مركز ثقل الجسم Center Of Gravity :

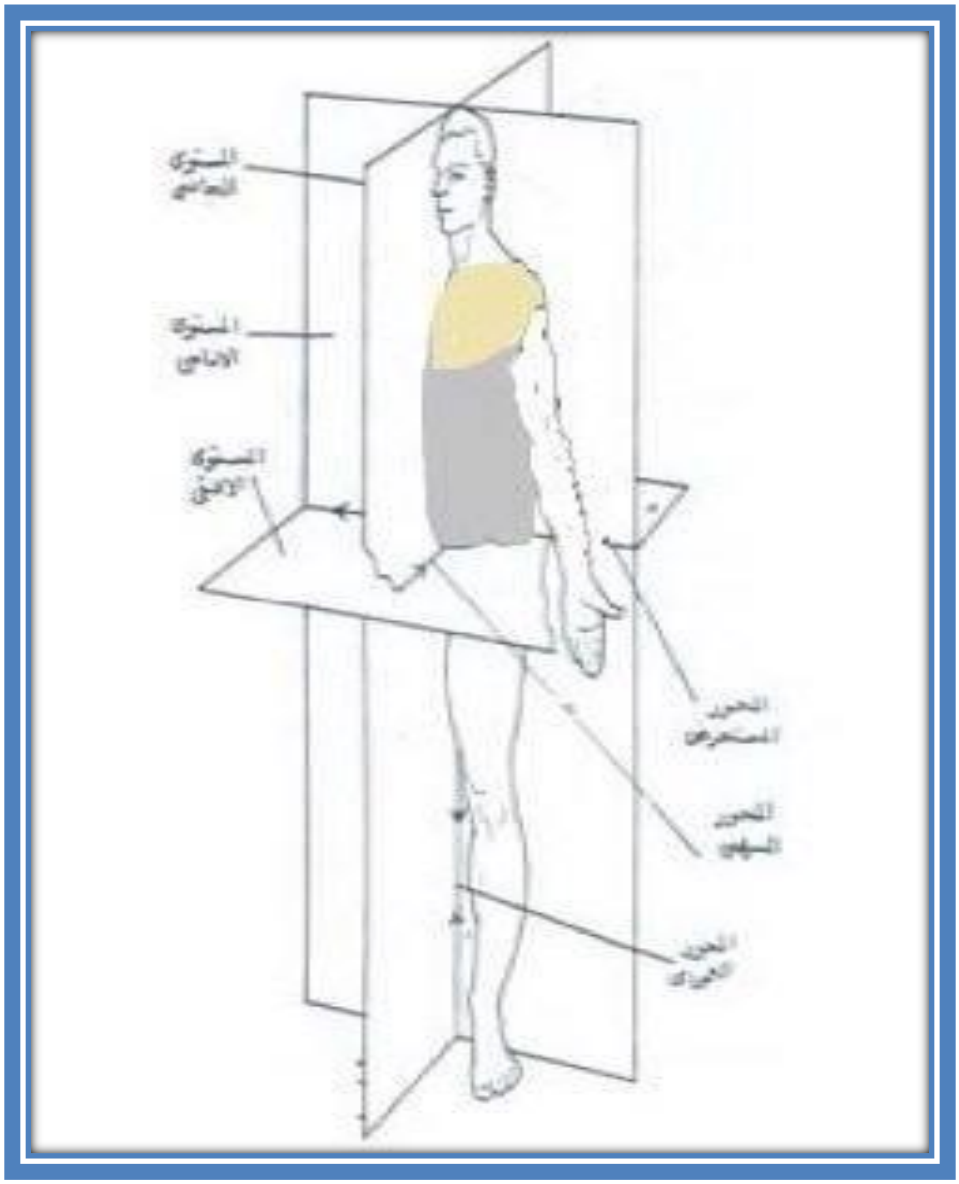
ان الاطلاع والفهم الجيد لاسس عمل العتلات بالشكل الصحيح سيكون من السهل علينا ان نفهم الكثير في معرفة استخراج قيم مركز ثقل الجسم المتحرك ومما هو معلوم ان وزن الجسم عبارة عن قوة سحب الجاذبية الارضية لكل اجزاءه اي ان الجاذبية الارضية تسحب كل اجزاء الجسم نحو مركز الارض .

وتختلف الأجسام من حيث شكلها ومظهرها الخارجي . وان كانت متساوية الوزن ولما كان كل جسم يتكون من عدد كبير من الجزيئات. تتأثر جميعها بقوة جذب الارض والذي يكون اتجاهه عادة نحو الاسفل (باتجاه مركز الارض) فنجد ان محصلة جميع القوة المؤثرة في مجموع الاجزاء التي يتكون منها الجسم تساوي وزن الجسم . واذا اردنا ان نستخرج محصلة هذه القوى المؤثرة في الجسم نجدها تتركز في نقطة واحدة من نقاطه تسمى بمركز ثقل الجسم (اي انه النقطة التي تتركز فيها قوة جذب الارض باتجاه مركزها) . وعلى هذا الاساس يمكننا تعريف مركز ثقل الجسم بانه النقطة التي تمر بها محصلة قوة الجاذبية الارضية ، ونسميها احياناً مركز الجذب C. G .

ويمكن ان نجد نقطة مركز ثقل للاجسام المنتظمة بسهولة حيث تكون هذه النقطة في مركزها (كالكرات والادوات المنتظمة مثل القرص والثقل وغيرها) بالاضافة الى ذلك فان محاور الحركات التي يدور حولها الجسم والمسطحات التي يدور فيها الجسم تتلاقى في هذا المركز.

و كما تطرقنا سابقا بان هناك ثلاث محاور للجسم (العمودي والافقي الجانبي والافقي الامامي) ، تتقاطع بنقطة مركز ثقل الجسم وهي نفس

النقطـــة التـــي تتقـــاطع بهـــا المســـتويات التشـــريحية الثلاثـــة للجســـم (الامـــامي والجانبي والافقي) .



شكل (16)

يمثل تقاطع المستويات في جسم الانسان ثلاثي الابعاد

اما بالنسبة الى الجسم الغير منتظم (جسم الانسان) فأن طريقة تحديد مركز ثقله يتم من خلال بعض الاسس االعلمية. ولكن من الصعوبة دراسة مركز ثقل جسم اللاعب وتقييمه أثناء أداء الحركات الرياضية مالم يكن هناك طرق دقيقة لقياس أو إيجاد مركز ثقله (C.G) وذلك بسبب التتغير في شكل وموضع الجسم (C.G) حيث في كل وضع جديد يتخذه في الفراغ تختلف القياسات المحددة لنقطة مركز الجذب لذلك اللاعب.

وهناك عدة طرق لقياس (C.G) وأسهل طريقة لمعرفة قياسه عند الإنسان وفي وضعية الرقود ومن خلال معطيات نظرية الروافع انفة الذكر سابقا وعند استخدام ميزان و لوح خشبي بطول (200 سم) ، يستلقي الشخص على اللوح ويحدد م. ث . ج (G . C)في المستوى الافقي عن طريق النقطة التي يتوازن على جهتيها الجسم وحسب الرجوع الى قانون العتلات :

القوه في ذراعها = ألمقاومه في ذراعها

فطريقة استخراج (C.G) بالـ D. L . G وفق (القانون الاول بالاستاتيكيا) تصبح ووفق نظرية الروافع باستخراج مركز الثقل (C.G) وحسب المعطيات التالية :

1- لوح خشب طوله 200cm يمثل الـ D (المسافة وهي ثابتة).

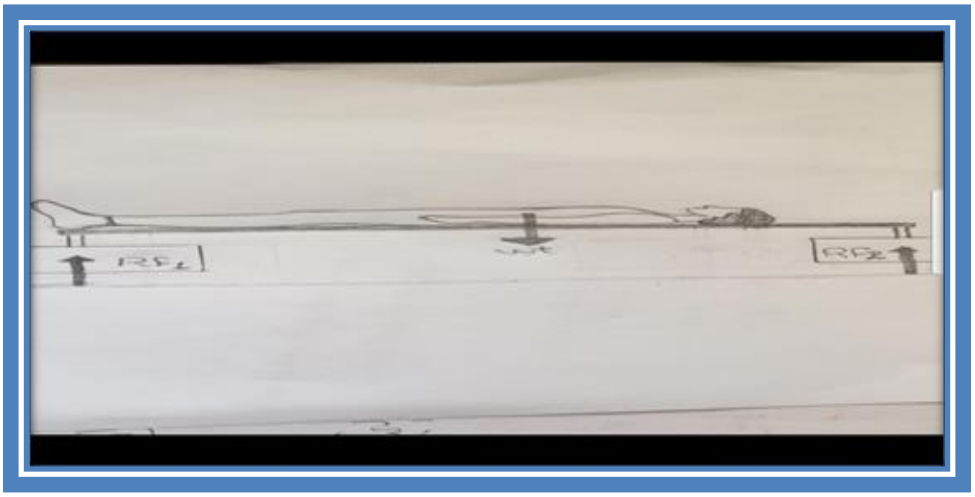
2 -اهمال وزن اللوحة.

3- وزن الميزان (S W).

4- كتلة اللاعب (m).

البعد الأول ويمثل المسافة الطولية للجاذبية (D.L.G).

$$\boldsymbol{D.L.G} = \frac{\boldsymbol{D}(\mathrm{M} - \boldsymbol{sw})}{\mathrm{M}}$$



شكل (17)

مثال1 :

لاعب كتلته (70 kg) وكان مؤشر الميزان (sw = 40 kg) ، اوجد قيمة (D.L.G).

الحل :

$$D.L.G = \frac{D(\mathrm{M} - sw)}{\mathrm{M}}$$

$$D.L.G = \frac{200(70-40)}{70}$$

$$D.L.G = \frac{200x30}{70}$$

$$D.L.G = \frac{6000}{70}$$

$$D.L.G = 85 \text{ cm}$$

مثال2 :

لاعبة كتلتها (50 kg) وكان مؤشر الميزان (30 kg) ، اوجد قيمة (D.L.G)

M = 50 kg

ws = 30 kg

D.L.G = ؟

الحل :

$$D.L.G = \frac{D(m - sw)}{\text{m}}$$

$$D.L.G = \frac{200(50 - 30)}{50}$$

$$D.L.G = \frac{200x20}{50}$$

$$D.L.G = \frac{4000}{50}$$

$$D.L.G = 80 \text{ cm}$$

2-6 التوازن:

يعد التوازن كصفة بدنية توافقية وهو القدرة على الاحتفاظ بثبات الجسم عند أداء المهارة الرياضية و بمختلف الأوضاع الحركية والثابتة، و التوازن هو قدرة الفرد في السيطرة على أجزاء جسمه المختلفة من خلال قوة الجهاز العصبي وسلامة العظام والعضلات بدرجة عالية من القدرة التوافقية.

و يعد البايوستاتيك Biostatics فرع من فروع البايوميكانيك يبحث في دراسه القوى وشروط اتزان الاجسام.

وتتجلى اهمية التوازن لدى الرياضي فيما يلي:

1- يعتبرعاملا رئيسيا في مهارات كالجمباز والبالية والتزلق على الجليد والغطس ... الخ .
2- تأثيره واضح في رياضات الاحتكاك كالمصارعة والملاكمة والفنون القتالية الاخرى .

ويحدث التوازن عند الرياضي خاصة وجسم الانسان عموما في ناحيتين هما :

1- الناحية الميكانيكية : وتشمل في ذلك القوة الخارجية , مثل الجاذبية الارضية , الرياح , الاحتكاك .

2- الناحية الفسلجية : وتتمثل في سلامة الحواس او المستقبلات الحسية .

اشكال التوازن

اشكال التوازن :

1- التوازن الثابت:
وهو قدرة الفرد على الاحتفاظ على توازنه والسيطرة على جسمه في حالة الثبات مثل الوقوف على قدم واحدة واتخاذ وضع الميزان.

2 - التوازن الحركي:-وهو قدرة الفرد على التوازن والسيطرة على جسمه اثناء اداء حركي معين مثل المشي على عارضة التوازن والمصارعة.

أنواع التوازن:

- التوازن المستقر: هو التوازن الذي يحدث في حالة كبر واتساع قاعدة الارتكاز واقتراب مركز ثقل الجسم من الارض.

او التوازن الثابت: ويعني القدرة التي تسمح بالبقاء في وضع ثابت او القدرة على الاحتفاظ بثبات الجسم دون سقوط او اهتزاز عند اتخاذ اوضاع معينة كما هو عند اتخاذ وضع الميزان.

- التوازن القلق: هو التوازن الذي يحدث في حالة صغر او ضيق قاعدة الارتكاز وابتعاد مركز ثقل الجسم عن الارض.

او التوازن الديناميكي : القدرة على الاحتفاظ بالتوازن اثناء اداء حركي كما في معظم الالعاب الرياضية والمنازلات الفردية كما هو الحال عند المشي على عارضة مرتفعة.

الاتزان وعلاقته بمركز الثقل:

عندما نعني بالاتزان فذلك يعني ان محصلة القوى المؤثرة على الجسم تساوي صفرا كما في حالة سكون لاعب الجمناستك في حركة الصليب على جهاز الحلق ، او يكون الاتزان في حالات تكون سرعة الحركة ثابتة ان كانت حركة زاوية او حركة مستقيمة نتيجة مجموع القوى المؤثرة تساوي صفرا في الحركة الانتقالية او المستقيمة وكذلك فان عزوم القوى المؤثرة في الحركة الزاوية ستكون صفرا في حالة ثبات الحركة واتزانها وعليه يمكن ان يكون الاتزان في حالة الحركة .

مباديء الاتزان والثبات:

1.كلما زادت قاعدة الاتزان زادت حالة الثبات.

2.كلما انخفض مركز الثقل زاد الاتزان.

3.طالما وقع مسقط مركز ثقل الجسم في قاعدة الارتكاز زاد الاتزان.

4.كلما زادت كتلة الجسم زاد الاتزان.

5.كلما كان الاحتكاك بين السطحين قوي زاد الاتزان.

6.التركيز البصري يساعد في الاتزان.

7.العامل النفسي يؤثر على حالة الاتزان.

هذا وان تاثير قوة الجاذبية Gravity force وحسب طبيعة الحركة التي يؤديها اللاعب على اعتبارها (كمية ثابتة) وحسب ارتفاع مستوى سطح عن مستوى سطح البحر وقد تقل قيمتها نسبيا اذا كان الارتفاع اكثر من ثلاثة الاف متر .

واهم ما يميز طبيعة قوة الجاذبية الأرضية هو :

* ان دوران الارض حول نفسها ينتج قوة الجاذبية الارضية(Gravity force).

* ان قوة الجاذبية الارضية تسحب الاجسام باتجاهها بتعجيل مقداره 9.8 م/ثا^2.

* الجاذبية الارضية تنتج قوة على الاجسام تسمى الوزن .

* الوزن weight يدل على حاصل ضرب الكتلة في التعجيل الارضي.

* تؤثر قوة الجاذبية الارضية Gravity force في مركز ثقل الجسم بشكل مباشر عندها الجسم يتحرك مباشر باتجاه مركز الارض.

* الاجسام المنتظمة (الجاسئة او المتناظرة) كالكرة او المكعب يقع مركز ثقل الجسمThe center of gravity في وسطها بالضبط .

* الاجسام ذات الابعاد الثلاثية يقع مركز ثقل الجسم في نقطة تلاقي المحاور والمستويات الثلاث والتي تم التطرق اليها سابقا .

ويمكن تحديد مركز ثقل الجسم عند الانسان :

اثناء وضع الوقوف يقع مركز الثقل في منتصف البطن فوق نقطة السرة، وكلما تحرك الانسان وتغير وضع الجسم يحدث تغير في موضع مركز ثقل الجسم (The center of gravity)، ويتحدد فقط اذا كان الجسم ثابتا ومتوازنا.

وبالمقابل يمكن تحديده اثناء الاداء المهاري في الحركات الرياضية افتراضياً في التصوير الفديوي وذلك من خلال عدة برامج تطبق في الحاسوب منهاالـ (AutoCad) والـ (DartFish) والـ (Kinovea) وغيرها وكما سياتي شرحها لاحقا في فصل اخر من هذا الكتاب، وبعد تقطيع الفلم الفديوي الى فريمات او مقاطع صغيرة متعددة وتؤخذ كل لقطة على حدة لغرض تحليل المتغيرات الميكانيكة ومنها مركز ثقل الجسم .

2-7 دراسة (كروسكي) في تحديد مركز ثقل الجسم :

وهي من اهم النظريات التي اهتمت بـ دراسة مركز الثقل وتحديده حيث اشارت هذه الدراسة الى ان ارتفاع مركز ثقل الجسم عند الرجال يبلغ (56.18 %) بينما يبلغ عند النساء (55.4%) من الطول الكلي لهما . وتستند طريقة كروسكي 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 (100kg) ولاستخراج قيم الكتل الجزئية وفقا لكتلة اللاعب المراد تعيين مركز ثقله يتم تحديد كتل هذه الاجزاء مرة اخرى في حالة اختلاف كتلة (وزن) عن الـ(100kg) في اي لقطة عند اداءه المهاري المراد تحليله كميا (التحليل البايو ميكانيكي) وذلك بضرب قيمة كتل ذلك الجزء التشريحي الموجودة في الجدول ادناه في كتلة اللاعب الحقيقي مقسوم على (100) وكما سيتم لاحقا، ولايجاد C.G في الحركات الرياضية وحسب الاجزاء التشريحية للجسم لنموذج لاعب كتلته (100kg) وحسب نظرية (كروسكي) .

تعتمد قيم الجدول ادناه والذي يوضح النسب المقربة لاقرب عدد صحيح :

وكما في المثال الذي سياتي لاحقا .

ت	اجزاء الجسم	النسبة المئوية	النسبة التقريبية
1	الرأس	%7.06	%7
2	الجذع	%42.70	%43
3	الورك	%11.58	%12 × 2
4	الساق	%5.76	%6
5	القدم	%1.79	%2
6	العضد	%3.36	%3
7	الساعد	%2.28	%2
8	الكف	%.44	%1

طريقة إيجاد مركز ثقل الجسم (C.G) بدلالة الكتل الجزئية للجسم (كروسكي) :

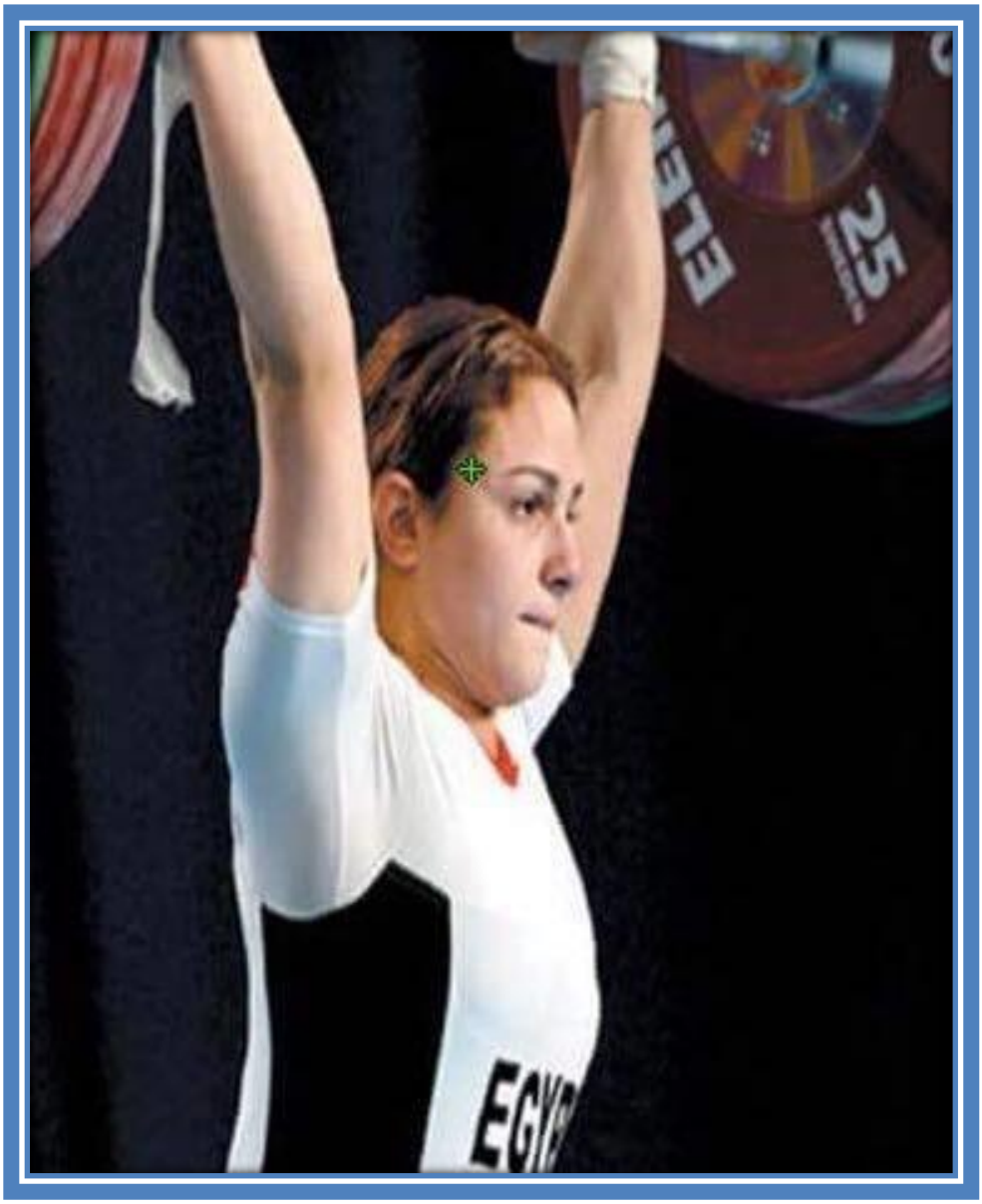
من مقطع الفلم السينمائي او الفيديوي يتم قطع الصورة او (اللقطات) المراد معرفة نقطة مركز ثقل كتلة الجسم لها ولجميع الأوضاع الرياضية وبمختلف الفعاليات على ورقة بيانية ثم نتبع الخطوات التالية:

1. تحديد نقطة تمثل مركز ثقل كتلة الراس اذا كان الرأس مواجه يكون مركز ثقل الراس بين الحاجبين .

شكل (18)

يمثل صورة موضح عليها نقطة مركز ثقل الراس من الامام

2. اذا كان الجسم جانبي فيكون مركز ثقل الراس في نقطة الصدغ.



شكل (19)

يمثل صورة موضح عليها نقطة مركز ثقل الراس من الجانب

3. مركز ثقل الجذع اذا كان مواجهاً اولا :

منتصف المسافة بين مفصلي الكتف نضع نقطة بعد ان نرسم خط بينهما .

ثانيا: بينما نصل بين الحوضين ومنتصف المسافة نضع نقطة وبعدها نرسم خط طولي نقطة منتصف الكتفين الى نقطة منتصف الحوضين و مركز ثقل الجذع يقع على بعد 44 % من طول الجذع من الأعلى.

شكل (20)

يمثل صورة موضح عليها نقطة مركز ثقل الجذع من الامام

4. اما اذا كان الجسم جانبي نرسم من منطقة الكتف خطا الى الحوض ويقع مركز ثقل الجذع مسافة 44 % من هذا الخط من الاعلى الى الاسفل .

شكل (21)

يمثل صورة موضح عليها نقطة مركز ثقل الجذع من الجانب

5 . ويسري الحال بالنسبة للورك نضع نقطة من الجانب اذا كانت الصورة جانبية. و بالتالي لتحديد مركز ثقل كتلة جسم اللاعب على الورقة البيانية نراعي الخطوات التالية :

1. تحديد الصورة في الوضع المحدد المراد ايجاد مركز ثقل الجسم فيه (اللقطة).

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

3. تحديد مفاصل الجسم بنقط صغيرة على الصورة .

4. رسم المحاور الطولية والافقية لاجزاء الجسم المختلفة امتداد لخطوط الورقة البيانية .

5. تحديد موقع مراكز ثقل اجزاء الجسم .

6. تحديد الاحداثيات البيانية لكل نقاط مراكز ثقل الجسم على المحورين السيني والصادي (x ، y)

7. من نسبة وزن(كتلة) كل جزء والعمود النازل على المحورين يمكن ايجاد عزوم الوزن (القوة) حول كل من المحور السيني والصادي .

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

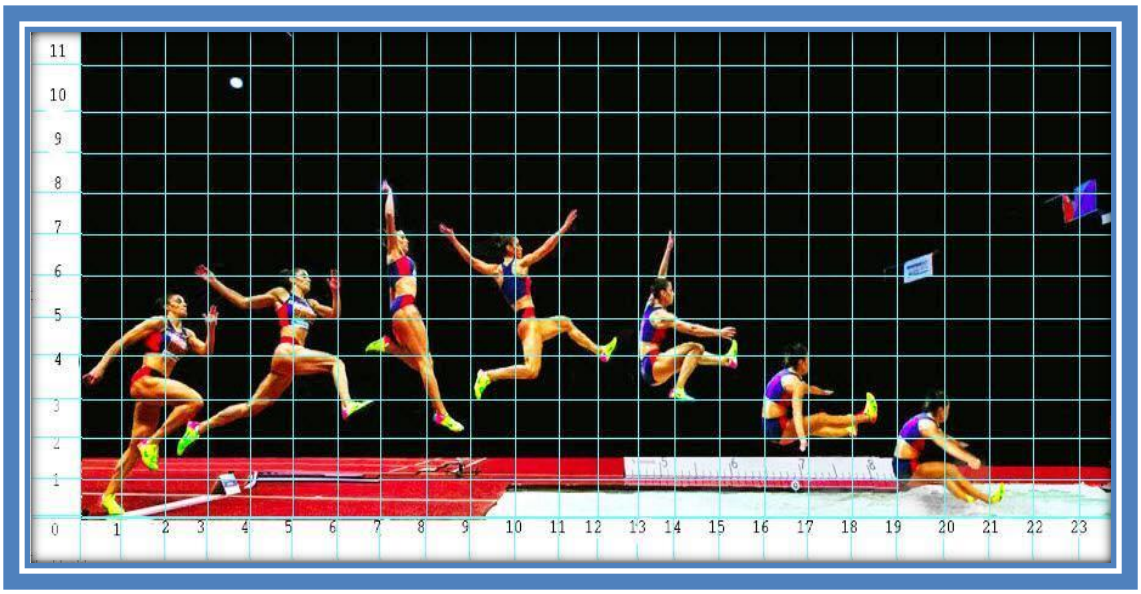
9. تطبيق المعادلة التالية لايجاد كل من البعدين الافقي والعمودي فالاحداثي السيني والصادي (x ، y) لنقطة مركز الثقل الجسم المطلوب معرفته :

$$= \frac{\text{مجموع الكتل الجزئية} \times \text{ابعادها}}{\text{كتلة الجسم الكلية}}$$

ونقطة تلاقي هذه الاحداثيات هي محصلة الاوزان الجزئية للجسم وتمثل احداثيات مركز ثقل كتلة الجسم . ويمكننا بهذه الطريقة التحليلية ان نوجد وضع مركز ثقل الجسم في جميع الاوضاع والحركات الرياضية .

مثال :

تتبع مسار مركز ثقل جسم لاعبة الوثب الطويل التي تظهر في الصورة ادناه ، علما ان كتلة اللعبة تبلغ (70kg):



شكل(22)

يمثل التسلسل الحركي للاعبة على الورقة البيانية والمراد تتبع مسار مركز ثقلها

الحل :

بعد وضع الصورة على الورقة البيانية كما في الشكل (22) نستخرج قيم نسب الكتل الجزئية لجسم اللاعبة وحسب قيمة كتلة الجسم في السؤال وبالاعتماد على قيم الجدول الاساس الاول لنموذج لاعب كتلته (100kg) وكالتالي :

الرأس = 7×70 ÷ 100

= 4.9

تجبر للتصبح كتلة الراس

= 5kg

الجذع = 43×70÷ 100

= 30 kg

الورك= 24× 70÷ 100

= 17 kg

الركبة = 6 ×70 ÷ 100

= 4.2

تجبر لتصبح كتلة الركبة

= 4kg

القدم = 2× 70 ÷100

= 1kg

الكتف= 3× 70 ÷ 100

2kg=

المرفق= 2×70 ÷ 100

1kg =

الكف = 1× 70 ÷ 100

1kg =

بعد ذلك يتم إيجاد العزوم الافقية والعمودية لمركز ثقل كل جزء من اجزاء الجسم في كل صورة لمعرفة احداثيات (x,y) وكما ياتي:

الرأس = 5 ×2

10 =

للجذع = 30×2

60=

الكتف الايمن = 4× 2

8 =

الكتف الأيسر = 4 × 2

8 =

المرفق الايمن = 1× 1

1 =

للمرفق الايسر = 1× 3

3=

الكف الايمن = 1× 4

4 =

الكف الايسر = 1× 5

5 =

الورك = 17×2

34 =

الركبة اليمنى = 4 × 1

4 =

الركبة اليسرى = 4 × 3

12 =

القدم اليمنى = 1× 1

1 =

القدم اليسرى = 1 × 2

2 =

بعد ذلك يتم حساب مجموع العزوم الافقية للصورة الاولى وبالتقسيم على كتلة اللاعبة الحقيقية (70) وذلك لاستخراج قيمة الاحداثي (x) .

المجموع=147 ÷ 70 = 2.1 تجبر لاقرب عدد صحيح

(x) = 2 للصورة رقم (1).

ثم يتم ايجاد العزوم العمودية في الصورة (1) لاجزاء جسم اللاعبة وذلك لاستخراج قيمة الاحداثي (y) وبنفس الطريقة التي تم فيها استخراج قيمة الاحداثي (x):

الرأس = 5×5

= 25

الجذع = 30 ×4

=120

الكتف الايمن = 4×5

= 20

الكتف الأيسر = 4 × 5

= 20

المرفق الايمن = 1× 4

= 4

للمرفق الايسر = 1× 4

=4

الكف الايمن = 1× 4

= 4

الكف الايسر = 1× 5

= 5

الورك = 17×2

= 34

الركبة اليمنى = 4 × 3

= 12

الركبة اليسرى = 4 × 2

= 8

القدم اليمنى = 1× 1

= 1

القدم اليسرى = 1 × 2

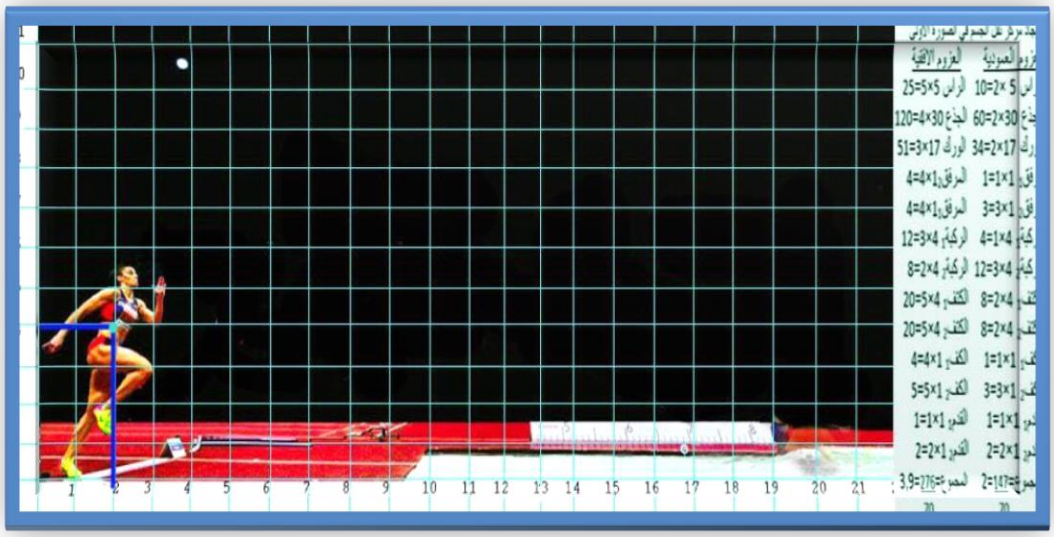
= 2

بعد ذلك يتم حساب مجموع العزوم العمودية للصورة الاولى وبالتقسيم على كتلة اللاعبة الحقيقية (70) ، يتم استخراج قيمة الاحداثي (y) .

259 ÷70 = 3.7 وتجبر لاقرب عدد صحيح

(y) = 4 للصورة رقم (1).

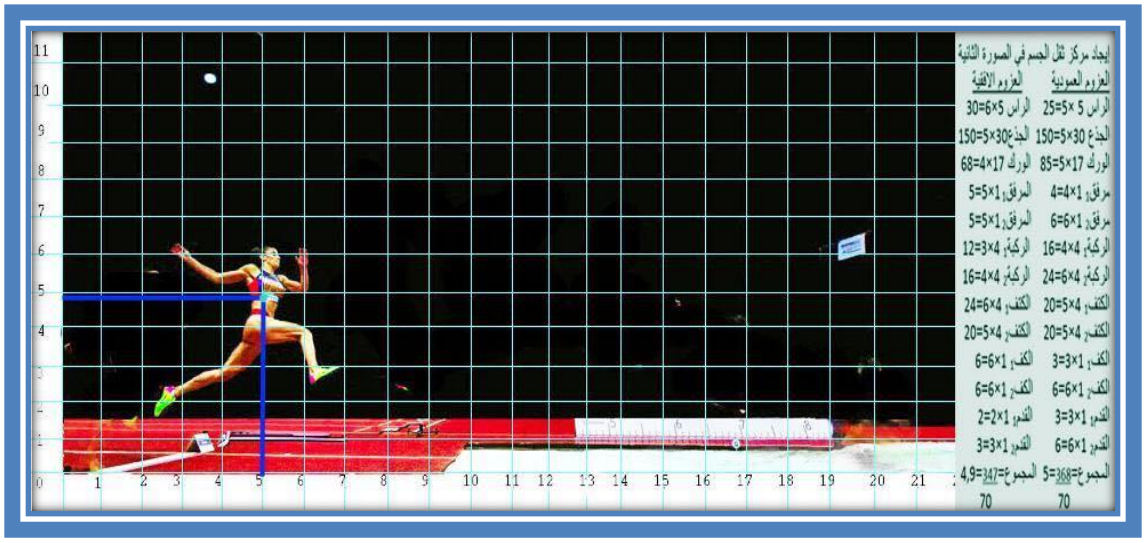
اذاً مركز ثقل كتلة الجسم للاعبة في اللقطة (1) يكون موقعه في احداثيات النقطة (4 ،2) وهي نقطة التقاء البعدين الافقي والعمودي كما في الشكل (23).



شكل (23)

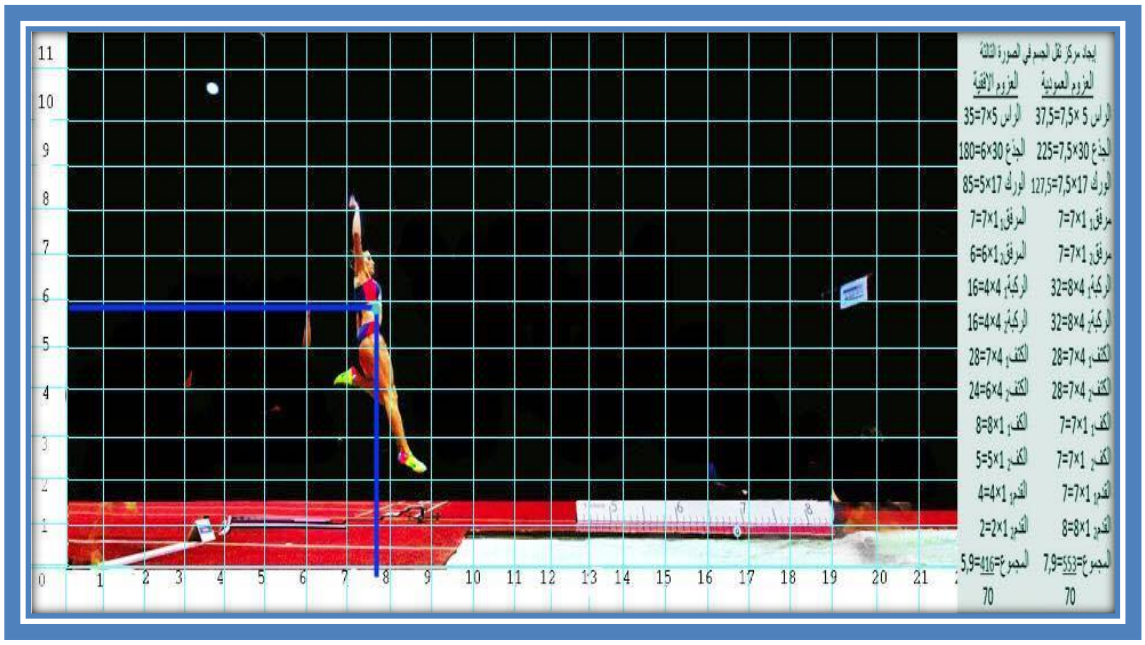
يمثل استخراج مركز ثقل اللاعبة في اللقطة الاولى

ومن خلال ذلك يتم ايجاد مراكز الثقل لكل اللقطات المتسلسلة الاخرى والتي تتطلب دراسة مسار مركز ثقل كتلة تلك المهارة لتلك اللاعبة وكما في الشكل(24)



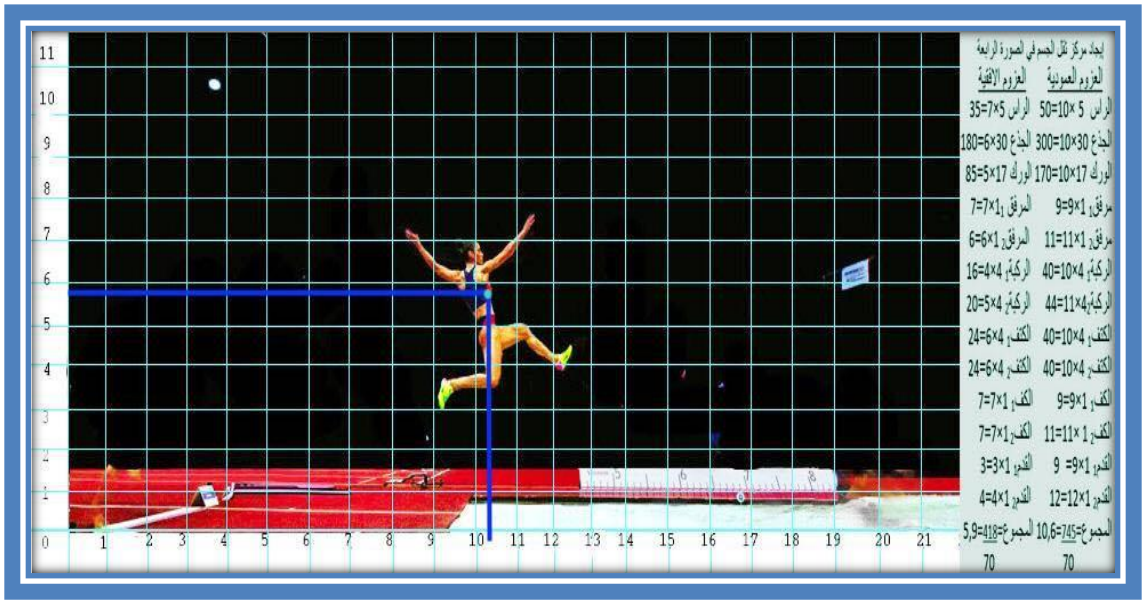
شكل (24)

يمثل استخراج مركز ثقل اللاعبة في اللقطة الثانية



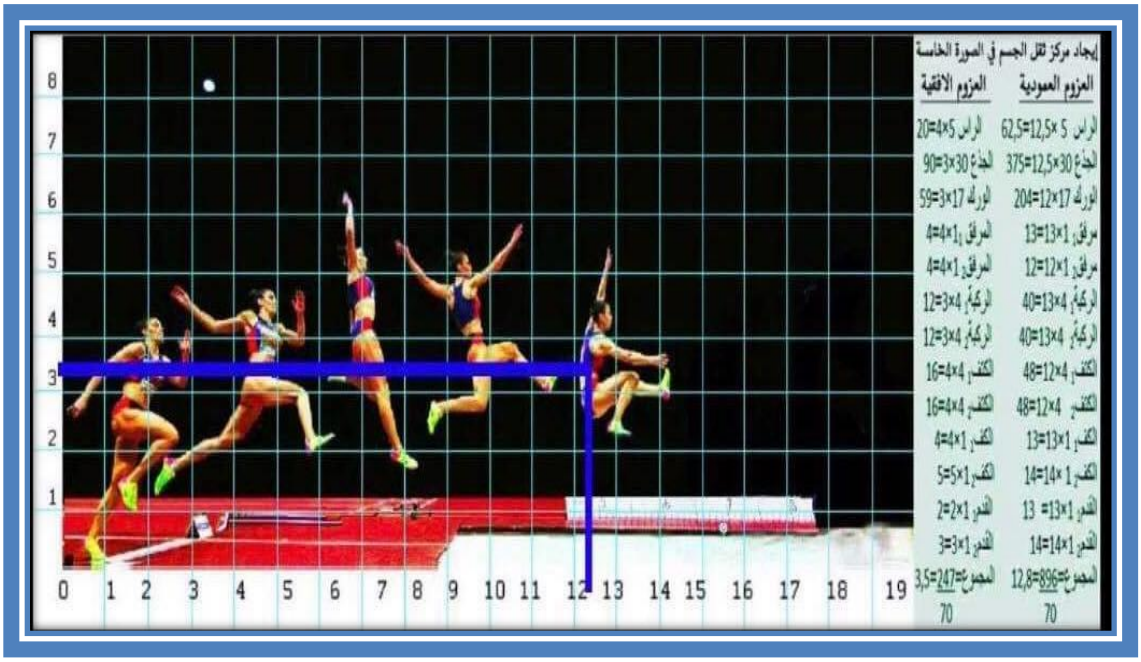
شكل (25)

يمثل استخراج مركز ثقل اللاعبة في اللقطة الثالثة



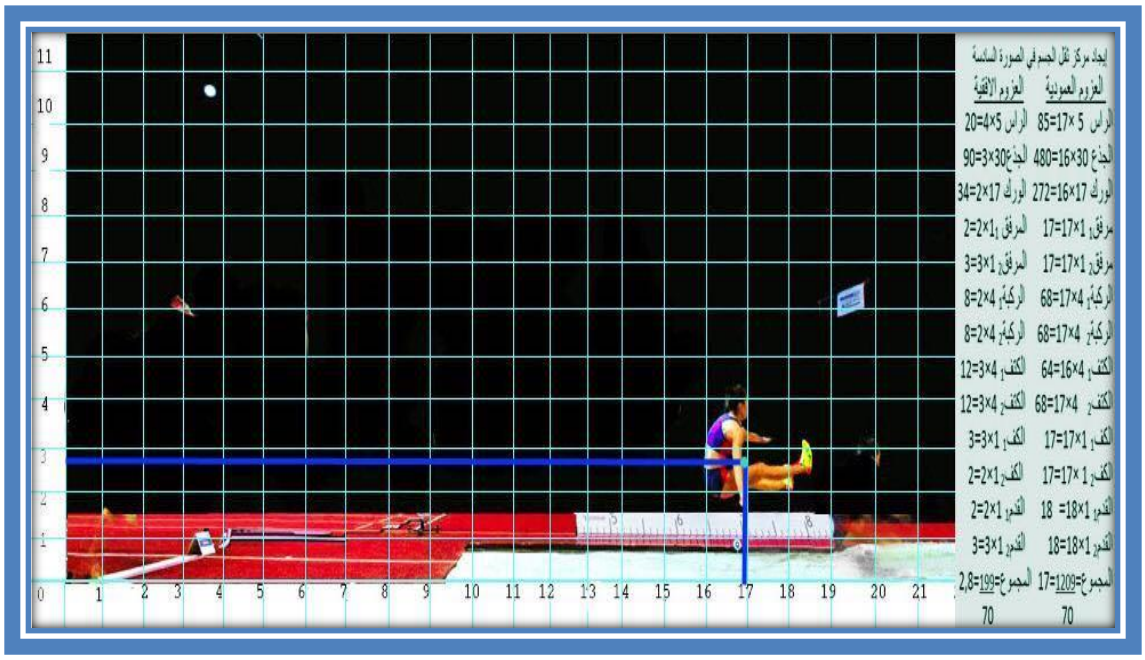
شكل (26)

يمثل استخراج مركز ثقل اللاعبة في اللقطة الرابعة



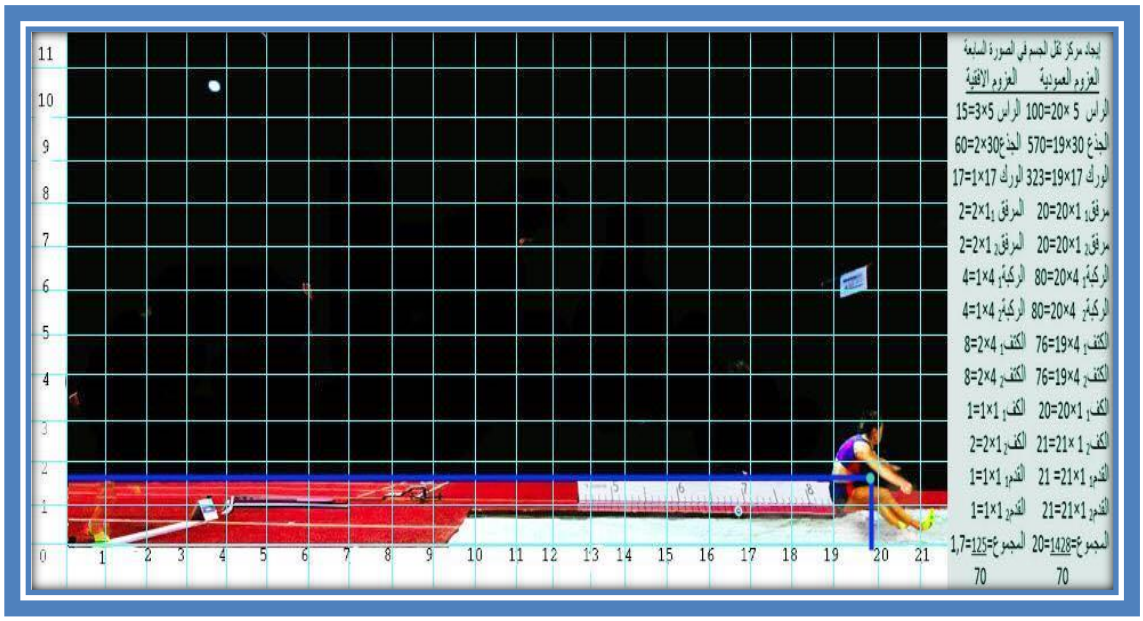
شكل (27)

يمثل استخراج مركز ثقل اللاعبة في اللقطة الخامسة



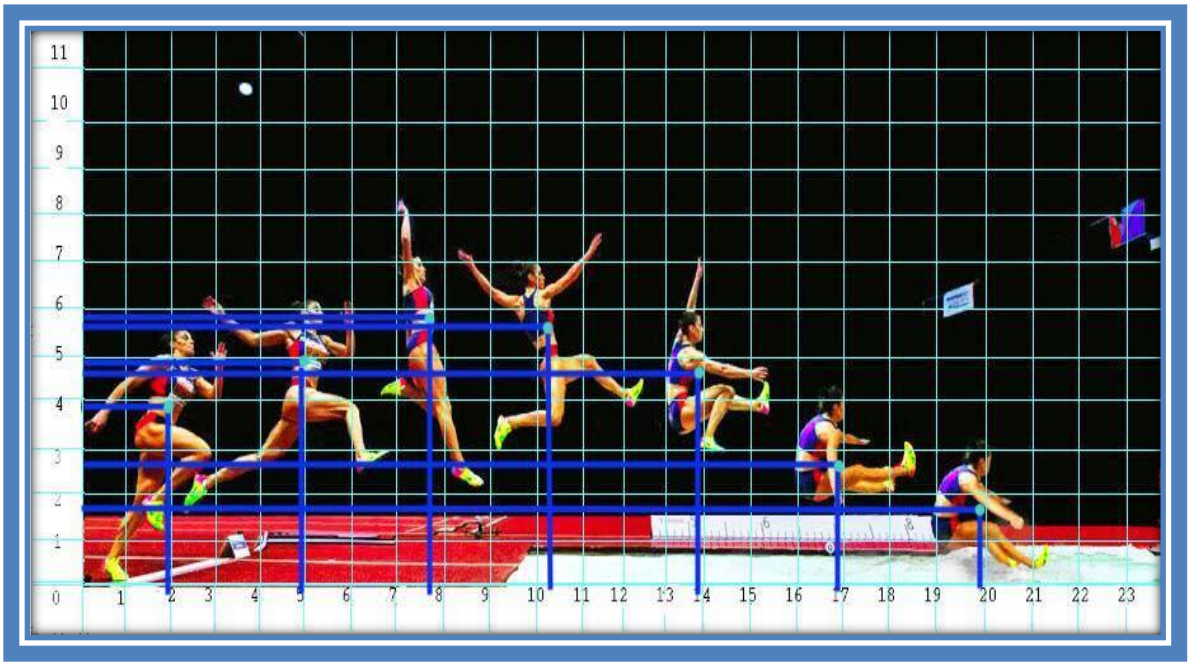
شكل (28)

يمثل استخراج مركز ثقل اللاعبة في اللقطة السادسة



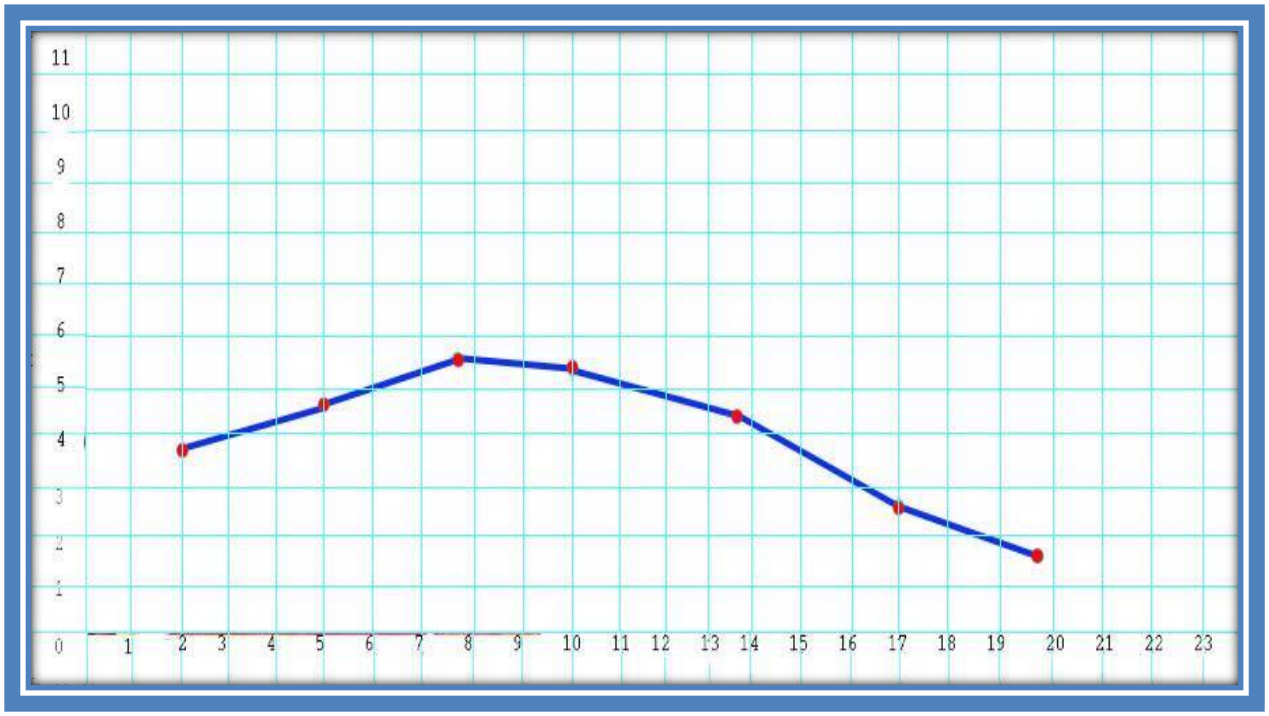
شكل (29)

يمثل استخراج مركز ثقل اللاعبة في اللقطة السابعة



شكل (30)

يمثل تحديد نقاط مركز ثقل كل لقطة في سلسلة حركية للاعبة الوثب الطويل



شكل (31)

يمثل تتبع مسار مركز ثقل اللاعبة في اداء مهارة الوثب الطويل

المصدر:

حكمت عبد الكريم المذخوري: الميكانيكا الحيوية والتحليل الحركي في المهارات الرياضية ، ضوء القمر للطباعة والنشر ، بغداد ،2019، صـ 53 – 79.