومن ثم كانت قوة ارتطامه أشد، وهو مفهوم كمية الحركة التي تتناسب مع سرعة الجسم ومع كتلته.

فمركز ثقل الجسم هو تلك النقطة الثابتة التي يمر بها خط عمل محصلة قوى الجاذبية الأرضية لهذا الجسم عند أي وضع له في الفراغ.

تعريف مركز ثقل الجسم:

يعرف مركز ثقل الجسم بأنه النقطة التي تكون عندها محصلة كل القوى والعزوم المؤثرة على الجسم تساوي الصفر، وهي اتزان الجسم، هذا ويعتبر مركز الثقل أحد أهم المفاهيم الميكانيكية التي تلعب دورا أساسيا عند حمل الأثقال برافعة أو إلقاء ثقل بمظلة من طائرة. وفي الفيزياء تحتاج بعض المسائل معرفة مركز ثقل نظام لحلها.

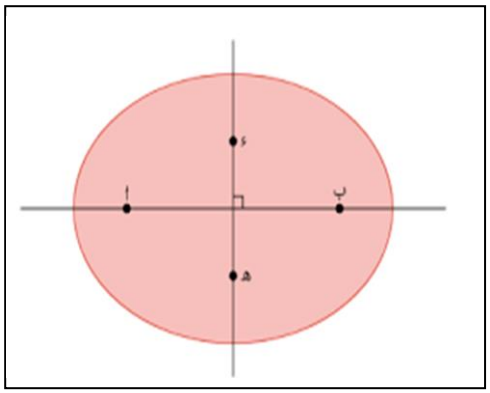
تحديد مركز ثقل الجسم:

إن فهمنا لأسس عمل العتلات بالشكل الصحيح سيمكننا في تفهم الكثير لمعرفة مركز ثقل الجسم المتحرك ويتكون وزن الجسم من قوة سحب الجاذبية الأرضية لذلك الجسم، حيث ان الجاذبية الأرضية تسحب كل أجزاء الجسم نحوها، ويمكن تعين (م. ث. ج) للأجسام الأخرى بتعليق الجسم في الهواء بأكثر من نقطه لعدة مرات والتقاء الخطوط والامتدادات بنقطه وسطية والتي هي مركز ثقل الجسم.

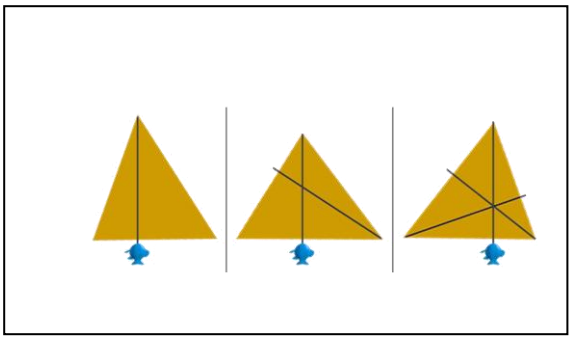
كيفية استخراج مركز ثقل الأجسام:

تختلف الأجسام عن بعضها البعض، سواء من ناحية الشكل أو من ناحية التجانس والانتظام، وبالتالي فان استخراج مركز ثقل جسم ما يتعلق بهذا الاختلاف.

مركز ثقل الأجسام المنتظمة:



-الأجسام المنتظمة والمتجانسة في الشكل الهندسي، هي تلك الأجسام المسطحة المعروفة الشكل الهندسي كالمربعات والمستطيلات والمثلثات والدوائر ... وتعتبر هذه الأجسام سهلة من حيث تحديد مركز ثقلها، فهو غالبا ما يقع في تقاطع محاورها. فمركز ثقل جسم كروي منتظم هو النقطة التي يقع فيها مركز هذا الجسم، كما أن مركز ثقل قضيب منتظم مثل اسطوانة هو النقطة التي تقع في مركز الجزء المقطعي العرضي من القضيب الذي يقع في منتصف القضيب طوليا.



-الأجسام المنتظمة والغير المتجانسة في الشكل الهندسي، فان تحديد مركز ثقله يكون بتعليقه من أي نقطة منه، ثم رسم محور عمودي إلى الأرض عندما يثبت الجسم، ثم تعليقه مرة ثانية ورسم محور عمودي على الأرض ونقطة تلاقي المحورين أو تقاطعهما تكون هي مركز ثقله.

مركز ثقل الأجسام غير المنتظمة:

نقصد بالأجسام غير المنتظمة، هي الأجسام التي لا تتوزع فيها كتلة الجسم بالتساوي على جميع نقاط الجسم، ومن الأجسام غير المنتظمة جسم الإنسان. وقد لاقى تحديد مركز ثقل جسم الإنسان اهتمام العديد من العلماء في مختلف المجالات، كعلماء التشريح علماء علم الحركة وعلماء الفضاء وأخصائي العلاج الطبيعي. وتتضح أهمية تحديد مركز الثقل في معرفة حالة اتزان الجسم في أي لحظة من للحظات، وتحت أي وضعية.

وفي المجال الرياضي يعتبر مركز ثقل الجسم من الأمور الهامة والنقاط الحساسة التي يجب التركيز عليها من طرف المدربين ومدرسي الحركات الرياضية، لما تلعبه في توازن جسم الرياضي وبالتالي في الأداء بصفة عامة، ولتعيين

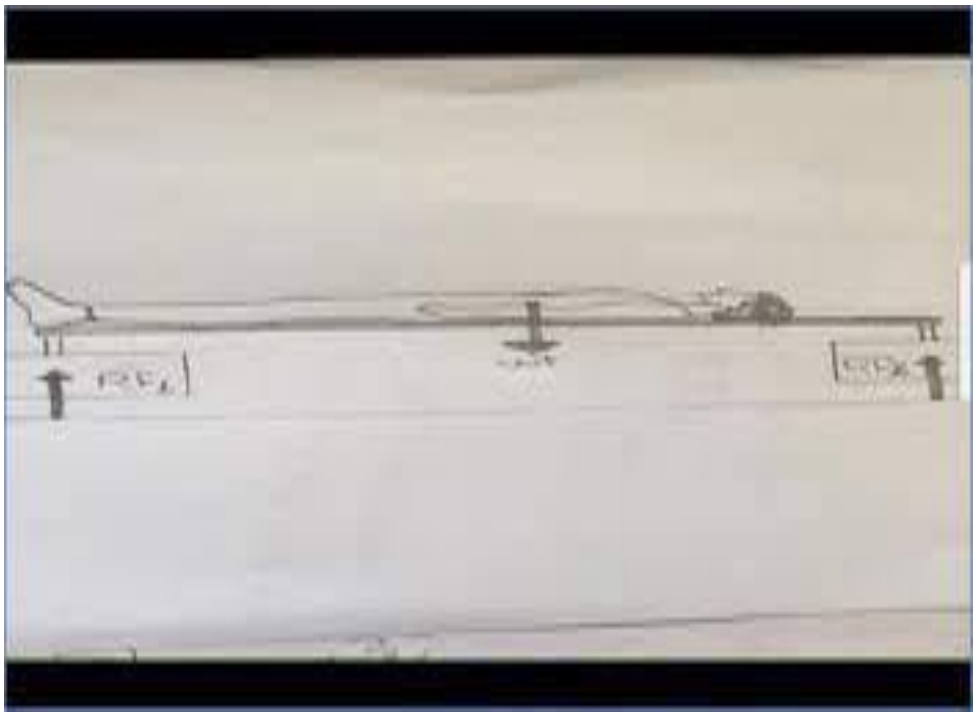
مركز ثقل الجسم الغير منتظم عمليا نقوم بتعليق الجسم تعليقاً حراً من عدة نقاط باستخدام خيط يتدلى من أسفله ثقل، وفي كل مرة نرسم الخط الرأسي المار بنقطة التعليق. وتكون نقطة تلاقي هذه الخطوط هي مركز ثقل الجسم، ولا يشترط أن يقع مركز ثقل الجسم داخل مادة الجسم بالضرورة، فقد يقع عند نقطة خارجة عنها، فمركز ثقل حلقة معدنية يقع عند مركزها حيث لا يوجد شيء من مادة الحلقة، وكذلك علبة فارغة أو كوب فارغ.

جسم الانسان الساكن:

في مجال التربية البدنية وعلوم الرياضية وخاصة ميدان التحليل الحركي يجب ان يكون باستخدام نموذج موحد للتحديد مركز الثقل خلال تحليلنا للحركات الرياضية، حتى يسهل علينا دراسة وتحليل مختلف الأوضاع والتغيرات المصاحبة لها خلال ذلك والذي يرتكز على نتائج العديد من الأبحاث والتي وضعت على شكل نسب ومعدلات لمختلف أعضاء الجسم والتي تمكننا من حساب وتحديد مختلف القياسات اللازمة لحساب وتحديد مركز الثقل.

وكما أشرنا سابقا فهناك ثلاث محاور أساسية للجسم (الطولي، العرضي، العميق) والتي تتقاطع عندها نقطة مركز ثقل الجسم وهي نفس النقطة التي تتقاطع بها المستويات التشريحية الثلاثة للجسم (الأمامي والجانبي وعرضي)، ان ارتفاع مركز ثقل الجسم عند الرجال يبلغ (56.18%) بينما يبلغ عند النساء (55.4%) من الطول الكلي لهما.

ومن أسهل الطرق المستخدمة في هذا الجانب لجسم الانسان الساكن باستخدام ميزان ولوح خشبي طوله (200 سم) حيث يستلقي الشخص على اللوح ويحدد (م. ث. ج) في المستوى الأفقي عن طريق النقطة التي يتوازن على جهتيها الجسم والتي تمثل النقطة التي لو علق الجسم منها يكون متزن.

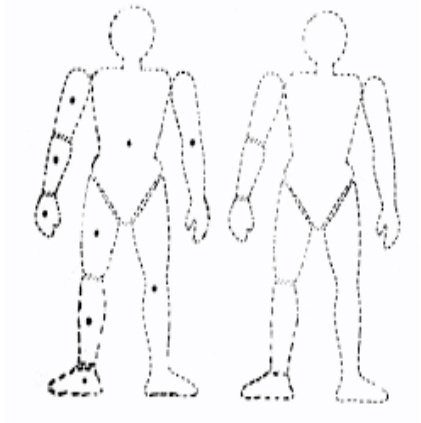


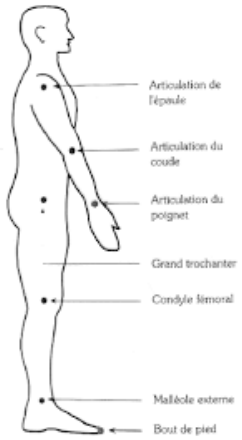
تعيين مركز ثقل الجسم للرياضيين في الحركات والمهارات الرياضية:

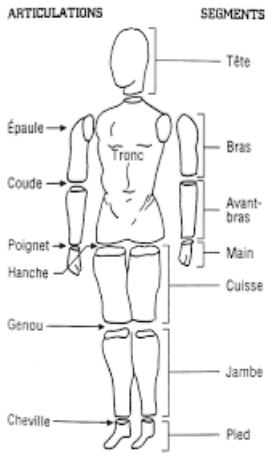
من الطرق المستخدمة في هذا الجانب لجسم الانسان المتحرك تستند على الاوزان الجزئية للجسم ومدى بعدها عن المحورين السيني (x) والصادي (y) بعد وضع الصورة في الورقة البيانية وتحديد النقاط الرئيسية التشريحية وحسب الجدول ادناه الذي يبين كتل اجزاء الجسم لنموذج لاعب كتلته (100 kg). ولاستخراج قيم الكتل الجزئية وفقا لكتلة اللاعب لا تساوي (100 kg) المراد تعيين مركز ثقله يتم تحديد كتل هذه الاجزاء في اي لقطفة عند اداءه المهاري المراد تحليل كميا بضرب قيمة كتل ذلك الجزء التشريحي الموجودة في الجدول ادناه والذي يوضح النسب المقربة القرب عدد صحيح في كتلة اللاعب الحقيقي مقسوم على (100)،

جدول يبين نسبة اوزان أجزاء الجسم مكان مركز الثقل (الوزن الكلي 100 %)

أجزاء الجسم	النسب المؤية لكتلة الجزء بالتقريب	مكان مركز الثقل في الجزء
الراس	%7	اعلى صيوان الاذن من الجانب او بين العينين من اعلى الانف من الامام
الجذع	%43	يرسم المحور الواصل بين الكتفين ثم يرسم المحور الافقي للحوض وينصف كل منهما، توصل نقطتي المنتصف، يقع مركز ثقل الجذع على بعد 44% من طول محور المنتصف مقاسا من محور الكتفين
الفخذ	%12	نصل نقطة مفصل الحوض بمفصل الركبتين، يقع مركز ثقل فخذ على بعد 44% من المحور الفخذ الطولي مقاسا من الورك
الساق	%5	نصل نقطة مفصل الركبة بنقطة مفصل القدم، يقع مركز ثقل الساق على بعد 42% من المحور الطولي للساق مقاسا من مفصل الركبة
القدم	%2	نصل نقطة من مفصل القدم بطرف الأصابع، يقع مركز ثقل القدم على بعد 44% من المحور الطولي للقدم مقاسا من مفصل الكاحل
العضد	%3	نصل نقطة من مفصل الكتف بنقطة مفصل المرفق، يقع مركز ثقل العضد على بعد 47% من المحور الطولي للعضد مقاسا من مفصل الكتف
الساعد	%2	نصل نقطة من مفصل المرفق بنقطة مفصل الرسغ، يقع مركز ثقل العضد على بعد 47% من المحور الطولي للساعد مقاسا من مفصل المرفق
الكف	%1	تكون نقطة مركز ثقل الكف في منتصف راحة الكف او منتصف ظهر الكف







أهم النقط التشريحية والمقاييس الجسمية المعتمدة في حساب وتحديد موضع مركز الثقل

وبالتالي لتحديد مركز ثقل كتلة جسم اللاعب على الورقة البيانية نراعي الخطوات التالية:

1-تحديد الصورة في الوضع المحدد المراد ايجاد مركز ثقل الجسم فيه.

2-تثبيت الصورة على المربعات البيانية وابتداء من نقطة الصفر للإحداثيين الافقي والعمودي.

3-تحديد مفاصل الجسم بنقطة صغيرة على الصورة.

4-رسم المحاور الطولية والأفقية لأجزاء الجسم المختلة امتداد لخطوط الورقة البيانية.

5-تحديد موقع مراكز ثقل اجزاء الجسم.

6-تحديد الاحداثيات البيانية لكل نقاط مراكز ثقل الجسم على المحورين السيني والصادي.

7-من نسبة كتلة كل جزء والعمود النازل على المحورين يمكن ايجاد عزوم الكتلة حول كل من المحور السيني والصادي.

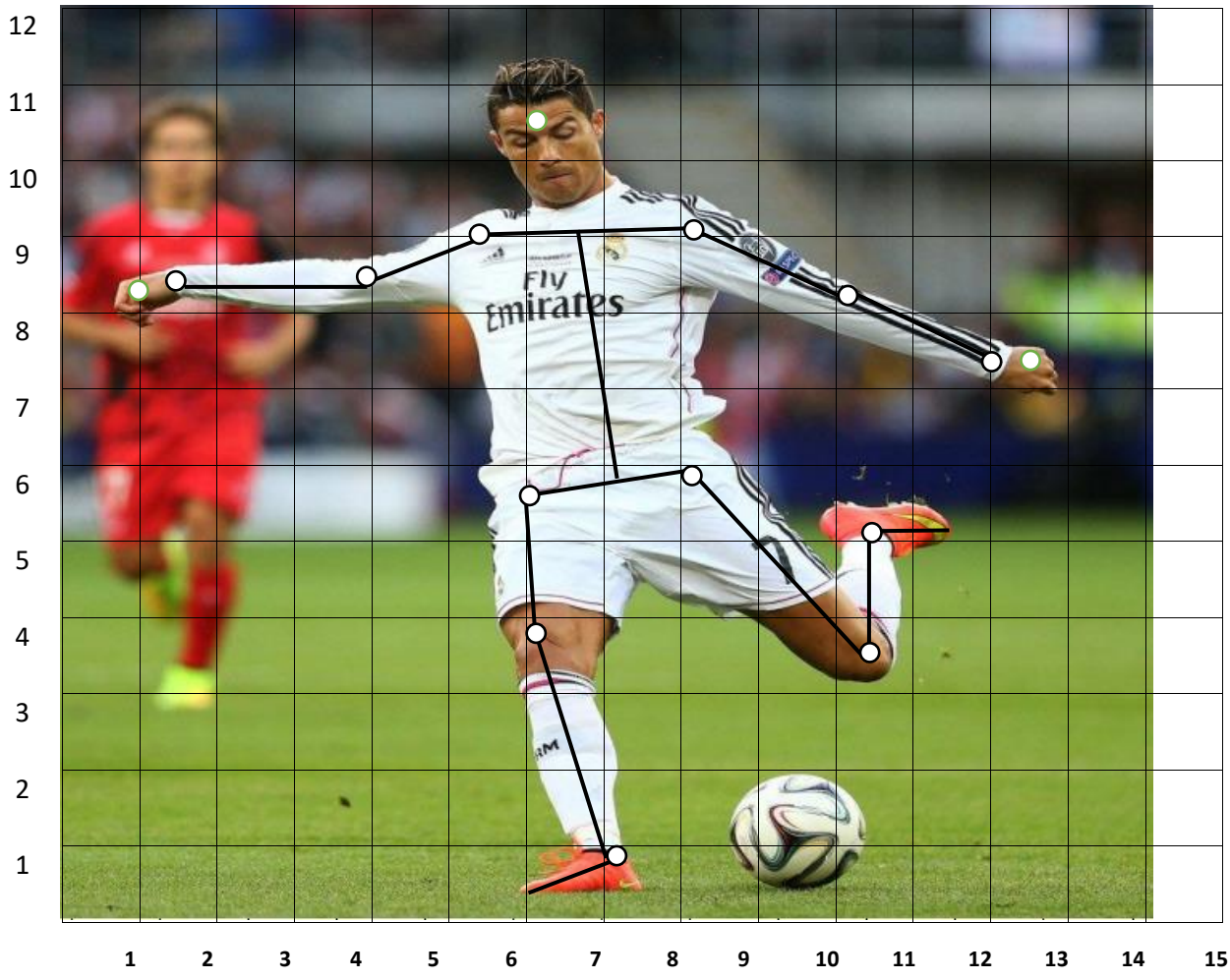
8-تسجيل قيمة عزوم نقاط مراكز الثقل للأجزاء المختلفة في الجدول السابق.

9-تطبيق المعادلة التالية لإيجاد كل من البعدين الافقي والعمودي فالإحداثي السيني والصادي لنقطة مركز الثقل الجسم المطلوب معرفته: مجموع الكتل الجزئية × ابعادها كتلة الجسم الكلية ونقطة تلاقي هذه الاحداثيات هي محصلة الكتل الجزئية للجسم وتمثل احداثيات مركز ثقل كتلة الجسم. ويمكننا بهذه الطريقة التحليلية ان نوجد مركز ثقل الجسم في جميع الاوضاع والحركات الرياضية.

جدول يبين المعادلات الخاصة في استخراج مركز ثقل الجسم

النسب المؤية لكتلة الجزء	نسب ثابته
كتلة الجزء	النسب المؤية لكتلة الجزءX كتلة الجسم
طول الجزء	يقاس بالمسطرة في الصورة
نسبة بعد مركز كتلة الجزء	نسب ثابته
مسافة مركز كتلة الجزء عن المفصل	طول الجزء X نسبة بعد مركز كتلة الجزء
الاحداثي الافقي لكل جزء	نقطة مركز كتلة الجزء وما يقابلها من احداثي على الخط الافقي
الاحداثي العمودي لكل جزء	نقطة مركز كتلة الجزء وما يقابلها من احداثي على الخط العمودي
محصلة الاحداثي الافقي	الاحداثي الافقي لكل جزء X كتلة الجزء
محصلة الاحداثي العمودي	الاحداثي العمودي لكل جزء X كتلة الجزء
الاحداثي الافقي م.ك.ج	مجموع محصلة الاحداثي الافقي/كتلة اللاعب
الاحداثي العمودي م.ك.ج	مجموع محصلة الاحداثي العمودي/كتلة اللاعب

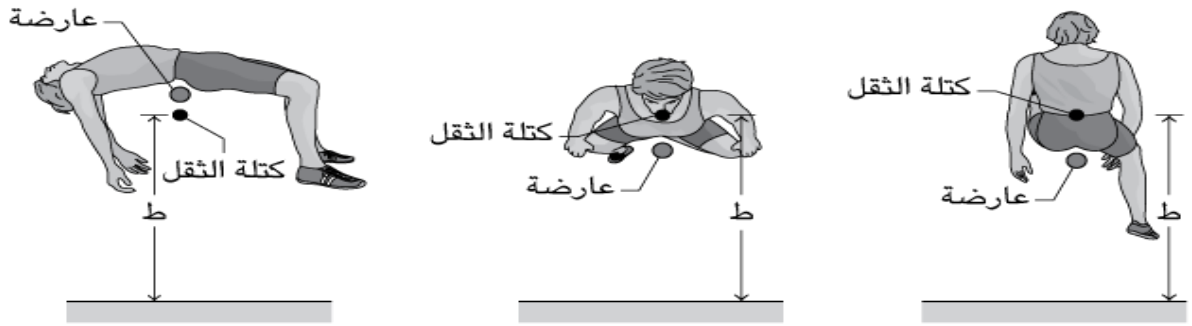
مثال/ جد مركز ثقل اللاعب في الصورة ادناه إذا علمت ان كتلة اللاعب 86 كغم؟



الحل/ بعد وضع الصورة عل الورقة البيانية كما في الشكل السابق نستخرج القيم المبينة في الجدول ادناه لجسم اللاعب وحسب قيمة كتلة الجسم وبالاعتماد عل قيم الجدول الاساس لنموذج لاعب كتلته (100 kg) وكالتالي:

المعادلات	—	نسب ثابته	النسب المؤية لكتلة الجزءX كتلة الجسم	يقاس بالمسطرة في الصورة	نسب ثابته	طول الجزء X نسبة بعد مركز كتلة الجزء	نقطة مركز كتلة الجزء وما يقابلها من احداثي على الخط الافقي	الاحداثي الافقي لكل جزء X كتلة الجزء	نقطة مركز كتلة الجزء وما يقابلها من احداثي على الخط العمودي	الاحداثي العمودي لكل جزء X كتلة الجزء
أجزاء الجسم	كتلة اللاعب	نسبة كتلة الجزء	كتلة الجزء	طول الجزء صورة	نسبة بعد مركز كتلة الجزء	مسافة بعد مركز كتلة الجزء	الاحداثي الافقي لكل جزء	محصلة الاحداثي الافقي	الاحداثي العمودي لكل جزء	محصلة الاحداثي العمودي
الراس	86	0.07	6.02	—	—	—	6.2	37.32	10.55	63.51
الجذع	86	0.43	36.98	3.3	0.44	1.45	6.9	255.16	7.7	284.75
الفخذ الأيمن	86	0.12	10.32	1.75	0.44	0.77	6.05	62.44	4.8	49.54
الفخذ الايسر	86	0.12	10.32	3.3	0.44	1.45	9.1	93.91	4.9	50.57
الساق اليمنى	86	0.05	4.3	3	0.42	1.26	6.5	27.95	2.5	10.75
الساق اليسرى	86	0.05	4.3	1.55	0.42	0.65	10.5	45.15	4.2	18.06
القدم اليمنى	86	0.02	1.72	1.2	0.44	0.53	5.7	9.80	0.65	1.1
القدم اليسرى	86	0.02	1.72	1	0.44	0.44	10.9	18.75	5.1	8.77
العضد الأيمن	86	0.03	2.58	1.6	0.47	0.75	4.8	12.38	8.75	22.58
العضد الايسر	86	0.03	2.58	2.15	0.47	1.01	9.1	23.478	8.6	22.2
الساعد الأيمن	86	0.02	1.72	2.5	0.47	1.18	2.8	4.816	8.4	14.45
الساعد الايسر	86	0.02	1.72	2	0.47	0.94	10.9	18.75	7.8	13.42
الكف اليمنى	86	0.01	0.86	—	—	—	1	0.86	8.3	7.1
الكف اليسرى	86	0.01	0.86	—	—	—	12.55	10.79	7.35	6.32
المجموع								621.57		573.15
كيف يتم إيجاد (الاحداثي الافقي X السيني) و (الاحداثي العمودي Y الصادي) لمركز ثقل الجسم في الصور لمعرفة احداثيات المحورين وكما يأتي: الاحداثي الافقي X: 56/659.84=8 الاحداثي العمودي Y: 563.04/ 86=6.5								الاحداثي الافقي X		7.23
								الاحداثي العمودي Y		6.66

صورة اخرى تبين موقع مركز ثقل اللاعب

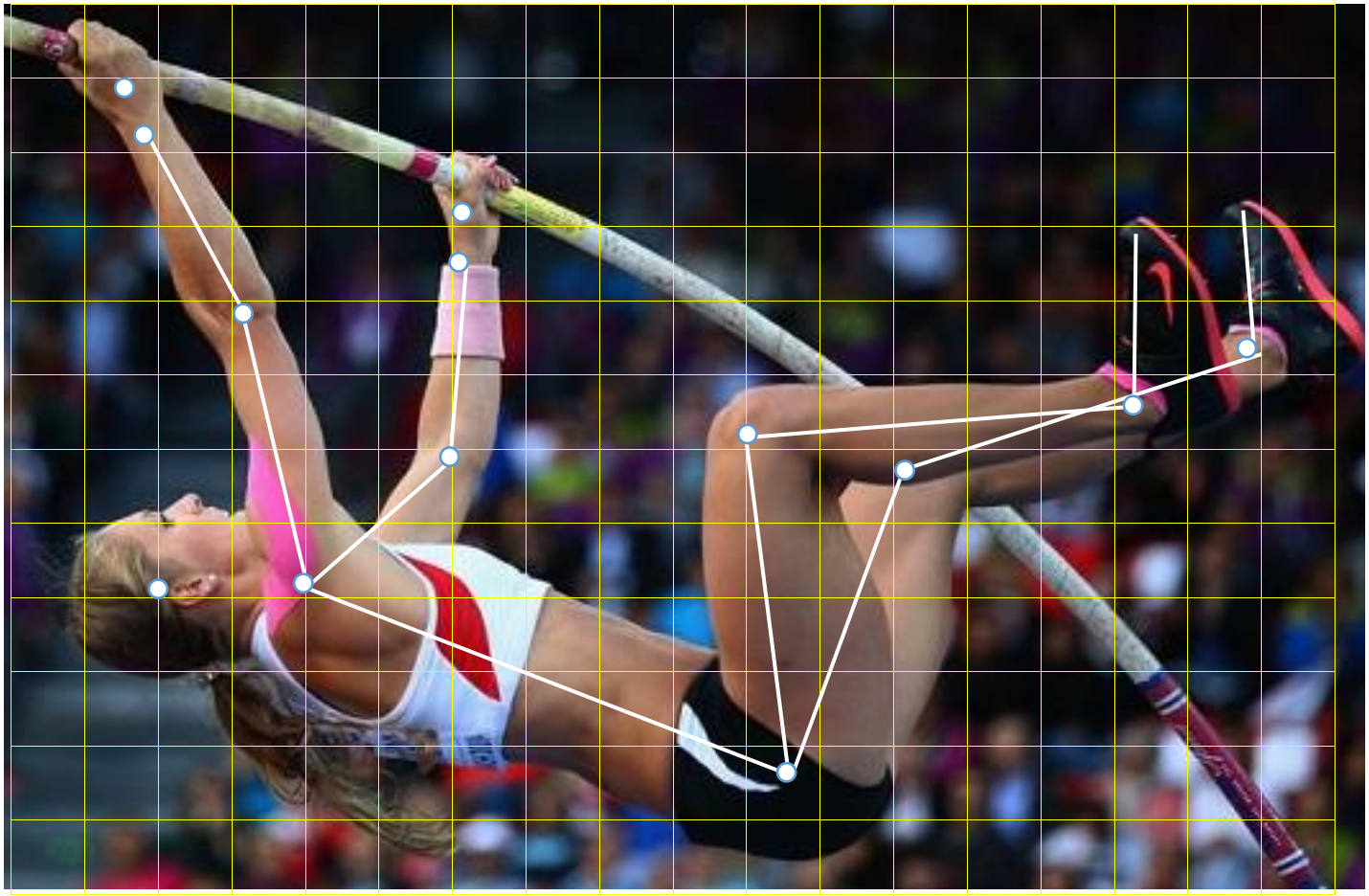


قفزة فوسبري قفزة الامتطاء قفزة الحاجز

ان الشكل اعلاه يمثل مركز ثقل جسم لاعب القفز العالي، ان الارتفاع الذي يسجل في القفز العالي هو ارتفاع العارضة الأفقية، وليس أقصى ارتفاع لرأس اللاعب أو أي جزء من جسده. لنفترض أنه في أثناء القفزة، يستطيع اللاعب أن يرفع مركز كتلة إلى الارتفاع «ط». فإذا وثب اللاعب فوق العارضة [مستخدما قفزة الحاجز]، لا بد أن تكون العارضة أدنى من الارتفاع «ط» بمقدار كبير إذا كان من الضروري ألا يلمسها الجسد، ومن ثم لا يكون ارتفاع القفزة كبيرا جدا. وفي قفزة الامتطاء، يكون الجسد في وضعية أُفقية وقد يمر فوق العارضة مع اقتراب العارضة كثيرا من مركز الثقل، ومن ثم من الممكن أن تكون العارضة أعلى. وفي قفزة فوسبري، انحناء الجسد حول العارضة يخفض مركز الكتلة حتى نقطة أدنى من الجسد، ويستطيع اللاعب أن يمر فوق العارضة على ارتفاع أكبر مما يحققه بقفزة امتطاء. والالتفاف في اللحظة الأخيرة والقفز إلى الخلف هو ما يعطي انطلاقة أقوى في قفزة فوسبري.

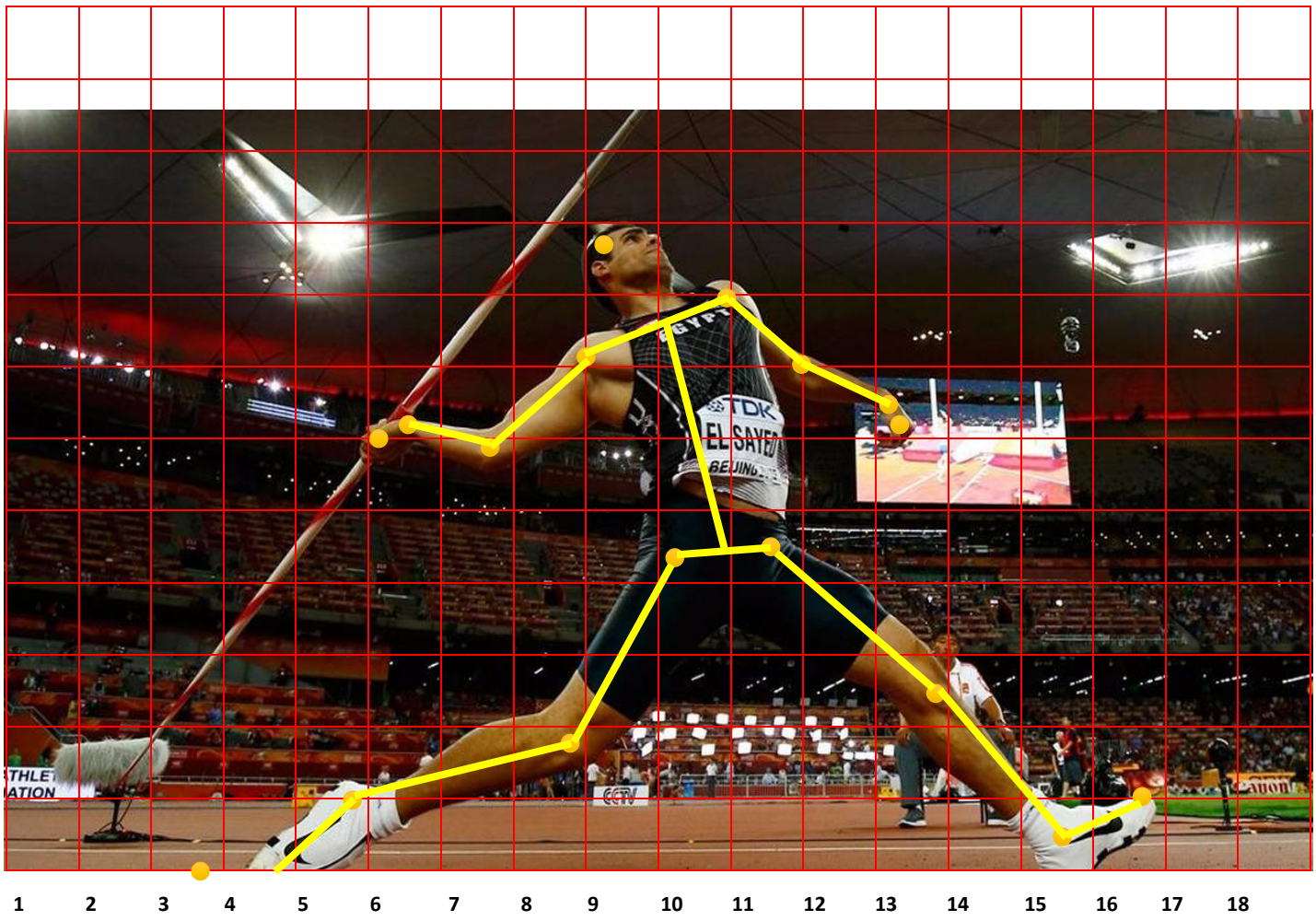
امثلة تطبيقية لاستخراج وتعيين مركز ثقل الجسم للرياضيين

استخرج مركز ثقل لاعبه كتلتها 78 كغم في الصورة ادناه؟



أجزاء الجسم	كتلة اللاعب	نسبة كتلة الجزء	كتلة الجزء	طول الجزء صورة	نسبة بعد مركز كتلة الجزء	مسافة بعد مركز كتلة الجزء	الاحداثي الافقي لكل جزء	محصلة الاحداثي الافقي	الاحداثي العمودي لكل جزء	محصلة الاحداثي العمودي
الراس	78	%7	5.46	—	—	—	2	10.92	4.1	22.39
الجذع	78	%43	33.54	7	%44	3.08	6.7	224.72	3	100.62
الفخذ الأيمن	78	%12	9.36	4.6	%44	2.02	10.25	95.94	3.6	33.70
الفخذ الايسر	78	%12	9.36	4.35	%44	1.91	11.1	103.90	2.95	27.61
الساق اليمنى	78	%5	3.9	5.2	%42	2.18	12.2	47.58	6.3	24.57
الساق اليسرى	78	%5	3.9	4.80	%42	2.02	14.15	55.19	6.35	24.77
القدم اليمنى	78	%2	1.56	2.35	%44	1.03	15.3	23.87	7.5	11.7
القدم اليسرى	78	%2	1.56	1.9	%44	0.84	16.85	26.29	8.15	12.71
العضد الأيمن	78	%3	2.34	3.7	%47	1.74	3.6	8.42	6	14.04
العضد الايسر	78	%3	2.34	2.6	%47	1.22	5	11.7	4.9	11.5
الساعد الأيمن	78	%2	1.56	2.2	%47	1.03	2.7	4.212	8.7	13.57
الساعد الايسر	78	%2	1.56	2.6	%47	1.22	6	9.36	7.1	11.08
الكف اليمنى	78	%1	0.78	—	—	—	1.5	1.17	10.85	8.5
الكف اليسرى	78	%1	0.78	—	—	—	6.1	4.76	9.2	7.18
المجموع								628.02		323.86
								8		4.2
								الاحداثي الافقي X		الاحداثي العمودي Y

واجب لاستخراج قيم المتغيرات البيوكينماتيكية الخطية والزاوية او تعيين مركز ثقل الجسم للرياضيين



في الصورة أعلاه لاعب كتلته 94 كغم، اوجد القيم التالية في هذه الصورة؟

1- مركز ثقل الجسم.

2- زاوية مفصل الركبة للرجل الخلفية.

3- زاوية مفص المرفق لليد اليمنى.

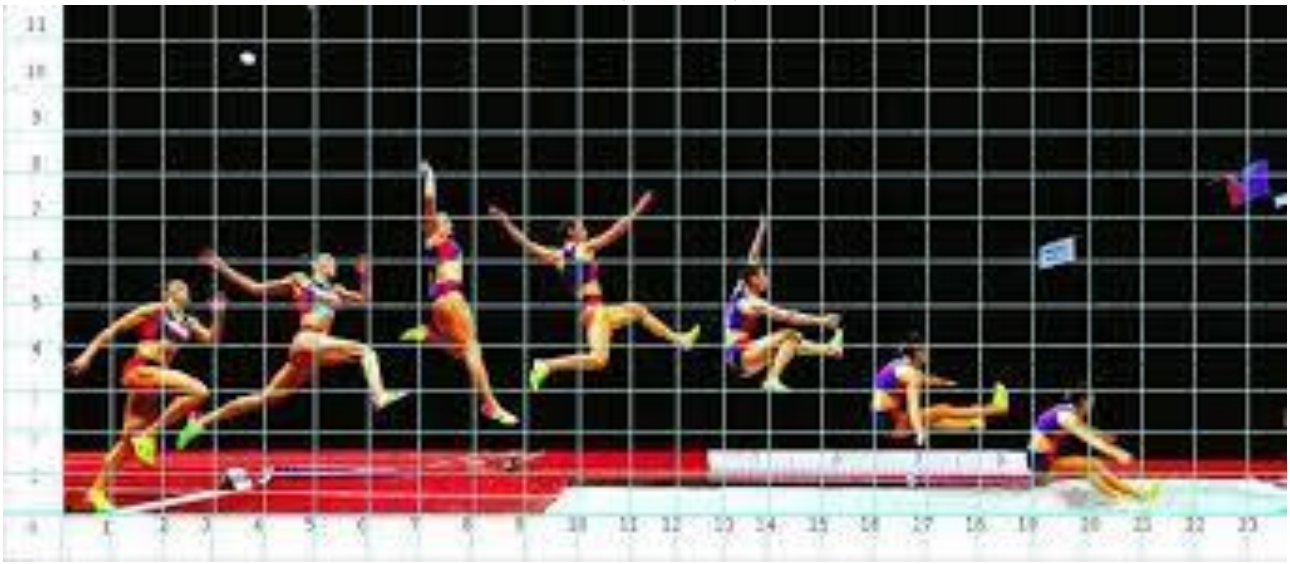
4- طول الخطوة.

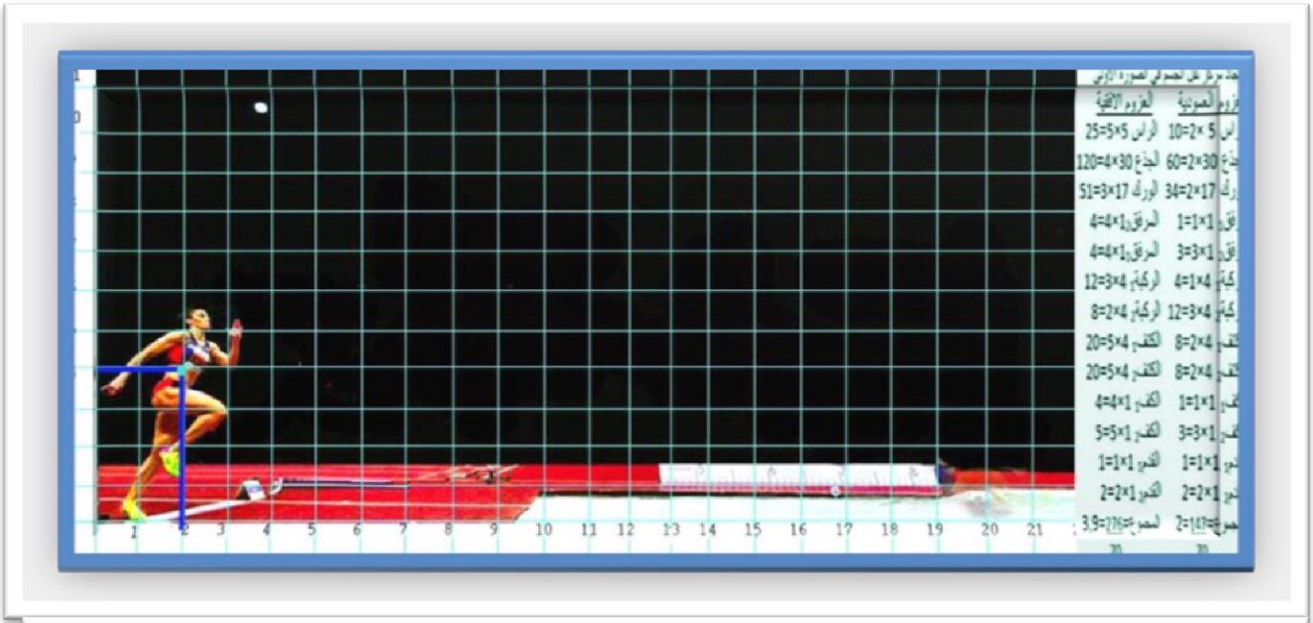
5- زاوية الرمح.

6- زاوية هبوط اللاعب.

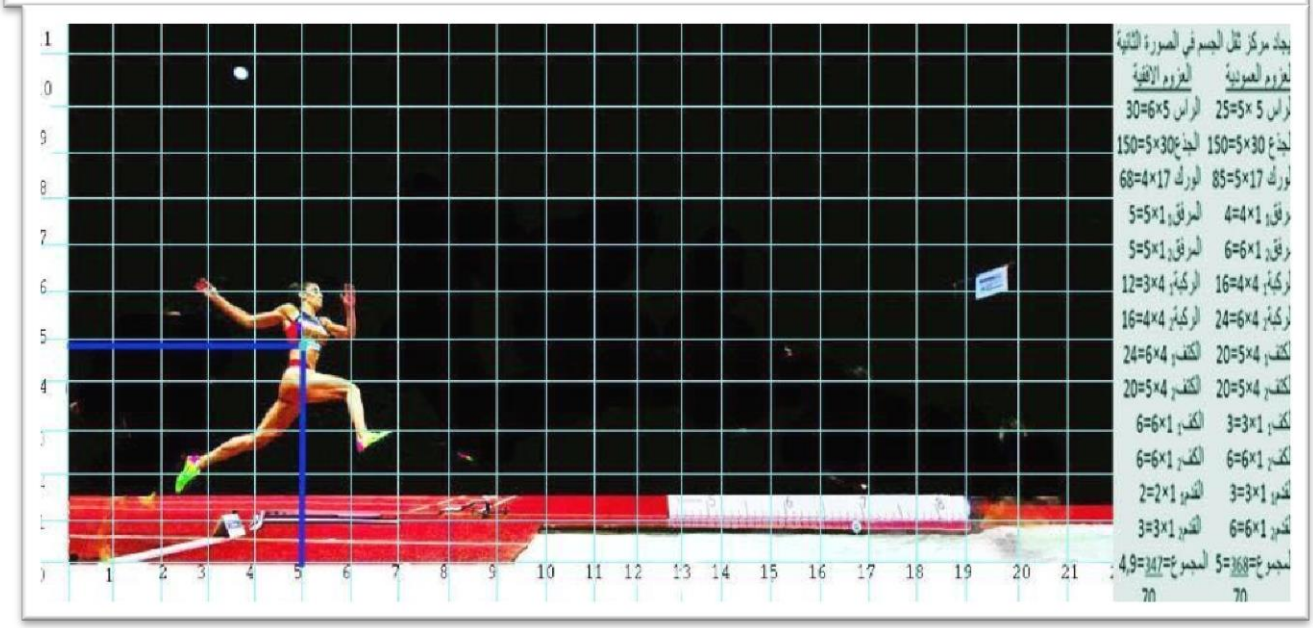
تحديد المسار الحركي لمركز ثقل الجسم واجزاءه

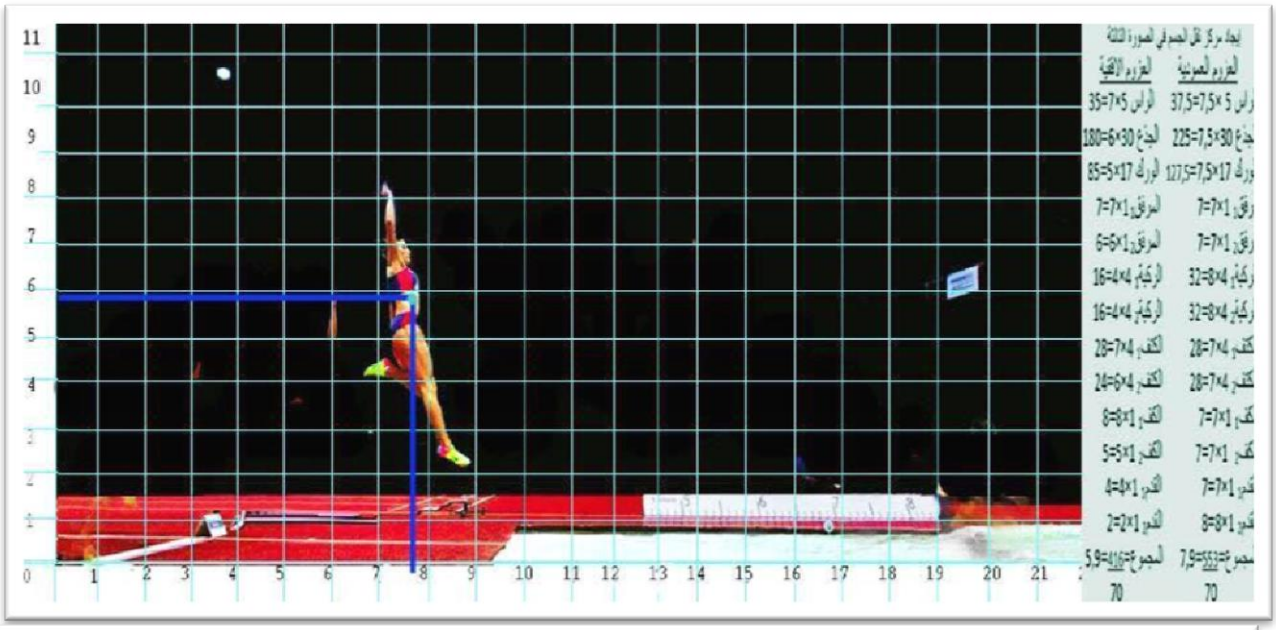
مثال: تتبع مسار مركز ثقل جسم لاعبة الوثب الطويل التي تظهر في الصورة ادناه، علما ان كتلة اللاعبة (76 كغم)





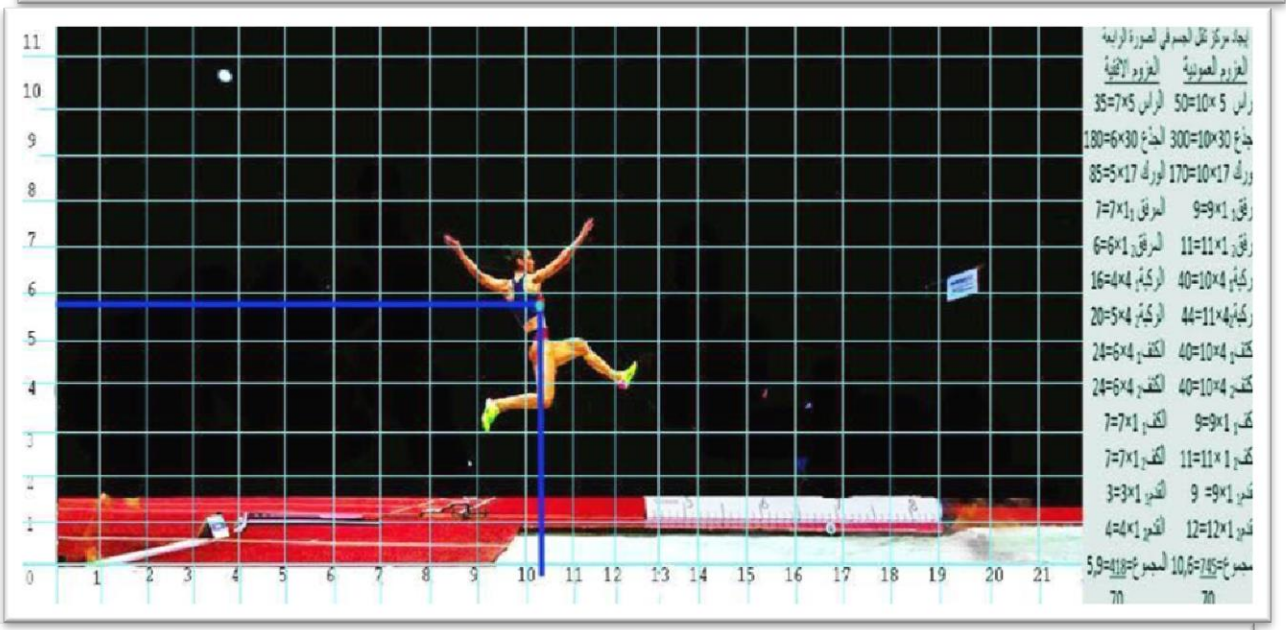
العزوم العمودية	العزوم الافقية
الراس 5 ×5=25	الراس 5×5=25
الجذع 30×5=150	الجذع 30×4=120
الورك 17×5=85	الورك 17×3=51
المرفق 1×4=4	المرفق 1×4=4
المرفق 1×6=6	المرفق 1×4=4
الركبة 4×4=16	الركبة 4×3=12
الركبة 4×6=24	الركبة 4×2=8
الكفة 4×5=20	الكفة 4×5=20
الكفة 4×6=24	الكفة 4×5=20
الكفة 4×5=20	الكفة 4×5=20
الكف 1×3=3	الكف 1×4=4
الكف 1×6=6	الكف 1×5=5
القدم 1×3=3	القدم 1×2=2
القدم 1×6=6	القدم 1×3=3
المجموع=368	المجموع=347
5=	4,9=
70	70





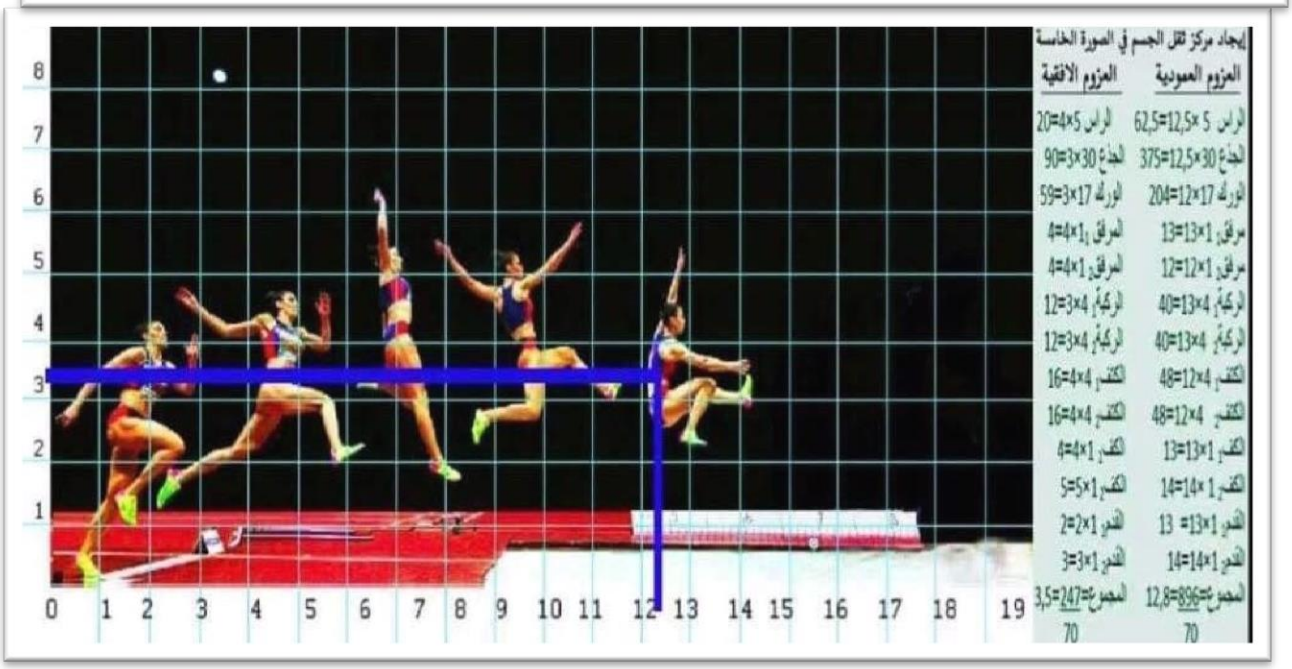
إيجاد مركز ثقل الجسم في الصورة الثالثة

العزوم العمودية	العزوم الافقية
الرأس 5 ×7,5=37,5	الرأس 5×7=35
الجذع 30×7,5=225	الجذع 30×6=180
الورك 17×7,5=127,5	الورك 17×5=85
العرقوب1 ×1=7	العرقوب1 ×7=7
العرقوب1 ×1=7	العرقوب1 ×5=6
الركبة 4×8=32	الركبة 4×4=16
الركبة 4×8=32	الركبة 4×4=16
الكتف 4×7=28	الكتف 4×7=28
الكتف 4×7=28	الكتف 4×6=24
الكتف 1×7=7	الكتف 1×8=8
الكتف 1×7=7	الكتف 1×5=5
القدم 1×7=7	القدم 1×4=4
القدم 1×8=8	القدم 1×2=2
مجموع=562=7,5	المجموع=416=5,9
70	70



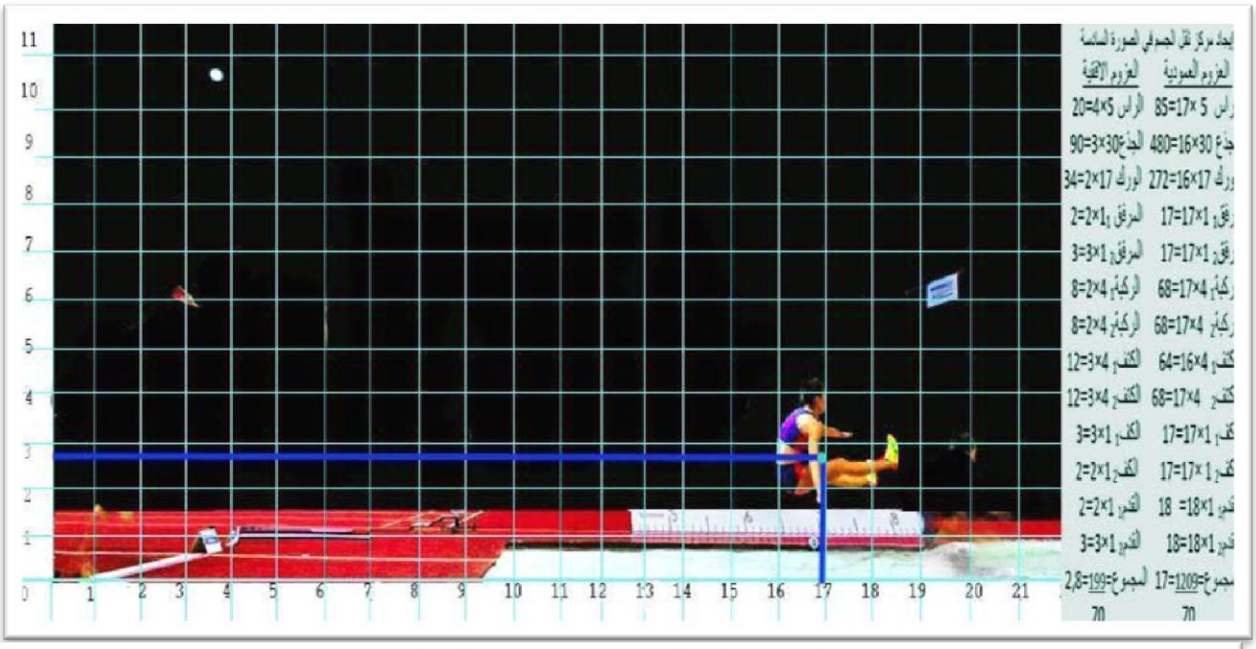
إيجاد مركز ثقل الجسم في الصورة الرابعة

العزوم العمودية	العزوم الافقية
الرأس 5 ×10=50	الرأس 5×7=35
الجذع 30×10=300	الجذع 30×6=180
الورك 17×10=170	الورك 17×5=85
العرقوب1 ×1=9	العرقوب1 ×7=7
العرقوب1 ×1=11	العرقوب1 ×6=6
الركبة 4×10=40	الركبة 4×4=16
الركبة 4×11=44	الركبة 4×5=20
الكتف 4×10=40	الكتف 4×6=24
الكتف 4×10=40	الكتف 4×6=24
الكتف 1×9=9	الكتف 1×7=7
الكتف 1×11=11	الكتف 1×7=7
القدم 1×9= 9	القدم 1×3=3
القدم 1×12=12	القدم 1×4=4
مجموع=745=10,6	المجموع=418=5,9
70	70

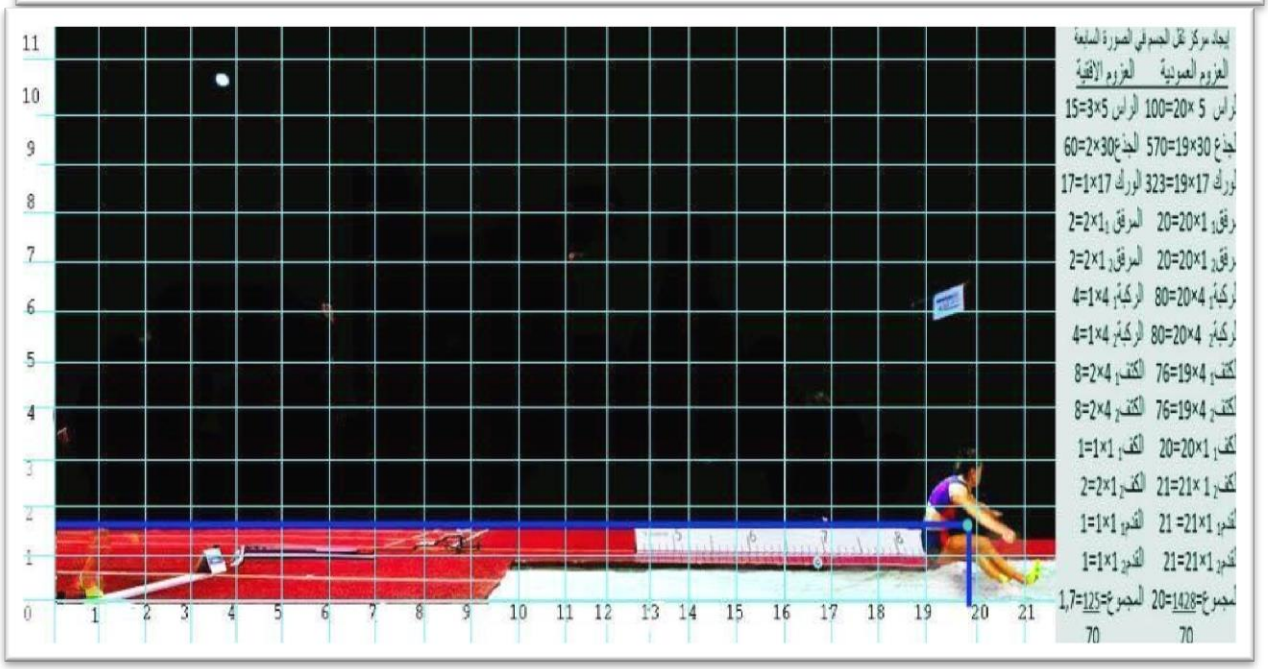


إيجاد مركز ثقل الجسم في الصورة الخامسة

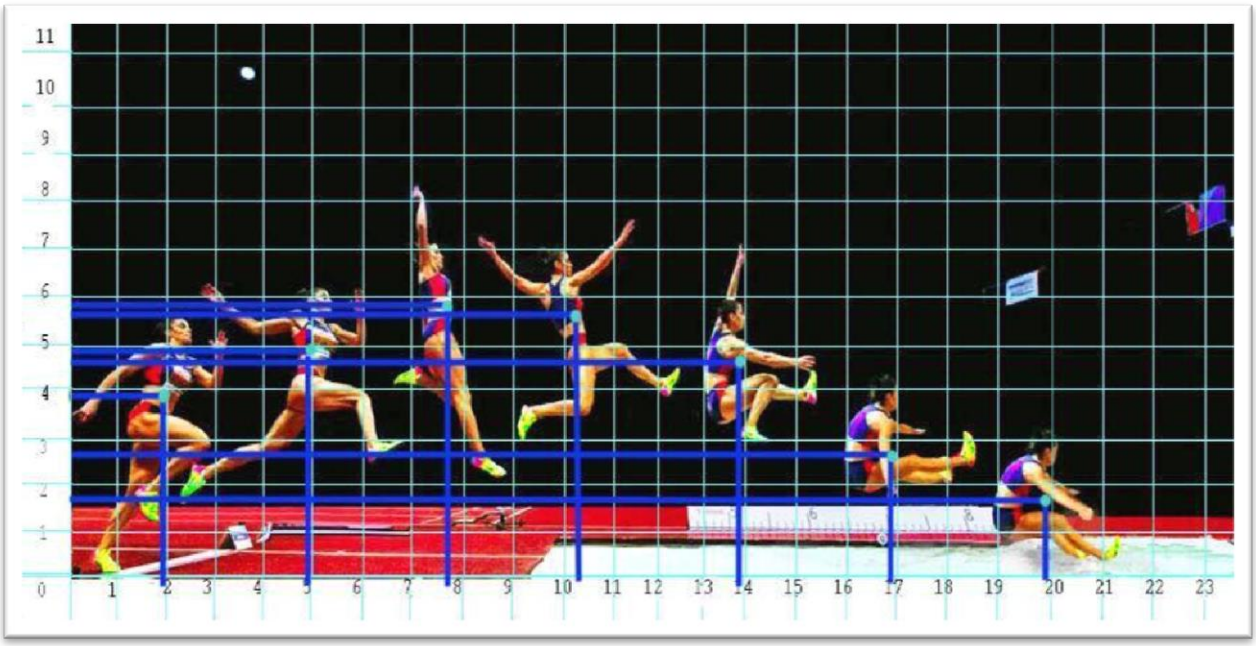
العزوم العمودية	العزوم الافقية
الرأس 5 ×12,5=62,5	الرأس 5×4=20
الجذع 30×12,5=375	الجذع 30×3=90
الورك 17×12=204	الورك 17×3=59
العرقوب1 ×13=13	العرقوب1 ×1=4
العرقوب1 ×12=12	العرقوب1 ×1=4
الركبة 4×13=40	الركبة 4×3=12
الركبة 4×13=40	الركبة 4×3=12
الكتف 4×12=48	الكتف 4×4=16
الكتف 4×12=48	الكتف 4×4=16
الكتف 1×13=13	الكتف 1×4=4
الكتف 1×14=14	الكتف 1×5=5
القدم 1×13 =13	القدم 1×2=2
القدم 1×14=14	القدم 1×3=3
المجموع=896=12,8	المجموع=247=3,5
70	70

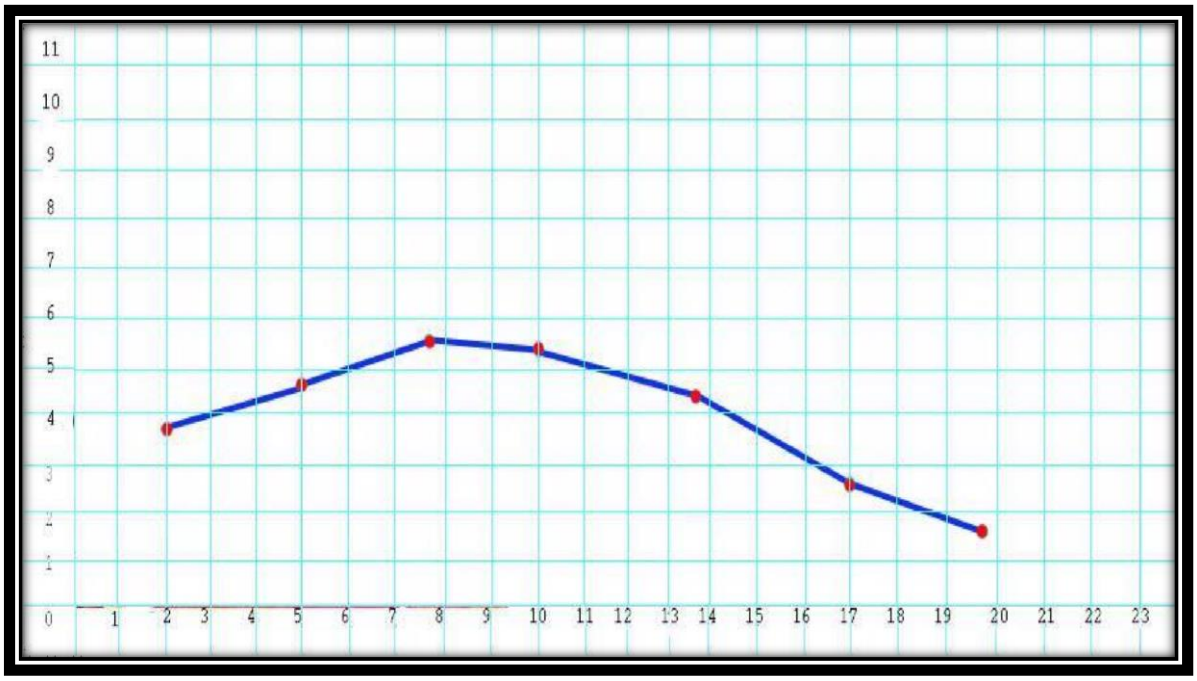


إيجاد مركز ثقل الجسم في الصورة السابعة		
	العزوم العمودية	العزوم الافقية
الرأس	5 ×17=85	الرأس 5×4=20
الجذع	30×16=480	الجذع30×3=90
الورك	17×16=272	الورك 17×2=34
المرفق1	17×1=17	المرفق1×1=2
المرفق2	17×1=17	المرفق2×1=3
الركبة1	17×4=68	الركبة1×4=8
الركبة2	17×4=68	الركبة2×4=8
الكتف1	16×4=64	الكتف1×4=12
الكتف2	17×4=68	الكتف2×4=12
الكف1	17×1=17	الكف1×1=3
الكف2	17×1=17	الكف2×1=2
القدم1	18 =1×18	القدم1×2=2
القدم2	18×1=18	القدم2×1=3
المجموع	1209=17	199=2,8
	70	70



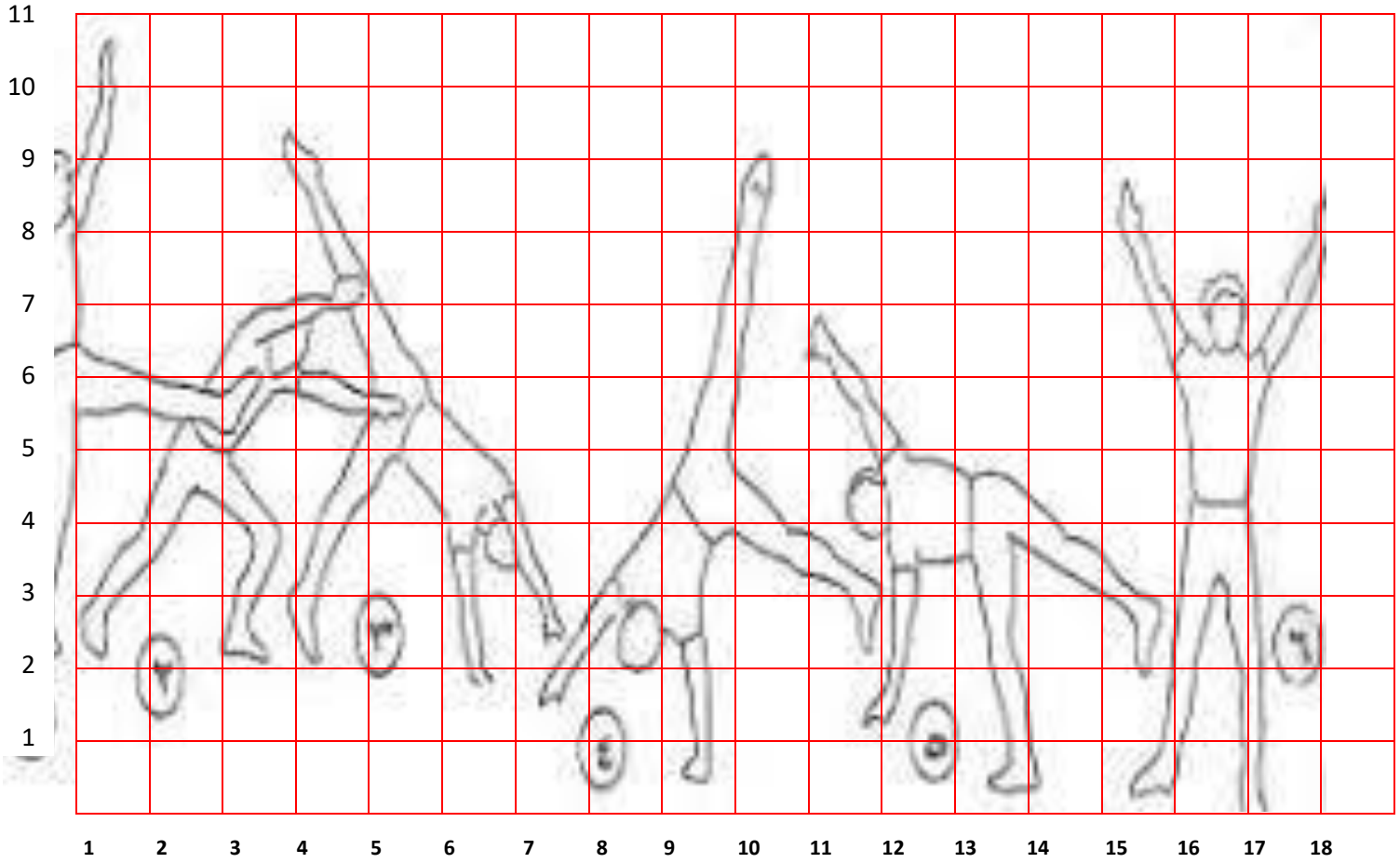
إيجاد مركز ثقل الجسم في الصورة السابعة		
	العزوم العمودية	العزوم الافقية
الرأس	5 ×20=100	الرأس 5×3=15
الجذع	30×19=570	الجذع30×2=60
الورك	17×19=323	الورك 17×1=17
المرفق1	20×1=20	المرفق1×1=2
المرفق2	20×1=20	المرفق2×1=2
الركبة1	20×4=80	الركبة1×4=4
الركبة2	20×4=80	الركبة2×4=4
الكتف1	19×4=76	الكتف1×4=8
الكتف2	19×4=76	الكتف2×4=8
الكف1	20×1=20	الكف1×1=1
الكف2	21×1=21	الكف2×1=2
القدم1	21×1= 21	القدم1×1=1
القدم2	21×1=21	القدم2×1=1
المجموع	1428=20	125=1,7
	70	70





امثلة تطبيقية لاستخراج وتعيين مركز ثقل الجسم للرياضيين

تتبع مسار مركز ثقل جسم لاعب الجمناستك التي تظهر في الصورة ادناه، علما ان كتلة اللاعب (70 كغم)



الحركة رقم 1

الحركة رقم 2

الحركة رقم 3

الحركة رقم 4

الحركة رقم 5

الحركة رقم 6

مسار مركز ثقل اللاعب