وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

طرق البحث في البايوميكانيك

محاضرة في مادة البايوميكانيك

لطلبة الدراسة الأولية / المرحلة الثانية

اعداد التدريسي

م. د وسام عوني صالح

1446 هـ
2025 م

الباب السابع

طرق البحث في البايوميكانيك

1- **تحديد موضع مركز ثقل جسم الانسان**

2- **طرق البحث بالتصوير الفوتوغرافي**

2-1 **التصوير السينمائي**

2-2 **التحليل بالاثر الضوئي**

3- **طرق البحث على أساس ميكانيكي**

4- **طرق تسجيل الزوايا**

طرق البحث في البايوميكانيك Biomechanics ersenrch

ان التتبع العلمي لماهية الاداء الحركي قديما وحديثا يبرز لنا الفارق الكبير بين الحركة التي يمارسها الرياضي لتحقيق هدف معين وفق المفاهيم التي كانت مفهومة آنذاك وبين م الت اليه الحركة من تطور اذا انعكس بشكل مباشر على الإنجازات التي يحققها الرياضيون في كافة الميادين ومنها الميدان الرياضي .

فبعد أن كانت الحركة تلاحظ ملاحظة فجة من خلال مشاهدتها للوقوف على نقاط الضعف والقوة في مسارها برزت الحاجة الى استخدام الاجهزة العلمية المتطورة للتشخبص العلمي لكل مراحل الحركة

اخذين بعين الاعتبار ماهية العوامل المؤثرة في الاداء وما يرتبط به سواء أكان من الجانب الهندسي او الفيزيائي الذي يحكم الحركة أو من جانب امكانيات الفرد في قواه الذاتية

والتي تختلف من فرد الأخر وفقا لطبيعة التركيب التشريحي والفسلجي ومواصفات الجسمية لذا اصبح لزاما أن تتم دراسة الحالة من جانبيها الميكانيكي والحيوي .

ونتيجة لهذا أنشئت المختبرات المعنية بدراسة حركة الانسان دراسة علمية مستفيضة وفق أسس موضوعية وكان لاستخدام الأجهزة الحديثة أثر كبير في تحقيق ذلك .

قد شهدت السنوات الأخيرة تطورا ملحوظا في نوعية البحوث العلمية التي يتم اجراؤه سواء ما كان يجري داخل المختبر او في الميدان وكذلك تكوين فرق بحث يشترك فيها ذوو العلاقة كالطبيب، والفيزيائي ، والنفسي، والمهندس والمعنيين بشؤون التدريب ان هدف من انعقاد المؤتمرات العلمية لدراسة ماهو جديد في مجال البايوميكانيك كان وراء انتشار طرق البحث في هذا المجال وتبادل الخبرات باتجاه تطور تصنيع الاجهزة المستخدمة لدراسة الحركة.

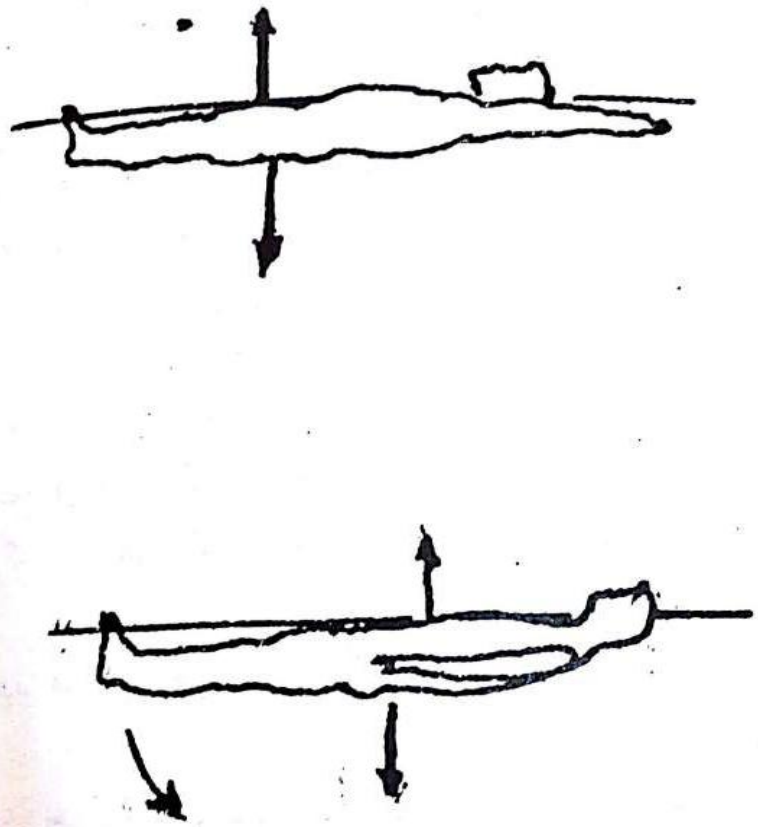
سنوضح في هذا الباب جانبا من الطرق العلمية المستخدمة في بحوث البايوميكانيك وكذلك نلقي الضوء على بعض الأجهزة العلمية المستخدمة

1- طريقة تحديد مركز ثقل جسم الانسان

عند تحليل اي حركة رياضية لمعرفة مدى تطابق مسار الحركة مع المتطلبات الميكانيكية يعبر عن مسار الجسم بكامله بنقطة ممثلة لجميع اجزائه الا وهي نقطة مركز ثقل الجسم، فعند اشارتنا إلى أن المسار الحركي لجسم معين اثناء الطيران او اثناء ادائه حركة معينة يقصد بذلك مسار مركز ثقله الذي من خلاله يتم تحديد مدى التطابق بين هذا المسار وما ينبغي أن تكون عليه الحركة وفق الأسس والقوانين الميكانيكية التي تحد الحركة.

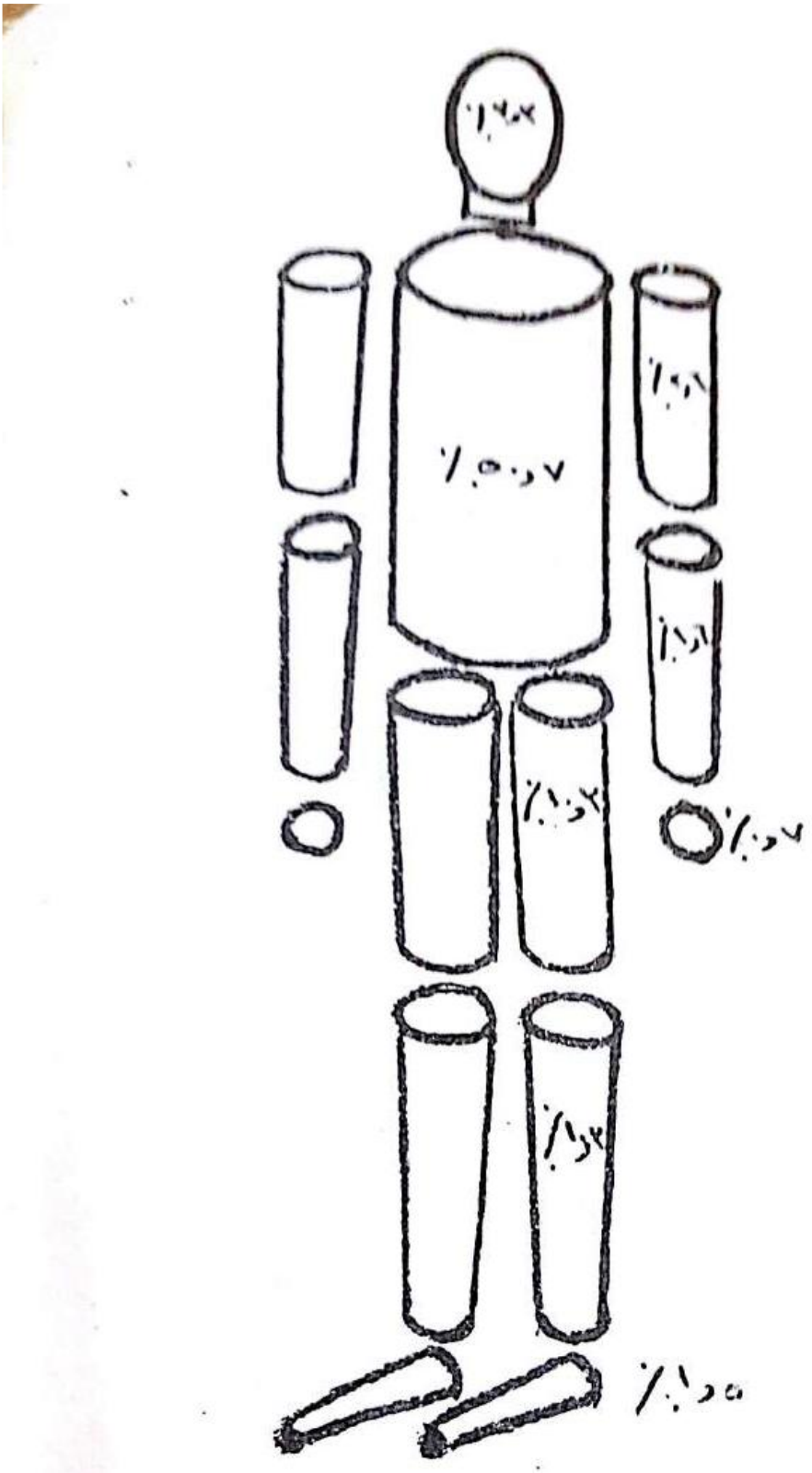
عند دراســتنا لتاثير قوة معينة في جســم تتم الاشــارة إلى أن القوة المؤثرة تؤدي بالجس الى ان يتحرك حركة انتقالية او دائرية من خلال معرفة نقطة مركز ثقل ذلك الجسم في الحالات التي يقع فيها الجسم تحت تأثير قوتين كما في حالة الطفو على سطح الماء حيث تؤثر قوة الجذب الارضي الى الاسفل بينما تؤثر قوة رد فعل الماء بعكس الاتجاه أي الى الأعلى، ففي هذا المثال ينبغي تحديد نقطة مركز الثقل

ففي الحالة أ عندما لايمر خط عمل رد فعل الماء بمركز ثقل الجســـم تحدث حركة دائرية أي هبوط الجسم السفلي الى الأسفل نتيجة اختلاف عزوم القوة، اما اذا كان خط عمل رد فعل الماء يمر بمركززز الثقل كما في الحالة (ب) فذلك يمكن الجسم من البقاء افقيا فوق سطح الماء لتساوي عزوم القوى المؤثرة فيه



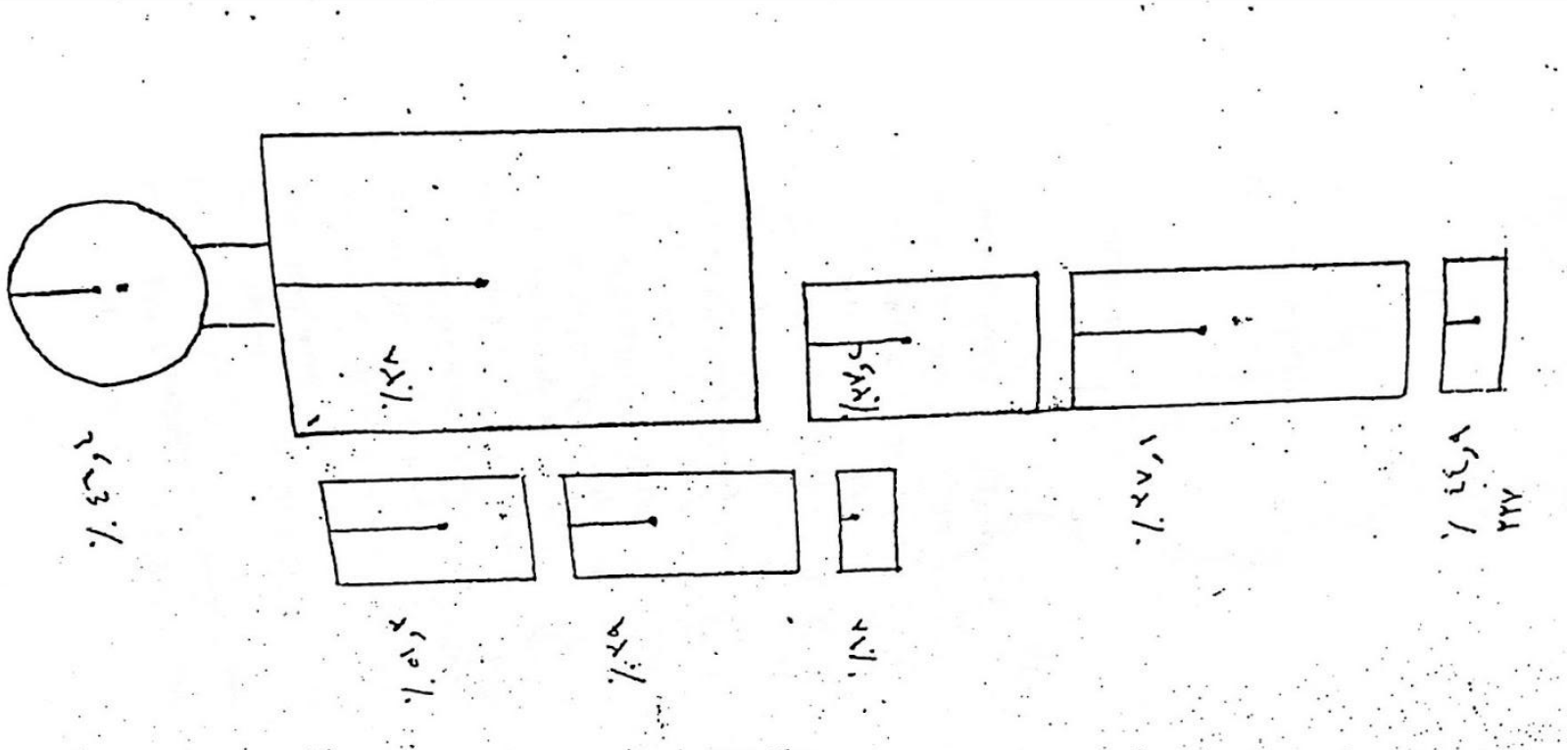
شكل (١٢٣)

تكلمنا عن مركز ثقل الاجسام بشكل عام في الباب السابق ووضحنا طبيعة الفرق بين تحديد نقطة مركز ثقل الاجسام الصلبة وجسم الانسان فلو اردنا تحديد زاوية طيران واثب العريض من الناحية الميكانيكية لايمكننا معرفة ذلك مالم يتم تحديد نقطة مركز ثقله لايجاد مركز ثقل جسم الانسان اثناء الحركات الرياضية ناخذ في الاعتبار أن جسم الانسان يختلف عن الاجسام الصلبة التي من السهولة تحديد مركز ثقلها حيث يتكون جسم الانسان من أجزاء تختلف فيما بينها من حيث الوزن والطول إضافة الى اختلاف اوزانها النوعية لان الجسم يتكون من عظام وعضلات وشحوم ومواد اخرى لذلك نجد أن كثيرا من الباحثين حاولو دراسة تحديد نقطة مركز ثقل الجسم من وضع الحركة. كما هو معلوم ان جسم الانسان يتكون من أربعة عشر جزءا (الشكل 122) ولكل جزء من هذه الأجزاء وزنا نسبيا، فقد حدد مجموعة من الباحثين أمثال بلاجنهوف ، وبرنشتين ، وكليفلاند، و براون وفيشر واخرين هذه الأوزان النسبية كل حسب دراسته وكذلك النسبة المئوية لوضع مركز ثقل كل جزء من هذه الأجزاء وبصورة عامة يمكننا تحديد الاوزان النسبية للاجزاء نسبة إلى الوزن الكلي وكذلك موضع مركز ثقل جزء في الجدول الاتي



شكل (١٢٤)

الاوزان النسبية لاجزاء جسم الانسان☆



شكل (١٢٥)

النسب المئوية لبعد مركز ثقل جزء قياساً من المفصل العلوي*

* نفس المصدر السابق ص ٢٢٣.

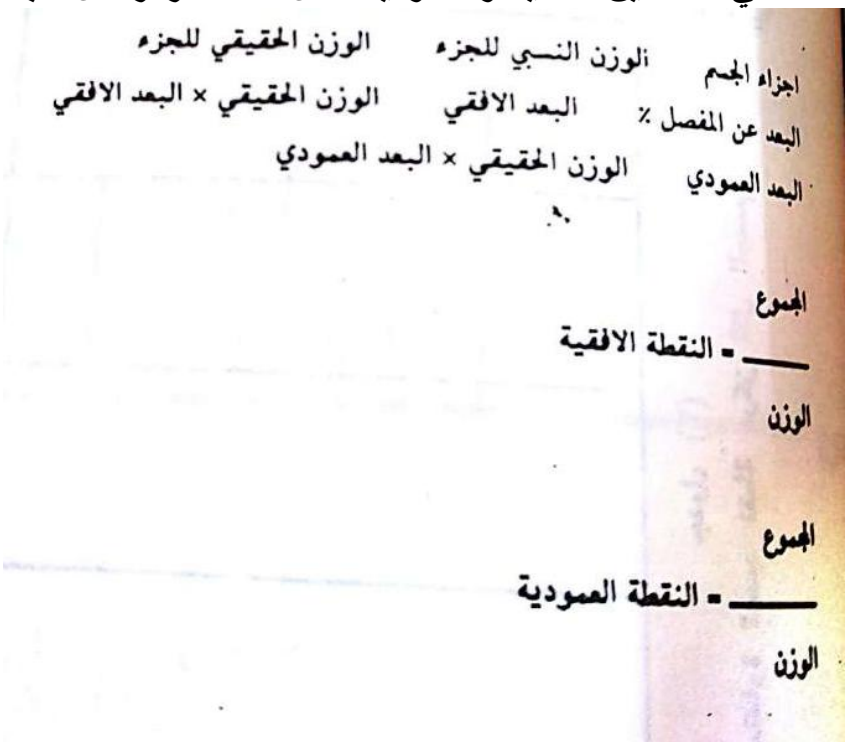
جدول (٢)

الاوزان النسبية لاجزاء الجسم والنسب المئوية لبعد مركز ثقلها

التسلسل	الجزء	الوزن النسبي ٪	النسبة المئوية للبعد عن المفصل العلوي ٪
	الرأس والرقبة	٧ر٣	٤٦ر٦
١	الجذع	٥٠ر٧	٣٨
٢	عضد أيمن	٢ر٦	٥١ر٣
٣	عضد أيسر	٢ر٦	٥١ر٣
٤	ساعد ايمن	١ر٦	٣٩
٥	ساعد ايسر	١ر٦	٣٩
٦	يد يمنى	٠ر٧	١٨
٧	يد يسرى	٠ر٧	١٨
٨	فخذ ايمن	١٠ر٣	٣٧ر٢
٩	فخذ ايسر	١٠ر٣	٣٧ر٢
١٠	ساق ايمن	٤ر٣	٣٧ر١
١١	ساق ايسر	٤ر٣	٣٧ر١
١٢	قدم يمنى	١ر٥	٤٤ر٩
١٣	قدم يسرى	١ر٥	٤٤ر٩

في الصورة الواحدة يتم بالطريقة الأتية ويفضل استخدام ورقة بيانية.

1- **يجب ان نعرف وزن اللاعب**
2- **نستخرج الوزن الحقيقي لكل جزء**
3- **يتم قياس طول الجزء (المسـافة بين مفصـلين) كما في العضـد مثلا حيث تقاس المسافة بين مفصل الكتف ومفصل المرفق**
4- **نحدد موضع مركز ثقل كل جزء كما موضح بالشكل (124)**
5- **نحدد الاحداثيين السيني والصادي**
6- **نقيس المسافة الافقية بين مركز ثقل كل جزء والمحور السيني**
7- **نضرب الوزن الحقيقي لكل جزء في بعده الافقي**
8- **نقيس المسافة العمودية بين مركز ثقل كل جز والمحصور الصادي**
9- **نضرب الوزن الحقيقي لكل جزء في بعده العمودي**
10- **مجموع ماذكر وفي الفقرة السابعة وتقسيمه على الوزن لاستخراج محصلة وزن الأجزاء الافقي**
11- **جميع ماذكر في الفقرة التاسـعة وتقسـمه على الوزن لاسـتخراج محصـلة وزن الأجزاء العمودي**
12- **نقطة تلاقي النقطتين الأفقية والعمودية تمثل نقطة مركز ثقل الجسم.**



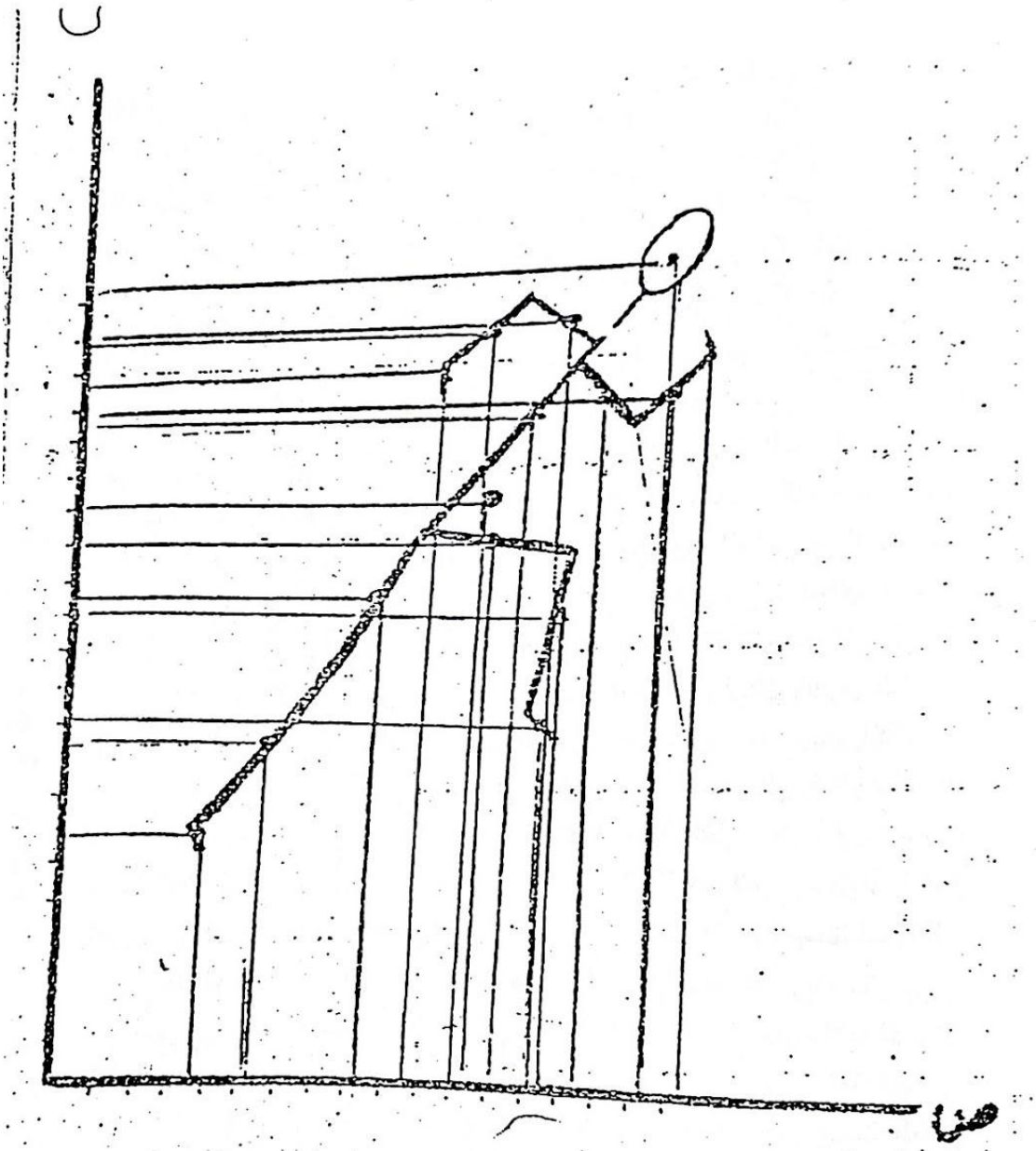
اجزاء الجسم	الوزن النسبي للجزء	الوزن الحقيقي للجزء	البعد عن المفصل ٪	البعد الافقي	الوزن الحقيقي × البعد الافقي	البعد العمودي	الوزن الحقيقي × البعد العمودي

جدول (٣)

استمارة تحديد نقطة مركز ثقل الجسم

$$\frac{\text{المجموع}}{\text{الوزن}} = \text{النقطة الافقية}$$

$$\frac{\text{المجموع}}{\text{الوزن}} = \text{النقطة العمودية}$$



شكل (١٢٦)

التحليل الكمي والنوعي للحركة

ان الهدف الرئيس من الاستعانة بالعلوم سواء أكان منها تطبيقيا ام أساسيا في المالات كافة وفي المجال المجال الرياضي على وجه الخصوص هو السبيل الوحيد للارتقاء بمستوى الأداء وبالتالي النهوض بالانجاز من خلال معرفة الأسس المؤثرة في الحركة من حيث زمان ومكان حدوثها وكذلك دراسة المتغيرات المؤثرة فيها كالسرعة والازاحة والارتفاعات كمتغيرات كينانيكية بالاضافة الى القوى التي تسبب حدوث الحركة كمتغيرات كينيتيكة .

عند اجراء مقارنة بسيطة بين اداء الحركة سابقا والاداء حاليا يمكننا ان نستنتج من ان اللاعب سابقا عندما يؤدي حركة معينة فانه يبذل قوة كبيرة وهذا ناشى عن الاستخدام غير الصحيح لمسارات الحركة وعدم الأخذ بنظر الاعتبار العلاقة التبادلية بين القوى الداخلية والخارجية المؤثرة في الحركة مما ينعكس بالتالي على انسيابية الأداء الامر الذي يكلف اللاعب بذل قوة اكبر وعدم استغلال هذه القوة باكملها لصالح الأداء وهذا ما نطلق عليه ضياع الجهد وعدم تحقيق الهدف المطلوب ،

أما في الوقت الحاضر وبعد ان اخضعت الحركة للتحليل بغية معرفة دقائق أجزائها ومساراتها والبحث عن الوسائل التي تضمن الاستثمار الكامل للقوى التي يبذلها اللاعب فضلا عن استثمار القوى الخارجية المحيطة بالحركة لاحظنا مدى التطور الذي حدث في مجال الانجاز فعلى سبيل المثال عند تتبعنا للطرق التي استخدمت في القفز العالي والانجاز الذي تم بكل طريقة فلو فرضنا ان اقصى قوة يبذلها القافز هي ١٠٠٠ نيوتن مثلا فعند استخدام الطريقة المتبعة قديما نجد ان الانجاز كان محدود جدا ولكن عند استخدام الطريقة الغربية نجد انه تم القفز الى ارتفاع اعلى بنفس القوة المبذولة وهكذا تم تحقيق انجاز افضل بالطريقة السرجية وبعد تطبيق نتائج البحوث العلمية من هذا المجال وتسخيرها لصالح الاداء تم استخدام طريقة الفوسبوري التي ظهر من خلال النتائج أنها أكثر الطرق فاعلية في الأداء ويتم من خلالها الاستثمار الأفضل للقوى والاستفادة من طبيعة تركيب اجزاء الجسم من حيث مرونة المفاصل ومطاطية العضلات، آن دل هذا على شيء إنما يدل على أن القوة هي ليست العامل الوحيد في تحقيق الانجاز وانما يكمن السر في كيفية استخدام القوة بما يتناسب وطبيعة الحركة المؤداة وهذا ما يطلق عليه مبدأ الاستثمار الأمثل للقوة او ما يطلق عليه بمبدأ الاقتصاد بالجهد .

انطلاقا مما تقدم تبرز اهمية دراسة الحركة دراسة مستفيضة من حيث معرفة الأسس المؤثرة فيها وبالتالي تحديد نقاط الضعف والقوة بما يتناسب وميكانيكية اداء الحركة .

ان الارتباط الوثيق بين مراحل أجزاء الحركة وتاثير كل منها في الأســـلوب العام للاداء يحتم على المعني بدراســـة الحركة وان يلم بعض الشـــيء بأســـلوب تحليل الحركة ودراستها من الناحية العلمية وهذا مايتم غالبا باسلوبين

1- الأسلوب الأول (النوعي)

في هذا الأســلوب يعتمد المدرب او المدر على توثيق الحركة (تســجيلها) بجهاز الفيديوتيب مثل ليتمكن بعد ذلك من عرضها ثانية للتعرف على نوعية الأداء بشكل عام

وقد تتم الإفادة من قبل اللاعب نفســـه من عرض الاداء حيث تكون بمثابة تغذية راجعة للعمل على تصحيح بعض الأخطاء التي حدثت من خلال الاداء السابق .

أن هذا الأسلوب يعتمده المدرسون والمدربون في تدريسهم وتدريبهم لما يتميز به هذه الطريقة من سرعة العرض بعد الأداء مباشرة فضلا عن قلة التكاليف وسهولة استعماله دون الحاجة الى امكانيات كبيرة

ان هذا الأســلوب من أســاليب دراســة الحركة يكون قاصــرا على معرفة الجانب النوعي للاداء اي الشـــكل الخارجي المميز له من حيث المســـار العام او ملاحظة وضــع الجذع او الذراعين على ســبيل المثال دون التمكن من دراســة دقائق أجزاء الحركة والعوامل المؤثرة فيها مثال على ذلك الزاوية ينطلق بها اللاعب او سرعته اثناء الانطلاق وما إلى ذلك من المتغيرات التي تؤثر تأثيرا كبيرا في الانجاز، لذا فان الاسلوب النوعي بعد اسلوبا قاصرا في دراسة الحركة لذلك استعاض الباحثون واتبعوا اسلوبا اكثر دقة وكفاءة الا وهو الاسلوب الكمي.

2-الأسلوب الثاني (الكمي)

يهدف هذا الأسلوب إلى دراسة الحركة من خلال تصويرها سينمائيا وبالتالي تحديد قيم المتغيرات المؤثرة في الحركة تحديدا كمية التي من الصـــعوبة بمكان أن تحدد من خلال دراستها بالملاحظة الخارجية فمثلا رامي الثقل عندما يرمي الثقل بسرعة 10 م/ثا وبارتفاع ٨.١ متر يجب أن تحدد الزاوية بمقدار معين ولكن عندما تختلف ســـرعة الرمي لاينبغي الابقاء على نفس الزاوية بل تتغير تبعا لتغير المتغيرات الميكانيكية الاخرى لذلك فان توثيق الحركة سينمائيا بعد الطريقة الأفضل لمعالجة المتغيرات التي يريد المدرب او اللاعب اجراؤها على الأداء ولتوضـــيح أهمية الاســـلوب الكمي في بحوث التربية الرياضـــية نأخذ المثال الأني موضـــحا فيه الاجراءات التي يجب اتباعها :

1- ان مفردات عملية التحليل الحركي للحركات الرياضـــية تتحدد وفقا لطبيعة الحركة المراد تحليلها .

2- تحديد نوعية الكاميرات السينمائية أو الفيديو و بالسرعة التي تتناسب مع سرعة الحركة ، حيث أن الحركات السريعة مثل حركات الجمناستك والقفز الى الماء تحتاج الى كاميرات ذات سرع عالية.

3- تثبيت مقياس الرسم في مكان الأداء ، لأجل معرفة الابعاد الحقيقية وللارتفاعات المسافات يقطعها جسم اللاعب او الاداة ، حيث أن طول مقياس الرسم الحقيقي معلوم وهو ١م يستخرج طوله النسبي من خلال الفلم السينمائي واستنادا الى هذه العلاقة يتم احتساب القياسات الأخرى نسبة إلى مقياس الرسم .

4- تأشير مفاصل جسم اللاعب بنقاط واضحة تظهر بشكل جيد خلال تحليل الفلم السينمائي .

5- تحميض الأفلام السينمائية في المختبرات الخاصة .

6- مونتاج الأفلام الفديوية بوساطة المنظومة متعددة الوسائط المرتبطة بالحاسوب الالي

7- عرض الفلم بوساطة جهاز المفيولا وهو جهاز يستخدم لتكبير و تقطيع الصور السينمائية .

8- تهيئة ورق رسم هندسي بياني شفاف لوضعه على جهاز المفيولا لتثبيت نقاط مفاصل الجسم كي يتسنى للباحث ايصال تلك النقاط بخطوط مستقيمة يطلق Stick figure كما في الشكل

شكل (١٢٧)

9- يتم احتساب جميع المتغيرات المطلوب دراستها من خلال الصور التي تم تثبيتها على الورق البياني وبالاستناد إلى مقياس الرسم وسرعة الكاميرا فضلا عن قياس الزوايا باستخدام المنقلة الهندسية .

1-2 طرق البحث بالتصوير السينمائي Cinematogeaphy

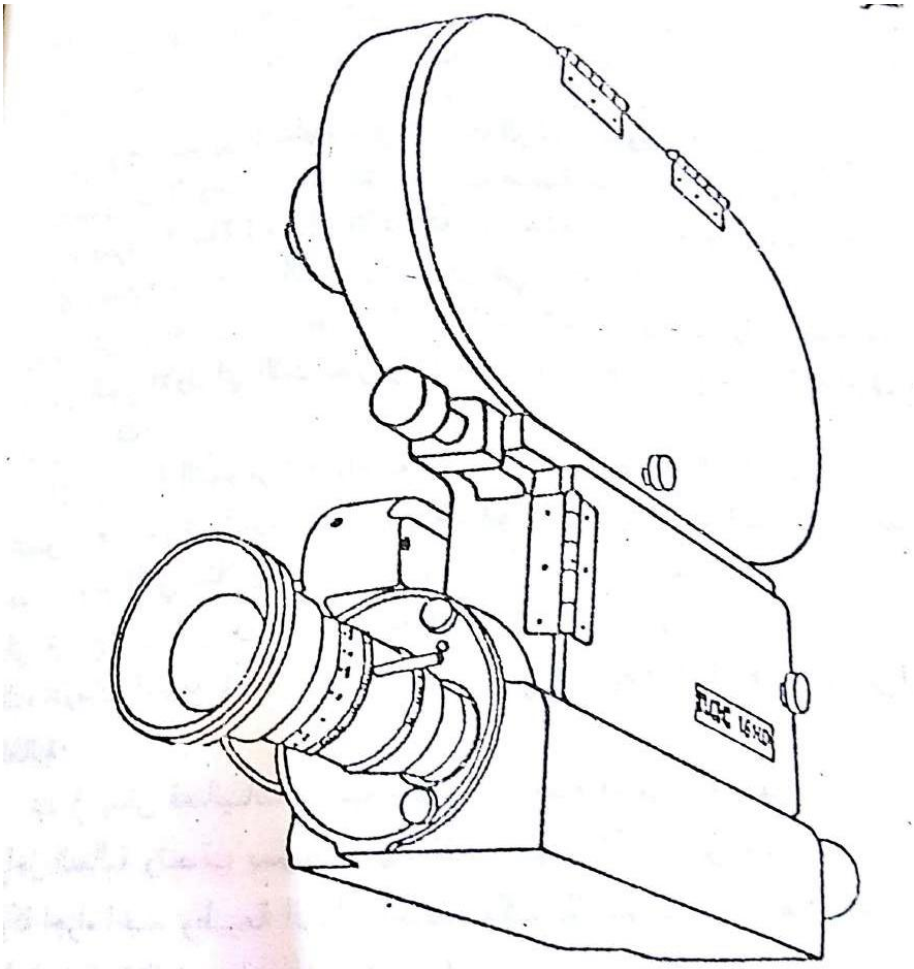
يعد التصوير السينمائي من الوسائل الواسعة الانتشار في تسجيل الحركات الرياضية لدراستها دراسة دقيقة فمن خلال التصوير السينمائي على شكل رقوق يمكن دراسة الحركة كميا ونوعيا من هنا جاءت ضرورة المام المدرسين والمدربين وخصوصا في رياضة المستويات العالية باسس اتصوير السينمائي وكيفية تسجيل الحركة ميدانيا او في المختبرات وفي الوقت الذي بدا فيه باحثونا باعتماد طريقة التصوير السينمائي في بحوثهم متوخين الدقة في تحليلهم لتكنك الفعالية موضع الدراسة لابد لنا من تناول التصوير السينمائي كاحدى طرق البحث العلمي من حيث انواعه وطبيعة الات التصوير المستعملة وإجراءات التصوير وكذلك الأجهزة المساعدة في تحليل الحركات .

أن الآت التصوير المستخدمة في البحوث الرياضية وجدت لما لها من ضرورة في تتبع مسار الحركة وخاصة التي تم بسرعات عالية حيث لا يمكن معرفة دقائق أجزاء الحركة بمجرد الملاحظة لذا فان الأت التمرير اصبحت هي الوسيلة الرئيسة في دراسة الحركات ومن أوسع الات التصوير انتشارا هي 16 ملم، 35 ملم ، أن النوع الأخير يعد باهض الثمن إضافة إلى احتياجها إلى اجهزة تحليل تتناسب وحجم الرقوق المستخدمة لها لذا فان النوع الأول أي الات تصوير 16 ملم هو اكثر اجهزة التصوير استخداما في بحوث البايوميكانيك .

ان سرعة الة التصوير تعد ناحية اساسية يجب الانتباه اليها عند القيام بعملية التصوير فالتحكم في السرعة يعتمد في الأساس على طبيعة الفعالية التي يتم تصويرها فعند تصوير المشي مثلا يكون بالإمكان من خلال سرع بطيئة اما عند تصوير الفعاليات التي تتم بسرعة ينبغي أن تكون سرعة آلة التصوير تتلام وسرعة الحركة المؤداة كما يحدث اثناء الارسال السريع في التنس او حركة الذراع السريعة اثناء عملية الكبس في الكرة الطائرة

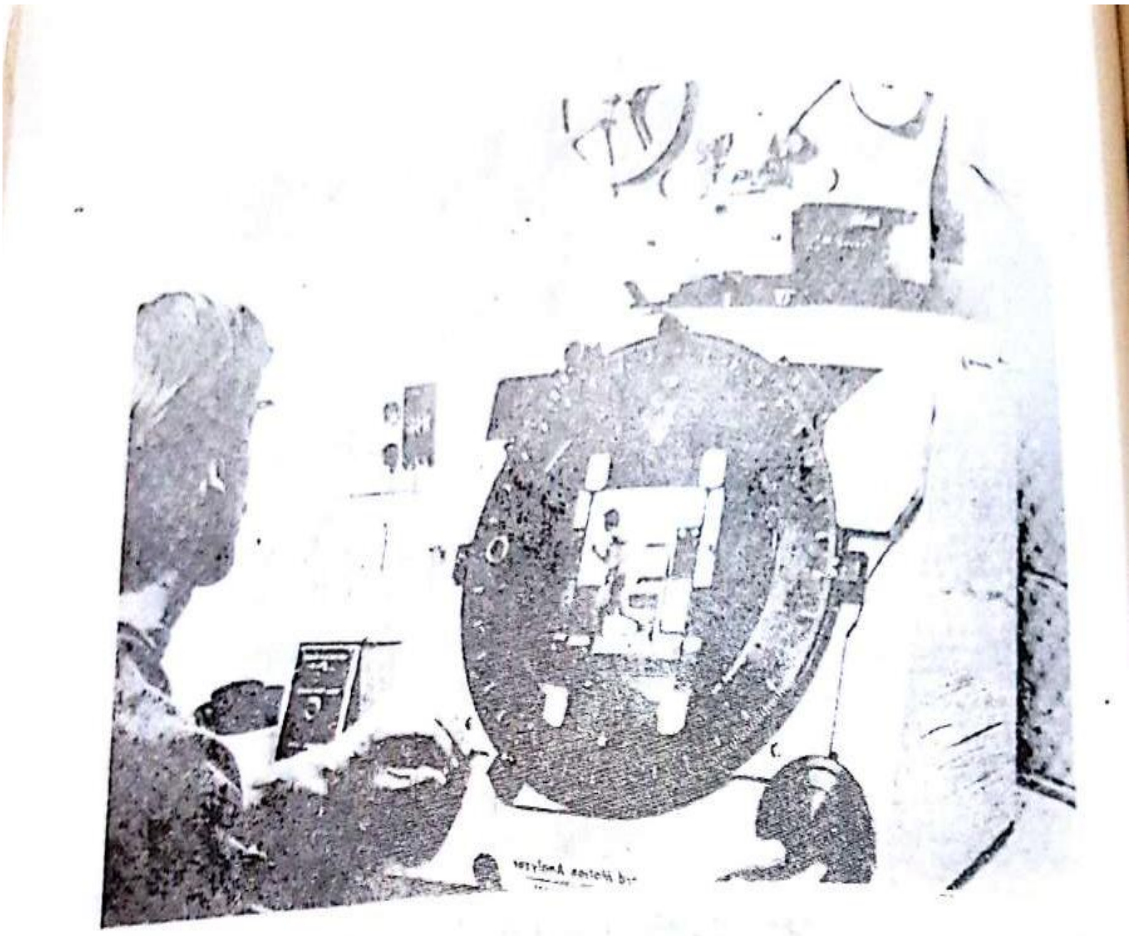
نجد في بعض فعاليات الوثب والقفز وخاصة في مرحلة النهوض التي تعد منن اهم مراحل الفعالية وتتصف بسرعة أدائها فلدراستها بشكل دقيق والوقوف على ميكانيكية حركة أجزاء الجسم وطبيعة الزوايا الحادثة وكذلك سرعة مركز ثقل الجسم، فعلى سبيل المثال في فعالية الوثب العريض يفضل ان لاتقل سرعة ألة النصوير عن ١٠٠ صورة في الثانية وذلك انسجاما مع الأسس الفنية للفعالية فقد وجد أن فترة النهوض لهم تتم في فترة زمنية تتراوح بين 0.12 – 0.14 من الثانية، فعند، تصويرها يمكن الحصول على 10-8 صورة عندئذ يمكن الحصول على النتائج المطلوبة عند تحليلها

عند بداية استخدام التصوير السينمائي كأحدى الطرق لدراسة الحركة الرياضية كان يتم اتباع الطرق التقليدية في معالجة الرقوق واضهارها على شكل صور تحدد مســـاحتها وفق الأبعاد المطلوبة ومن ثم يتم اجراء التحليل عليها ونظرا للتطور التقني الذي حدث مؤخرا وزيادة في الدقة برزت الحاجة الى ابتكار اجهزة ويتم بواســـطتها دراســـة الحركة من خلال الرق مباشـــرة مثل جهاز التحليل الحركي (Motion analyzer) ويعد هذا من أوســـع اجهزة تحليل الحركة انتشـــارا لدراسة ميكانيكية الحركات الرياضة وكذلك جهاز اكتساب المعلومات الأوتوماتيكي والحاسبات الرقمية ذات السرعات العالية



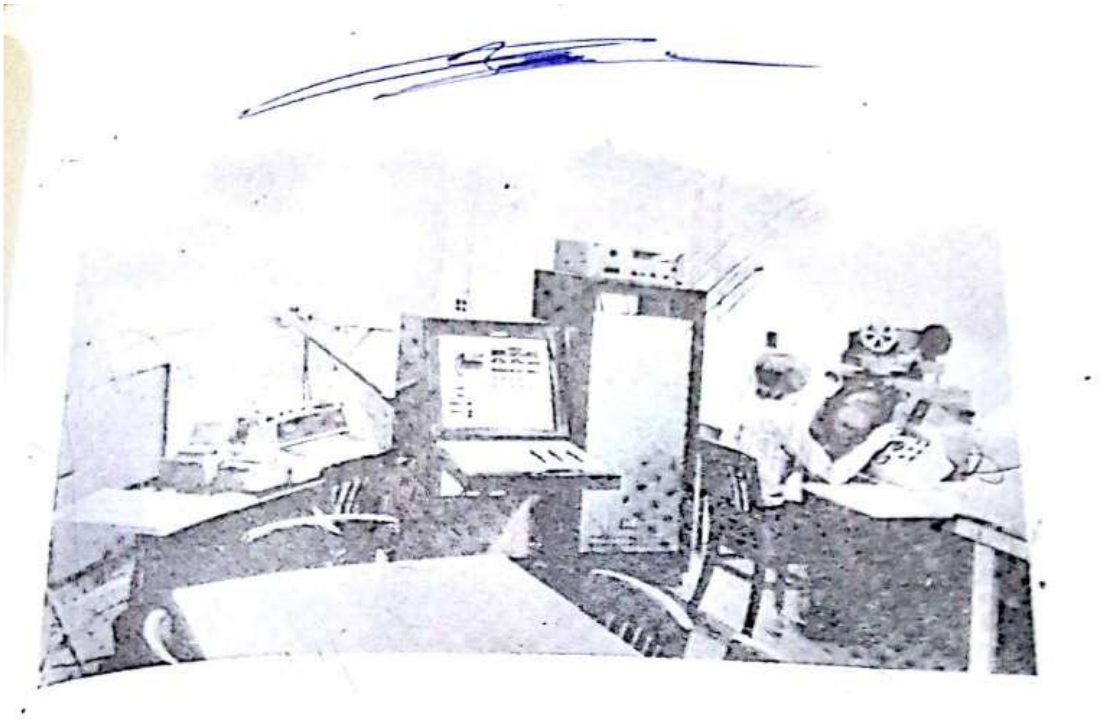
شكل (١٢٨)

آلة التصوير التي تستعمل بشكل واسع في البحوث البيوميكانيكية
قياس ١٦ ملم



شكل (١٢٩)

جهاز تحليل الحركة Motion analyzer



شكل (١٣٠)

جهاز تحليل الحركة واجهزة استخراج المعلومات

إن دراسة الحركة وتحليلها بشكل دقيق يتوقف على دقة اجراءات التصوير ومن هذه الإجراءات هو سرعة آلة التصوير اي عدد الصور التي يتم التقاطها في الثانية الواحدة لان حساب الزمن المستغرق يمكن اشتقاقه من سرعة الة التصوير، وبشكل عام ان الات التصوير الحديثة تحتوي على جهاز ضبط السرعات فاذا كانت سرعة الة التصوير 50 صورة في الثانية فأن زمن الصورة الواحدة هو 0.02 ثانية وعلى هذا الأساس من حساب الفترة الزمنية المستغرقة لجزء من الحركة أو الحركة بكاملها.

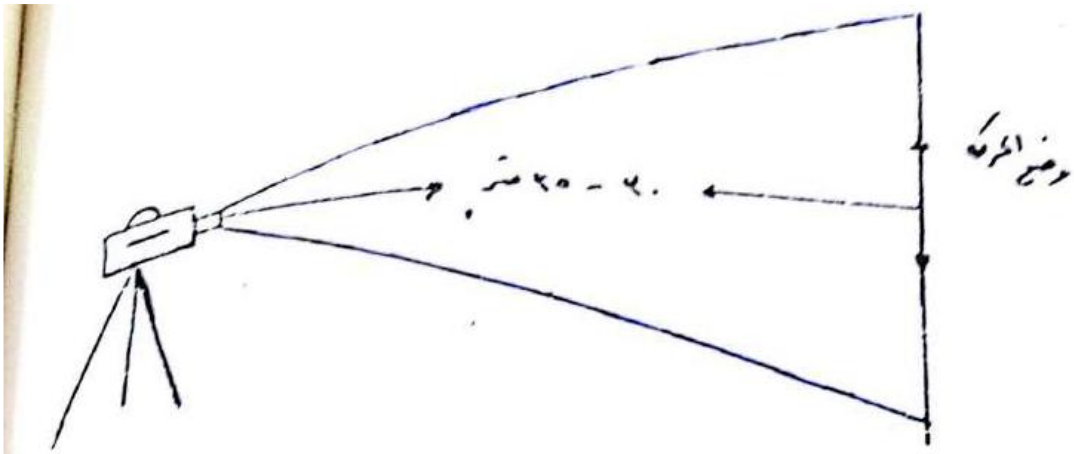
للزيادة في الايضاح قد تستعمل في بعض الأحيان الأت تصوير لاتحتوي على جهاز ضبط السرعات، فمن الطرق التي كانت تتبع لضبط سرعة آلة التصوير في الطريقة التي استخدمها الباحث Cureton عام ١٩٣٩ بتصوير جسم ساقط من مسافة معلومة الارتفاع ويمكن تسجيل الزمن وبالتالي معرفة سرعة آلة التصوير من خلال القانون

$$م = س_1 ن + \frac{1}{2} ع ن^2 \quad ..... \quad (١٢)$$

وتوخيا للدقة في البحث العلمي فان هذه الطريقة لاتعد دقيقة جدا لصـــعوبة تحديد اللحظة التي يتم فيها الســقوط الفعلي للجســم وكذلك الصــورة التي يتم فيها اول اصطدام مع الارض

نظرا لاهمية التصـوير السـينمئي في البحث العلمي ولكي يتم الحصـول على نتائج موضـــوعية ينبغي على الباحث او القائم بالتصـــوير الالمام باســـس التصـــوير السينمائي والاجراءات المتبعة وكذلك الامكانيات الواجب توافرها عند القيام بعملية التصـــوير لذا ســـنحدد النقاط الاســـاســـية التي يجب مراعاتها اثناء القيام بعملية التصوير .

1- **ان يفهم الرياضي الذي يتم تصويره ماهية التصوير والهدف منه وماينبغي عليه اداءه .**
2- **يجب اســتعمال لوحة خلفية توضــع خلف الموضــع الذي يتم أداء الحركة الفعلية فيه ويكون لونها في العادة مختلف عن لون الملابس التي يرتديها الرياضــى. قد تســتعمل أحيانا على شــكل لوحة مقســمة الى مربعات طول ضلعها حوالي 10 سم .**
3- **يفضل الاستعانة بجسم ثابت خلف مكان التصوير كعمود ثابت او ركن بناية او ماشابه ذلك**
4- **لضمان وضوح حركة أجزاء الجسم يجب ان تكون الة التصوير بعيدة بالقدر الذي يوضح موضع أداء الرياضي**
5- **يجب ان يكون وضــع الة التصــوير ثابتا ومن الخطا تحريكها باي اتجاه من الاتجاهات**
6- **ان عدسة الة التصوير تكون مركزة باتجاه مركز موضع الأداء**
7- **يجب ان تكون حركة الرياضي الذي يتم تصويره بزاوية قائمة مع العدسة، فعلى ســبيل المثال عند تصــوير حركة النهوض في الوثب العالي يجب ان يكون موضــع الة التصــوير متعامدا مع الخطوات التقريبية الأخيرة وجهاز الوثب**



شكل (١٣١)

8- تؤدي الاضاءة دورا مهما جدا في التصوير فاذا كان التصوير دخل المختبر مثلا فيجب استعمال أضاءة كافية وخاصة اذا كانت سرعة آلة التصوير عالية ولكن يؤخذ بنظر الاعتبار ان لاتؤثر شدة الإضاءة على اداء الرياضي
9- يستحسن أن تشغل آلة التصوير قبل بدء الرياضي بالحركة ضمانا لوصولها إلى سرعتها المطلوبة.
10- لكي يتم تحديد حركة جسم الربضي تثبت على كل مفصل نقطة واحدة او يحدد ماحول المفصل
11- يجب ان تكون الملابس التي يرتديها الرياضي غير واسعة ليتم تجسيد اجزاء بشكل واضح.
12- ان تكون العلامات المميزة للمفاصل بشكل يختلف عن لون الملابس.
13- في بعض الفعاليات التي يستخدم فيها الرياضي بعض الأدوات يجب أن يكون لون الأدوات مغايرا للون الجسم
14- عندما يكون الهدف من التحليل هو تحديد لحظة الاتصال بين القدم والارض كما في فعاليات الوثب يجب أن يكون لون الحذاء مغايرا للون الارض او المجال الذي تتم فيه الحركة.

15- يجب اســـتخدام وحدة قياس بعرض 1 متر وكما موضـــح بالشـــكل لنتمكن من خلالها لقياس الارتفاع والمسافة اثناء أداء الحركات التي يتطلب فيها الحصول على طيران

كيفية احتساب المتغيرات الميكانيكية بالتصوير السينمائي

أن تحديد قيم بعض المتغيرات الميكانيكية يعتمد على طبيعة الأداء والضروف التي يتم بها فعلى سبيل المثال يمكن قياس الزمن الذي يستغرقه العداء لقطع مسافة 50 متر بواسطة التوقيت اليدوي الالكتروني ولكن لايمكن قياس الفترة الزمنية للنهوض في الجمناستك او في العريض بالطريقة سالفة الذكر لان الفترة الزمنية في هذه الحالة صغيرة جدا ولكن تقاس بدقة لابد من الاعتماد على نتائج التصوير السينمائي لقياس ذلك المتغير والمتغيرات الاخرى كما في المثال الآتي

مثال

قافز عريض تم تصويره بكاميرا سرعتها ١٠٠ صورة / ثانية وكا عدد الصور التي ظهرت اثناء التحليل (من لحظة وضع كعب قدم رجل النهوض على اللوحة حتى مغادرة المشط كما موضح بالشكل من A إلى B) ٢٠ صورة مثلا احسب

1- الفترة الزمنية للنهوض .
2- السرعة الخطية للورك علما أن طول رجل القافز ١ متر.
3- التعجيل الزاوي للقافز.
4- التعجيل العمودي للورك. ا

لاحتساب الفترة الزمنية للنهوض من A إلى B بما أن سرعة الكاميرا 100 صورة بالثانية فان زمن الصورة الواحدة = $\frac{1}{100}$= ٠/٠١ ثا.

بما أن عدد الصور التي ظهرت خلال مرحلة النهوض فان الزمن الكلي للنهوض هو حاصل ضرب زمن الصورة الواحدة في عدد الصور

اي : الفترة الزمنية للنهوض= 0.01 × 20 = 0.2 ثا

أما بالنسبة للسرعة الخطية للورك فان السرعة الخطية بشكل عام يمكن احتسابها من القانون

س م = س ز × نق

لابد من معرفة السرعة الزاوية التي انتقلها القافز اثناء النهوض وبما أن السرعة الزاوية = $\frac{\text{الزاوية}}{\text{الزمن}}$

لذا ينبغي قياس الزاوية المؤثرة في الشكل بطريقة بسيطة جدا وبواسطة المنقلة ولتكن ٢٠ درجة مثلا

السرعة الزاوية = $\frac{20}{0.2}$ = 100درجة / ثانية

آن طول رجل القافز يمثل نصف قطر حركة مفصل الورك

اذن س م = 100 × 1 = 100 م / ثا

اما بالنسبة للتعجيل الزاوي لمفصل الركبة

$$\text{التعجيل الزاوي} = \frac{\text{السرعة الزاوية النهائية} - \text{السرعة الزاوية الابتدائية}}{\text{الزمن}}$$

$$= \frac{\text{س ز } 1 - \text{س ز } 2}{\text{ن}}$$

$$= \frac{100 - \text{صفر}}{0.2}$$

$$= 1000 \text{ م / ثا}^2$$

شكل (١٣٢)

حركة القافز اثناء حركة النهوض كما تم تثبيتها من جهاز المفيولا

2-2 التصوير بالاثر الضوئي

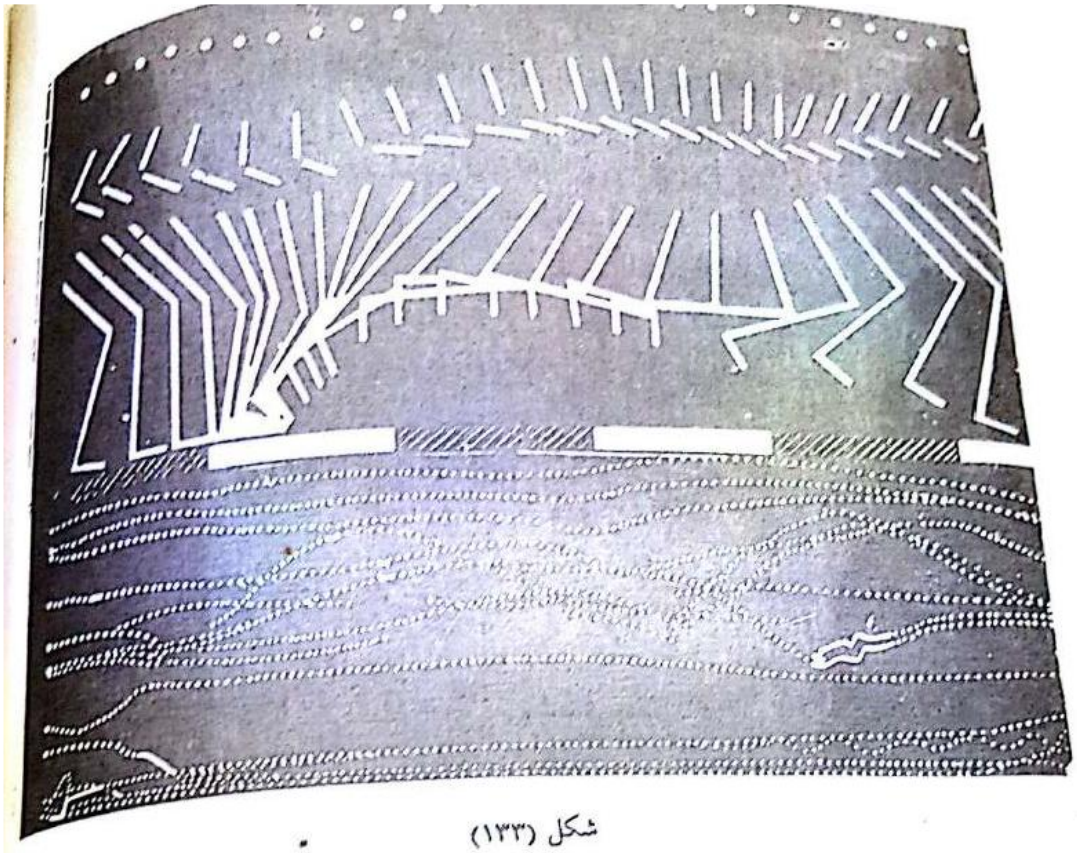
تعد طريقة التصوير هذه من احدى الطرق التي تتبع في دراسة حركة اللاعب من خلال ربط عدة نقاط مضيئة على مواضع مختارة في جسم اللاعب، وقد يتعذر في بعض الأحيان استخدام نقاط كهربائية حيث يتم الاستعاضة عنها برقائق لماعة تعكس الأشعة .

ان طريقة تتبع مسار حركة اللاعب يتم من خلال الخطوط الضوئية التي يرسمها الجسم خلال حركته لذا ينبغي ان تكون اللوحة او المنطقة خلف اللاعب معتمة كي يتم تحديد المسار الضوئي لاجزاء الجسم المطلوب دراسة حركتها. يوضح الشكل الآتي نموذجا للاثر الضوئي لحركةاللاعب اثناء حركة الركض. يجب أن نشير الى ناحية مهمة هو ان استعمال هذه الطريقة محدود جدا نظرا لصعوبة التقنية اثناء التصوير وكذلك اجراء هذا العمل في أماكن خاصة

3- طرق البحث على أساس ميكانيكي

أن الاهتمام بدراسة الحركة وكيفية الارتقاء بمستوى الأداء من خلال إيجاد الحل الأمثل المتمثل بالأسلوب الميكانيكي الذي تتوافر فيه مستويات العمل وفق الاسس الفيزيائية والهندسية والتشريحية والفسيولوجية مما دعا الباحثين الى العمل الجاد من اجل سبر اغوار المشكلات التي تقترن بالاداء فكانت البحوث الأساسية منها والتطبيقية المختبرية او الميدانية .

ان التطور في مجال دراسة الحركة ابرز ضرورة ملحة للاستعانة بالوسائل الدقيقة لاجراء الدراسات والبحوث، فكانت أجهزة قياس القوة من الاجهزة التي اوليت اهتماما خاصا لما تحتله هذه الصفة البدنية من أهمية خاصة والدور الذي تؤديه في كافة الفعاليات الرياضية



شكل (١٣٣)

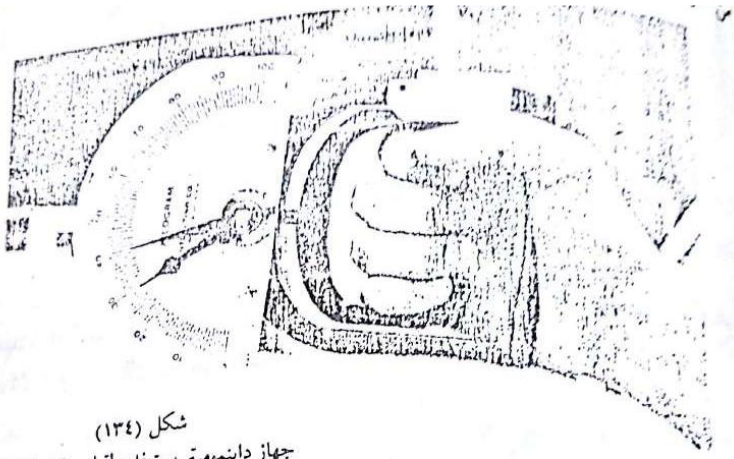
طرق قياس القوة

انطلاقا من اهمية القوة في الحياة العامة وفي المجال الرياضي بشكل خاص حيث تعد صفة القوة القاسم المشترك الأعظم في جميع الفعاليات الرياضية سواء أكانت الحركة تتم بوزن الجسم نفسه او باستخدام الأدوات كما في رفع الأثقال او في فعاليات المرمى على سبيل المثال نجد انه من اللازم ضرورة دراسة مقدار القوة المستخدمة سواء أكانت الفعالية تتم من الثبات او من الحركة. وبقصد تحديد مقادير القوى التي يبذلها اللاعب لابد من معرفة نوع القوة التي ينبغي قياسها وعلى هذا الأساس يتم اتباع الطريقة التي تقاس بها القوة لذلك تتباين طرق قياسها

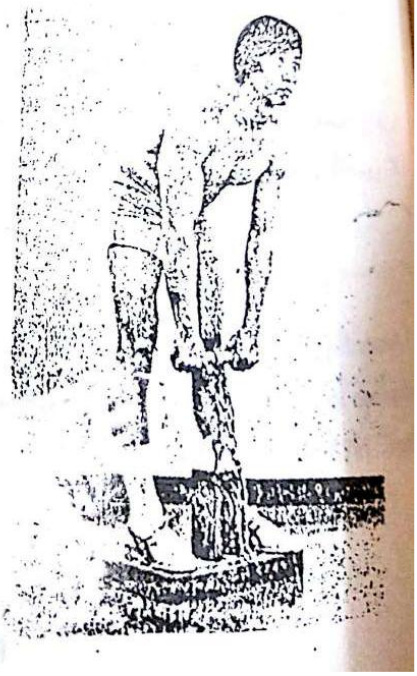
1- طريقة قياس القوة الثابتة

لقياس هذا النوع من القوة وكمثال على ذلك قياس القوة القصوى وبذلك يستخدم الداينموميتر اليدوي (لقياس قوة القبضـــة) او جهاز داينموميتر لقياس القوة القصوى لعضلات الرجلين والظهر كما في الشكل . وقد تستخدم الاوزان نفسها لقياس مقدار القوة التي يبذلها الرياضـــي لمرة واحدة مثال على ذلك قياس قوة ع

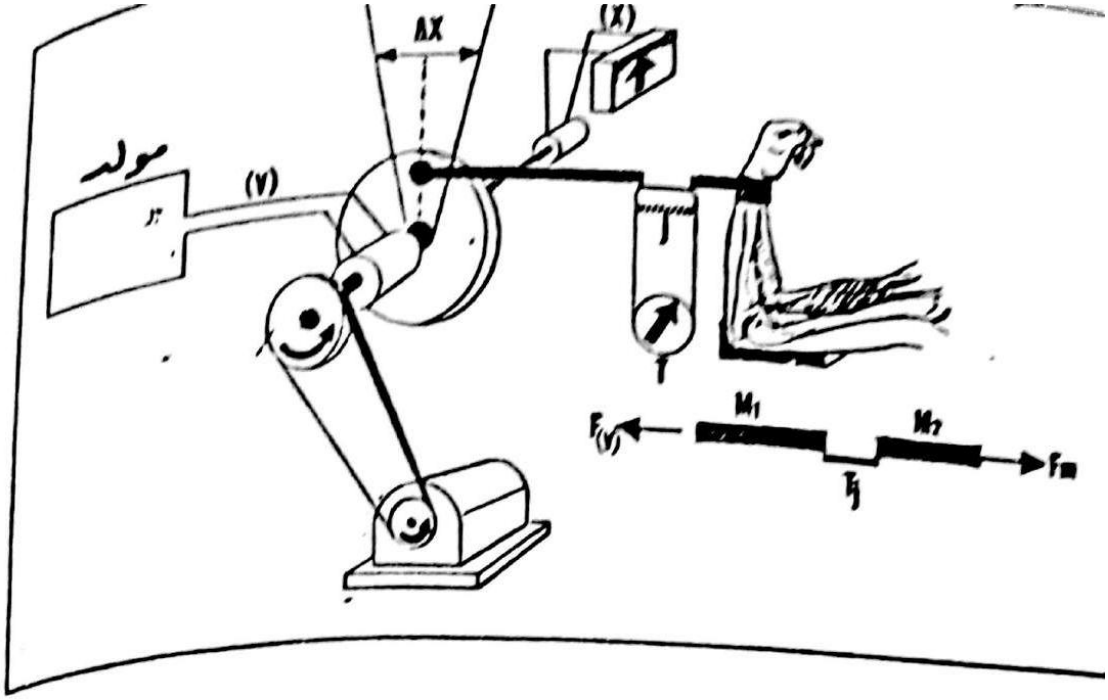
لات الذراعين والصـــدر كما في البنج بريس ولكن يعد شـــكل أداء القوة في هذه الحالة من القياســـات المتحركة كما هو الحال في قياس عنصـــر تحمل القوة اثناء التعلق على العقلة مع ثني ومد الذراعيين لاكبر عدد من المرات .



شكل (١٣٤)
جهاز داينموميتر يستخدم لقياس قوة القبضة



شكل (١٣٥)
جهاز داينموميتر لقياس قوة عضلات الرجلين والظهر
(BACK & LEG DYNAMOMETER)



شكل(١٣٥أ)

حيث ان القوة التي تسجل على جهتي المقياس متساوية دائما (في حالة الانقباض الايزومتري) ويمكن التعبير عنه بالمعادلة الاتية

$$Tj = Fm + m2X = F - m1X$$

حيث ان (F) تساوي القوة التي يصدرها الجهاز لابعاد الساعد عن العضد الى مد الذراع بينما (Fm) قوة الانقباض العضلي للعضلات المعنية، M2 كتلة الساعد والجزء المربوط بين الرسغ والمؤشر، M1 كتلة الجزء المربوط بين المؤشر وقرص الجهاز الكبير X يمثل التعجيل

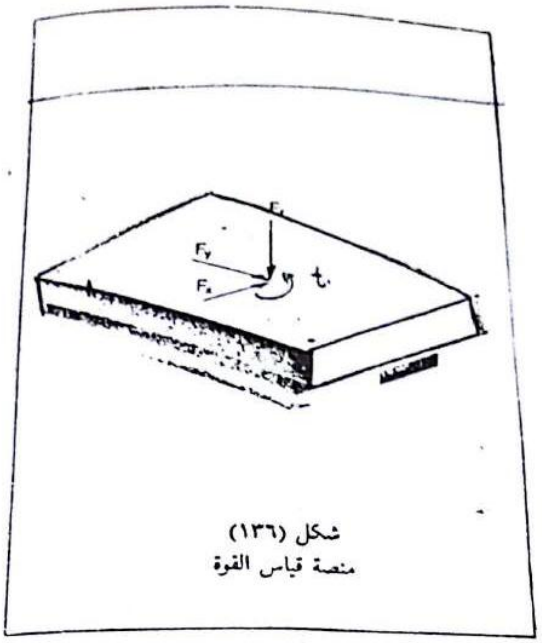
2- طريقة قياس القوة اثناء أداء الحركة

ان اداء أي حركة رياضـــية يتطلب قدرا معينا من القوة ولكن هذا المقدار يختلف باختلاف مراحل الحركة او حتى من لحظات متقاربة جدا خلال الاداء لذا فان الشكل العام يتاثر بشـــكل كبير بتغير القوى التي يبذلها الرياضـــي حيث لايمكن قياس هذه القوة بالطرق سالفة الذكر وانما تستخدم اجهزة كهربائية خاصة توضع مسارا لقيم القوى التي يبذلها اللاعب من لحظة بدء الحركة حتى نهايتها.

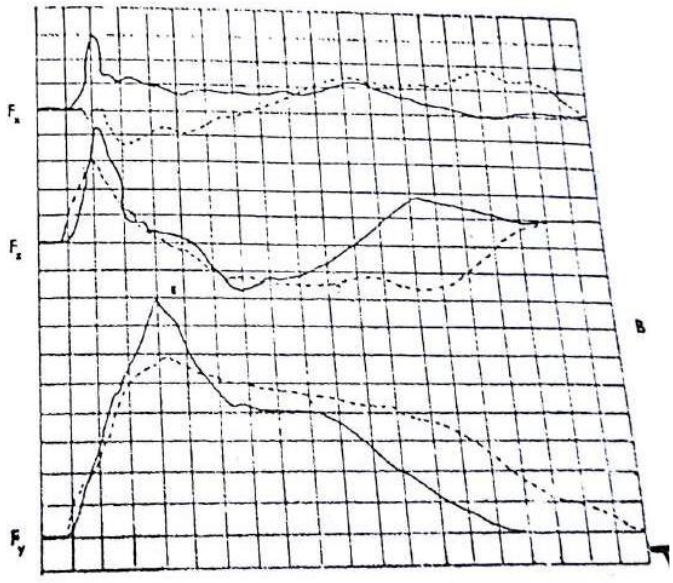
إن هـذا الجهـاز عبـارة عن منصـــــة يطلق عليهـا منصـــــة قيـاس القوة . (Force platform) يســـجـل ثلاث مركبـات للقوى مركبـة عموديـة (F2) ومركبتان افقيتان متعامدتان ($F_{x2} - F_Y$) كما موضـح بالشـكل اضـافة الى عزم التدوير (t) ويرتبط بهذه المنصة جهازة خاصة لاظهار منحنيات القوى مثبتة على ورق حساس، أما في الوقت الحاضر فان المنصـة ترتبط بجهاز حاسوب الي حيث يتم برمجة أجزاء الحركة وفق تسلسلها ويبدأ العمل بتسجيل الحركة للحصول على منحنيات القوة حيث يمكن اظهارها مباشـرة على شـاشـة الحاسـوب ومن ثم يتم نقلها على ورق. أن الميزة العلمية لاستخدام هذه المنصـة هو ان الاشـكال البيانية التي تزودنا بها تمثل الاحداثي العمودي مؤشـــر القوة بينما يمثل الاحداثي الافقي مؤشر الزمن المستغرق للاداء فضلا عن ذلك يمكن احتساب زمن حدوث أي قيمة للقوى في أي لحظة من لحظات حدوث الحركة . يمثل الشـــكل الاتي تمثيلا بيانيا لحركة رامي الثقل موضـــحا مقادير القوة العمودية كما تظهر من الشـــكل (F_y) والقوتين الأفقيتين (F_v F_x) للرجل اليمنى للرامي حيث يمثل كل جزء من أجزاء المنحني تســـلســـلا لقيم القوى التي تصـــدرها رجل الرامي اليمني فنجد أن قمة المنحني تمثل أقصى قوة تصدرها الرجل وفي اي لحظة زمنية كما يؤشره الاحداثي الافقي الخاص بالزمن.

من خلال المنحنيات اعلاه يمكننا حســـاب مقدار القوة الكلية التي ســـلطها اللاعب على اســـاس عدد المربعات التي تقع ضـمن المنحنى او اسـتخراجها رياضـيا من خلال ما يسمى بمساحة ماتحت المنحني.

أن الدراســة العلمية المشـتركة بين القائم بالبحث والمدرب او اللاعب تفصـح عن كثير من نقاط الضـعف والقوة في الأداء التي لا يمكن لأحد أن يشـخصـها ما لم يتم تسجيل الأداء وتمثيله بيانيا وبالتالي اعطاء اللاعب صورة دقيقة عن مراحل الأداء وماينبغي عليه أن يؤديه

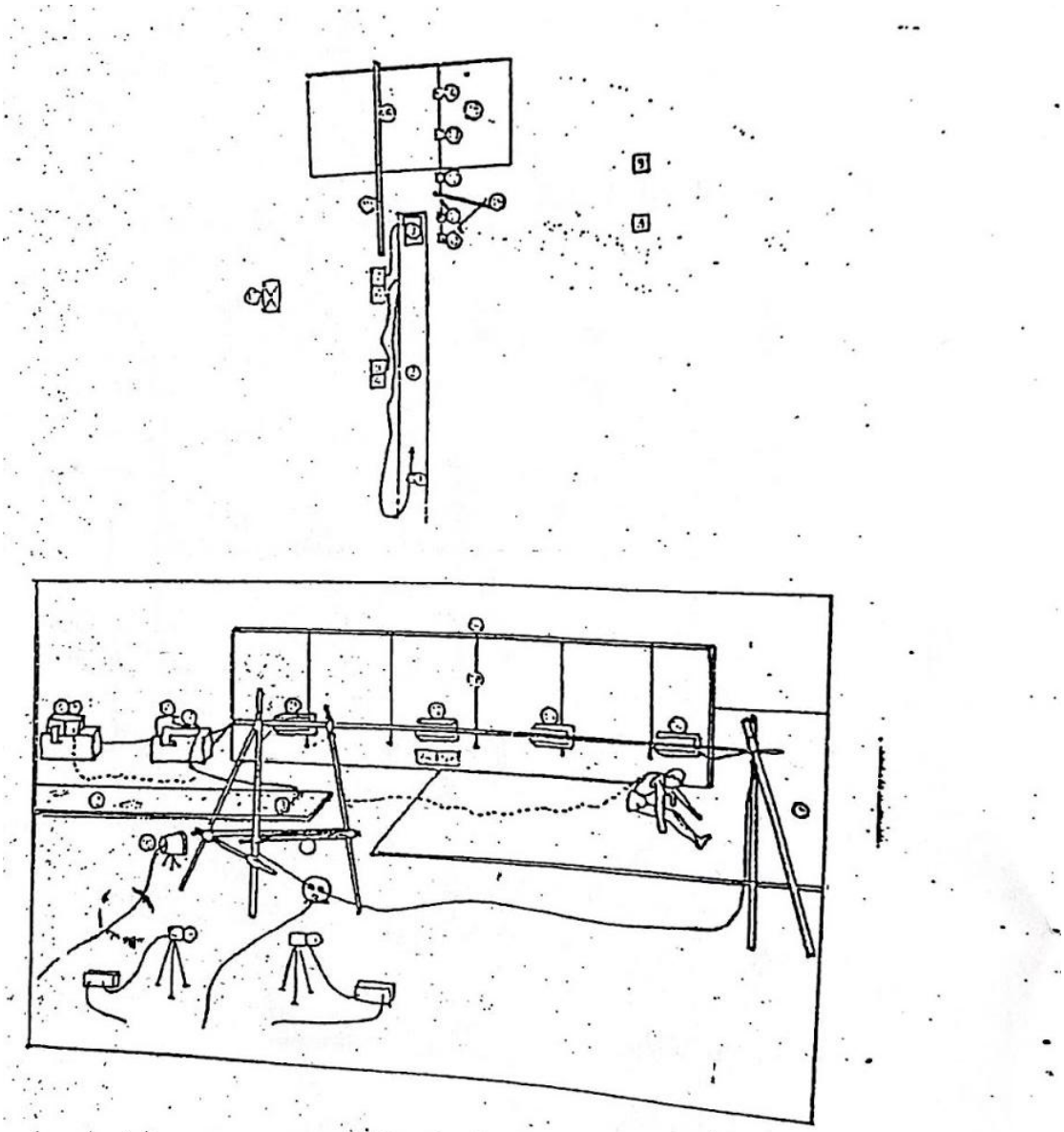


شكل (١٣٦)
منصة قياس القوة



شكل (١٣٧)
منحنيات القوى – الزمن لرامي الثقل

يوضح الشكل الاتي كيفية استخدام جهاز تسجيل القوة اليا في فعالية الوثب العريض ويلاحظ وصفه بمستوى طريق الاقتراب وكذلك الأجهزة ومستلزمات التصوير .



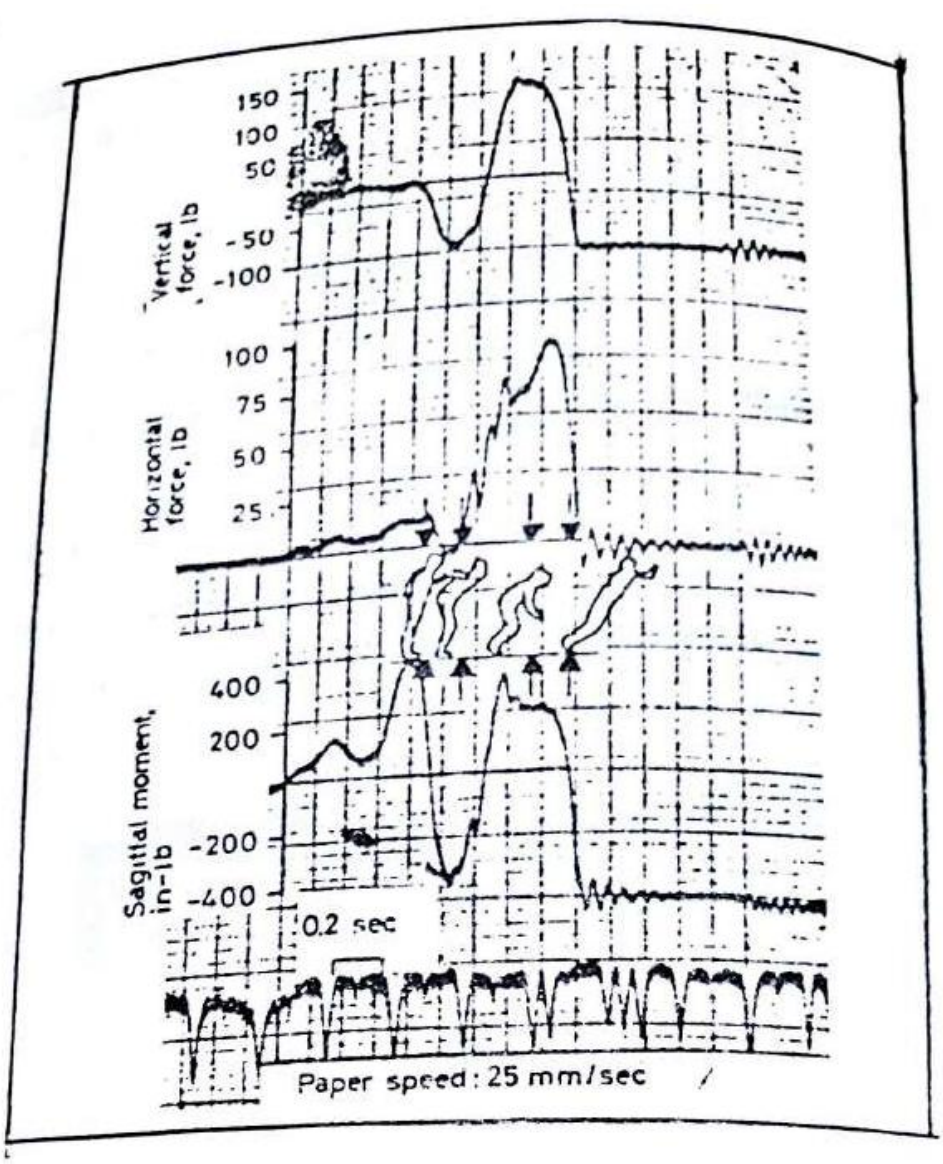
شكل (١٣٨)

بغية الحصـول على نتائج دقيقة وموضـوعية في بحوث البايوميكانيك ينبغي تهيئة كافة مسـتلزمات العمل الميكانيكي بالاضـافة إلى وضـع هذه الأجهزة بالشـكل الذي تؤخذ فيه دقة القياس وفيما يلي تعريف بالاجهزة المســتخدمة في الدراســة أعلاه وحسب ارقامها الموضحة بالشكل

1- الوائب .
2- الغطاء المطاطي الذي يغطي مجال الاقتراب ويكون بالمســتوى نفســه مع السطح العلوي لجهاز القياس.
3- جهاز قياس القوة
4- مسجل قوة - زمن
5- مكبر تسجيل
6- مسجل اشعة ضوئية .
7- مكبر
8-
9- } **الات تصويربسرعة عالية**

10-
11-
12- } **نقاط ضوئية (هالوجين**
13-
14-

15-حفرة وثب
16-لوحة خلفية
17-اجهزة قياس جسمية



شكل (١٣٩)

يبين الشـــكل طبيعة الشـــرائط التي تســـجل عليها القوى - الزمنية ويمكن ملاحظة قوى الأفقية والرأســـية على الأحدائي الرأســـي بينما يمثل الاحداثي الأفقي الزمن الذي تتم فيه الحركة ويلاحظ أن سرعة حركة ورق التسجيل ٢٥ ملم / ثا.

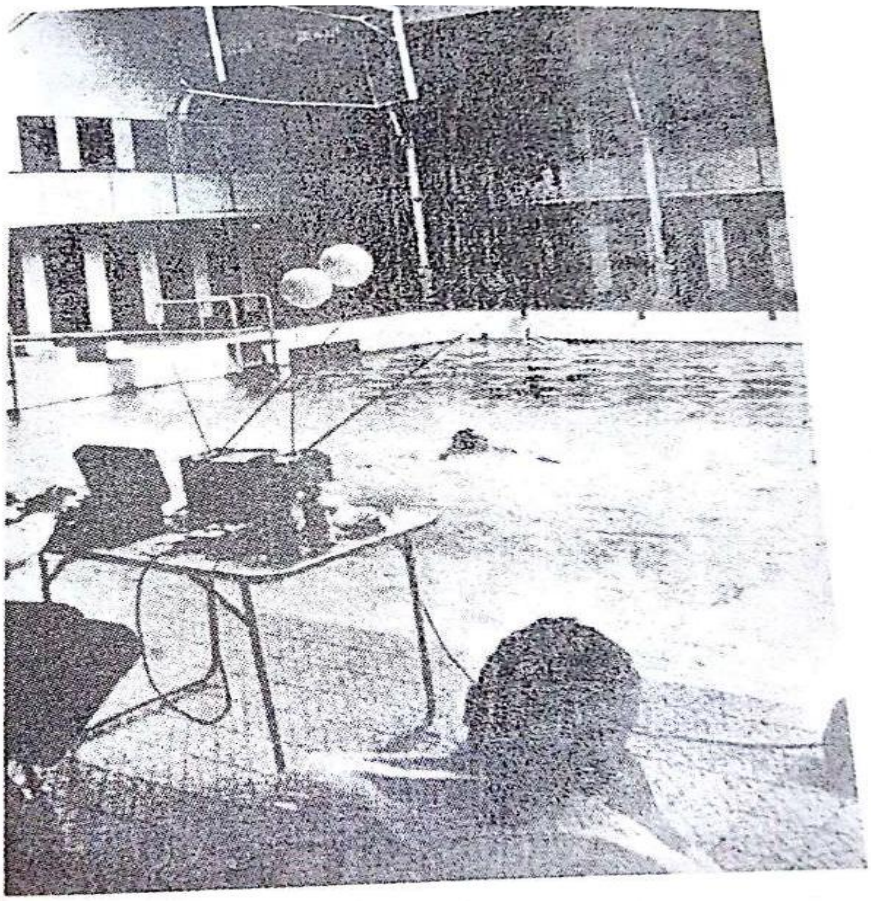
2-3 **طرق القياس بواسطة الالكترومايوجراف** EMG

ان احدى الطرق الميكانيكية الدقيقة التي تستخدم في البحوث البايوميكانيكية والتي يتم الحصول من خلالها على نتائج موضوعية كبحوث اساسية يتم تطبيق نتائجها

في البحوث التطبيقية الا وهي طريقة التسـجيل المرئي لحركة العضـلات ويتم في هذه الطريقة استخدام اقطاب كهربائية تتصل بجلد اللاعب المراد دراسة حركته او تدعم داخل العضلة لدراسة التغيرات التي تطرأ على العضلة اثناء الأداء حيث يتم تسجيل ذلك كهربائيا.

ان طريقة الالكترومايوجراف Electro myograph ومختصـرها EMG تستخدم بطريقتين يتم من خلال الطريقة الأولى معرفة الفترة الزمنية التي يتم فيها استثارة العضلة وبالامكان قياس هذه الفترة بدقة متناهية وخاصة في البحوث التي تتناول التوافق العضلي

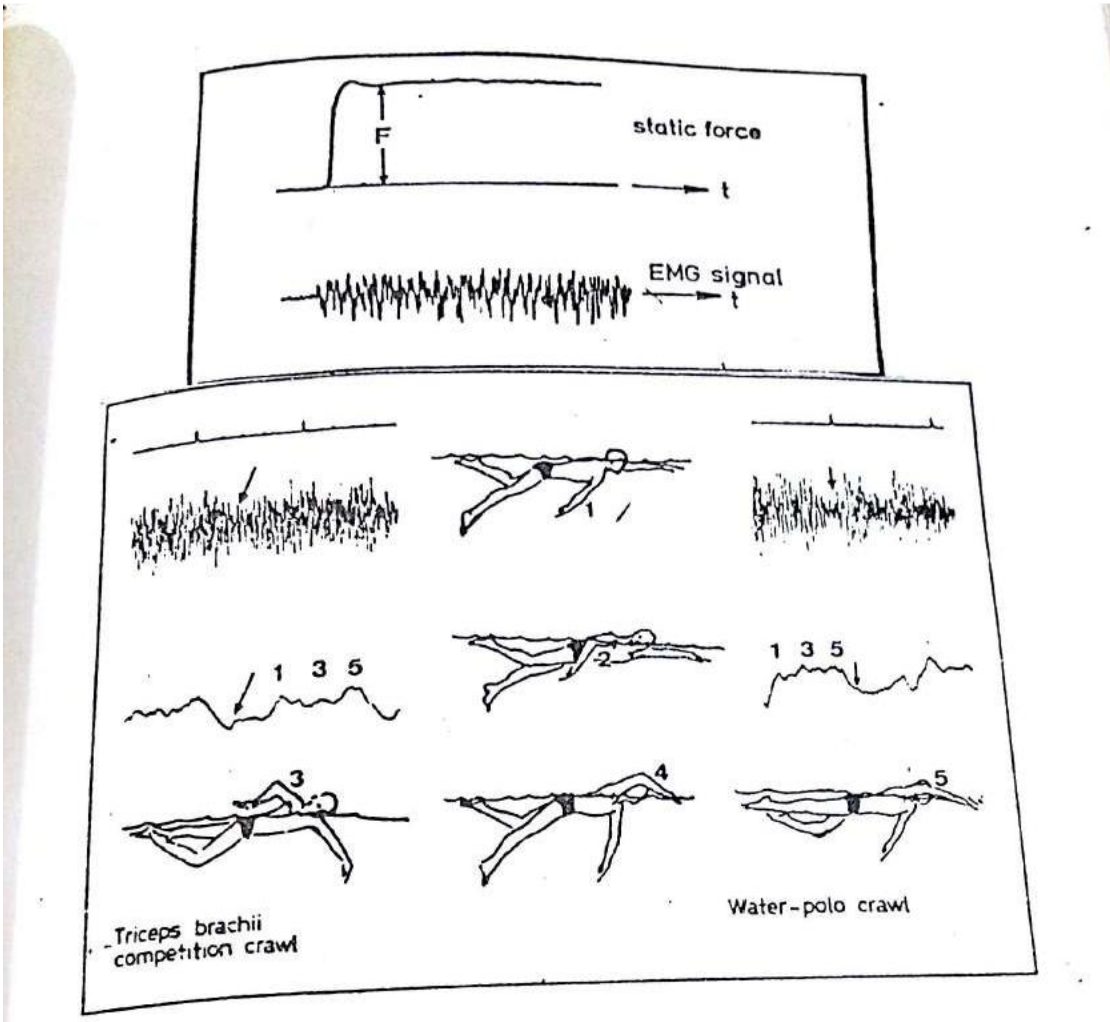
اما الطريقة الثانية فهي تعد كمؤشر للقوة التي تصدرها العضلة في تلك اللحظة او ما يطلق عليها القوة اللحظية، تسـتخدم طريقة EMG في دراسـة كثير من الفعاليات ففي الشـكل يظهر السـباح داخل حوض الماء وتتم دراسـة حركته بهذه الطريقة



شكل (١٤٠)

يلاحظ في الشكل ان تسجيل حركة السباح يتم من بعد حيث يطلق على هذه الطريقة الالكتروماجرافية البعيدة او Tele electro myo groph في دراسة أجريت من قبل الباحثين ج. راو . جي فريدبفركت على العضلة ذات الراسين العضدية في جســـم الانســـان لايجاد العلاقة بين فاعلية الالكتروماىوجاف ومقدار القوة اثناء الانقباض الاستاتيكي .

مـــــــــــــــــــــــــــن



شكل (١٤١)

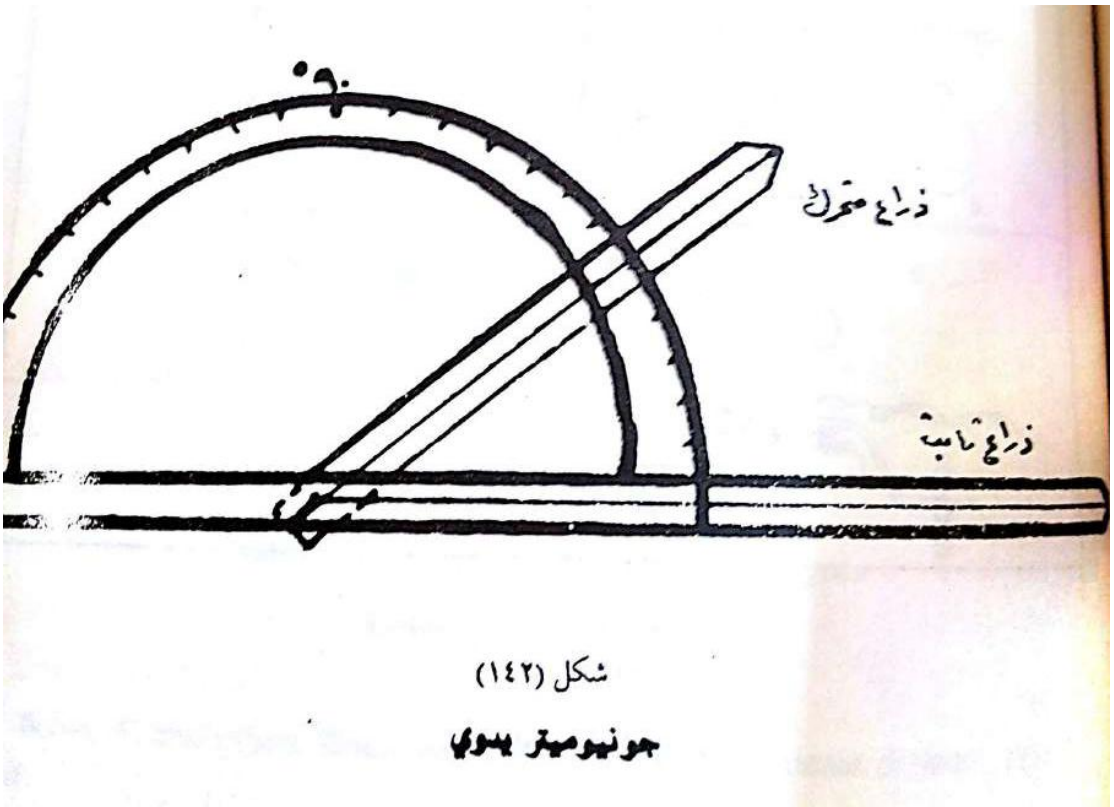
شكل يوضح اشارة الالكترومايوجراف والز.. وكذلك منحنى القوة الاستاتيكية في فعالية السباحة

من الشكل يمكننا ملاحظة البيانات التي يمكن تسجيلها من خلال هذه الطريقة حيث يمثل الجزء العلوي من الشكل منحنى القوة الزمنية (الاستاتيكي) بينما يمثل الجزء

السـفلى إشـارة الالكترومايوجراف وكذلك الفترة الزمنية التي تمت فيها اسـتثارة العضلة .

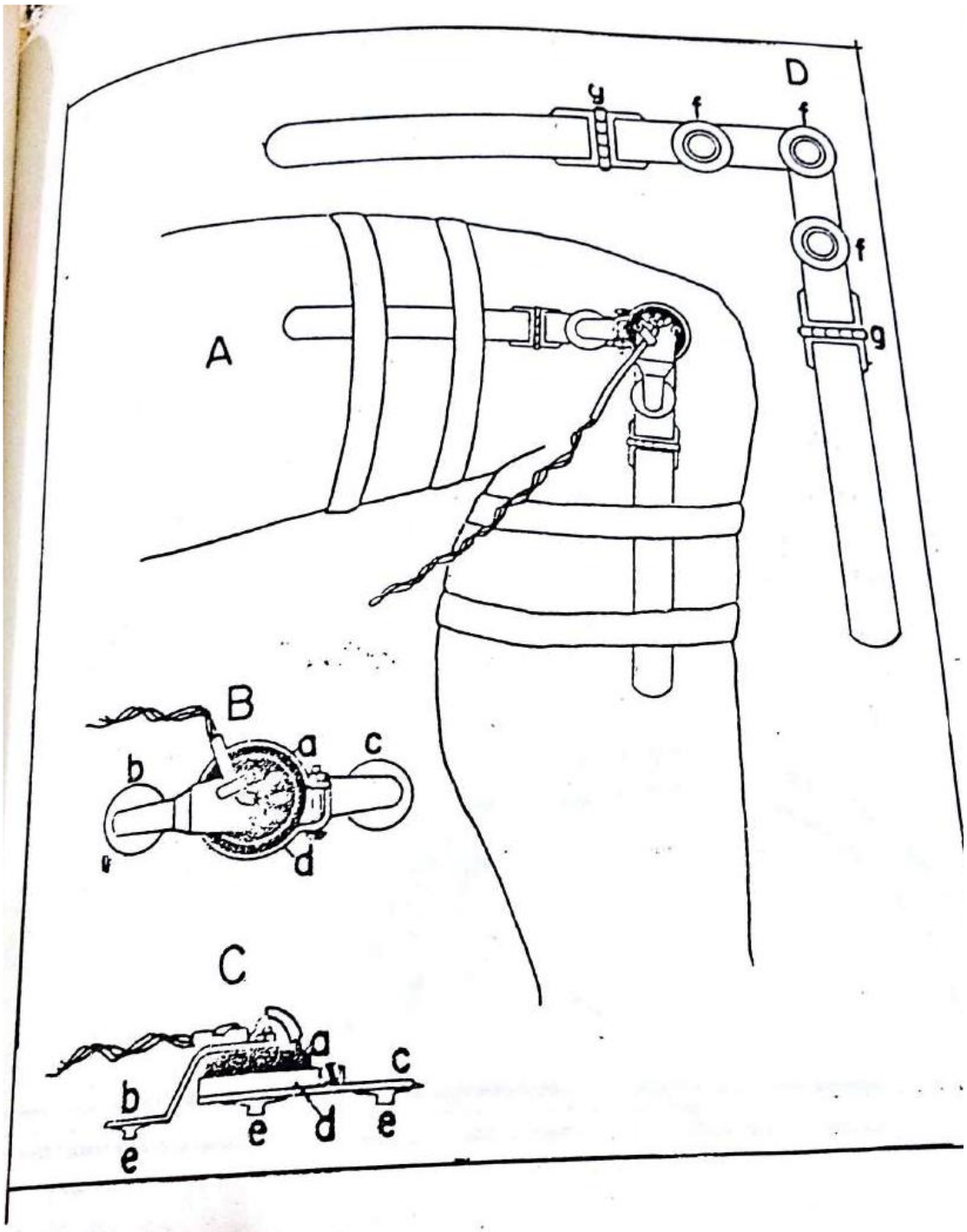
3-3 طرق قياس الزوايا

تؤدي حركة أجزاء جسم الإنسان دورا مهما في تحريك الجسم بكامله ففي رياضة السباحة تشكل حركة الذراعين عاملا أساسيا في مساعدة السباح على حركته في الماء وكذلك الحركة الزاوية لأرجل وذراعي العداء والشـئ نفسـه بالنسـبة إلى المسار الحركي للرجلين في فعالية الوثب ، على هذا الأساس اولى الباحثون عناية خاصة بدراسة الطريقة المثلى لتحريك أجزاء الجسم من خلال الزوايا التي تتحرك بها هذه الأجزاء ومايترتب على ذلك من اسـتغلال أمثل لقرى الرياضـي الذاتية والتغلب قدر الامكان على القوى الخارجية التي تعيق الحركة كما في حركة الذراعين اثناء السـباحة، لذا فان احدى الطرق الميكانيكية لقياس حركة أجزاء الجسـم تتم بواسـطة جهاز يتم ربطه على جانبي المفصـل حيث تتم حركة الرجل (اثناء الثني والمد) نتيجة حركة مفصـل الركبة وبذلك يتم تسـجيل مدىحركة ذلك الجزء من الجسم وسرعته.



شكل (١٤٢)

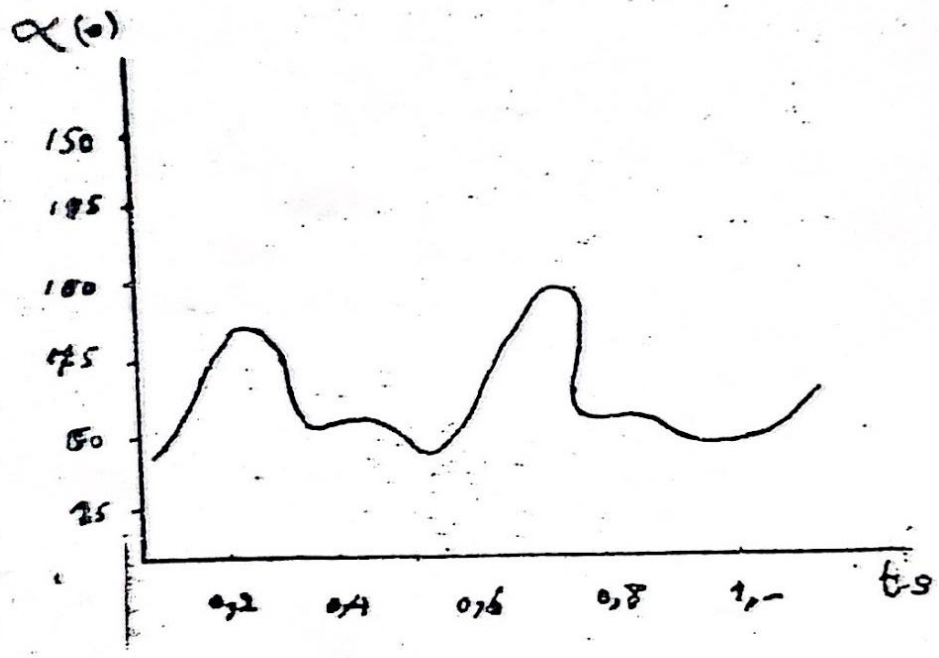
جونيومتر يدوي



شكل (١٤٣)

جونيوميتر كهربائي

تتم دراسة حركة الجسم بواسطة جهاز الالكتروجونيوميتر من خلال العلاقة بين الزاوية التي يتحركها الجزء المراد دراسة حركته مع الزمن المستغرق كما يوضح ذلك الشكل الاتي



شكل (١٤٤)

منحنى يوضح العلاقة بين الزوايا التي يقطعها جزء الجسم
اثناء الحركة مع الزمن المستغرق

أسئلة للمراجعة

1- ماهي اهمية تحديد كز ثقل جسم الانسان ؟
2- ماهي القةى المؤثرة في جسم الانسان اثناء السباحة ؟
3- ماذا يقصد الوزن النسبي لأجزاء الجسم ؟
4- اذكر الأوزان النسبية لأجزاء الجسم
5- يتحدد مركز ثقل كل جزء من الجسم وفق نسب معينة. اذكرها
6- اذكر خطوات تحديد مركز ثقل الجسم اثناء الحركة
7- ماهي اهمية التصوير الفوتوغرافي في البحوث البايوميكانيكية ؟
8- عدد انواع الات التصوير التي تستخدم في التصوير السينمائى
9- عدد النقاط الأساسية الواجب اتباعها اثناء التصوير في المجال الرياض
10- ماذا يقصد بطريقة الالكترومايوجراف ؟
11- اذكر فائدة استخدام جهاز الجونيوميتر .
12- ماذا يقصد بالتصوير بالأثر الضوئي ؟