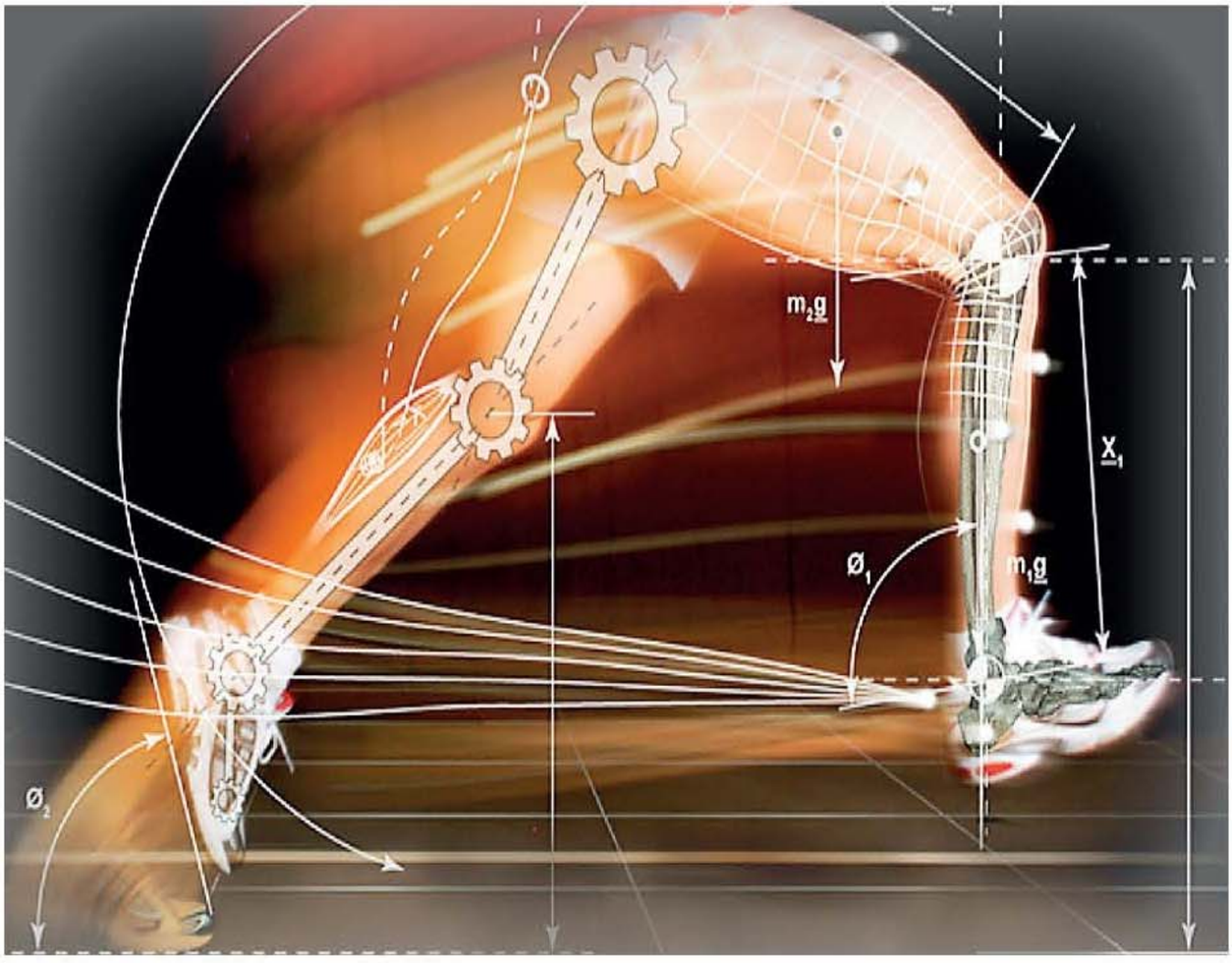
د. مازن أحمد مروة

البيوميكانيك في الرياضة



البيوميكانيك في الرياضة

الدكتور مازن أحمد مروّة

البيوميكانيك في الرياضة

2015

دار الفارابي

الكتاب: البيوميكانيك في الرياضة

المؤلف: الدكتور مازن أحمد مروّة

الناشر: دار الفارابي ـ بيروت ـ لبنان

ت: ٣٠١٤٦١(٠١) - فاكس: ٣٠٧٧٧٥(٠١)

ص.ب: ١١/٣١٨١ - الرمز البريدي: ٢١٣٠ ١١٠٧

www.dar-alfarabi.com

e-mail: info@dar-alfarabi.com

الطبعة الأولى: حزيران ٢٠١٥

ISBN: 978-614-432-350-2

© جميع الحقوق محفوظة

تباع النسخة الكترونياً عبر موقع الدار.

إن الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبّر بالضرورة عن رأي الدار.

المحتويات

المقدمة.....9

1 ـ مدخل 11

2 - علم الحركة الحية والبيوميكانيك الرياضي 13

3 - الحركة وتصنيفاتها.....39

4 - التطور الحركي من الولادة حتى سن الشيخوخة.....56

5 -الخصائص البيوميكانيكية للتمارين الرياضية

والمبادئ الأساسية للميكانيكا 77

6 - الخصائص الديناميكية (الحركية - الكينماتيكية).....100

7 - خاصية الحفاظ على وضعية الجسم (البيوستاتيك) 124

8 - جسم الإنسان كنظام بيوميكانيكي.....135

9 - بيوديناميكية القوى الخارجية 194

10 - تحويل الطاقة إلى فعل حركي وتغييرها.....217

11 - بنية الرياضي وتركيبه 222

12 - طريقة الكمية والكيفية في التحليل البيوميكانيكي.....232

13 - المشي والجري 245

14 - تحليل بيوميكانيكي لمهارات الميدان
في ألعاب القوى 266
15 - دراسات تطبيقية في البيوميكانيك 279
المراجع 307

المقدمة

إن التطـور العـلمي الحاصـل فـي التكنـولوجـيا ووضعهـا فـي تصـرّف الأكاديميين والباحثيـن فـي المختبـرات يؤكـد وجـوب استخـدامهـا في مجـال الـتعـليـم والتجـربة من أجل تطـويـر حـركـة الفـرد أثنـاء الـقيام بالأعـمـال اليـوميـة والأنشطـة الحركية والرياضـات التـنافسية لتحقيـق المـراتـب الأولـى وتحطيـم الأرقـام القياسـية فـي البطـولات والـدورات المحليـة والقاريّـة والدوليـة.

إن هـذا الكتـاب واضـح فـي موضوعاتـه المترابطة للقـارئ. يوجد خمسـة عشـر مـوضوعـاً. يغطّـي كلُّ موضـوع منـه المسـاحة الأساسـية المطلوبـة بشـكل علمي وموضوعي. يتـناول الجـزء الأول موضوعـات الحـركـة وتعلّمها فـي مجـالات عديـدة وخصوصـاً حـركـة الإنسـان. ويتـمحـور الجـزء الثانـي مـن الموضوعـات حـول تحليل الحركـة الحيّة فـي مجـال الرياضـة علـى أنواعهـا مـع الأخـذ فـي الاعتبـار مؤثـرات القـوانين الطبيعيـة والبيـئة المحيـطـة.

أمّـا الجـزء الثالـث فيعـرض موضوعـاتٍ لدراسـات تحـليليـة

وتطبيقات عمليّة تتضمّن أهدافاً محدّدة ومعلومات أساسية ونظرية مع الأدوات التي بحاجة إلى استخدامها لتحقيق المرجو منها.

تستطيع هذه الموضوعات جميعها أن تعزِّز وتوسِّع قاعدة المعارف والخبرات لدى الأخصّائي والباحث في مجال التربية البدنية والرياضة.

يقولون لنا: إسمع واقرأ وشاهد، ولكن لا يقولون لنا ما المطلوب مشاهدته؟ وما الذي يجب أن نسمعه؟ وما هو المطلوب قراءته؟

ويقولون لنا: أكتب. وماذا تريدون أن نكتب؟ ومن يقيم وزناً لما نكتب ؟

أحاول أن أكتبَ شيئاً أقدمه إلى المكتبة الجامعية ومرتاديها، وكذلك إلى حاجّيها.

1 ـ مدخل

أقدم هذا الكتاب للذين يريدون الاستزادة في طلب المعرفة والعلم لرفع مستوى الفكر والأداء وتحقيق الإنجازات في مجالات التعليم والتجربة والتطبيق وخصوصاً في حقلي التدريب والتمرين الرياضي والبيوميكانيك الرياضي أيضاً.

يعود تقدّم الإنسان في تحسين حركاته إلى ارتباطها بعلوم متنوعة كعلوم الحركة والتدريب الرياضي والتمرين أو التربية الرياضية وذلك من خلال تأثّرها بالقوانين الطبيعية والنظريات البيو- فيزيائية، وهذا يساعد على تطوير الأداء البدني والحركي، وتحسين الإنجازات في الفعاليات والبطولات الرياضية الدوليّة على مختلف أنواع الألعاب الرياضية.

وعلم الحركة والبيوميكانيك هو حقل ذو أنظمة متعدّدة، تشمل علم تشريح جسم الإنسان وعلم وظائف أجهزته العضوية وعلوم الميكانيكا والهندسة والرياضة البدنية واستخداماتها في علم البيوميكانيك.

إنّ الهدف من وضع هذا الكتاب هو تزويد الباحث والمدرِّب

والطالب الجامعي معلومات وموضوعات تمهيدية عن البيوميكانيك تتكامل مع أسس علم التشريح الوظيفي لجسم الإنسان والفيزياء والرياضيات التفاضليّة والتكامليّة بغية دراسة حركة الإنسان.

اتّبعنا في وضع كتابنا هذا منهجاً علميًّا بحيث نتناول المفاهيم والمصطلحات والشروط العلميَّة التفصيليَّة مع ربطها بالمعادلات والقوانين الفيزيائيّة والرياضيّة البسيطة منها والمعقّدة، وارتباطها بالقوانين الفيزيائيّة «الميكانيكا».

كما يوجد في الكتاب رسوم وصور وجداول توضيحية للحركات والقوانين الفيزيائية - الرياضية لتسهيل عملية الفهم والاستيعاب للمبادئ الهامّة والأساسيّة للبيوميكانيك الرياضي.

أملي أن أوفَّق في خدمة الرياضة، وأن يُستفاد من هذا الكتاب بحيث يُعتَمد مرجعاً علمياً في الدراسات العليا، ويضاف إلى المكتبة الرياضية الجامعية ليُغنيها ثراءً ومعرفة.

الدكتور مازن مروّه

2 - علم الحركة الحية والبيوميكانيك الرياضي

I - مقدمــة مع نــبذة تاريخيـة عن تـطور علم الحركـة والبيوميكانيـك الرياضي.

II - عـلم الـحركـة: مـفهوم، مهمات، وظائـف، طـرائق البحث.

III - علـم البيوميكانيـك: المفهوم، الغايــة من المقـرر، المهام، تطوره، علاقــته ببــقية العلوم الأخرى، ميادين تطبيقيـة.

المصطلحـات الأساسـية: علـم الحركـة، حركـة الإنسـان، البيوميكانيـك الرياضـي.

I - مقدمة

إن الحركـة ككلمـة بالمعنـى المطلـق متضمنـة فـي شـتّى مجـالات الحيـاة، كمـا أن لهـا العديـد مـن الظواهـر والصـور، فهنـاك عــدد لا حصـر لـه مـن الأجــسام فـي حالـة حركـة. ومـن بينهـا الأرض، التـي تــدور هـي أيضـاً حـول محورهـا وحول الشـمس. كما أن هذه الأخيرة بجــميع تــوابعها مـن الكواكـب تتحـرك بالنسـبة إلـى النجــوم، التـي تتحـرك أيضـاً بالنسـبة

إلـى بعضهـا بعضـاً فـي الفضـاء اللانهائـي. وجـميع حـالات الحركـة لهـذه الأجسـام تشـترك فـي آن كوحـدة واحـدة.

هـذا فضـلاً عـن أن التقـدم والإنجـازات العلميـة المعاصـرة، يكشـفان عـن العديـد مـن الصـور الأخـرى للحركـة، ومنها علـى سـبيل الذكـر: الحرارة- التفاعـلات الكيميائيـة – الكهربـاء - الصـوت - الضـوء- وغيرها مـن العمليات التـي تشـكل قـوس قـزح، اختـراع آلـة التلسـكوب، الـذرة، عمـل الإلكترونـات حـول الـذرّة واختـراع السـليكون وغيرها..

مـن كل مـا تقـدم يمكـن القول: إنّ الحياة بكل ظواهرها ليسـت سـوى صـور للحركـة، وإن كل مـا يحـدث مـن ظواهـر فـي العالـم، وكل مظاهـره المختلفـة هـو فـي الواقـع نتيجـة مباشـرة للحركـة الأبديـة للمادة.

ويعتبـر «علـم الحركـة» أحـد علـوم التربيـة البدنيـة والرياضـة الهامـة التـي احتلـت وضعـاً مميـزاً فـي الآونـة الأخيـرة فـي مجـال التعلـم والتطـور والتقويـم الموتـوري (Motor) للحـركات والمهـارات الرياضيـة المختلفـة.

إن ارتبـاط علـم الحركـة بمسـتوى الصحـة والإنتـاج، وارتباطـه أيضـاً بمسـتوى تكنيـك المهـارات الرياضيـة المختلفـة هـو ارتبـاط كبيـر، ويعـود إليـه الفضـل فـي التقـدم والتطـور المطـرد للمسـتويات التنافسـية الرياضيـة العاليـة، حيـث اتجهـت الكثيـر من البحوث والدراسـات في المجـال الرياضي للاسـتعانة بالتحليـل الحركـي بأنواعـه المختلفـة كوسـيلة وأسـلوب أمثل لحل مشا كلها.

وقد تبين أن قيمة دراسة «علم الحركة» التربوي تظهر من خلال ظهور قيمة المحلل الرياضي وقدرته الذاتية، التي تمكنه من الارتقاء بها إلى الموضوعية على مستوى الخلق والابتكار، وذلك عند تحليله للحركات بعامّة والرياضية بخاصّة، وبذلك وجد «مانيل- Manell» منفذاً بسيطاً وطريقاً سهلاً ممهداً لتحليل المهارات الرياضية المتقدمة أو الجماعية، التي لا يمكن للتحليل «الكينماتوغرافي» أي سينما- غرافيا حلها ببساطة وسهولة.

ويظهر «مانيل» أهمية المحلل والمقوّم الرياضي وقدرته وملكته على التصرف الصحيح في التحليل والتقويم الموتوري (الحركي).

إن «علم الحركة» ارتبط «بالميكانيكا»، وسمي باسم «علم الحركة الميكانيكي» أو «البيوميكانيك»، وقد ارتبط ببعض العلوم الطبية، وأطلق عليه «علم الحركة الوظيفي»، حتى ظهر «مانيل» فنحا بعلم الحركة نحواً آخر حيث قال: «إن نظرة العلوم إلى الحركات الرياضية تقتصر على مدى تطبيق القوانين الفيزيائية والفيزيولوجية، التي هي مهمة جداً ولكنها بحاجة إلى مراجعة متأنية، وأن توضع في قالب آخر إذا أردنا الاستفادة من تلك المعلومات في مجالاتنا الرياضية العملية، كما أننا بحاجة إلى حصرها والاستفادة منها عن طريق تقويمنا للمظهر الخارجي للحركة، آخذين في الاعتبار تأثير النواحي التاريخية والاجتماعية والفيزيولوجية والتربوية في سير الحركات والمهارات الرياضية وشكلها».

وتعـرّف حركة الإنسـان مـن الوجهة الميكانيكية بأنهـا تغيير في موضع الجسـم أو صلاته في الفراغ وفي الزمن بالنسـبة إلى الأجسـام الأخرى.

[- التغييـر فـي الموضـع: حركـة الجـري - التغييـر فـي الحجـم: حركـة الصـدر فـي الشـهيق والزفيـر.

- التغييـر فـي الشـكل: حركـة ثنـي إحـدى الذراعيـن فـي وضعيـة الوقـوف الثابـت.. ومـن خـلال تطبيـق مقاديـر متغيـرة مـن القـوة...]

إن الشـروط الأساسـية للحيـاة عمومـاً، هـي التفاعـل بيـن جسـم الإنسـان والبيئـة المحيطـة بـه، ومـن خـلال هـذا التفاعـل تظهـر لنـا أهميـة الـدور الأساسـي للنشـاط الحركي، والأفعـال الحيوية. فمن خـلال الحركة فقط يسـتطيع الإنسـان تحقيـق الحياة من دفـاع عن النفس والحصـول على الغذاء وصـولاً إلـى التأميـن علـى الحيـاة واسـتمراريتها. وكذلـك من خـلال الحركات المعقـدة والمختلفـة للإنسـان يتمكـن مـن تحقيق النشـاط والحركـة الصعبة والتفاعـل مـع النـاس الآخريـن (الـكلام والفنـون والكتابة....الـخ)، وكذلـك يعـد النشـاط الحركـي للإنسـان الأسـاس فـي تطويـر اللياقـة والتربيـة البدنية ولمختلـف الميادیـن الرياضيـة.

إن حركـة الإنسـان هـي نتـاج لاتحـاد الناحيتيـن الميكانيكيـة والبيولوجيـة معـاً، فتنشـأ الحركـة وتنظـم عـن طريـق الجهـاز العصبـي المركـزي كونـه الموجـه للجسـم، وبواسـطة الأعصـاب المختلفـة ينتقـل

الإيعـاز عبـر النخـاع الشـوكي إلى جميـع مفاصل الجسـم وعضلاتـه، وكذلك ميكانيكيـاً مـن خـلال العمـل الناتـج مـن جـراء اتصـالات الهيـكل العضلـي بشـكل روافـع (عتـلات).

*** نبذة تاريخية عن مراحل تطور علم الحركة والبيوميكانيك**

- إن الفيلسـوف اليونانـي القديـم وعالـم الطبيعيات «أرسـطوطاليس» (385-322 ق.م.) هـو رائـد علـم الحركـة فـي العالـم، وهو من أوجـد مصطلح الميكانيـك وكتـب بحثـاً عـن الروافـع وأثرهـا فـي حركة الإنسـان، وتنـاول في دراسـته عـن مركـز ثقل الإنسـان وعلاقتـه بالحـركات المختلفة، وقـام بتحليل حـركات الجـري إثـر حركـة الذراعيـن التبادليـة مـع الرجلين على السـرعة...

- ثـم جـاء مـن بعـده «أرخميـدس» (287-212 ق.م.) بنظرياتـه المعروفـة التـي أفـادت علم الحركة حـول اتزان الأجسـام المادية (الإسـتاتيك والهيدروديناميـك) وقسـمها إلـى مرحلتيـن:

1- كل جسم غمر في الماء أو في سائل يزيح بمقدار حجمه.

2- إذا كان الجسـم ذا كثافـة أقـل مـن كثافـة السـائل يطوف (الخشـب والزيـت..) ويغمـر المـاء جـزءًا مـن الجسـم الطائف يعـادل وزنه.

- أمـا العالـم والطبيـب الرومانـي « غالـن» (202-131 ق.م.) فقـد انصبـت أبحاثـه علـى حـركات الإنسـان، بذلـك ميَّـز بيـن كل مـن الأعصـاب الحسـيّة والحركيـة. وهـو أوّل مـن عـرّف النغمـة العضليـة «Muscle-Tone» بالإضافـة إلـى الانقبـاض العضلـي والدفـع الحركـي مـن المـخ إلـى

العضلات بواسطة الأعصاب، إضافة إلى كثير من النظريات المتعلقة بفيزيولوجيا الحركة.

- وقد برع الفنان الإيطالي « ليونارد دا فنشي» (1452-1519م) في الميكانيكا والهندسة والتشريح والرسم، وكان من مؤسسي الفن الإيقاعي، وأوجد العلاقة بين الظواهر الحركية والميكانيكية عند الإنسان.

- واكتشف «وليام هارفي» (1578 – 1657 م) حركة سريان الدم في الأجسام الحية، ومقارنتها بالآلة من خلال قوانين الميكانيكا.

- وجاء العالم «غاليليو» (1564-1643 م) بنظرياته المعروفة في علم الرياضيات ومدى تطبيقها على حركة الإنسان، ونذكر أهمها التي تتمثل في علاقة الجاذبية بالأجسام الساقطة وعلاقة الزمن بالمسافة.

- أما «رينيه ديكارت» عالم الرياضيات والفلسفة الفرنسي (1596- 1650م.) فقد قارن عمل الإنسان بعمل الآلة، واخترع الإحداثيات ومحاور الحركة الأساسية الثلاثة (Cartesian Coordinates Analytic-)،(X,Y,Z Geometry)، درس الأشكال الهندسية بشكل جبري إضافة إلى الخط المستقيم.

- وقد نشر «الفونسو بوريللي» (1608-1679م) وهو طبيب وفيزيائي وعالم رياضيات وتلميذ «غاليليو» أول كتاب بعنوان «الحركة عند الحيوان»، وحدّد بواسطة التجربة العلمية طريقة تحديد موضع مركز كتلة الجسم / الانتقال بوسيلة الدفع من الارتكاز عند المشي

أو الجري... الانتقال بوسيلة الدفع من السوائل والهواء (السباحة والطيران) الانتقال بوسيلة السحب (التسلق).

- نيقولاي أندريا وضع أسس العلاج الطبيعي.

- ووضع «إسحاق نيوتن» (1642-1727م) وهو باحث في الرياضيات والفيزياء أبحاثاً هي الأساس في تطوير القوانين الميكانيكية الكلاسيكية التي حافظت على مضمونها في وقتنا الحاضر.

- وأدى ظهور عالمين ألمانيين «إدوارد» و«فيبر» إلى تطبيق قوانين الميكانيكا حول حركة المشي للإنسان (ميكانيكا آلات المشي للإنسان، تغيير الزمان والمكان...).

- وقد أدخل كلّ من العالم الفرنسي «ج. ماري» (1830-1904م)، و«براون» و«فيشر» أدخلوا تطورات على فن التصوير الكينيماتوغراف، ويعني التصوير المتتابع دائرياً (كرونو – زيكلو - فوتوغراف..) لحركة الإنسان فقد تم استعماله للتحليل الحركي.

- وقد ساهم العالم الروسي (السوفياتي) «ليسغافت»، وهو عالم التشريح في تطوير علم البيوميكانيك وأسس الجيمناستيك الطبيعي.. إضافة إلى علماء روس آخرين أمثال آنوخين وايفانيتسكي وكوتيكوفا وسيتشينوف وبافلوف وبيرنشتاين وأختومسكي وكوتيلنكوف الذين ساهموا في تطوير العلوم البيولوجية والميكانيكية وغيرهم من الباحثين الأميركيين الذين ساهموا مع بقية العلماء والباحثين في ربط علم الحركة والميكانيك ببعض العلوم الأخرى.

- أول لقاء علمي عن البيوميكانيك كان في العام (1967) في مدينة (زيورخ) سويسرا.

- أول جمعية عالمية ظهرت للبيوميكانيك كانت عام (1973).

- أول جمعية أميركية كانت عام (1977).

كما يوجد كتب ومجلات علمية ودورية حالياً في بعض الدول المتطورة علمياً وتكنولوجياً في مجال علم الحركة والبيوميكانيك الرياضي، وتعقد سنوياً مؤتمرات وندوات علمية في سبيل خدمة تطوير الرياضة.

II- علم الحركة

* مفهوم علوم الحركة

هو «علم يدرس حركة الإنسان في جميع صورها ومجالاتها».

ويعرّفه «**كورت - ما ينل**»: بأنه «العلم الذي يبحث في الشكل الخارجي لسير الحركة».

ويعرّفه «**باور**»: «بأنه ميدان دراسة القوانين والمبادئ المتعلقة بحركة الإنسان بغية الوصول إلى الكفاية الحركية».

أخذ علم الحركة مصطلح «Kinesiology»، وأصل هذا المصطلح مأخوذ من اللغة اللاتينية القديمة وهو مركب من كلمتين:

- Kinesis -ويعني «الحركة».

- logy - ويعني «علم».

إذاً هـو العلـم الـذي يـدرس أو يبحـث فـي الأداء الحركـي للإنسـان، ويـدرس فـن الحركـة التـي يقـوم بهـا.

ويسـعى هـذا العلم في الميـدان الرياضي إلى دراسـة الحركة الرياضية ومكوناتهـا سـعياً وراء تحسـين التكنيـك للمهـارات الرياضيـة المختلفة وذلك بهـدف تصحيحه وفقـاً لأحدث طرائـق التدريب.

كمـا تعـرّف «الحركـة»: «علـى أنهـا انتقـال لأي جسـم أو لأي جـزء من أجـزاء الجسـم لمسـافة معينـة فـي زمـن معيـن، سـواء كانـت هـذه الحركـة بغـرض أو مـن دون غـرض».

كمـا يعرفهـا البعـض الآخـر بأنهـا: «انتقـال الجسـم أو دورانـه لمسـافة معينـة فـي زمـن معين».

فدراسـة العلاقـة بيـن الإزاحـة (Displacement) (التغييـر المكانـي) والزمـن يدخـل فـي نطـاق المباحـث الخاصـة بفـرع «الكينماتيـك».

كمـا أن دراسـة العلاقـة بيـن العامليـن السـابقين (الإزاحـة والزمن) مع القـوى المسـببة للحركـة تدخـل في نطـاق المباحـث «الكيناتيك».

كمـا نسـتطيع من خـلال مفهوم علم الحركة دراسـة حركة الإنسـان في ثلاثـة مداخـل، تمثـل وجهات نظـر مختلفة في علـم الحركة.. وهي:

i - المدخل السيكولوجي.

ii - المدخل الفيزيولوجي.

iii - المدخل الميكانيكي.

i - المدخـل السـيكولوجي: حيـث تـدرس حـركات الإنسـان مـن

وجهة نظر التغييرات السلوكية والعصبية لحركة الإنسان (الإدراكات الحسية، الدافعية، المحرض أو الباعث، الميكانيزم التي توجه أداء هذه الحركات وتتحكّم فيها...).

ii - المدخل الفيزيولوجي: يدرس المتغيرات البيولوجية والبيوكيميائية للسلوك الحركي...

iii - المدخل الميكانيكي: يدرس من وجهة نظر معينة علاقات الزمن والمسافة والقوة التي تتضمن حركة الإنسان.

ومثال على ذلك: الشعور بالخوف، هو جانب «سيكولوجي»... مما يؤدي إلى إفراز الأدرينالين وهو جانب «بيو- كيميائي» ثم زيادة ضربات القلب وسرعة الأداء من حيث الانقباض والانبساط التي تظهر على الحركة وهو جانب «ميكانيكي».

ويمكن قياس المتغيرات لكل مدخل من المداخل الثلاثة من خلال استخدام طرائق البحث وأجهزة القياس وعوامل تأثيرية هامة مباشرة وغير مباشرة، وتحليلات دقيقة للوصول إلى النتائج المطلوبة.

* مهمات علم الحركة

1 - دراسة تطور الحركات الرياضية للإنسان.

2 - دراسة تطور الحركات الرياضية بالنسبة إلى تطور نمو الفرد.

3 - تصنيف سير الحركات الرياضية.

4 - تصنيف الحركات الرياضية الأساسية وترتيبها.

5 - التعلم الحركي.

*** وظائف علم الحركة**

1 - تربية التلامذة وتعليمهم بواسطة علم الحركة.

2 - تعليم الحركة والتوافق الحركي والقدرة على تحليل سير الحركة.

3 - الارتقاء بقدرة الأداء الحركي وبمهاراته للوصول إلى أعلى المستويات.

4 - القدرة على كيفية تحديد الأخطاء ووضع الحلول المناسبة.

5 - القدرة على التطور الحركي للوصول بالتلامذة إلى تنفيذ حركات متناسقة صحيحة.

*** طرائق البحث**

تتم دراسة تكوين الحركة بطريقتين هما:

- (الأولى): الملاحظة الذاتية - إن التدريب الطويل على الملاحظة الذاتية وامتلاك الخبرات المتعددة حول كيفية أداء الحركات يزيد من احتمالات صحة النتائج، ولكن الملاحظة الذاتية وحدها لا تقدم نتائج علمية كافية.

- (الثانية): الملاحظة الخارجية- وتكون بطرح الأسئلة والعودة إلى المصادر، إضافة إلى الخبرات الحركية، وكل ذلك يساعد على الحصول على معلومات قيّمة تُدرس وتُعالج فكرياً بمساعدة وسائل الإيضاح (أفلام- صور...)

كما يجب فهم «الحركة» من خلال الشرح المعمّق والتحليلي

لوصف كامل لها وتبويبها: فالوصف الكامل للحركة يعتمد على الملاحظة مع استخدام وسائل إيضاح وإيجاد قرائن وتحاليل لسيرها الخارجي...

أما التبويب فيعني عزل الأجزاء المهمة في حركة ما عن غيرها من الأجزاء غير المهمة التي تتضمن الكمية والنوع وهدفهما... ما هو هدف الحركة وما الواجب الذي نسعى للوصول إليه؟ كما يشمل التبويب بناء الحركة وتتكون من (وزن الحركة ونقل الحركة وانسيابها، ومرونتها وتوقعها وجمالها).

ويتطلب تحليل الحركة منا (أنظر إلى الشكلين التوضيحيين رقم 1 و 2)، طرح تساؤلات عديدة منها:

- ما هو الشكل الخارجي لسير الحركة المناسب لتأكيد الإيقاع الحركي؟

- ما هي الحركات والأوضاع التي يجب أن تتعمم على جميع اللاعبين؟

- ما هي الأخطاء التي يجب أن تتلافاها؟

- ما هي الشروط اللازمة لنصل إلى إيقاع حركي سليم؟

وللإجابة عن هذه التساؤلات، يجب أن تتوافر لدينا معلومات عن:

- المراحل الأساسية للحركة.

- الخصائص البنائية للحركة.

- القوانين المتصلة بخصائص الحركة.

ومن هذا المنطلق يجب أن نبحث في الآتي:

1 - الوقت الذي يجب أن تبدأ وتنتهي به كل من الحركات الإعدادية والأساسية والنهائية.

2 - الوقت والمكان اللذان تقع فيهما النقطة الحاسمة لسير الحركة.

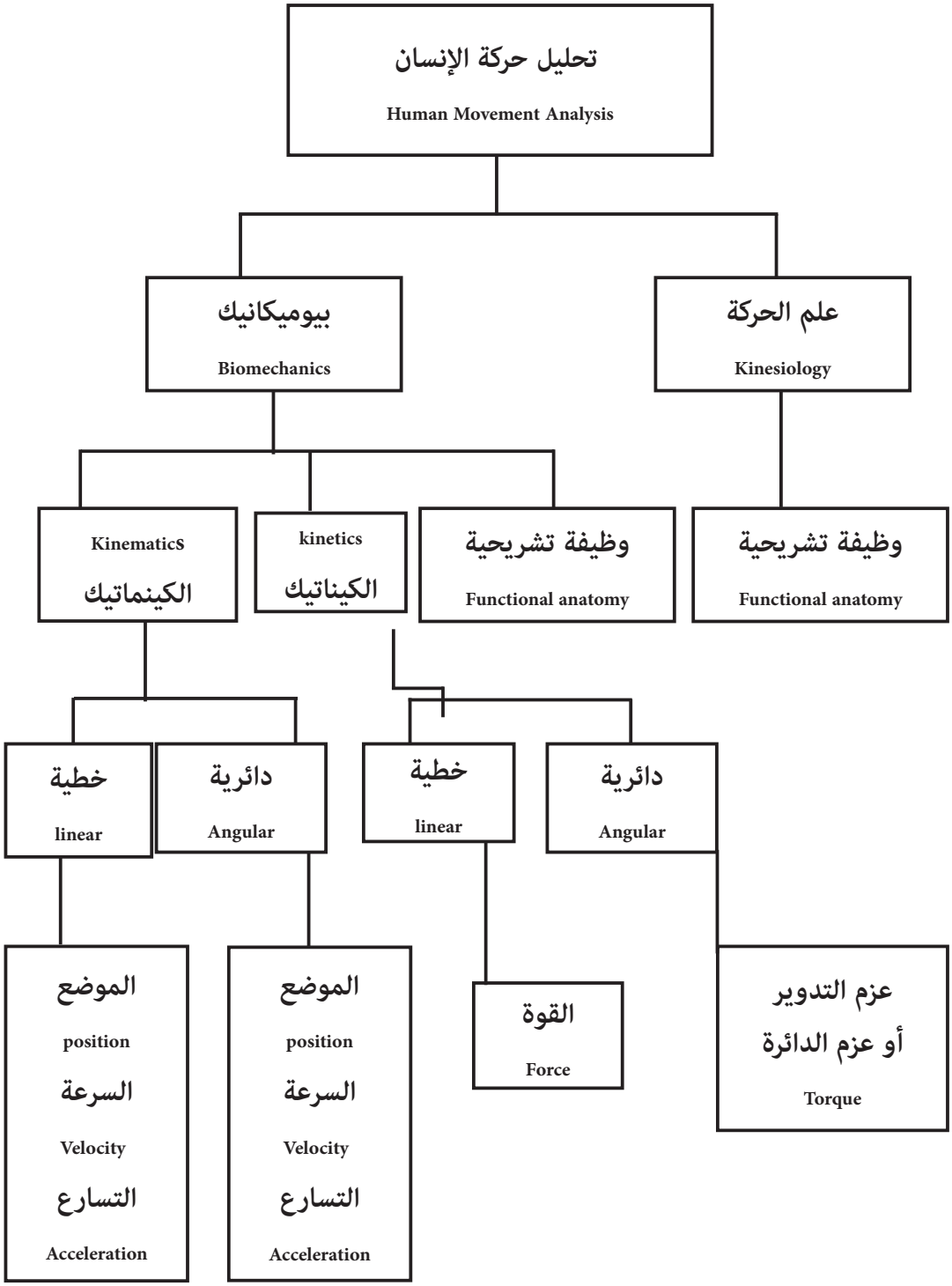
3 - سرعة التحركات، وكيف تعمل حركات الأطراف والجذع متتالية وكيف تعمل معاً؟

4 - بأي حال يحدث تسارع السرعة وتباطؤها لكل جزء من أجزاء الجسم؟

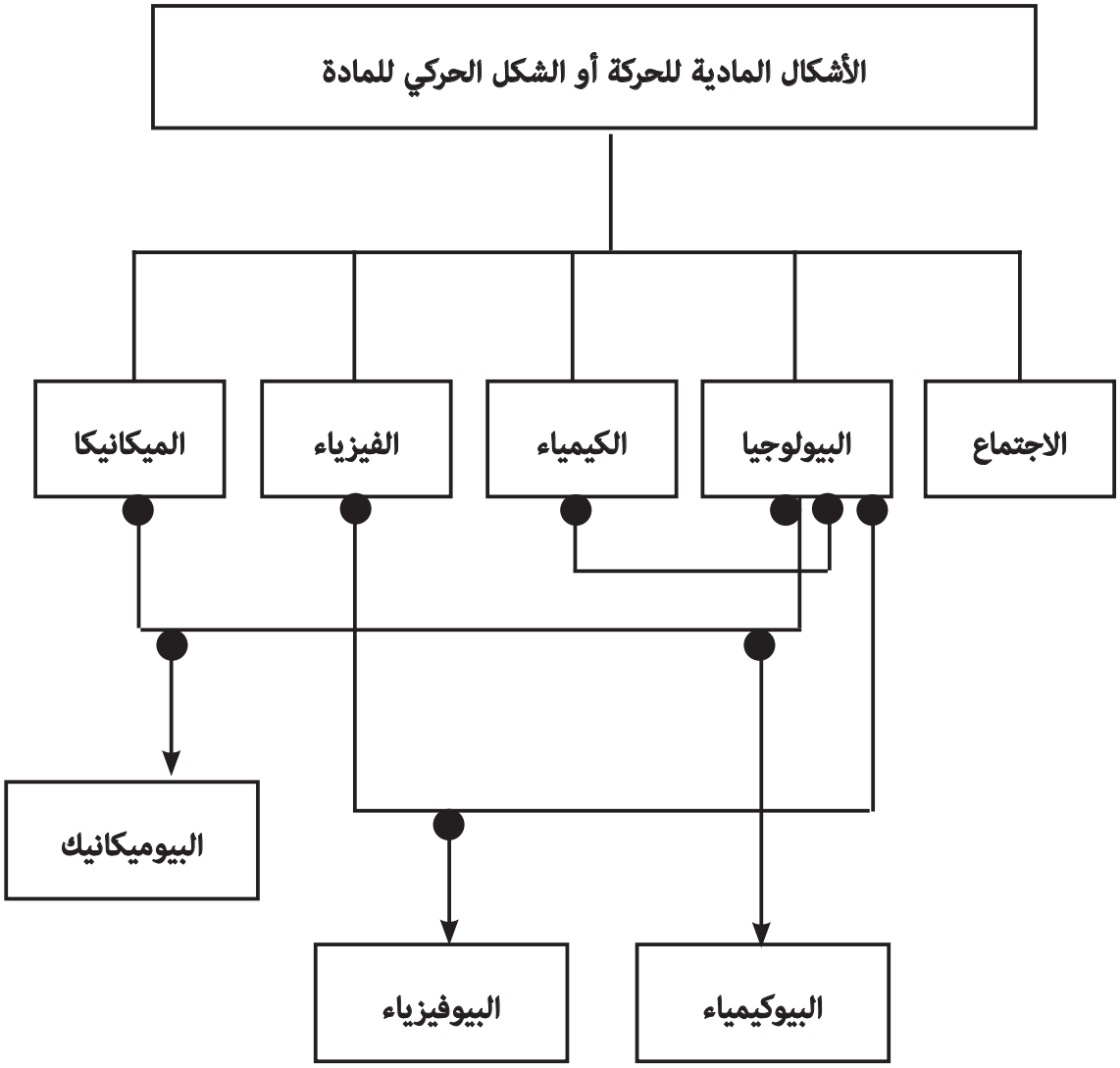
5 - كيف يحدث التبادل بين التوتر والارتخاء؟

6 - ما هي أحسن الأوضاع لكل حركة؟

وهذا في مجمله يعني أين ومتى، وفي أي اتجاه، وبأي شدة ودوام يجب أن يتحرك الجسم؟



الشكل التوضيحي رقم (1)



الشكل التوضيحي رقم (2)

III - البيو- ميكانيكا (Biomechanics)

* مفهوم

- لـم تصبـح هـذه الكلمـة شـائعة إلا فـي السـتينيات وأوائـل السـبعينيات مـن القـرن العشـرين، وهـي كلمـة إغريقية الأصـل، تتألف من

إدمـاج كلمتيـن «بيـو» (حـي) و«ميكانيـك» (الوسـيلة أو الأداة أو الآلـة..)، وهـو كعلـم يـدرس

- الأنظمة الحركية الحية في الطبيعة.
- حركة الإنسان أثناء مزاولة الرياضة.
- وهو العلم الذي يدرس التوجيه الحركي للإنسان.
- وهو دراسة القوى وتأثيراتها في الأجهزة الحسية.

ويُعـرّف «هوخمـوث» (Hochmuth 1975) البيوميكانيـك علـى أنه علم تطبيـق القوانيـن والمبـادئ الميكانيكيـة على سـير الحـركات الرياضية، تحت شـروط بيولوجيـة معينـة (تشـريحية، فيزيولوجية، بدنية ونفسـية..).

*** الغايـة مـن وضـع مـادة أو مقـرر البيوميكانيـك، فـي المنهـج التدريسـي هـو:**

تعريـف الطـلاب إلـى المعلومـات والأسـس البيوميكانيكيـة للتماريـن البدنيـة والرياضيـة، واكتسـاب المعرفـة وزيادتها بالنسـبة إلى بعـض القواعد والقوانيـن والأسـاليب والطرائـق الخاصـة لكـي نرفـع مـن مسـتواهم العلمـي وليسـتطيع كل منهـم تحليـل الحركـة وظواهرهـا بشـكل علمـي واكتشـاف الخـواص الحركيـة المختلفـة.

مقرر البيوميكانيك: يتحدد ويشمل:

أ- الكائن الحي.

ب- أجهـزة الكائـن الحـي وخلايـاه وأنسـجته وحركـة الـدم والأجهـزة الأخـرى الداخليـة التـي تحـدث فـي داخلـه.

ج- عمل أو وظائف هذه الأجهزة جميعاً سواء كانت داخلية (وظيفية) أو خارجية (العضلات)، وهي تتمثل في مجاميع العمليات المختلفة والمحققة بفعل التفاعل بين الأجهزة الداخلية والخارجية للجسم، كحركة الجسم بتكامله، وهذا العمل يتحقق إما جماعياً على شكل اتحاد مع شخص آخر مثل العمل الثلاثي للاعبي الأكروباتيك أو عمل منفرد وإما كعمل مضاد بين اثنين كما هو في المصارعة والمبارزة وغيرهما.

إنّ مقرر البيوميكانيك ينحصر أولاً: بحجم المعرفة للفعل الحركي للإنسان كنظام له علاقة بين حركات الإنسان ووضعية الجسم، ثانياً: ميدان المعرفة، أي الأسباب الميكانيكية والبيولوجية لظهور حركة الإنسان، مع دراسة الخصائص الحركية لأجزاء الجسم أو الجسم بكامله، أي جمال الحركة.

إن حركة الإنسان تتحقق في المفاصل المتعددة للجسم في وقت واحد أو بالتعاقب وهي مختلفة. ودور البيوميكانيك ينحصر في إيجاد الوسائل والظروف المناسبة للفعل الحركي الأحسن وكيفية إتقانه بشكل جيد .

* **مهام البيوميكانيك:**

هناك نوعان من هذه المهام، عام وخاص.

- **المهام العامة**: تشكل كل ميادين المعرفة لحركة الإنسان كحصيلة نهائية.

1 - دراسة حركة الإنسان وتطوير التقنية لأداء الحركات من خلال استخدام قوانين وطرائق بيوميكانيكية.

2 - من خلال الطرائق الميكانيكية التي تساعد على أن تكون الحركة علاجاً طبيعياً..

- **المهام الخاصة**: تعنى بالواجب الأساسي للظواهر المحيطة بنا والتي نود دراستها، وهي الحركة بشكلها الدقيق في المجال الرياضي...

1 - الاهتمام بحركة الرياضي أثناء أداء الفعل الحركي.

2 - دراسة خاصية ووضعية الجهاز الحركي للرياضي.

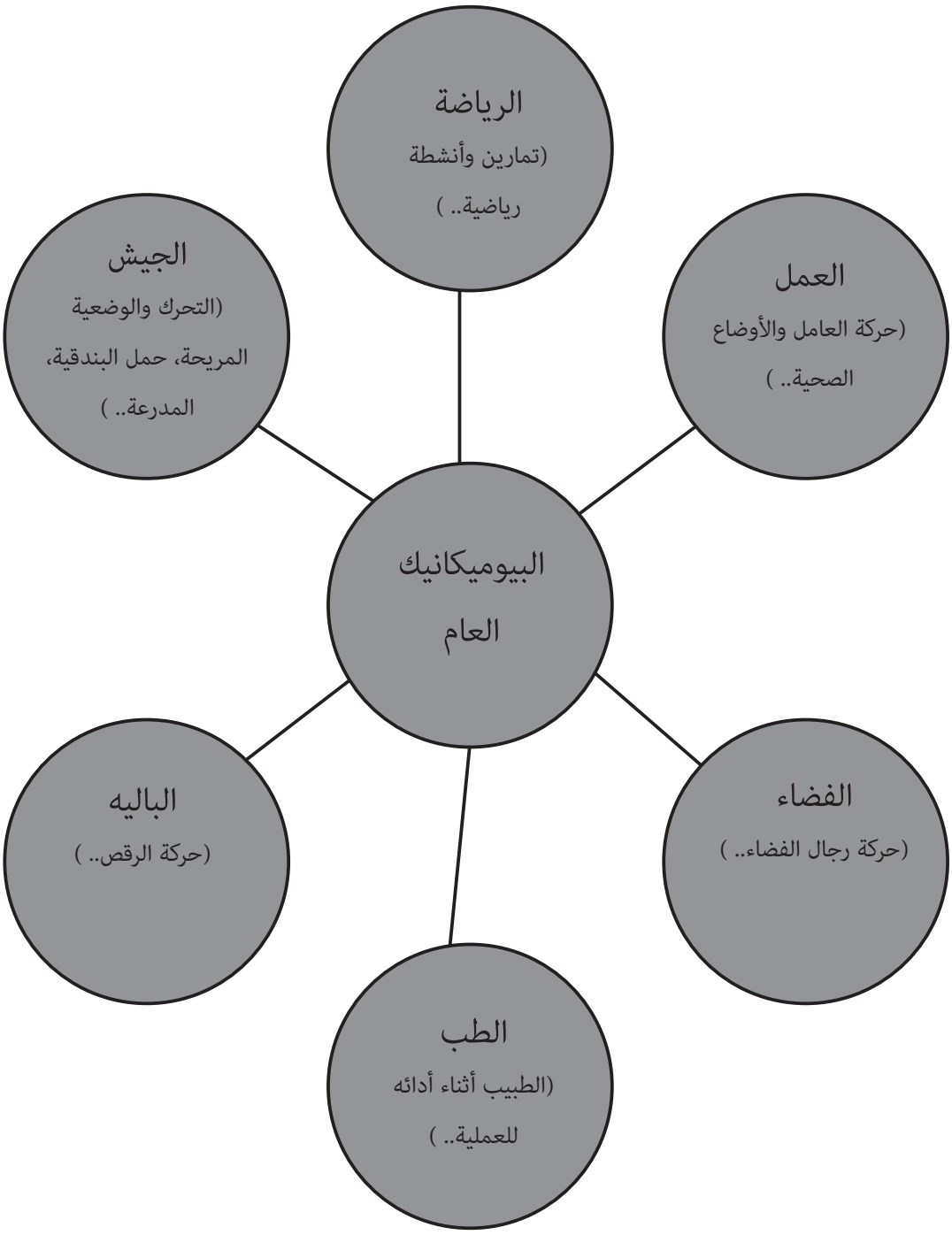
3 - إتقان التقنيات الرياضية العلمية الجيدة في الفعالية.

4 - تطوير التقنيات والتطلع إلى معرفة الظروف المختلفة المصاحبة للجهاز.

5 - المساهمة في مجال البحث العلمي.

6 - وضع الاختبارات المستندة إلى القوانين البيوميكانيكية لكشف النقاط الغامضة في حركة الإنسان.

التطور الحديث للبيوميكانيكا: يقسم إلى عام وخاص في الشكل التوضيحي رقم (3).



الشكل التوضيحي رقم (3)

البيوميكانيك الخاص
دراسة حركة الإنسان أثناء أدائه الفعل الحركي للحصول على الهدف المطلوب والمنشود والوصول إلى المستوى العالي.

تطـوّر علـم البيوميكانيك عما كان عليه سـابقاً في بداية القرن التاسـع عشـر وأصبحـت لـه اتجاهـات متنوعة وواسـعة، وكذلـك وجهه النظـري الذي يهتم بدراسـة الأقسـام التالية في الشـكل التوضيحـي رقم (4):

الشكل التوضيحي رقم (4)

البيوميكانيك النظري		
البيوميكانيك الخاص (التطبيق)	البيوميكانيك العام (للتمرين الرياضي)	البيوميكانيك للجهازالحركي للإنسان
البيوميكانيك البحثي	بيوميكانيكية الجمناستيك	بيوميكانيكية النسيج العظمي
البيوميكانيك الفضائي	بيوميكانيكية الميدان والمضمار	بيوميكانيكية المفاصل
بيوميكانيكية عمليات العمل	بيوميكانيكية السباحة	بيوميكانيكية الأنظمة السلبية
بيوميكانيكية التحمل	بيوميكانيكية الألعاب الفردية والجماعية	- بيوميكانيكية الأنظمة الإيجابية - بيوميكانيكية القلب

غيـر أن الظواهـر الحركيـة والأنشـطة العضليـة (كالتقلـص العضلـي)

والتكنيك الرياضي تحدث نتيجة تأثير القوة وتفاعلها بين القوى الداخلية للجهاز العضلي للإنسان والقوى الخارجية للمحيط وتشمل (قوى الجاذبية الأرضية وقوى الاحتكاك وقوى إعاقة الماء والهواء، وقوى رد فعل الارتكاز، والقوة العضلية للزميل المساعد والخصم كإعاقة القصور الذاتي وقوّته.. الخ)، إن عمل جميع هذه القوى يحدث وفق مستويات وأشكال مختلفة، لذا فإن الاكتفاء بتقسيم البيوميكانيك إلى ما تم عليه لا يفي بالغرض، وعليه فإن التقسيم الأساسي لعلم البيوميكانيك كان على الشكل الآتي معتمدين على ما يهتم به من خصائص حركية لجسم الرياضي.

- **البيوديناميك** (**Bio-Dynamic**) وهي تقوم بدراسة:

1 ـ الكيناتيكا (**Kinetics**)**:** يدرس الحركة والقوة المسببة لها.

2 - كينماتيك (**kinematics**): يهتم بدراسة الحركة من دون التطرق إلى القوى المسببة لها، أو يهتم بدراسة الشكل الوصفي للتحليل الحركي.

- **البيوستاتيك** (**Bio-Static**)**:** يدرس حركة توازن الإنسان بفعل القوة.

- **البيومتري** (**Bio-Metry**): عبارة عن طرائق أوتوماتيكية لتطابق شخصية الفرد من خلال بعض الأسس البيولوجية البيوميكانيكية (طباعة الإصبع..)، أو خصائص سلوكياته (الصوت..). وتعني «قياس الحياة» للحركات الرياضية.

- **الأنتروبومتري (Anthropometry):** يهتم بقياسات الجسم الإنساني ويتضمن قياسات الأطوال والمحيطات المختلفة وغيرها التي تعطي معلومات قيمة عن النمو الجسماني وتطوره.

- **البيوجيومتري (Bio-Geometry):** تحدد المكان الهندسي والزوايا والمفاصل والاتجاه والتركيب الداخلي والخارجي لجسم الرياضي أثناء أدائه الأفعال الحركية - أي إنها تحدد مكان جسم الرياضي وموقعه لحظة وقوع الفعل الحركي دون التطرق إلى الزمن (الإحداثيات، اتجاه الجسم وتحديد الاتجاه..).

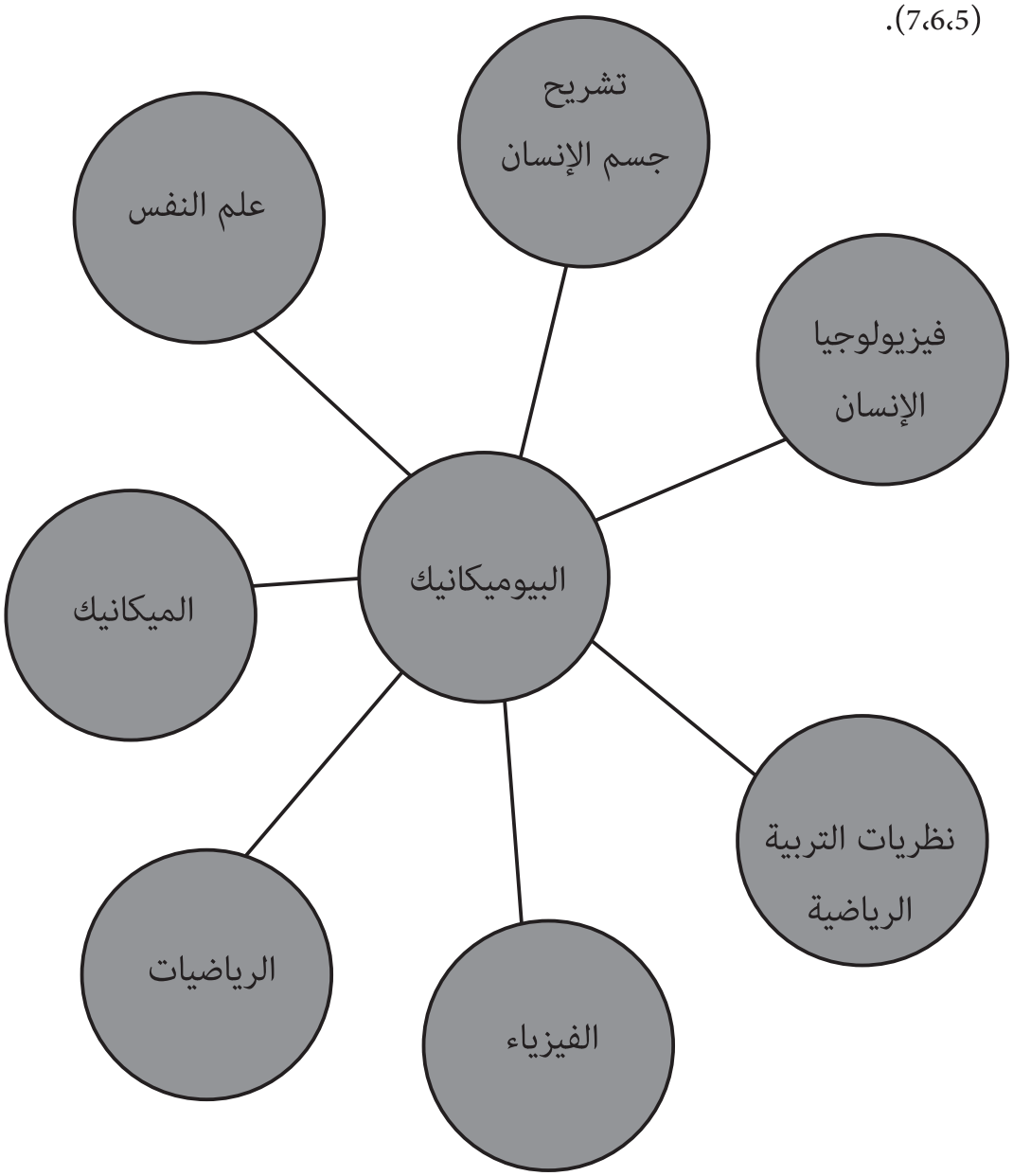
- **الطاقة الميكانيكية:**

وهي الطاقة الناتجة من حركة الأجسام من مكان إلى آخر حيث إنها قادرة، نتيجة لهذه الحركة، على بذل شغل يؤدي إلى تحويل طاقة الوضع (Potential Energy) إلى طاقة حركة (Kinetic Energy). والأمثلة الطبيعية لهذا النوع من الطاقة هي حركة الرياح وظاهرة المد والجزر؛ ويمكن أن تنشأ الطاقة الميكانيكية من خلال تحويل نوع معيّن من الطاقة إلى آخر، مثل «المروحة الكهربائية»، أي تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

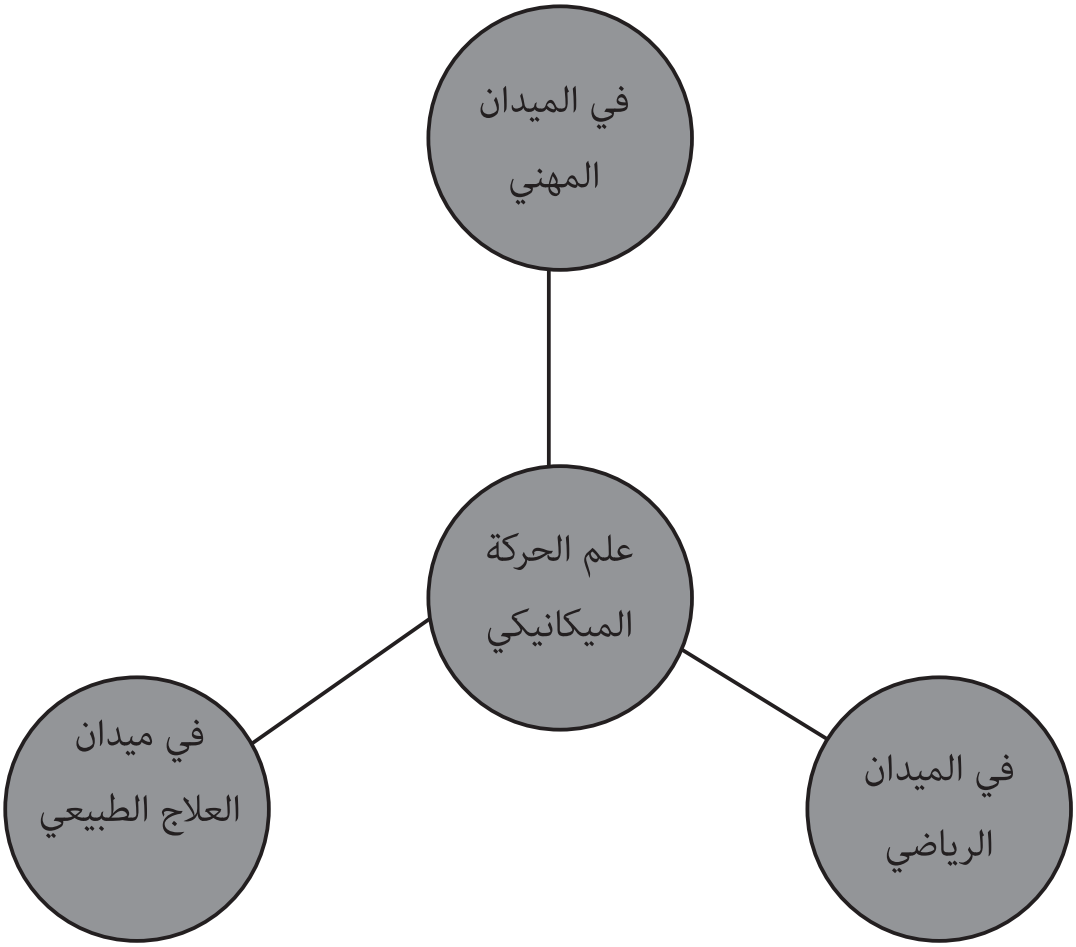
الطاقة الكامنة: هي الطاقة التي يختزنها الجسم نتيجة للعمل الذي صرف عليه لإعطائه وضعاً خاصاً (جسم على ارتفاع محدد) أو شكلاً خاصاً (نابض تعرض لانضغاط مثلاً) ولا تظهر هذه الطاقة إلا إذا تركنا للجسم حرية التأثير.

- **البيوسـيبرنيتكا (Bio-Cybernetics):** علم الحاسـوب العضوي (الرجل الآلي).

علاقـة البيوميكانيـك بالعلـوم الأخـرى: أنظـر إلـى الأشـكال التوضيحية (5،6،7).



الشكل التوضيحي رقم (5)

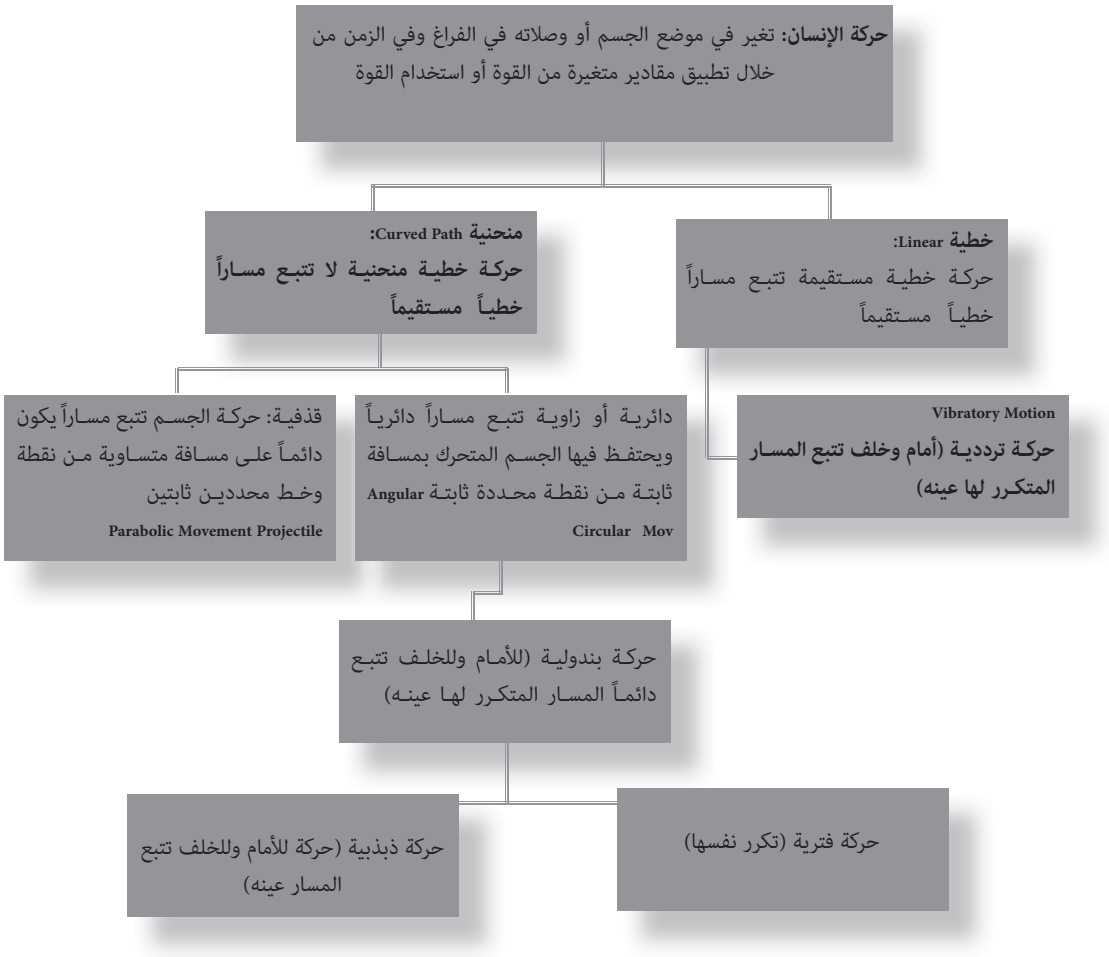


الشكل التوضيحي رقم (6)

فـي الميـدان الرياضـي: فـي مجـال التدريـس (التعليمـي) للتربيـة البدنيـة والرياضيـة وفـي مجـال البحـث العلمـي والتدريـب الرياضـي.

فـي ميـدان العلاج الطبيعـي: حل الكثير من المشـاكل الصحية، حالات التشـوّه فـي القـوام والشـلل، وفهم أنـواع الحركـة مـن الناحيـة الفيزيولوجية (حـركات إراديـة وغيـر إرادية) وعمل العضـلات مع معرفة مسـتويات الحركة ومداها ووسـائل علاجهـا بعد الكسـور أو الإصابة...

فـي الميـدان المهنـي: يسـاهم علـم الحركـة فـي تعديـل شـكل الآلـة حتـى تتفـق مـع التركيـب الجسـماني للعامـل، وهـذا يتطلـب ضرورة دراسـة الحركـة مـن نواحيهـا الميكانيكيـة والفيزيولوجيـة كافـة ممـا يسـاعد علـى زيـادة الإنتـاج ببـذل أقل جهد ممكـن، وعلى الأوضاع التي تسـمح لـه بزيادة عوامـل السـرعة وقـوة التحمل في العمل. وقـد وجه علم الحركة المسـؤولين إلـى الاهتمـام بالنشـاط الرياضـي أثنـاء العمـل حيث شـمل تمرينـات بغرض اكتسـاب اللياقـة البـد نيـة وأخـرى للترويح.



الشكل التوضيحي رقم (7)

أسئلة المراجعة

1- إشرح الفرق ما بين الكينزيولوجيا والبيوميكانيكا.

2- ما هي السبل التي سوف تستفيد من علم البيو ميكانيك في مجال اختصاصك؟

3- أعط مثالاً حول كيفية استخدام معلم التربية الرياضية للبيوميكانيك.

4- أعط مثالاً حول كيفية استخدام المدرب الرياضي للبيوميكانيك.

5- ما هي أهداف البيوميكانيك المراد تحقيقها من خلال التمرينات والرياضة؟

6- ما هي الطرائق الدراسية للبحث المستخدمة في تكوين الحركة؟

3 - الحركة وتصنيفاتها

I ـ الحركات العامة: تصنيفها.

II ـ الحركات الرياضية: تصنيفها مع شرح.

المصطلحات الأساسية: الحركات الرياضية (المنتظمة، غير المنتظمة، الشكلية).

I ـ يحتوي «علم الحركة» على كل ما يمكن أداؤُه بالحركة أو ما يمكن تصوره أو إدراكه بالعقل من الحركات الإنسانية، ويظهر هذا في حركة العمل والحركة التعبيرية والحركة الرياضية.

الحركات العامة

أ- حركة عمل: «يُقصد بها الحركات الإنتاجية من أجل الكفاية الاجتماعية» (المهنة)..

ب- حركة تعبيرية: «وتتمثل في حركات تعبيرية تؤدى من خلال الجسم أو جزء منه لتعبر عن شيء» إما (الوجه وإما الجسم..) (بانتوميما)..

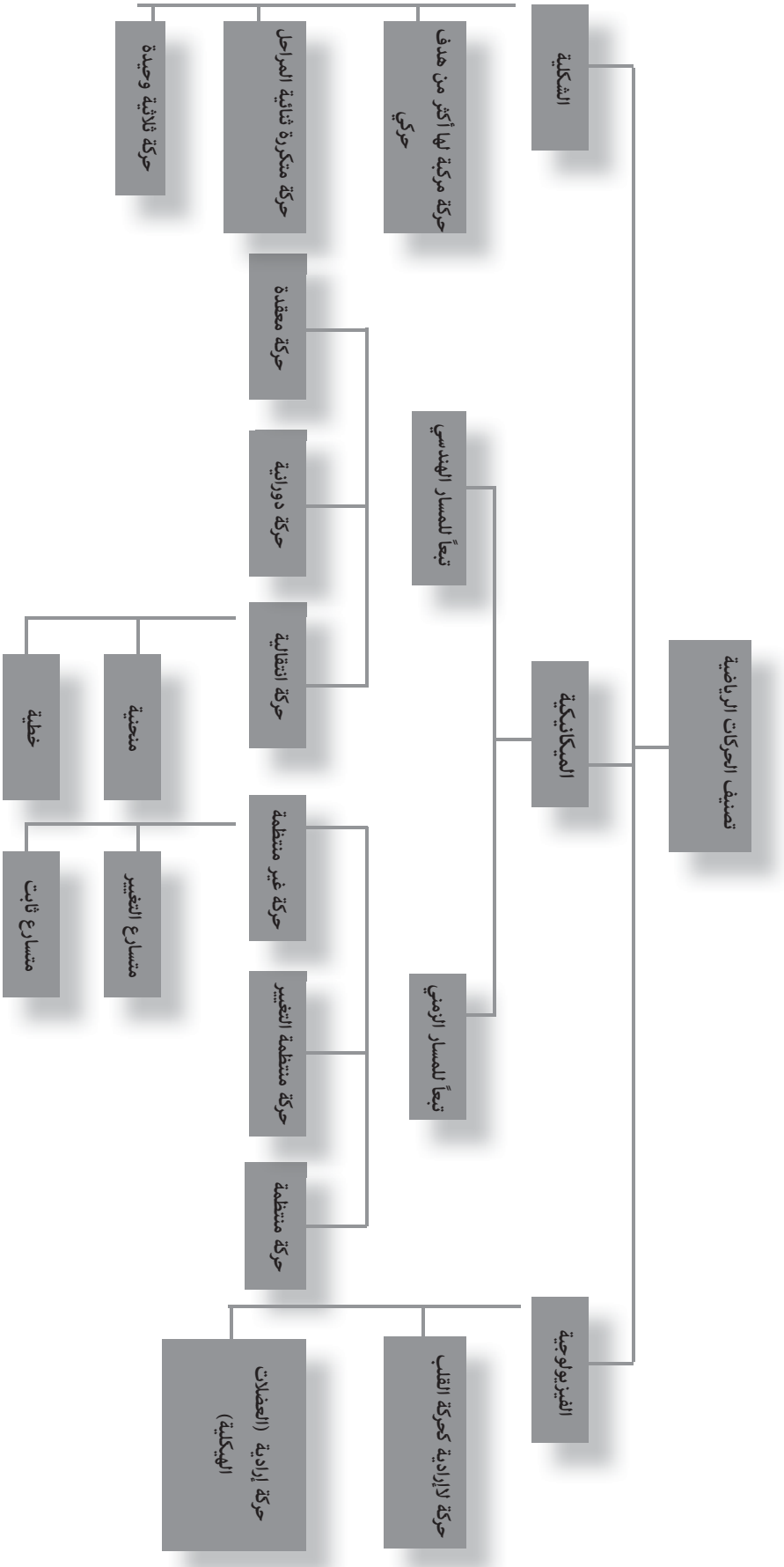
ج- حركة رياضية: «هي الحركة التي تحقق هدفاً حركياً ما أو مستوى حركياً ولها إنجازاتها».

II ـ الحركات الرياضية: هي عبارة عن حركة أو تأدية تكنيك لمهارات رياضية مختلفة بسيطة أو مركبة عبر قوانين وعوامل تتحكم فيها لتحقيق الهدف الحركي المبتغى أو لتحقيق مستوى عال من الإنجاز الزمني أو القياسي. فمن هنا يجب تبسيط الحركات المركبة لتسهيل تعلمها ودراستها ولتحديد الأخطاء وتجنبها. أنظر الشكل التوضيحي رقم (8).

يُعرف «جنس» و«سولتر» «Solter and Genes» الحركة: على أنها انتقال أو دوران الجسم أو أحد أجزائه في اتجاه محدّد وبسرعة معينة باستخدام أداة أو بدونها، وهي تحدث نتيجة لانقباض العضلات التي ينتج عندها الحركة في الجسم كله أو في أحد أجزائه.

- **الحركة المنتظمة:** وهي أبسط أنواع الحركة وفيها يتحرك الجسم في خط مستقيم بسرعة ثابتة أو منتظمة، وبناء عليه فالسرعة المنتظمة: $\frac{\text{Sm المسافة (متر)}}{\text{T Sec الزمن (ثوان)}}$ = أو $\frac{X}{T}$ أو $\frac{d}{t}$ ، وبذلك يعتبر عنصر السرعة عنصراً حركياً إلى جانب كونه عنصراً بدنياً..(يقطع رياضي مسافات متساوية في وحدات زمنية متساوية..) راكب دراجة يقطع مسافة 10 أمتار في الثانية في خط مستقيم...

(Speed- Scaler quantity) / (Velocity - Vector quantity)



الشكل التوضيحي رقم (8)

- **حركـة غيـر منتظمـة (الحركة المتغيـرة):** المقصود بها تحرك الجسـم بسـرعة ليسـت ثابتـة ولكنهـا تتغيـر وهناك نوعـان مـن تغيير السـرعة. أنظر الجـدول رقـم (9). - تغييـر السـرعة بمقاديـر غير متسـاوية، وهـذا خارج عن نطـاق تحملنـا وعملنـا.... - تغييـر السـرعة بمقاديـر متسـاوية، أي بانتظـام، بمعنـى أنهـا تـزداد أو تقـل بمقاديـر متسـاوية فـي أزمنـة متسـاوية ومهمـا صغـرت تلـك الأزمنـة تحكمهـا العجلـة (Acceleration) أي معـدل تغييـر السـرعة بالنسـبة إلـى الزمـن، والعجلـة إمـا تزايديـة وإمـا تناقصيـة.

فـي سـباق(100 متـر) عَـدْواً يبـدأ العـداء بعجلـة تزايديـة، أي تـزداد سـرعته منـذ البدايـة وحتـى وصولـه إلى أعلى سـرعة لـه، ويحافـظ بعد ذلك علـى سـرعته وتكـون العجلـة فـي تلك الفتـرة التي يحافـظ فيها على سـرعته صفـراً ثـم تبـدأ بالتناقـص (عجلـة تناقصيـة) لحظـة التعـب عنـد العـداء فـي الفتـرة الأخيـرة مـن السـباق، أو يقطـع رياضـي مسـافات غيـر متسـاوية فـي وحـدات زمنية متسـاوية.

$$\text{العجلة (Acceleration)} = \frac{\text{(السرعة النهائية Vi-Vf السرعة الابتدائية)}}{\text{فترة الزمن (T)}}$$

جدول (و)

الحركة المنتظمة	الحركة غير المنتظمة	
	تناقص -	تزايد +
$\alpha = 0$	العجلة α (Acceleration) m/sec^2	
صفر	-	+
السرعة V	السرعة V (m/sec)	
V1= V2	$V= \alpha t- v$، $V= v - \alpha t$	
المسافة d	المسافة d	
d = Vt	$d= vt-\frac{xt^2}{2}$	$d= vt$ $d= \frac{\alpha t^2}{2}$

- الحركة الإنتقالية (Translotary Motion):

هـي حركـة الانتقـال المتـوازي للجسـم ككل بحيث تنتقـل جميع نقط الجسـم انتقالاً متسـاوياً ومتوازياً، أي يتحرك في المسـافة نفسـها وكذلك في الاتجـاه والسـرعة نفسـيهما. وهـي التـي يظـل كل مسـتقيم أثناءهـا مرتبطـاً بالجسـم ارتباطـاً صلباً موازياً لنفسـه، وجميع نقاط الجسـم المتحـرك انتقالياً، لهـا فـي كل لحظـة السـرعة والتسـارع (العجلـة) نفسـيهما، كما أن مسـاراتها تتطابـق تمامـاً فـي حالـة إزاحـة الجسـم بشـكل متـوازٍ. وتنقسـم الحـركات الانتقاليـة بدورهـا إلى:

* الحركـة المسـتقيمة (Rectilinear Motion): وتعنـي حركـة الجسـم ككل (جميـع النقـاط فـي الجسـم) وانتقالـه فـي خـط مسـتقيم،

بذبك لا يتغير اتجاه الحركة، ولا يغير وضعية الجسم، وجميع النقاط في الجسم تتحرك في المسافة نفسها. كحركة السيارة أو القطار في خط مستقيم أو حركة سقوط الجسم ككل تحت تأثير قوى الجاذبية أو كحركة انزلاق المتزلج على الجليد من نقطة أخرى وهو في وضع ثابت ويتحرك في خط مستقيم، وهذا لا يوجد في الألعاب القتالية مثلاً .

صورة رقم (10)

* **الحركة المنحنية (Curvilinear Motion):** حركة انتقالية للجسم ككل في مسار منحن (غير مستقيم)، وليس من الضروري أن يكون مساراً دائرياً على محيط دائري مثل مقطع مكافئ (Parabolic Motion) مثلاً: هبوط المتزلج على خط مرتفع مائل، الغطاس عندما يقفز ويغوص في الماء، قفزة المتزلج، مسار كرة المضرب من تسديدة ساقطة (لوب)..

تختلف الحركة المنحنية عن الحركة المستقيمة، أن مسار نقاط الجسم في الحركة المنحنية يتغير اتجاهها بشكل ثابت حتى لو كانت وجهات (Orientation) حركات الجسم لا تتغير.

والفرق بين كلٍ من الحركة الانتقالية المنحنية، والحركة الدائرية (الدورانية) هو أن محور الدوران في الحركة الأخيرة يكون في مركز دائرة حركة الجسم، بينما يكون في الحركة المنحنية الانتقالية منفلتاً عن أي مركز ثابت.

- **الحركة الدورانية (Rotational Motion)**

الحركات الدورانية، بمعنى أن يدور الجسم حول محور بينما يسير المحور نفسه في اتجاه خطي معين ليؤدي حركة انتقالية، أي أن مركز الحركة الدائرية يسير في خط مستقيم. مثل حركة الدورة الهوائية في الغطس، حركة قيادة الدراجة الهوائية.

الحركة الدورانية هي الحركة اللاخطية. تحدث الحركة الدورانية أو الزاويّة عندما تتحرك جميع نقاط الجسم على طول مسار دائري حول خط ما في الفضاء بحيث تقطع جميع أجزائه الزاويّة في الاتجاه نفسه، هذا الخط الذي ربما يمر (المحور الداخلي) أو لا يمر (المحور الخارجي) خلال الجسم نفسه. ويُعرف بمحور الدوران، ويكون في وضع عمودي مع مستوى حركة الجسم.

المحور الداخلي: قد يتداخل هذا المحور مخترقاً الجسم على الأغلب عند مفصل فيه، كما هي الحال في لعبة البولينغ حيث تكون حركة ذراع اللاعب هي هذا المحور، أو كما تدور الكرة الأرضية حول محورها.

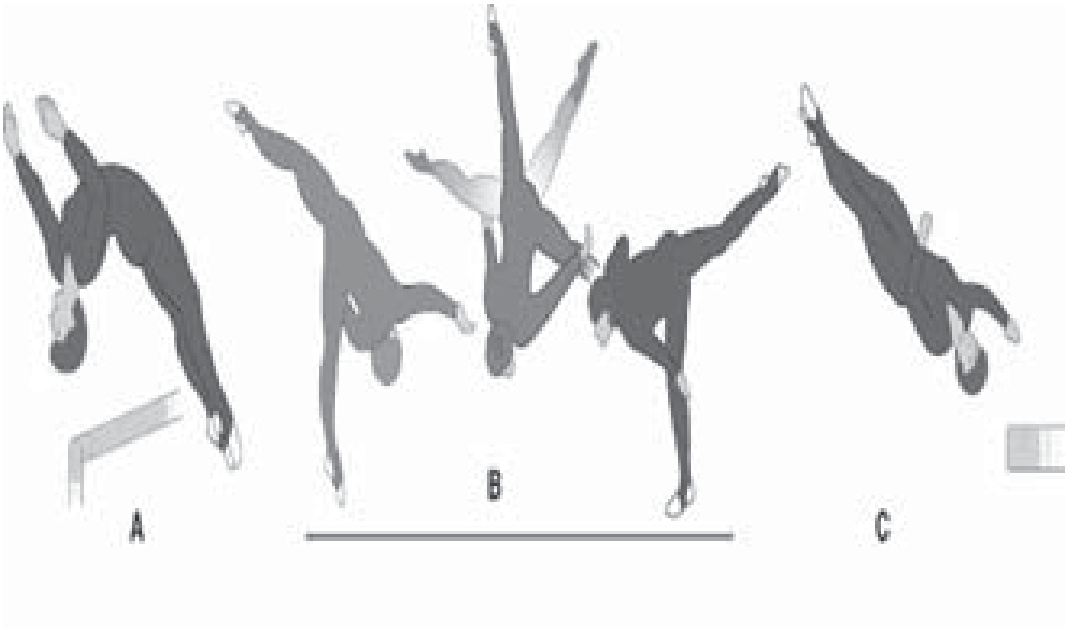
المحور الخارجي: قد يكون المحور خارج الجسم المتحرك، على سبيل المثال: المرجحة المرتفعة في الجمناستيك حيث يوجد قضيب أفقي عال كمحور يدور جسم لاعب الجمناستيك حوله وهو ممسك به بيديه.

ونظراً إلى طبيعة التكوين التشريحي للجهاز الحركي لجسم

الإنسان (يتألف من وصلات أو روافع عظمية تدور حول محاور المفاصل المتصلة بها من خلال انقباض العضلات..) فإن حركات أجزاء الجسم تقع غالباً تحت تصنيف الحركات الدورانية، ولكنها يمكن أن تؤدي في مجملها إلى حركات انتقالية للجسم ككل، وتسمى بالحركة المعقدة.

فحركات الجسم وأجزائه في المشي والجري والوثب والسباحة وغيرها هي عبارة عن حركات دورانية لوصلات الجسم المختلفة حول محاور المفاصل المعينة، ولكن إجمالي هذه الحركات الدورانية الجزئية (التفصيلية) يؤدي إلى حركة انتقالية خطية أو منحنية للجسم ككل. فحركة قبضة اليد في اللكمة المستقيمة أو خلال الطعن في رياضة الشيش عبارة عن حركة انتقالية خطية ولكنها تنتج من حركات دورانية تفصيلية لوصلات الجسم، أنظر الصورة رقم (11).

مثلاً: (حركات دورانية لوصلات الجسم حول محاور مفاصل: مفصل الكتف للذراع والمرفق للساعد ومفصل رسغ اليد للكف، ومفاصل الأطراف السفلى، مفصل الورك للرجل، ومفصل الركبة للساق، وفصل الكاحل للقدم).



صورة رقم (11)

- **الحركات الرياضية الشكلية** / البناء الحركي: عند مشاهدتنا للمهارات الرياضية المختلفة أو حتى الطبيعية التي يؤديها الإنسان، نجد أن لكل مجموعة حركية أو مجموعة فعاليات رياضية مواصفات خاصة وشكلاً مميزاً يميزها ويخصها عن غيرها من المجموعات الحركية أو الفعاليات الرياضية الأخرى؛ فهذه حركات تؤدى لمرة واحدة... فتعطى في النهاية شكلها المميز والخاص، وتلك حركات متكررة.. تكون في النهاية مهارة حركية معينة لها شكل خاص ومميز أيضاً، وعلى ذلك فلكل حركة بناء خاص ومميز... وهذا يعني أنها تؤدى في مراحل حركية معينة ومقننة، وهذا يعني أنّ لكل مرحلة واجباً حركياً خاصّاً يُؤدى في مساحة زمنية وديناميكية معينة.

أ- الحركة الوحيدة ثلاثية المراحل: هي عبارة عن حركة كاملة

مغلقة، تؤدى لمرة واحدة وتنتهي ويتحقق فيها هدف واحد. أو بمعنى آخر حركة تمر بثلاث مراحل حركية يمكن تمييزها من الناحية النظرية فقط، ولكنها متداخلة بعضها ببعض من الناحية العملية، وتلك المراحل العملية هي: 1-المرحلة التمهيدية

2 - المرحلة الرئيسية

3 - المرحلة النهائية والختامية.

أمثلة: - مسابقات الوثب في ألعاب القوى

- مسابقات الرمي في ألعاب القوى

- التصويب على المرمى في كرة القدم والسلة واليد..إلخ.

كما أن الوثب في المكان لمرة واحدة يعتبر حركة وحيدة أيضاً، وقس على ذلك كل الحركات التي تؤدى لمرة واحدة.

* المرحلة التمهيدية: - تمثل هذه المرحلة أولى مراحل الأداء الحركي للمهارة وهي في كل مسابقة أو فعالية رياضية – مسابقة الوثب في ألعاب القوى تتمثل فيها المرحلة التمهيدية بالاقتراب ثم تليها مباشرة المرحلة الرئيسية.. كما أنّ المرجحة أو الدوران أو الزحلقة في مسابقات الرمي تمثل المرحلة التمهيدية أيضاً، وهناك أيضاً مرجحة الرجل إلى الخلف وحركة الجذع والذراعين أثناء الاستعداد لركل الكرة نحو الهدف في كرة القدم تمثل المرحلة التمهيدية أيضاً، وقس على ذلك وضع الاستعداد للتصويب على الهدف، وما ينتج منه من

حـركات لأعضـاء الجسـم المختلفـة فـي كل من كرة السـلة واليـد، وكل ذلك يمثـل المرحلـة التمهيديـة أيضـاً، الملاكـم عنـد اسـتعداده لضـرب الخصـم وذلـك بإرجـاع الجـذع قليـلاً إلـى الخلـف مـع الـذراع، ولاعـب التنـس فـي ضـرب الكـرة بالمضـرب...

أهمية المرحلة التمهيدية وخصائصها:

- الاسـتعداد والتهيئـة المناسـبة لمتطلبات المرحلة التالية (الرئيسـية) حيـث تختلف مـن مهارة إلـى أخرى.

- تجميـع القـوة اللازمة وذلـك عن طريق الاسـترخاء للعضلات العاملة وعـدم تشـنجها، فكلمـا كانـت العضلة فـي حال من الاسـترخاء أمكـن تجميع القـوة اللازمـة للمرحلة الرئيسـية وذلك بهـدف خدمتها:

- تسـتخدم المرحلـة التمهيديـة فـي الكثيـر مـن الألعـاب الرياضيـة كوسـيلة للخـداع أو للتمويـه إمـا بالجسـم وإمـا بـأي جـزء مـن أجزائـه.

- إطالـة المسـار الحركـي الـذي يؤثـر إيجابـاً فـي المرحلـة التاليـة من مراحـل الأداء التـي تتمثـل فـي المرحلة الرئيسـية.

مميزات المرحلة التمهيدية

- تكـون غالبـاً عكـس اتجـاه المرحلـة الرئيسـية للحركـة (ضـرب الكـرة بالقـدم، رمـي الرمح مـن الثبـات..).

- تعمل على توفير أكبر مسافة مناسبة لعمل العضلات..

- تعمل على إيجاد القيم المناسبة للزوايا بالمفاصل المشتركة.

- تحدث إطالة وامتداداً مناسبين للعضلات التي ستعمل في المرحلة الرئيسية...

- تتيح استغلالاً أفضل للقوى الخارجية – مثل قوة الجاذبية الأرضية.

- يمكن استخدام المرحلة التمهيدية بعد اختزالها كوسيلة لمفاجأة المنافس وخداعه (الألعاب الجماعية – المنازلات الفردية).

- كما يمكن أن تكون مع اتجاه الحركة (المرحلة الرئيسية) - مسابقات الوثب الطويل والثلاثي والعالي والقفز بالزانة... الوثب على طاولة القفز(جمباز) أو الاقتراب للشقلبة الأمامية...

- تعمل على توافر احتمالات التنفيذ الاقتصادي الناجح للمرحلة الأساسية من الحركة..

- عبر فترات التطور الحركي للأطفال قد تختفي المرحلة التمهيدية للحركة تماماً أو قد تُختزل أو تُؤدى منفصلة تماماً (زمنياً) عن المرحلة الرئيسية للحركة.

*المرحلة الرئيسية: تعتبر أهم مرحلة من مراحل الأداء الحركي لأي مهارة من المهارات الرياضية، لذلك يجب أن يُبذل فيها كل الجهد المطلوب لأنها تمثل المرحلة الرئيسية للحركة، وبذلك يتحقق فيها هدف هذه الأخيرة، وفيما يلي نعرض المرحلة الرئيسية لبعض الفعاليات الرياضية المختلفة.

- مسابقة الوثب الطويل والثلاثي والعالي والقفز بالزانة تمثّلها مرحلة الارتقاء.

- الوثب في المكان لمرة واحدة يمثلها الارتقاء إلى أعلى.

- الوثب على الأجهزة (جمباز) يمثلها الارتقاء على الجهاز.

- في مسابقات الرمي في ألعاب القوى لحظة الرمي، كما في رمي القرص والمطرقة ودفع الكرة الحديدية.

- في التصويب على الهدف في كرة القدم والسلة واليد تمثّلها لحظة التصويب.

- اللكم في الملاكمة – الخطف في المصارعة... إلخ...

- يوجد نمطان:

الأول: يستهدف الواجب الرئيسي للحركة إكساب جسم الرياضي نفسه ككل عجلة تسارع مناسبة.. ففي هذا النمط لا تنتهي المرحلة الرئيسية للحركة بانتهاء تأثير القوة المحدثة لها على الجسم بل تستمر حتى اكتمال تحقيق الواجب الرئيسي لها.. (مشي، جري، سباحة،.... وثب، قفز، دورانات حول العقلة...)

الثاني: يستهدف الواجب الرئيسي للحركة فيه إكساب عجلة تسارع كبيرة للوصلة الأخيرة (الكف أو القدم مثلاً) من سلسلة الوصلات الكينماتيكية المكونة لأحد أطراف الجسم (الذراع أو الرجل مثلاً).. قرص، كرة- بار الأثقال.. لاعب الكاراتيه (الضربة الساحقة) أو ضربة الإرسال في التنس والكرة الطائرة.. في هذا النمط ينتهي أداء الواجب الحركي بانتهاء تأثير القوة المنتجة في الأداة الرياضية أو اللاعب المنافس.

* المرحلة النهائية (الختامية): هي المرحلة الأخيرة من مراحل الأداء الحركي للحركات، وهي تلي المرحلة الرئيسية في التسلسل الحركي..

وأما بالنسبة إلى أهمية ترتيب المراحل في الحركة الوحيدة ثلاثية المراحل فهي: - المرحلة الأساسية وتأخذ الأهمية الأولى؛

- المرحلة التمهيدية وتأخذ الأهمية الثانية؛

- المرحلة النهائية وتأخذ الأهمية الثالثة.

الوثب العالي: كل الحركات التي تُؤدى على العارضة وحتى الهبوط وذلك بعد مرحلة الارتقاء (الدوران على العارضة والهبوط).

الوثب الطويل: كل الحركات التي تُؤدى بعد عملية الارتقاء (الطيران والهبوط).

مسابقات الرمي (كرة حديدية، قرص، رمح، مطرقة) مرحلة التغطية التي تلي عملية الرمي.

وبذلك فهي تمثل المرحلة السلبية للأداء الحركي حيث يثبت فيها الجسم بعد الحركة، وقد يبدو عدم أهميتها بيد أن لها أهمية كبيرة، وإن لم يتقنها اللاعب جيداً فقد تلغى مسابقته. (دفع الكرة الحديدية، الرمح، القرص، المطرقة..) إن شكل الجسم واتزانه في نهاية تأدية الحركات الثلاثية لدليل تام على جمال الحركة وانسيابها، فكلما كانت الحركة نظيفة وانسيابية ظهرت تلك المرحلة بمظهر جيد، وهو الذي يتميز بالاتزان والثبات.

كما أن المرحلة الختامية هي عملية إبطاء وفرملة حركة الجسم ككل.. واستهلاك كمية الحركة المتبقية فيه للوصول به إلى حالة سكون نسبي أو تام، وإلى استعادة توازنه المفقود.

كما أن هذه المرحلة لها وظيفة عامة للحماية الذاتية لمفاصل السلاسل الطرفية لوصلات أطراف الجسم (العضلات والأوتار المتصلة بها من التعرض لخطر الإصابة.. المدّ الزائد والتمزقات..) كنتيجة للتسارع الكبير في عجلة حركتها في نهاية المرحلة الأساسية.

الوثب الطويل:- الاقتراب (مرحلة تمهيدية)؛

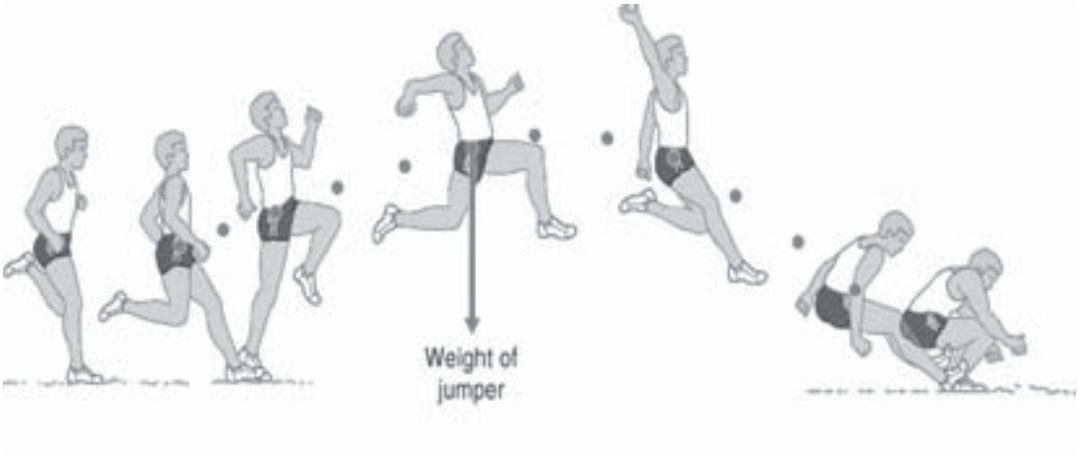
- الدفع والطيران (مرحلة رئيسية)؛

- الهبوط (مرحلة نهائية)، أنظر الصورة رقم (12).

الوثبة الثلاثية: - الاقتراب (مرحلة تمهيدية)؛

- الحجلة.. الخطوة ثم الوثبة (مرحلة أساسية).

- الهبوط (مرحلة نهائية).



صورة رقم (12)

ب- الحركة المتكررة ثنائية المراحل: تسمى بالحركات المتكررة جميع الحركات الدائرية أو الحركات الثنائية المراحل حيث إن كل حركتين متتاليتين تكونان دائرة حركية، كما تعرّف على أنها حركات تعاد عدة مرات بالشكل عينه أي إنها متماثلة ومعادة، ويتحقق فيها هدف واحد أيضاً.. (سباقات الجري والحواجز والسباحة والدراجات وبذلك هي تختلف عن الحركة الوحيدة حيث تندمج المرحلتان النهائية والتمهيدية في مرحلة واحدة تسمى المرحلة المزدوجة تليها المرحلة الرئيسية مباشرة التي يتم فيها الإنجاز الحركي العالي).

الوثب في المكان لمرة واحدة – تعتبر حركة وحيدة ثلاثية المراحل، أما الوثب في المكان باستمرار فيعتبر حركات متكررة ثنائية المراحل.

التجديف، الدراجات الهوائية...

كما توجد أشكال أخرى للحركة المتكررة:

- متكررة بسيطة (عدو، جري، تجديف)؛
- متكررة متلازمة (سباحة الفراشة)؛
- متكررة متبادلة (سباحة الكرول الحرة)؛
- متكررة مركبة (عدو حواجز (110م).

ج- الحركة المركبة: تعتبر أكثر الحركات الرياضية تعقيداً وأهمية وهي تتميز بتحقيق أكثر من هدف وواجب حركي في وقت واحد، وتظهر تلك الحركات بوضوح في الألعاب الجماعية كالتهديف بالرأس مع الوثب إلى أعلى في كرة القدم لإحراز هدف.

كما نستطيع القول، إنّ الحركة المركبة مكونة من حركتين أو مجموعة حركات غير متماثلة (متباينة) ترتبط انسيابياً بعضها ببعض بكيفية تجعل الجملة الحركية انسيابية الأداء، اقتصادية في المجهود، وعلى درجة عالية من التوافق مثل الجمل الحركية في الجمباز الأرضي أو جمباز الأجهزة..

تأدية حركة التحية من خلال رفع القبعة أثناء المشي واستدارة الرأس نحو زميلك المواجه، وكذلك اختلاف الحركة المركبة بين رجل مسن ورجل شاب في مقتبل العمر....

المرحلة التمهيدية ⟷ المرحلة الرئيسية ⟷ المرحلة النهائية

(علاقة سببية) (علاقة النتيجة) (علاقة هدف)

أسئلة المراجعة

1- ماذا تعرف عن الحركات العامة؟

2- تحدث عن تصنيف الحركات الرياضية؟

3- كيف تفسر العلاقة الارتباطية ما بين الحركات الميكانيكية والحركات الرياضية، أعط أمثلة؟

4- أعط ثلاثة أمثلة مختلفة عن الحركات الرياضية البنائية وتوقف شارحاً عند كل منها.

4 - التطور الحركي من الولادة حتى سن الشيخوخة

I ـ دراسة التطور الحركي وأثره في نمو الفرد وتطوره.

II ـ أنماط آلية جسم الإنسان وأنواعها.

المصطلحات الأساسية: التطور الحركي، القدرة، المهارة، أنماط الجسم.

I ـ دراسة التطور الحركي وأثره في نمو الفرد وتطوره

لاتزال البحوث ناقصة في التطور الحركي الطبيعي للإنسان حتى يومنا هذاً قياساً على الأبحاث المكتوبة في مجال التطور الذهني والاجتماعي ودراسة طبائع الإنسان، وخصوصاً دراسة التطور الحركي عند الطفل الذي أُغفل كلياً... وتظهر حقيقة هذا في التدريس حينما تهمل دروس مادة التربية الرياضية والفنون- إن التربية والتعليم الشاملين للإنسان لا يتمان إلا إذا أخذنا في الاعتبار تأثير الحركات الجسمانية على أنها وسيلة ذات قيمة مهمة للتربية والتعليم - من هذا المنطلق نجد أنّ:

أ- الحركات وسيلة للتربية والتعليم: إذ لحركتنا أشكال إيجابية نتيجة تفاعل الإنسان مع محيطه (العمل، اللعب،...) وفي الوقت نفسه فإن الإنسان ينمو ويبني جسمه بواسطتها، كما أن تطور أي عضو يرافقه تطور بقية الأعضاء الأخرى بشكل متوازٍ ونسبي. وقد قسم «كورت ماينل» 1977 مراحل التعلم الحركي إلى ثلاث وهي:

ـ المرحلة الأولى ـ مرحلة التوافق الأولى للحركة.

ـ المرحلة الثانية ـ مرحلة التوافق الجيد للحركة.

ـ المرحلة الثالثة ـ مرحلة ثبات الحركة (المرحلة الآلية للحركة).

ب ـ الحركة وسيلة للتفاهم الاجتماعي: إن اللغة والكتابة ليستا بالوسيلتين الوحيدتين للتفاهم دون الأخذ في الاعتبار تأثير الحركة بجانب الكلام حيث إنها وسيلة للتفاهم بين الأفراد، فمثلاً، الطفل الرضيع لا يعرف الكتابة ولا الكلام أي لا يعرف اللغة، ولكن يُعبر عن رغباته وحاجاته عن طريق الحركات، والأم هي الأولى التي تفهمه بدون كلام، وكذلك معدومي النطق يتواصلون ويتفاهمون عن طريق الإشارات والحركات التعبيرية للوجه وأصابع اليدين؛ وأيضاً نفهم حركات اللاعبين الرياضيين في الملاعب لتحقيق القيم الجوهرية للرياضة (العمل الجماعي، الانضباط، النزاهة، واحترام المنافس واحترام قواعد اللعبة). ولهذا يمكن تسخيرها في النهوض بالتضامن والتماسك الاجتماعي والتعايش السلمي. إن هذه الحقائق تبرهن على أن الحركة الصرفة والحركة المصحوبة بكلام تلعب دوراً هاماً في التفاهم بين إنسان وآخر.

ج - الحركة وسيلة لجمع المعلومات: إن الإنسان يشعر عن طريق عقله بالمحيط بواسطة العيون والآذان (حواسه) وهذه الحواس تنقل آلاف الإشارات من المحيط لتنظمها وتخزنها في الذاكرة. ويؤثر التطور العقلي والمعرفي في معدلات التطور البدني والحركي والنفسي تأثيراً إيجابياً.

ويتبين أن أي تجنب حركي يؤثر تأثيراً سلبياً على تطور الإنسان والأطفال العاجزين نتيجة شلل أو أمراض تمنعهم من الحركة، يصلون إلى المستوى المتوسط لتطور الإنسان الطبيعي بعد جهد طويل.

د ـ الحركة وسيلة للعمل الجسمي والإنتاج اليدوي والفني (الفنان والطبيب..):إن فائدة حركات الإنسان عن طريق العمل كبيرة وتتطور مع تطور الظروف والإمكانات. وقد تصل إلى درجة الكمال نتيجة التدريب والمران المتواصل. وربما يعتقد البعض أن لا حاجة للعمل الجسمي الصعب في المستقبل بسبب التطور السريع في التكنولوجيا وكذلك يجعلنا أن نركز ونهتم بالنشاط الحركي والرياضي من أجل صحة وسلامة الفرد.

من هنا نقدم بعضاً من الخصائص التي تحكم نمو الطفل

1- إنّ النمو متماثل لدى جميع الأطفال مهما اختلفت نواحي البيئة أو الوراثة، ومهما تفاوتت عمليات النمو من حيث معدلاتها، فالمشي مثلاً يجب أن يمر بمراحل الجلوس والحبو والوقوف، أنظر الصورة رقم (13).

2- النمو عملية متصلة، فهو سلسلة متتابعة متصلة من التغيرات.

3- النمـو يختلـف فـي معدلاته: فنمو القلـب يكون بطيئاً فـي الطفولة وسـريعاً في مرحلـة المراهقة.

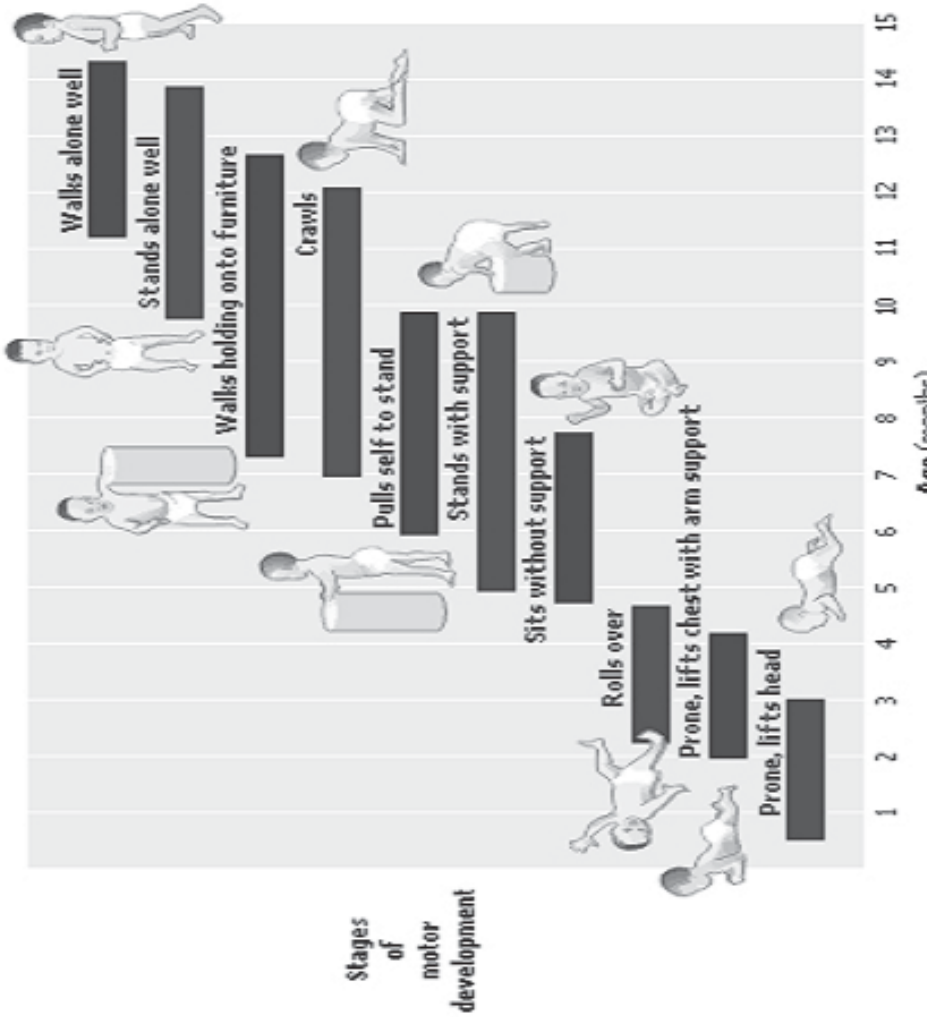
4- النمـو يتجـه إلـى الاسـتجابات النوعيـة: فـأي صـوت يلفـت انتبـاه الرضيـع ولكـن مـع اسـتمرار النمـو يلتفـت إلـى نوعيـة الأحـداث التـي تعنيه فقط .

5- النمـو مترابـط وشـمولي: فنمـو مهـارة المشـي (الحركيـة) تسـاعده علـى اكتشـاف البيئـة المحيطـة بـه أي تنمـي معارفـه ومداركـه.

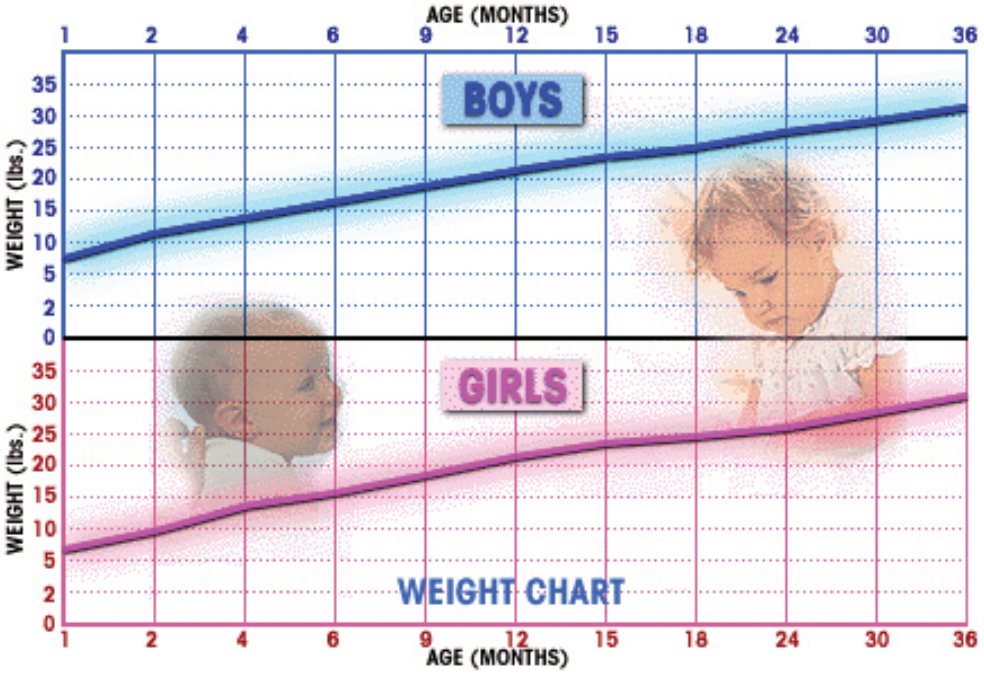
6- النمـو متكامـل: فالمشـي ليـس بنقـل الجسـم على إحـدى الرجلين لتحريـك الأخـرى ثـم تكـرار ذلـك، بـل هـو سـلوك حركـي راقٍ من خـلال نمو متكامـل للطفل.

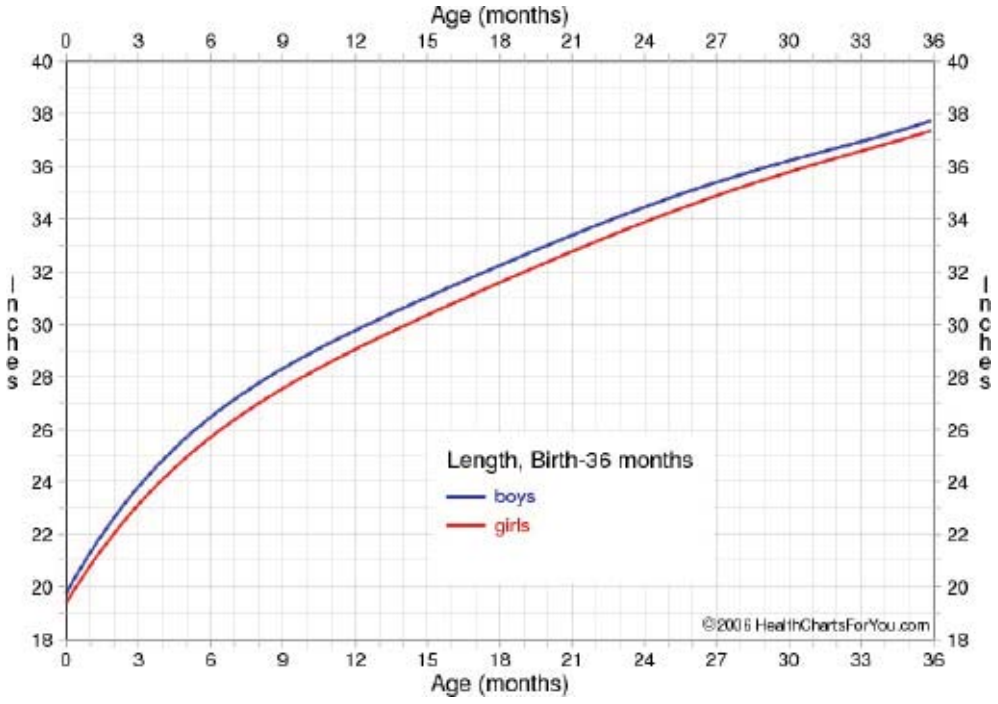
7- النمـو يتأثـر بالبيئـة والوراثـة: وينتـج مـن ذلك تفاوت فـي معدلات نمـو الأطفـال ذوي الأعمار الواحدة، وتبعاً لذلك تنشـأ الفـروق الفردية بينهم.

8- التغذيـة تلعـب دوراً إيجابيـاً فـي معـدل تطورالفـرد ونمـوه واتزانه بصفـة عامـة وتطـوره الحركـي بصفـة خاصـة، أنظـر الرسـمين البيانييـن رقـم (14) و(15).

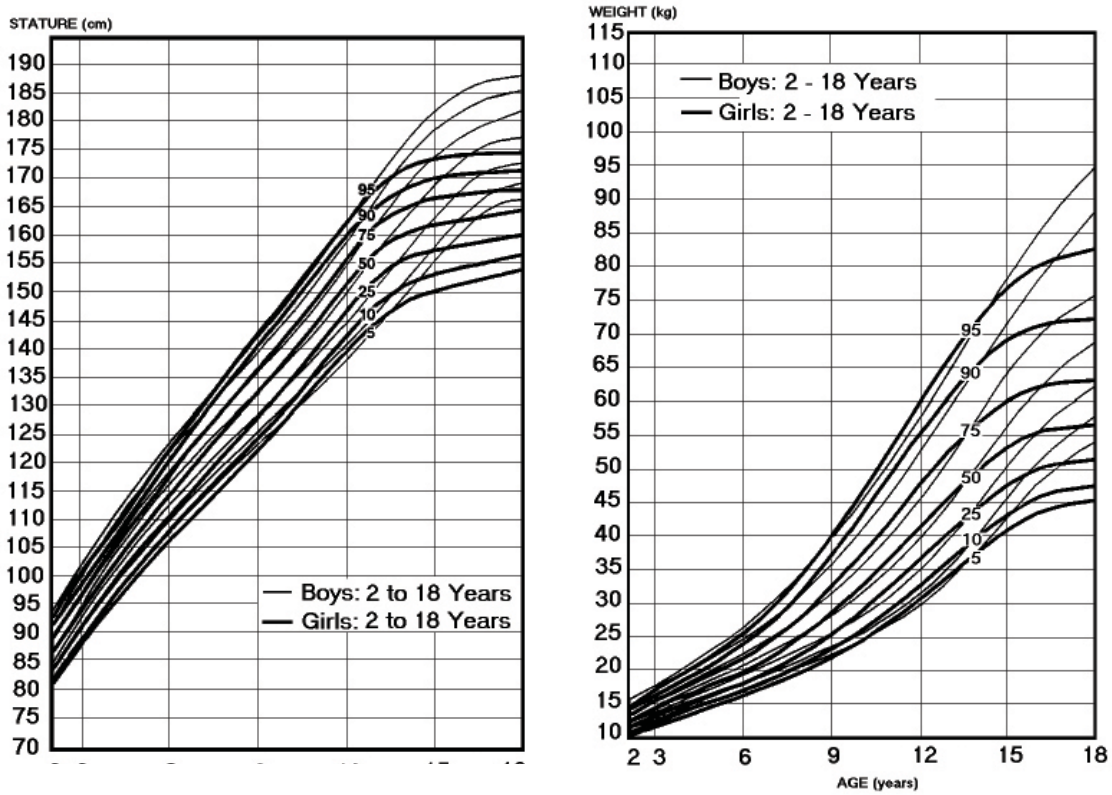


صورة رقم (13) - رسم للنمو الحركي للطفل من يوم ولادته حتى الشهر الخامس عشر.





رسم بياني رقم (14) يبين النمو للوزن والطول للطفل (الذكر والأنثى) من يوم ولادته حتى عمر السنتين.



رسم بياني رقم (15) يظهر النمو للوزن والطول لطفل (ذكر أو أنثى) في عمر السنتين حتى عمر الثمانية عشر.

نصائح لمدرسي التربية الرياضية للتعامل مع عمر أطفال الحضانة والصفوف الابتدائية

إن درس التربية الرياضية المدرسية للأطفال المبتدئين يجب أن يأخذ في الاعتبار الدافع الحركي القوي لديهم، لذلك:

- يجب أن يحتوي برنامج التربية الرياضية في السنين الأولى المدرسية على حركات كثيرة متغيرة ومتنوعة، لعدم قدرتهم على التركيز فترة طويلة، ويفضل أن يكون درس التربية الرياضية

أسبوعياً ثلاث مرات تقريباً، ولمدة ساعة واحدة في كل مرة أو أقل بقليل.

- في هذا العمر نجد أن قسماً من الحركات يؤدى بطريقة أوتوماتيكية وبالتالي يمكن زيادة درجة صعوبة الحركات المعطاة بشكل تدريجي في دروس التربية الرياضية، مثل:الجري مع الوثبة.
- الطفل من عمر(7-8) سنوات يكون لديه قابلية المسك والرمي بصورة انسيابية، لذلك يجب أن تشمل دروس التربية الرياضية تحقيق واجبات مدروسة ومحددة، أنظر إلى الصورة رقم (16).
- يجب أن يمنح الأطفال فرصة الحركة بين المادة النظرية والأخرى في البرنامج الدراسي اليومي مع عدم إجبار الطفل على تقاطع يديه زاوية أمام الصدر بسبب التغيير الأول لشكل الصدر.
- يجب أن تستغل قابلية الطفل على الاستجابة للوزن الموسيقي وذلك بإسماعه وزناً موسيقياً معيناً، ثم إعادته عن طريق التصفيق، وهذا يساعده على تعلم وزن الحركات الصعبة والحركات المركبة التي تحتويها التربية الرياضية في هذه المرحلة.

صورة رقم (16)

نصائح لمدرسي التربية الرياضية لمرحلة المراهقة والشباب

- التدريب البدني الشامل والمجهد مع بداية مرحلة المراهقة وخلالها، يمكن أن يؤدي إلى التوافق في نمو الجسم وتطور حركاته، ويقلل من الفرق في نمو جهة دون أخرى.

- عـن طريـق درس شـامل ومنتظم يتمكن الشـباب من تطوير مسـتوى الاشـكال الحركيـة التـي يتقنهـا. وقـد يـؤدي إدخـال تمارين صعبـة جـداً وجديـدة إلـى فشـلها المحتـوم بسـبب عـدم الرغبـة.

- لا تبعـد التعليـم السـريع فـي هـذه المرحلـة، ولكـن تصبـح عنـد الشـباب القابليـة التفكيريـة لحركاتـه، حيـث يريـد التلامـذة معرفـة مـا هـو خطـأ فـي حركاتهـم، وهـذا يغطـي إمكانيـة بحـث مشـاكل تكتيكيـة خـلال الـدرس، ويمكـن أن نضـع بعـض القوانيـن والصفـات لسـير حركـة مـا.

- إن الفتـرة الثانيـة مـن مرحلة المراهقـة تتطلب تمريناً شـاملاً وجهداً مـع التطـور التدريجـي فـي متطلبـات البنـاء الحركـي، وأولها متطلبـات الدقة والمهـارة، وفـي هـذا الوقـت يكـون بنـاء الأجهـزة الداخليـة والحركات سـهلاً، وإنّ كل مـا يفوتـه الشـباب فـي هـذا الوقـت لا يمكـن تعويضه بعـد ذلك.

إن التطـور والنمـو والنضـج والتعلـم.. تعتبر ظواهر تؤثـر وتتأثر بعضها ببعـض، وبذلـك لا يمكـن فصـل إحداهـا عـن الأخـرى، الأمـر الـذي يسـتدعي البحـث فـي كل ظاهـرة علـى حـدة مـن ناحيـة والعلاقـة التبادليـة بينهـا من ناحيـة أخـرى، وتأثيـر تلـك العلاقـة التبادلية في التطـور الحركـي (الموتوري) للطفـل خـلال مراحـل حياتـه.. هـذا بالإضافـة إلى تعريـف كل مصطلـح منها لغويـاً للوقـوف علـى مـا يعنيه مـن معنى.

مراحل التطور الحركي (الموتوري)

- المرحلة الأولى: (مرحلة المهد) وتشمل حضانة الأم للطفل منذ الميلاد وحتى السنة الثانية من عمره.

- المرحلة الثانية: (مرحلة الطفولة) وتنقسم إلى ثلاث مراحل:

الأولى: الطفولة المبكرة: من 2-6 سنوات.

الثانية: الطفولة المتوسطة من 6-9 سنوات.

الثالثة: الطفولة المتأخرة من 9-12 سنة.

- المرحلة الثالثة: (مرحلة المراهقة) وتنقسم إلى مرحلتين:

الأولى: المراهقة الأولى من 11-15 سنة.

الثانية: المراهقة الثانية من 15-19 سنة.

- المرحلة الرابعة: (مرحلة الرشد) من 20-65 سنة.

الأولى: من 20-35 سنة.

الثانية: من 35-65 سنة.

المرحلة الأولى: المهد (أنظر إلى جدول تطور القياسات الجسمية في مرحلة المهد رقم 17).

القياس	الأولاد		البنات	
	الطول/سنتمتر	الوزن / كيلوغرام	الطول / سم	الوزن/ كلغ
عند الولادة	50	3	49	2,75
سنة	75,3	8,6	74,2	8,1
سنتان	85,4	12,7	84,3	12,4

جدول رقم (17)

في هذه المرحلة تبنى اللبنات الأولى من مقومات شخصيته المتعددة الاتجاهات، هذا بالإضافة إلى اتصافها بتطور جسمي وحركي وحسي سري، وهو ما يميز تلك المرحلة.

لهذه المرحلة: الحركات التلقائية / منعكسات حركية (موتورية) يجب التمييز بينهما.

الحركات التلقائية: هي حركات محدودة إرادية بسيطة قد تؤدى بدون قصد أو هدف كحركات الرفس باليدين أو الرجلين التي يمكن ملاحظتها بوضوح في شهور الطفل الأولى.

المنعكسات الحركية (الموتورية): ما هي إلا استجابات أوتوماتيكية لاإرادية عشوائية. ويمكن تصنيفها إلى منعكسات أولية وقوامية وانتقالية.

منعكسات أولية: - كالرضاعة، المص والبلع، عملية التغذية،

مرحلة فمية، تتطور هذه المنعكسات عن طريق المران والتعلم والخبرة، وتتحول إلى حركات إرادية، عطش وجوع، بكاء.

- القحة والتنفس والعطش.

- القبض - قفل العيون وفتحها.

منعكسات قوامية: حركة الرأس والجسم الارتباطية. (الرأس الموجه الرئيسي لحركات الجسم) منعكس الشد في الاتجاه الرأسي، منعكس انتصاب القامة.

منعكسات انتقالية: منعكس الحبو والزحف، ثم منعكس الخطو ثم منعكس السباحة (بعد الميلاد بحوالى أسبوعين ويختفي في الشهر الخامس شكل السباحة العادية..).

{مراجعة كتب علم نفس النمو والتعلم وخصوصاً الجزء الذي يتناول الخصائص العمرية عند الإنسان من عمر (2-6)/ (6-12)/ (12-15)/ (15-19)/ (19-65) سنة}.

القدرة: عبارة عن مجرد عنصر أو سمة معينة في الفرد غير ظاهرة ولكنها تؤثر في أداء الحركة أو المهارة أو إمكانية الفرد في القيام بعمل ما.

ويمكن تعريف القدرة بأنها: «المقدرة على إخراج أقصى قوة في أسرع وقت ممكن»، وبمعنى آخر «تعني القدرة العضلية إطلاق أقصى قوة بأقصى سرعة في أقل زمن ممكن».

المهارة: تشير إلى مستوى الأداء وشكله سواء كان هذا الأداء متعلماً أو غير متعلم أو قدرة تكتسب بالتعلم أو تعني الكفاية في إنجاز واجبات (أداء) وأعمالاً خاصة محددة، أنظر الصورة، رقم (18).

وتعني المهارة أيضاً «قدرة الفرد على التوصل إلى نتيجة من خلال القيام بأداء واجب حركي بأقصى درجة من الإتقان مع بذل أقل قدر من الطاقة في أقل زمن ممكن وتحت الضغط».

صورة رقم (18)

II-أنماط آلية الجسم وأنواعها

وجـد تصنيف الأجسـام إلى أنواع اهتماماً مـن قبل العلماء والمفكرين، إذ كانـوا يعتقـدون بأن النمط الجسـمي للأفراد يرتبط بقـدرة الفرد على الأداء الرياضـي، فكان لديهم عبارات يسـتخدمونها كنايـة عن القدرة الحركية.

فمثلاً: - الرياضي الدب (ضخامة القامة).

- الرياضي الأسد (القوة والقدرة العضلية والجرأة).

- الرياضي النمر (الرشاقة والقدرة على المراوغة).

وقـد قسـم العلمـاء القدمـاء وفي مقدمتهـم (هيبوقراط) الأجسـام إلى قسـمين همـا: الطويـل النحيل والقصير السـمين.

كمـا صنفوا الأجسـام حسـب النواحـي المزاجية وعلى عناصـر الطبيعة الأربعـة (الهواء، التـراب، النار، المـاء) التالية:

- النمط الصفراوي - يتصف بقوة الجسم (ناري).

- النمط السوداوي - يتصف بنحافة الجسم (ترابي).

- النمط اللمفاوي - يتصف بالبدانة (مائي).

- النمط الدموي - يتصف بامتلاء الجسم بالعضلات (هوائي).

ثـم جـاء الألمانـي «كرتشـمر» 1920، فصنـف الأجسـام إلـى أنمـاط وربـط الصفـات البدنيـة بالحالـة النفسـية، وقـد لاقـى ذلـك صدى كبيـراً عند العلمـاء، أنظـر الجـدول (19).

أنماط الجسم	صفات بدنية	صفات نفسية
النمط النحيف (Ectomorphy) (I)	- متوسط الطول، الجمجمة متطاولة، الكتفان ضيقتان والقفص الصدري أيضاً. - العظام رقيقة، العضلات ضعيفة، ليس لديه قابلية للسمنة .	- يميل إلى الانطواء والهدوء، جاد يتقن عمله، غير سريع في اتخاذ القرار. كما يناقش الأمور ويحللها فكرياً، قليل التقلب ومتردد أحياناً.
النمط العضلي (Mesomorphy) (V)	- متوسط أو طويل القامة. - اتساع الكتفين والقفص الصدري. - نحافة الخصر وطول الأطراف . -عضلي/قوي/قدرة على التحمل . - لا تظهر السمنة لديه إلا قليلاً.	- اجتماعي/ مرح/ قدرة على التكيف. - عدم الثبات في الرأي- صريح. - واقعي، متعاون مع الآخرين . - منفتح الأسارير.
النمط السمين (Endomorph) (o)	- قصير أو متوسط القامة - مستدير الرأس والجذع. - اتساع الحوض، قصير الرجلين واليدين والعنق. - السمنة بادية عليه وهو قابل للاستمرار بالامتلاء.	- ميال إلى الاجتماع بالآخرين . - ميال إلى الانطواء. - يهتم بنفسه وبقدراته على صعيد المهارات. - حساس- واقعي- يتقن عمله .

جدول رقم (19)

ثـم جـاء العالـم الأميركـي «شـيلدون» فـي الأربعينيات وطـوّر تصنيف «كرتشـمر» فقـال بوجـود درجـات أو مراتـب لـكل نمـط جسـمي وحسـب الواقـع البشـري. وهـذه الأنمـاط الجسـمية الثلاثة لهـا صفات بدنية ونفسـية معينـة، وأن الشـكل الجسـمي يلعـب دوراً فـي الشـخصية الفرديـة، كمـا أنـه يحـدد نـوع النشـاط الرياضـي الـذي يتناسـب مـع الشـكل الظاهري.

نمـط الجسـم (**Body Type**) وهو الوصـف الكمي للبنـاء المورفولوجي للجسـم، والـذي يمكـن التعبيـر عنـه بثلاثـة موازيـن تقديريـة توضـح شـكل الجسـم مـن خـلال ثـلاث أنمـاط تميـز جسـم الإنسـان هي:

• النمط النحيف • النمط العضلي • النمط السمين.

النمـط النحيـف: وهـو يرمـز إلـى حـرف (I) صفـات بدنيـة ونفسـية، أنظـر الصـورة رقـم (20).

- القدرة على سرعة الأداء الحركي.
- إتقان حركات الخداع.
- القدرة على التكيف مع ظروف النشاط.
- التحليـل المائـل إلـى العضلي يتصـف:- بالابتعاد عن النشـاط البدني الذي يتطلـب قوة واحتـكاكاً وعنفاً.

النمط العضلي: وهو يرمز إلى حرف (V) أنظر الصورة رقم (21).

- بطء إلى حد ما في سرعة الأداء.
- الميل إلى الاحتكاك البدني.
- تغلب القوى على الأداء العضلي.

المائل إلى البدانة يتصف:

- بعدم القدرة على التكيف مع الظروف المتباينة.

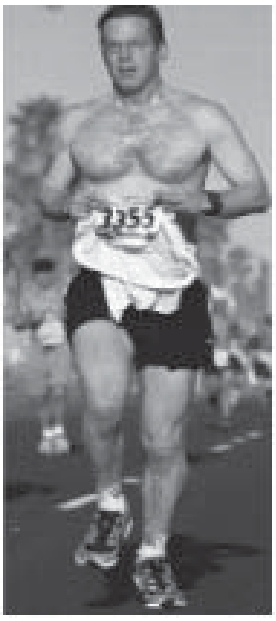
- يبدي رغبة في الاشتراك في النشاطات الرياضية العنيفة.

النمط السمين: وهو يرمز إلى حرف (O) أنظر الصورة رقم (22).

يتصف أصحاب هذا النمط:

- بالبطء الحركي.
- قدرات توافقية على الأداء الحركي والميل إلى الابتكار في العمل الحركي.
- الابتعاد عن الاحتكاك واستعمال القوة.
- السمين جداً يتصف: - بعدم الميل إلى ممارسة النشاط والاكتفاء بالمشاهدة.

صورة (20)



صورة (21)

صورة (22)

نمط الجسم تعبير عن العلاقة بين ثلاث صفات من شأنها تشكيل خصائص جسم الفرد (Endomorph ،Mesmorph ،Echomorph) وكل صفة منها تقاس بمقياس من 1 إلى 9 درجات، وتشير نسبة تمثيل

الصفة ما إذ كانت منخفضة أو عالية في أي من هذه الجوانب الثلاثة النوعية.

وقد جاءت نتائج الياباني (هيداتا) عام 1966 م، بالنسبة إلى الرياضيين حسب الجدول رقم (23) الذين شاركوا في الدورة الأولمبية التي أقيمت في طوكيو على النحو التالي:

ألوان الرياضة	الصفات البدنية	نوع المسابقة
الدراجات الهوائية	1 -قصير ونحيف 2 -قصير وعضلي	1 - مسافات طويلة 2 - مسافات قصيرة
كرة القدم	قصير وعضلي مائل إلى السمنة	
كرة السلة	طويل ونحيف	
الجمباز	قصير وعضلي	
ألعاب الماء	1 - طويل ونحيف 2 - عضلي وبدين 3 -قصير	1 - ظهر- حرة 2 - فراشة- صدر 3 - غطس
الميدان والمضمار	1 - طويل ونحيف 2 - متوسط الطول وعضلي 3 - قصير ونحيف 4 - متوسط الطول ونحيف 5 - طويل وعضلي بدين ومن الممكن نمط سمين	1 - حواجز، وثب عال 2 - مسافات قصيرة 3 - مسافات طويلة 4 - وثب طويل 5 - الرمي.../ (مصارعة)

جدول رقم (23)

لقـد وجـد المهتمـون بالأنماط البـد نية (الجسـمانية) لـدى الرياضيين علـى اختـلاف أنـواع مسـابقاتها، أن كل رياضـة تتطلـب سـمات محـددة قـد تختلـف عـن صفـات جسـمية أخرى لرياضـة مغايـرة، وقد يكون هناك شـيء مشـترك ولكن بنسـب متفاوتة.. كما أن دراسـة أنواع الأجسـام للصغار تلعب دوراً هامـاً فـي تحديـد نمـط الجسـم الـذي سـيكون عليـه فـي المسـتقبل، وبذلـك يسـتطيع المدربـون الرياضيـون أن يختـاروا ويوجهـوا المبتدئيـن الصغـار إلـى الرياضـة المناسـبة. كمـا أن الأنمـاط الجسـمية يمكـن تعديلهـا إلـى حـد مـا عـن طريـق النشـاط الرياضـي مـن خـلال تدريبـات وتوجيهـات موضوعيـة يضعهـا المختصـون فـي مجال التربيـة الرياضيـة، أنظـر الصورتين رقـم (24) ورقـم (25).

الصورة رقم (24 و 25)

أسئلة المراجعة

1 - لماذا يحتاج معلم التربية الرياضية المدرسية إلى معرفة مراحل الخصائص العمرية لتلميذ المدرسة؟

2 - أرسم على الورقة الأنماط الجسمانية التي تعرفت إليها في الوسط البيئي؟

3 - كيف يستفيد مدرب الرياضة ومعلم التربية الرياضية من أنماط جسم ما وأنواعها في مجال عمله؟

4 - هل يمكن أن يطبق ويصنف معلم التربية الرياضية والمدرب الرياضي الدراسات والأبحاث العلمية للأنماط الجسمانية على الأطفال، إشرح؟

5 -الخصائص البيوميكانيكية للتمارين الرياضية والمبادئ الأساسية للميكانيكا

I ـ الخصائص الحركية.

II ـ المستويات والمحاور الوهمية في حركة الإنسان.

المصطلحات الأساسية: الكينماتيك، الكيناتيك، البيوستاتيك، المنظومة الحسابية، أنظمة الرؤية، الحركات النسبية، مستويات الحركة ومحاورها.

I ـ تمتاز دراسة حركة جسم الإنسان كنظام بيوميكانيكي بالتعقيد من خلال الخاصية المتغيرة للحركات المختلفة للرياضي أثناء أداء الأفعال الحركية.

لذا، يجب قياس النتائج، الكمية والنوعية للحالات الميكانيكية التي يحققها الإنسان، وكذلك قياس الوظائف الحركية المختلفة لجسم الإنسان وأجهزته. (أي بمعنى تسجيل خاصية أقسام الجسم وتغيير وضعيته والقياسات المختلفة للجسم وأجزائه، ومكان مركز كتلة الجسم والسرعة الحركية في المفاصل والمسار الحركي للحلقات الحية للنقاط المادية لجسم الإنسان).

- الخصائص النوعية - توصف بالكلام فقط.

- الخصائص الكمية - عادة تحسب أو تقاس بمقدار دقيق (قيمة عددية..).

- ما هو هذا الشيء؟

- بأي شيء نقيس؟

كما يوجد أيضاً مفهوم الحجوم في الميكانيك أي الحجوم المقيسة (ذات حجوم منتظمة) وغير المقيسة (حجوم غير منتظمة).

وفي البيوميكانيك هو حالة نسبية، وهو يقسم إلى حالات محددة، بعض منها يعدّ حجوماً أساسية وبعضها الآخر مشتقّ من الحجوم الأساسية. ويستخدم البيوميكانيك نظاماً عالمياً موحداً (IUS, International Unit System) تستعمل فيه الحجوم الأساسية للوحدات التالية، مثل:

- الطول: متر، meter (Length)

- الكتلة: غرام، gram (Mass)

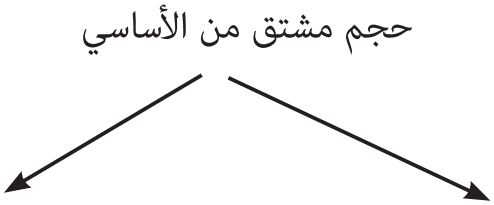
- الزمن: ثانية، second (Time)

- المسافة: متر، meter (Distance)

- القوة الكهربائية للتيار بالأمبير، (Ampere).

أنظر الجداول التالية:

حجم أساسي الوحدات



خطي (Linear)	دائري (Rotational)
-الطول L(m) (Length)	
-الارتفاع h(m) (Height)	
-المسافة (Displacement) d(m) أو S أو X الإزاحة الخطية	$\theta = \frac{s}{R}$ or $\frac{L}{1}$ الإزاحة الدورانية
-الزمن (ثوان) (Time) t (sec)	Angular velocity $\omega = \frac{O(rad)}{t\ (sec)}$ أوميغا Omega
- السرعة Velocity (Speed) $S = \frac{(St\text{-}So)(m)}{T\ (sec)}$ ⇨ V (m/s) = d/t	
- العجلة (التسارع) Acceleration (m/sec²) $a = \frac{X}{T^2}$	Angular Acceleration (Alfa) $\alpha = \frac{\Delta\ \omega}{T^2}$ rad/sec²
- الوزن Weight (w = m.g) - الكتلة (Mass) مقدار ما يحتويه الجسم من مادة m(kg)	$I=\Sigma mr^2(kg/m^2)$ عزم القصور الذاتي Moment of Inertia

العزم (عزم قوة الدوران) T=Fr Torque Momentum of Force = F, Moment of Arm = r	- القوة (Force) F(Newton)= m. a (kg.m/sec²)
كمية الحركة Angular Momentum «H» or »L» = I ω (kg/m²/s)	مقدار الحركة\ كمية الحركة الدورانية L = m.v (kg.m/s) (هي حاصل ضرب كل من الكتلة والسرعة)
Angular Impulse = change in moment $\Sigma F.\Delta t = m\ (Vt-Vi)$ $\Sigma\ Ta.\Delta t = (Ht - Hi)$	- الدفع الخطي (Impulse) ΔM=F(N).t (sec)
	الشغل W=F.d - F.d= U, (work) Joule = (N).(m)
	المقدرة (Power) (watt) $P = \frac{U\ (\ j\ )}{T\ (sec)}$
Rotational Energy =12/ m.I. w	الطاقة الكامنة PE = w.h or PE=m.g.h Potential Energy
Tangential Acceleration at = α r	عجلة الجاذبية (g-m/sec²)
Centripetal Acceleration ar = $\frac{V^2}{r}$ tangential r = Radius V²t =Tangential Linear Velocity	- الطاقة الحركية (kinetic Energy) KE = $\frac{1}{2}$ / m.V²

ω^2 = Angular Velocity ar = $\omega^2 r$	
	الضغط Pressure: P = F/area
	الكثافة Density ρ(rho) =mass/volume (m/v)

جدول رقم (26)

QUANTITY	NAME OF DERIVED SI UNIT	SYMBOL
Area	square meter	m^2
Volume	cubic meter	m^3
Velocity	meter per second	m/s
Acceleration	meter per second squared	m/s^2
Density	kilogram per cubic meter	Kg/m^3
Current density	ampere per square meter	A/ m^2
Magnetic field strength	ampere per meter	A/m
Specific volume	Cubic meter per kilogram	m^3/kg

Luminance	Candela per square meter	cd/ m ²

جدول رقم(27، أ)

QUANTITY	SPECIAL NAME OF DERIVED SI UNIT	SYMBOL	VALUE IN TERMS OF ASE OR SUPPLEMENTARY SI UNITS OR IN TERMS OF OTHER DERMED SI UNITS
Frequency	hertz	Hz	l/s
Force	newton	N	$Kg.m/s^2$
Pressure, stress	pascal	Pa	N/m^2
Energy,work, quantity of heat	joule	J	N.m
Power	watt	W	J/s
Quantity of electricity	coulomb	C	A.s
Electric potential	volt	V	W/A
Capacitance	farad	F	G/V
Electric resistance	ohm	Ω	V/A
Conductance	siemens	S	A/V
Magnetic flux	weber	Wb	V.s
Magnetic flux density	tesla	T	Wb/ m^2
Inductance	henry	H	Wb/A

Luminous flux	lumen	lm	cd.sr
Illuminance	lux	Ix	Im/ m^2
Activity (of radio nuclides)	becquerel	Bq	1/s
Absorbed dose	gray	Gy	J/kg

جدول رقم (27، ب)

QUANTITY	NAME OF UNIT	UNIT SYMBOL	DEFINITION
Time	minute hour day	min h d	1min=60 s 1 h=60 min 1 day=24 h
Plane angle	degree minute second	° ′ ′′	1°=(Π/180) rad 1′ =(160/) ° 1′′=(160/) ′
Volume	liter	l	1 l=1 dm^3
Mass	metric ton	t	1 t= 10^3 kg

جدول رقم (28)

Imperial and Metric Conversion Factors

Length الطول -			
inches to millimeters	25.4	millimeters to inches	0.0393701
feet to meters	0.3048	meters to feet	3.28084
yards to meters	0.9144	meters to yards	1.09361
furlongs to kilometers	0.201168	kilometers to furlongs	4.97097

miles to kilometers	1.609344	kilometers to miles	0.621371
- المساحة Area			
square inches to square centimeters	6.4516	square centimeters to square inches	0.1550
square feet to square meters	0.092903	square meters to square feet	10.7639
square yards to square meters	0.836127	square meters to square yards	1.19599
square miles to square kilometers	2.589988	square kilometers to square miles	0.386102
acres to square meters	4046.856422	square meters to acres	0.000247
acres to hectares	0.404866	hectares to acres	2.469955
- السعة Volume/Capacity			
cubic inches to cubic centimeters	16.387064	cubic centimeters to cubic inches	0.061024
cubic feet to cubic meters	0.028317	cubic meters to cubic feet	35.3147
cubic yards to cubic meters	0.764555	cubic meters to cubic yards	1.30795
cubic miles to cubic kilometers	4.1682	cubic kilometers to cubic miles	0.239912
fluid ounces (U.S.) to milliliters	29.5735	milliliters to fluid ounces (U.S.)	0.033814
fluid ounces (imperial) to milliliters	28.413063	milliliters to fluid ounces (imperial)	0.035195
pints (U.S.) to liters	0.473176	liters to pints (U.S.)	2.113377

pints (imperial) to liters	0.568261	liters to pints (imperial)	1.759754
quarts (U.S.) to liters	0.946353	liters to quarts (U.S.)	1.056688
quarts (imperial) to liters	1.136523	liters to quarts (imperial)	0.879877
gallons (U.S.) to liters	3.785412	liters to gallons (U.S.)	0.264172
gallons (imperial) to liters	4.54609	liters to gallons (imperial)	0.219969
- الوزن/ الكتلة Mass/Weight			
ounces to grams	28.349523	grams to ounces	0.035274
pounds to kilograms	0.453592	kilograms to pounds	2.20462
stone (14 lb) to kilograms	6.350293	kilograms to stone (14 lb)	0.157473
tons (U.S.) to kilograms	907.18474	kilograms to tons (U.S.)	0.001102
tons (imperial) to kilograms	1016.046909	kilograms to tons (imperial)	0.000984
tons (U.S.) to metric tons	0.907185	metric tons to tons (U.S.)	1.10231
tons (imperial) to metric tons	1.016047	metric tons to tons (imperial)	0.984207
- السرعة Speed			
miles per hour to kilometers per hour	1.609344	kilometers per hour to miles per hour	0.621371

feet per second to meters per second	0.3048	meters per second to feet per second	3.28084
Force القوة -			
pound-force to newton	4.44822	newton to pound-force	0.224809
kilogram-force to newton	9.80665	newton to kilogram-force	0.101972
Pressure الضغط -			
pound-force per square inch to kilopascals	6.89476	kilopascals to pound-force per square inch	0.145038
tons-force per square inch (imperial) to megapascals	15.4443	megapascals to tons-force per square inch (imperial)	0.064779
atmospheres to newtons per square centimeter	10.1325	newtons per square centimeter to atmospheres	0.098692
atmospheres to pound-force per square inch	14.695942	pound-force per square inch to atmospheres	0.068948
Energy الطاقة -			
calorie to joule	4.1868	joule to calorie	0.238846
watt-hour to joule	3,600	joule to watt-hour	0.000278
Power القدرة -			
horsepower to kilowatts	0.7457	kilowatts to horsepower	1.34102
Fuel consumption احتراق الوقود -			

miles per gallon (U.S.) to kilometers per liter	0.4251	kilometers per liter to miles per gallon (U.S.)	2.3521
miles per gallon (imperial) to kilometers per liter	0.3540	kilometers per liter to miles per gallon (imperial)	2.824859
gallons per mile (U.S.) to liters per kilometer	2.3521	liters per kilometer to gallons per mile (U.S.)	0.4251
gallons per mile (imperial) to liters per kilometer	2.824859	liters per kilometer to gallons per mile (imperial)	0.3540

جدول رقم(29)

SI Units

Quantity	SI unit	Symbol
absorbed radiation dose	gray	Gy
amount of substance	mole 1	mol
electric capacitance	farad	F
electric charge	coulomb	C
electric conductance	siemens	S
electric current	ampere 1	A
energy or work	joule	J
force	newton	N
frequency	hertz	Hz

illuminance	lux	Lx
inductance	henry	H
length	meter 1	M
luminous flux	lumen	lm
luminous intensity	candela 1	cd
magnetic flux	weber	Wb
magnetic flux density	tesla	T
Mass	Kilogram 1	kg
Plane angle	radian	rad
potential difference	volt	V
power	watt	W
pressure	pascal	Pa
radiation dose equivalent	sievert	Sv
radiation exposure	roentgen	R
radioactivity	becquerel	Bq
resistance	ohm	Ω
solid angle	steradian	sr
sound intensity	decibel	Db
temperature	°Celsius	°C
temperature, thermodynamic	kelvin 1	K
Time	second 1	s
1) SI base unit.		

جدول رقم (30)

وأخيـراً، يجـب أن ننظـر إلـى الحجـوم علـى انفـراد، والخصائـص

البيوميكانيكية والعناصر بشكل جماعي ومن خلالها نحدد كل الواجبات الحركية وعملياتها. وبالتالي من خلال هذه النماذج سواء أكان بشكل منفرد أم بشكل جماعي تتشكل فكرة البيوميكانيك التي نعمل على دراستها. إن نظام البيوميكانيك لجسم الإنسان (dio-system) يشكل عملية اتحاد متكامل للأجهزة المختلفة لجسم الإنسان سواء أكانت داخلية أم خارجية في وحدة متكاملة (الجهاز العصبي، والجهاز العضلي، والجهاز التنفسي،....).

يوجد ثلاث خصائص بيوميكانيكية للتمارين الرياضية المختلفة وكما يوجد مبادئ أساسية ميكانيكية.

الخصائص الحركية، هي:

- الخاصية الكينماتيكية؛
- الخاصية الكيناتيكية؛
- الخاصية البيوستاتيكية.

أ- الكينماتيكا (kinematics): هي خاصية حركية تعرف على أنها «علاقة زمنية مكانية بحتة» بصرف النظر عن القوى المسببة لهذه الحركة، وهي واحدة من فرع الديناميكا.

تعريف الحركة كينماتيكياً: يُعرفها «برويـر- Brower»: (على أنها انتقال الجسم أو أحد أجزائه من مكان إلى آخر في اتجاه معين وبسرعة معينة).

* مراجعة تعريف «Solter and Genes» الحركة في الموضوع السابق.

إن البيوكينماتيك يطلق عليه «علم الوصف الهندسي للحركة» في المكان وتحديد الزمان الذي ستستغرقه من خلال دراسة الحركة الميكانيكية للنقاط المادية والأجسام الصلبة دون التطرق إلى السبب أي «القوة».

إن الخصائص البيوكينماتيكية للجسم وحركاته هي قياس وضعية الإنسان وحركته في المكان أو في الزمان أو في المكان والزمان معاً، إضافة إلى المقارنة.

وقبل توضيح الخصائص البيوكينماتيكية المختلفة علينا إعطاء تصوّر واضح عن الخصائص المكانية والمنظومة الحسابية وأنظمة الرؤية والحركات النسبية ومجال مقارنتها ومستويات الحركة ومحاورها.

المنظومة الحسابية للمسافة: هي النسب المختارة للأجسام الصلبة بالنسبة إلى الأوضاع المحددة للأجسام الأخرى في أوقات زمنية مختلفة أي إنّ جسم المنظومة نحدده بمسافة معينة مختارة ونحسب بقية الأجسام بالنسبة إلى هذه الحركة النسبية التي تم اختيارها.

المنظومة الحسابية للزمن: فإنها تؤكد شيئين أساسيين هما بداية الحركة ووحدة القياس المستعملة -ففي بداية المنظومة الحسابية لقياس الزمن نستعمل الساعة /الدقيقة /الثانية وعشر الثانية، والتوجه أثناء رصد الوقت مع مرور الزمن أي من الماضي إلى الحاضر ودراسة

الحركة أيضاً يمكن قياسها أو حسابها في الاتجاه العكسي مثلاً (0,02) ثانية قبل الضربة و(0,05) ثانية قبل ترك قدم الارتكاز الأرض وغيرها.

مثال: أ- منتصف الليل لكل المؤسسات ودوائر النقل وغيرها من المشاريع.

ب- منتصف الليل ومنتصف النهار في الظروف الحياتية والاعتيادية.

ج- الوقت الكمي مثل استعمال شريط القياس من الصفر في ظروف المباريات (ألعاب الوثب....).

المنظومة الحسابية للمسافة والزمن: ننظر إليها كحالة نسبية من خلال مقارنة بعضها ببعض.

فلو نظرنا مثلاً إلى شاشة التلفزيون فبإمكاننا استعمال الشاشة أو أي جزء ظاهر عليها كجسم للمنظومة محدثة نظاماً للإحداثيات وبداية لحساب الوقت.

الطالب الذي يجلس في الصف (في الجامعة) هو في حالة سكون نسبة إلى الجالسين معه في القاعة ولكنه يتحرك نسبة إلى الحالات التالية:

- هو والجالسون في القاعة والمدينة التي تضمهم (محافظة بيروت وجبل لبنان..) يدورون حول محور الكرة الأرضية.

- هو والجالسون في القاعة يتحركون حول الشمس بسرعة تقارب (108000 كلم / بالساعة).

- هـو والجالسـون فـي القاعـة مـع النظـام الشمسـي يتحركـون فـي الفضـاء العالمـي بسـرعة أكثـر...

لـذا نقـول، إن حركـة جسـم الإنسـان وثباته هـي حالة نسـبية؛ هذا من جهـة ومـن جهـة ثانيـة، نـرى أن الإنسـان فـي حالـة ثبـات، وهـو فـي الوقت نفسـه وبشـكل متواصـل يتحـرك داخليـاً مـن خـلال حركـة أجهزتـه الداخليـة كحركـة أضـلاع القفـص الصـدري للجسـم عنـد التنفـس والـدورة الدموية...

لذلـك مـن خـلال حركـة جسـم الفـرد ووصفهـا مـن خـلال القوانيـن الحركيـة، ينبغـي تحديـد حركـة كل نقطـة مـن نقـاط الجسـم نسـبة إلـى المنظومـة الحسـابية، أي تحديـد المسـافة مـن الناحيتين الأفقيـة والعمودية نسـبة إلـى محـوري (X، Y)، لذلـك يتضح لنـا، أن البيوكينماتيك يشـمل نوعين أساسـيين:

(i)- بيوكينماتيك النقاط المادية.

(ii)- بيوكينماتيك النظام المادي لنقاط جسم الإنسان.

أي بالإمـكان تحديـد أي نقطـة مـن نقـاط الجسـم أو تحديـد نقـاط الجسـم ككل باعتبـاره نظامـاً ماديـاً واحـداً متكامـلاً.

وعـادة تعـرف «المنظومـة الحسـابية» بأنهـا الشـيء الثابـت غيـر المتحـرك والمرئـي الـذي مـن خلالـه نحـدد حركـة نقـاط الجسـم والأدوات الرياضيـة، ويمكـن تحديـد موضع جسـم الإنسـان أو مكانه من خلال النسـبة التـي نختارهـا للأجسـام الثابتـة الإراديـة، وهـذا مـا نطلـق عليـه «جسـم المنظومـة».

يوجـد نظامـان للمقارنـة والرؤيـة للحـركات، أنظـر الجـدول رقـم (31)، والصـور (32، 33،34)، همـا:

- نظام الرؤية المتحرك
- نظام الرؤية الثابت.

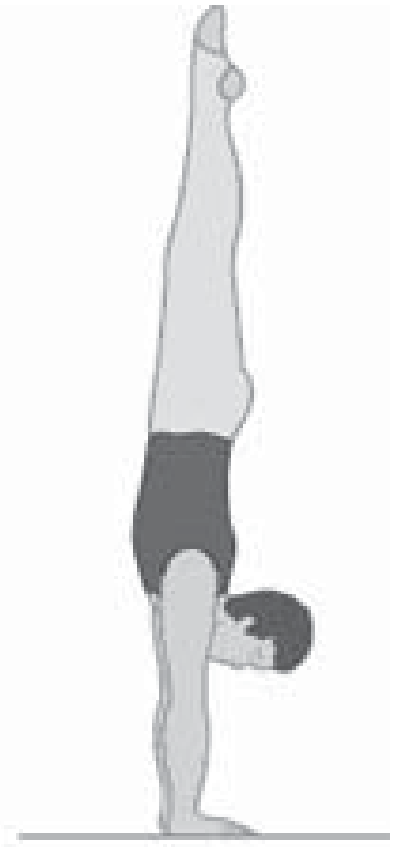
والحركـة فـي الميكانيـكا تكون بأشـكال مختلفـة، فهي إما نسـبية وإما مطلقـة وإمـا متغيرة وإمـا نهائية.

وقـد تكـون المنظومة الحسـابية ثابتة تؤخذ كمبدأ لقيـاس حركة نقاط الجسـم الماديـة (كالشـجرة، وخـط البدايـة، لوحة الارتقـاء، منصـة التتويج..) وإذا لـم تتوافـر المنظومـة الحسـابية على الصورة نحددها بخـط وهمي نازل ومتقاطـع فـي نقطة على مسـتوى الفقرة القطنية الخامسـة للعمـود الفقري.

وقبـل وصـف حركـة جسـم الفـرد نسـبياً نحـدّد المنظومـة الحسـابية، ونختـار لذلـك النقـاط الماديـة للحلقـات الحيـة (مركـز كتلـة الـرأس، مفصـل الكتـف، مفصـل الفخـذ،...) لمقارنتهـا مـن خـلال تحديـد أنظمـة الرؤيـة المتحركـة والثابتـة للشـخص الرياضـي أو لأجـزاء جسـمه.

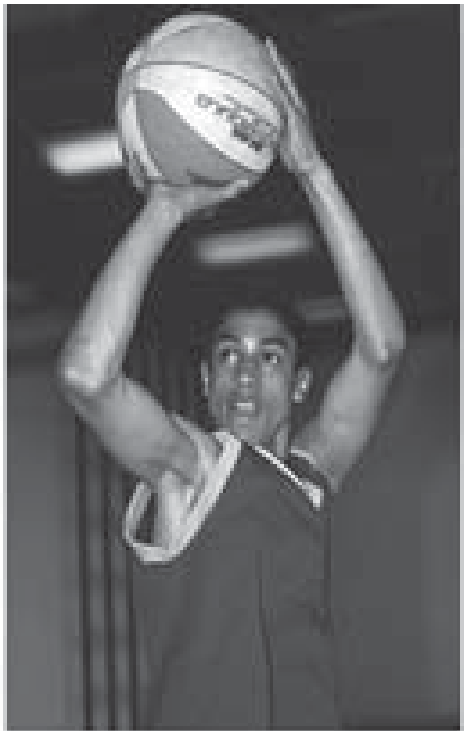
حركة الجسم وأجزاؤه	أنظمة الرؤية الثابتة	أنظمة الرؤية المتحركة
1 -المسافر	المنصة	حركات العربة(العربات)
2 -السباح	حافة النهر(الجرف)	الماء في النهر، الزورق
3 -لاعب الجمباز	الأرض (المجال)	حركات الساعد
4 -الكف الماسكة للرمح	مجال الرمي	جسم الرامي أو مفصل الكتف
5 -قدم الراكض	مجال الركض	جسم الراكض أو مفصل الفخذ

جدول رقم (31)



صـورة رقـم (32)

صـورة (33)



صورة (34)

ولكي نحدد القياس الصحيح لأي حركة لجسم الإنسان، يجب تحديد:

أ- الوضع الابتدائي (بداية الحركة ونهايتها).

ب- الاتجاه

ج- بعض اللحظات الزمنية للوضعيات المتداخلة والمتواصلة لجسمه وأجزائه أثناء أدائه الحركة.

د- وحدة القياس المستعملة.

في الكون، لا تتحقق أي حالة ثبات وإن بدت هكذا لجسم الفرد، فهو في الحقيقة يتحرك أيضاً بالنسبة إلى موقعه في الكون.

II - يوجد ثلاثة مستويات ومحاور وهمية، أنظر الصورتين رقم (35، 36)، نقسم جسم الإنسان إلى أنصاف متساوية:

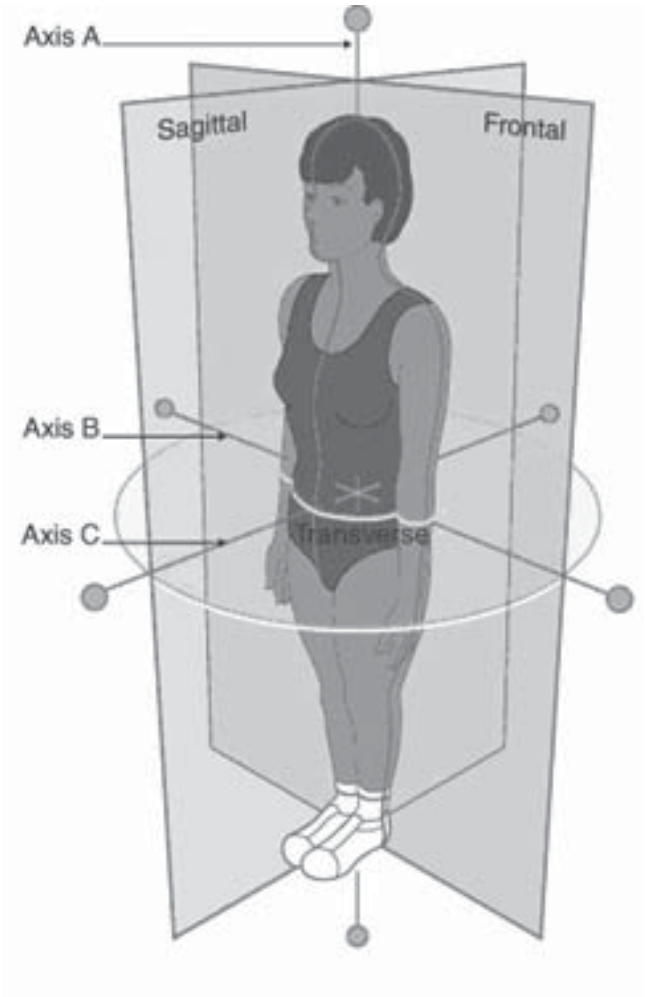
* المستوي الجانبي ومحوره أفقي يمر من جانب إلى آخر

وعمـودي علـى المسـتوي ومـوازٍ لسـطح (axis Sagital plane, Transversal) الأرض - حركـة المشـي علـى الذراعيـن أو الرجليـن، الـدوران علـى العقلـة - الشـقلبة الأماميـة - تقـوس الظهرخلفـاً - مرجحـة الرجـل أمامـاً وخلفـاً.

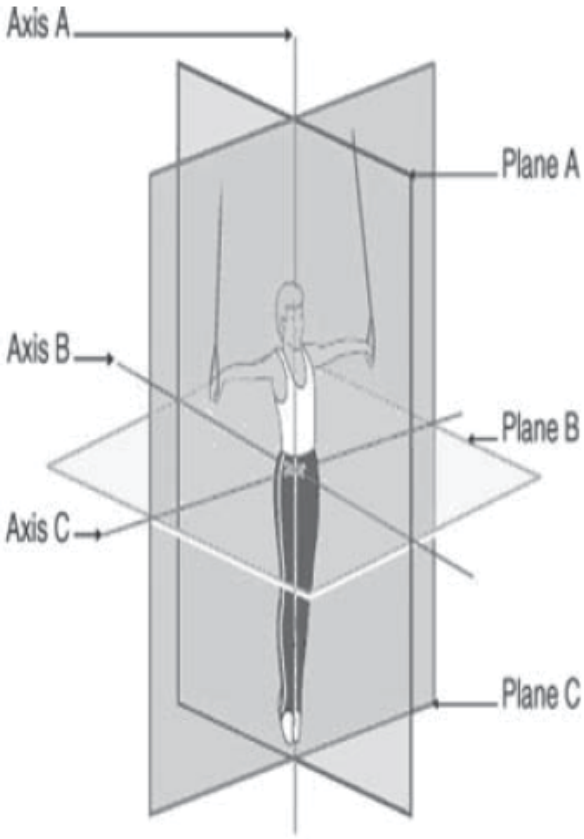
ينقسـم جسـم الإنسـان إلـى قسـمين متسـاويين فـي الـوزن أحدهمـا إلـى الجهـة اليمنـى والآخـر إلى الجهة اليسـرى وعمـودي على سـطح الأرض.

* المسـتوي الأمامي ومحوره السـهمي (ويخترق من الأمام إلى الخلف بشـكل عمـودي) - (axis (Frontal plane, Vertical يقسـم جسـم الإنسـان إلـى نصفيـن متسـاويين فـي الوزن، قسـم أمامي وآحـر خلفي، ويقـع عمودياً على سـطح الأرض. الوثـب فـي المكان والـدولاب وثني الجذع إلـى لجانب.

* المسـتوي الأفقـي ومحـوره العمـودي (الرأس) يخترق مـن الرأس إلى القدميـن - يقـع بشـكل أفقـي علـى الجسـم (axis Horizontal plan Vertical) مقسـماً الجسـم إلى قسـمين متسـاويين أعلى وأسـفل وموازٍ لسـطح الأرض. حركـة لـف الـرأس، ودوران الـذراع، ودوران الجـذع، كالباليـه ورمـي القـرص والمطرقة.



صورة رقم (35)



صورة رقم (36)

صورة رقم (37)

أسئلة المراجعة

- أعط أمثلة رياضية متنوعة تحدد فيها أنظمة الرؤية الثابتة والمتحركة.
- إشرح كيف يستفيد معلم التربية الرياضية من مستويات محاور الحركة في الأنشطة الرياضية أثناء عملية التعليم مع أمثلة.

6 - الخصائص الديناميكية (الحركية - الكينماتيكية)

I ـ المبادئ الأساسية للحركة.

II ـ قانون «نيوتن».

III ـ العوامل المؤثرة في الحركة.

المصطلحات الأساسية: الاتزان، إنتاج القوة، امتصاص القوة، المقذوفات، قوانين «نيوتن»، كمية الحركة، الاحتكاك، القوة..

I ـ المبادئ الأساسية للحركة

تعتبر الخصائص البيوديناميكية قسماً من البيوميكانيك، وهي تهتم بدراسة القوانين الحركية للإنسان والأسباب الميكانيكية المحدثة للحركة تحت تأثير القوة، ومعرفة العلاقة المباشرة بين تغيير الحركات والقوة المسببة لذلك من خلال الاهتمام بالنواحي الفيزيولوجية والتشريحية للكائن الحي.

كما يهتم البيوديناميك بدراسة الأسباب الموجبة لحركة الإنسان،

وهـي القـوى الناتجـة مـن جـراء التفاعل المباشـر بيـن حلقات الجسـم الحية المختلفـة لقـواه الداخلية مـع القوى الخارجية محققة عمل القوة، أو بشـكل غيـر مباشـر مـن خـلال القـوة الخارجيـة للجاذبيـة الأرضيـة أو المغناطيسـية للكـرة الأرضيـة والقـوى الأخـرى، فاليـوم تعـد الميكانيـكا الأسـاس لتوضيـح المهـام الحركيـة المهمـة مـن خلال:

أولاً: اكتشاف العلاقة المتبادلة بين جسم الإنسان وحركته.

ثانيـاً: تحديـد حركـة الإنسـان من خـلال التفاعـل المعروف بيـن القوى الداخليـة العضليـة للإنسـان والقـوى الخارجية للأجسـام الأخرى.

* مـن هنـا نسـتطيع القـول إنـه يوجـد أربعـة مبـادئ أساسـية للحركـة وهي:

1 -الاتزان، 2 -إنتاج القوة، 3 -امتصاص القوة، 4 -المقذوفات.

- ومـن جهـة ثانيـة، نقـول إن ميـزة جسـم الإنسـان تتحـدد مـن خـلال اسـتمراريته، أي إن خاصيـة حركتـه الانتقاليـة تتـم مـن خـلال التفاعـل مـع الأجسـام الأخـرى، وترتبـط بخاصيـة الاسـتمرارية حالـة الحفـاظ علـى سـرعة الجسـم أو تغييرهـا.

فالحركـة توحـي بالتحرك، والجسـم يمكن أن يتحـرك ككل أو من خلال بعـض أجزائـه أو جـزء واحـد فقـط، ومـن الممكـن أن يحـرك الجسـم جسـماً آخر.

وكل شـيء يتحـرك وفقـاً لقوانيـن الحركـة التـي تحـدد شـروط حركـة الأجسـام وكيفيتهـا.

من هنا، علينا كمدرسين مساعدة تلامذتنا على إدراك الحركة والقوى المسببة لها، وما يترتب على ذلك من أسس ومفاهيم. عندما يتحرك أو يتغير موضع جسم ما، يُقال إن الجسم يتحرك، ولتحريك أو تخفيف حركة جسم ما أو تغيير اتجاهه أو تحريكه بسرعة فإنه يحتاج إلى قوة، وجميع هذه الحركات تتأثر بقوانين ثلاثة رئيسية اكتشفها العالم «نيوتن»، وأي شيء يتحرك يخضع لهذه القوانين.

II - قانون «نيوتن»

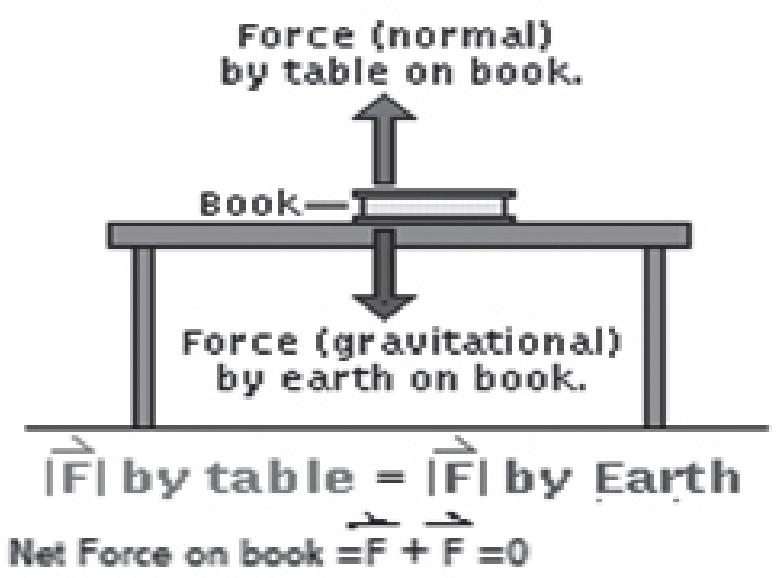
فالقانون الأول «لنيوتن»: تناول «الاستمرارية» أو قانون «القصور الذاتي»، أي إن الجسم الثابت يبقى ثابتاً، والجسم المتحرك يبقى متحركاً بالسرعة نفسها ما لم يتأثر بقوة أخرى. والمقصود بالقوى المؤثرة هي قوة العضلات أو قوة الجاذبية أو قوة مقاومة الهواء أو الاحتكاك. أنظر إلى الصورة رقم (38).

إذاً حصيلة القوى الخارجية على جسم ما تساوي صفراً.

$$F= 0 \Rightarrow V = V_0 = 0$$

أو يكون الجسم إما ساكناً وإما متحركاً بسرعة ثابتة

Constant (k) V=V0=K سرعة ثابتة



صورة رقم (38)

مثال: - عندما نرفع ذراعنا إلى الأعلى فإنها ستنتقل في البداية بفعل القوة العضلية ثم تتحرك الذراع إلى الأعلى بفعل الاستمرارية. أنظر إلى الصورة رقم (39).

صورة رقم (39)

- عندما يدور لاعب الجمباز حول العقلة فإنه يتحرك بفعل الاستمرارية، وهكذا نرى أن الحفاظ على سرعة الجسم أو ثباته دون تغيير بالاتجاه والمقدار المطلوب يحصل من تعادل القوى الخارجية مع القوى الداخلية وحصيلتها تساوي صفراً.

- نلاحظ حالة الشخص الجالس في السيارة فعندما تتحرك السيارة إلى الأمام من الثبات يرجع جسمه إلى الخلف، وإذا توقفت السيارة فجأة، نراه يتحرك إلى الأمام بفعل قوة الاستمرارية.

أما **القانون الثاني** «**لنيوتن**» فهو: إن كمية العجلة لجسم ما، تتناسب طردياً(موازياً) مع القوة وعكسياً مع الكتلة، وهذا يعني أنه إذا تعرضت أجسام لها كتل متساوية لقوى مختلفة فإن القوة الأكبر هي التي تنتج سرعة أكبر، وإذا تعرضت أجسام لها قوى متساوية على جسمين ذوي كتلتين مختلفتين فإن الجسم ذا الكتلة الصغيرة يتحرك بسرعة أكبر.

- **الكتلة** (m) mass: هي كمية المادة في الجسم أو هي الكمية الثابتة لكل جسم، وهي لا تتغير حسب موقعها إن كانت على الأرض أو القمر أو كوكب آخر. كرة طبية، وكرة طائرة: دفعت كل واحدة بإصبع ثم أوقفت كل منهما براحة اليد... وهي متعلقة بالقصور الذاتي.

- **الوزن** (w) weight: يعتمد على جاذبية الأرض أو الكوكب، جسم ذو كتلة معينة، وزنه على كوكب الأرض أكبر من وزنه على القمر بست مرات.

ما هو **القصور الذاتي** inertia: يعرّف على أنه مقاومة العجلة، فكلما ازداد عزم القصور قلّت العجلة والعكس صحيح...

من هنا نستخلص أن قانون الديناميكا الثاني له علاقة بقانون القصور الذاتي، فإذا كان لدينا كتلتان متساويتان وسُلطت على كل منهما قوة واحدة متساوية فإن الجسمين سيحصلان على تعجيل متساو، وإذا كانت الكتلتان مختلفتين فسيكسبان تعجيلين مختلفين؛ فالجسم ذو الكتلة الكبيرة إذن سيكون قصوره الذاتي أكبر، وبالتالي تعجيله أقل من الجسم ذي الكتلة الصغيرة.

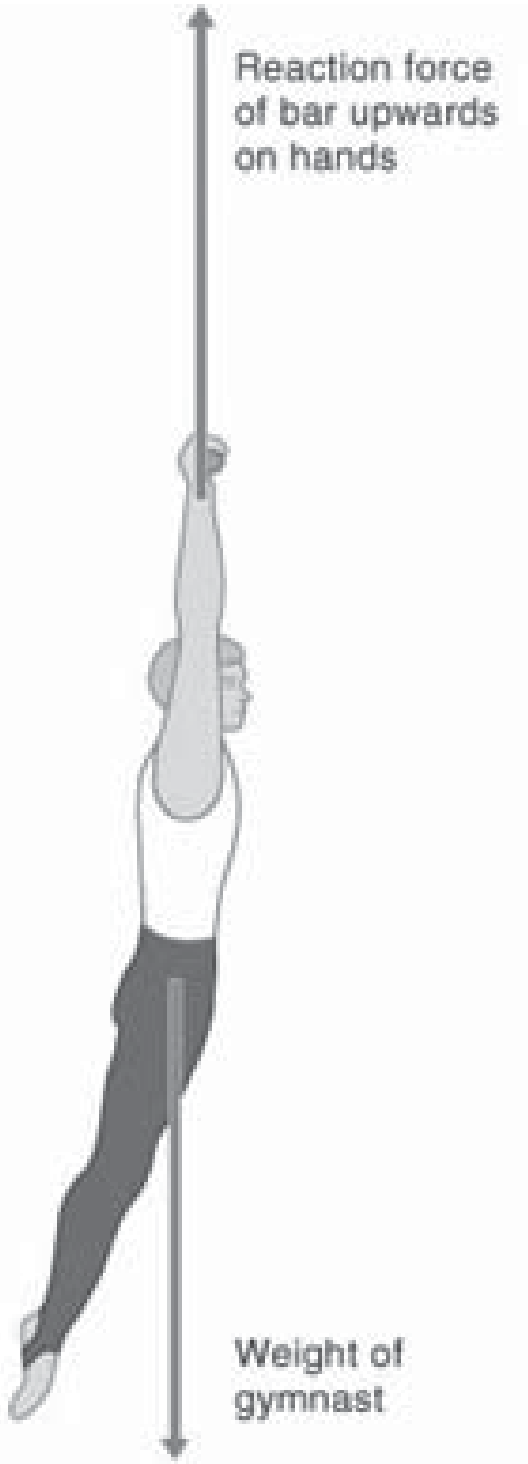
إن الكتلة ثابتة والوزن متغير، لذا، ففي حال صعودنا إلى الجبل أو نزولنا إلى منطقة منخفضة سيتغير الوزن، أما الكتلة فتبقى ثابتة.

لذا، فالتركيز الآن في المجال الرياضي على كتلة الجسم وليس على الوزن، وعلى توزيعها على أجزاء جسم الرياضي، وبالدرجة الأولى على مكان وقوع مركز كتلة الجسم (م ك ج) وهي تتطابق مع مركز الجاذبية للقوة على الجسم.

ويوجد تطبيقات رياضية على قانون الديناميكا الثاني وخصوصاً في ألعاب القوى (رمي القرص) الذي يحتاج إلى تعجيل جيد لرمي الأداة ويحتاج إلى قوة كبيرة لتحريك كتلة كبيرة للحصول على تعجيل قوة دفع، وبعكسه راكضو المسافات القصيرة. أنظر الصورة رقم (40).

صورة رقم (40)

قانـون نيوتـن الثالـث: (الفعـل وردّ الفعـل): لـكل فعل رد فعل مسـاوٍ لـه فـي المقـدار ومعاكـس لـه فـي الاتجـاه. أي كل القـوى التـي تعمـل فـي أي وقـت يجـب أن يكـون هنالـك قـوى مضـادة ومعاكسـة في الاتجـاه الآخر وبالمقـدار عينـه. فالقـوة التـي يحدثهـا الجسـم الأول هـو فعـل القـوة دائماً، والجسـم الثانـي هـو رد فعـل القوة بالاتجـاه المعاكـس. أنظـر الصورتين رقم (41-42).



صورة رقم(41)

صورة رقم (42)

المفاهيم الرئيسية الخاصة بالحركة والتي يجب على المعلمين استيعابها:

أ. المفهوم الأول: يحدد قانون نيوتن الأول أنه من الضروري وجود قوى لتحريك أي شيء أو توقيفه أو تغيير اتجاهه.

ب. المفاهيم الفرعية:إن الجسم الساكن يبقى ساكناً ما لم يحركه شخص أو قوى أخرى خارجية.

- يجب شد أو رفع الشيء المتحرك لتغيير اتجاهه.
- الأشياء المتحركة تظل كذلك ما لم توقفها قوى أخرى.
- عندما يتحرك جسم ما، فلا بد من تحرك جسم آخر أيضاً، فعندما يدفع فإنه يدفع في الاتجاه المعاكس.
- كلما كانت القوى الدافعة كبيرة كانت الحركة أسرع.
- كلما ثقل الجسم، زادت القوى المطلوبة لتحريكه.

III - العوامل المؤثرة في الحركة

أ- الكتلة (Mass)

ب- كمية الحركة (Momentum)

ج- القوة (Force)

د- الاحتكاك (Friction)

كمية الحركة: تعني قياس حاصل ضرب السرعة والكتلة. كلما زادت سرعة جسم ما، وكانت كتلته ثابتة زادت كمية حركته ($M = m_{kg} \times V_{m/s}$)، وكلما زادت كتلة جسم ما زادت كمية حركته في حال كانت السرعة ثابتة.عند الوثب لمسافة ما، فإن الفرد يجري بسرعة قبل الارتقاء حتى يتمكن من اكتساب كمية حركة تسمح له بالوثب أفقياً في الهواء قبل أن تشده الجاذبية الأرضية.

كمية الحركة الدورانية $L = I \omega$ (ω = السرعة الزاوية)

- مفاهيم أساسية مرتبطة بكمية الحركة:

1 - كمية الحركة تتأثر بالسرعة والكتلة،

2 - كلما زادت سرعة الجسم زادت كمية حركته،

3 - كلما زادت كتلة الجسم زادت حركته،

4 - يمكن للحركة أن تنتقل من جسم إلى آخر جزئياً أو بكاملها،

5 - حصيلة كمية الحركة تبقى ثابتة عند الاصطدام بجسم آخر.

القـوة: أيّ دفـع أو جهـد مبـذول علـى جسـم مـا يسـمى قـوة.أيّ عمل يقـوم بـه الإنسـان معـرض لقـوة أو قـوى تؤثر فـي توازنه.

يُرمـز إلـى القـوة بسـهم (➡) vector اتجاهـه باتجـاه السـهم مسـار القـوة وطولـه بحجـم القـوة الموضوعـة وبدايتـه نقطـة التأثيـر.

أ- الجاذبية: هي القوة الطبيعية التي تشد الجسم نحو مركز الأرض.

ب- مقاومـة الهـواء: هـي قـوة دائمـة الوجـود وهي تبطئ من سـرعة هبـوط الأجسـام المتحركـة، وإنّ تأثيرمقاومـة الهـواء في الأجسـام أو الأشـياء تتوقـف علـى الحجـم أو الشـكل أو النـوع، وهـذه العناصـر هـي التـي تحدد تيـار الهواء حول الأجسـام أو الأشـياء بسـرعة حركة الجسـم الـذي يصبح أيضاً عامـلاً يضاف إلـى العوامـل الأخرى.

إنّ الجسـم الخفيـف الـذي لـه مسـاحة مسـطحة كبيـرة يسـقط أبطـأ

مـن الجسـم الصغيـر الحجـم ولـه كتلـة كبيـرة، وهذا يفسـر عدم سـقوط كرة التنـس الأرضيـة والريشـة الطائـرة عند إطلاقهما مـن الارتفاع عينه وبالسـرعة عينهـا. وهنالـك أنـواع للقـوة: القـوة النسـبية، القـوة الانفجاريـة، القـوة الموازنـة، القـوة الحركيـة، القـوة المركزيـة.

الاحتـكاك: هـو مقاومـة الحركـة إلى الأمام على سـطح ما أو جسـم ما، والقـوة الناتجـة مـن احتكاك جسـمين تتوقف علـى طبيعة السـطحين وعلى القـوة التـي تجذبهما.أنظر الصـورة رقم (43).

إن وجـود حركـة معنـاه وجـود احتكاك، فـلا بد من احتكاك بين سـطح الجسـم وسطح الأرض.

هنالك ثلاثة أنواع من الاحتكاك: - البداية،

- الانزلاق،

- التدحرج.

القوة النسبية = القوة المطلقة ÷ الوزن الكلي

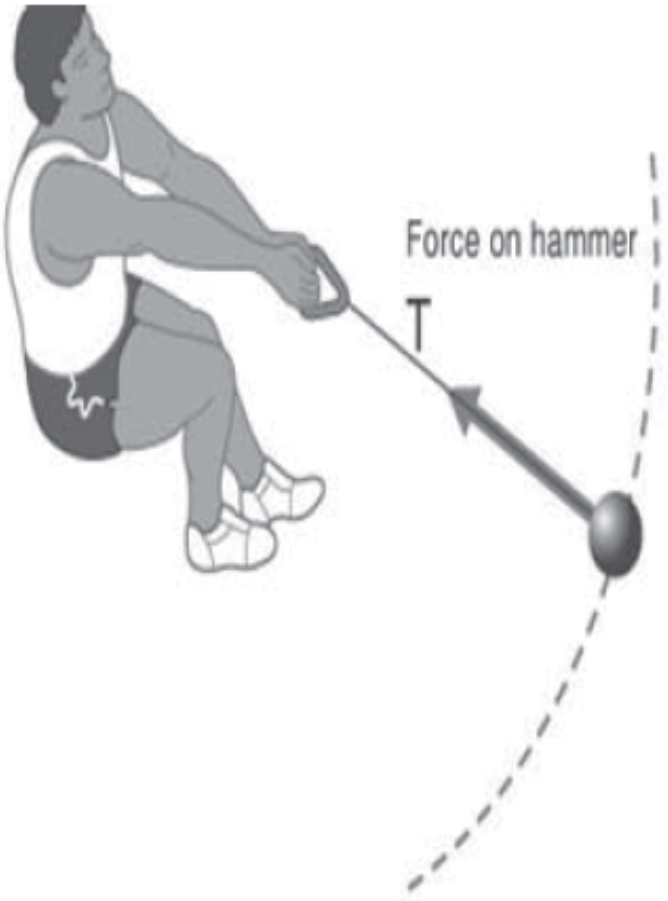
القـوة الانفجاريـة- هـي أقصـى مقاومـة يمكـن التغلـب عليهـا لفتـرة زمنيـة قصيـرة.

القـوة الحركيـة (الإيزوتونيـة) - هـي قـدرة عضـلات الجسـم علـى التغلـب علـى مقاومـة خارجيـة متحركـة.

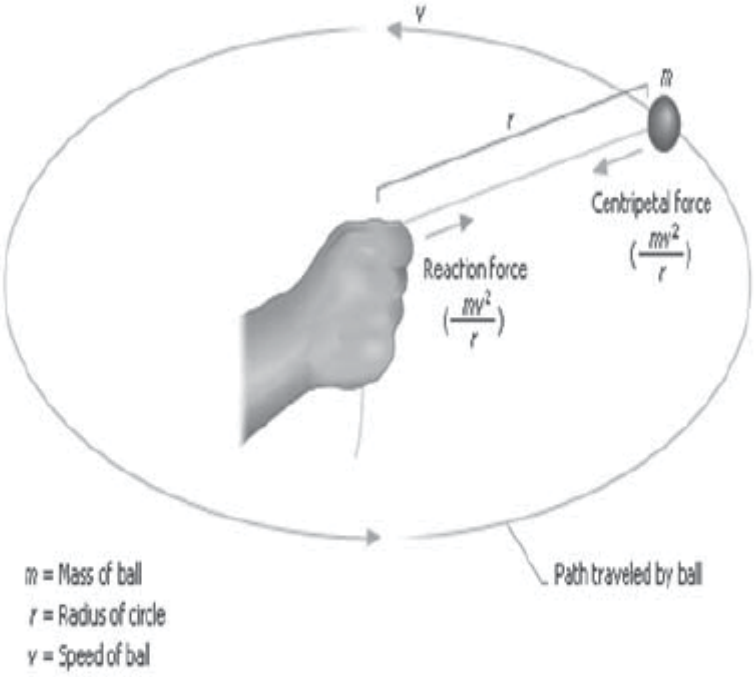
يعطى طفل كرتين واحدة منفوخة جيداً وواحدة غير منفوخة جيداً، يحاول الطفل أن يدحرج الكرتين، مرة على العشب المقصوص وأخرى على العشب الطويل ونتركه يستنتج.

القوة الجاذبية المركزية: هي قوة موجهة نحو مركز الحركة الدائرية- وهناك قوة معاكسة ضد هذا الجذب الداخلي.

مثال: إذا ربطنا كرة إلى حبل وحركنا الحبل دائرياً فوق الرأس سنشعر أن هناك قوة تشد الجسم إلى الخارج. وهذا ما يسمى **بقوة الطرد المركزية**. مثال على ذلك رمي المطرقة. أنظر الصورتين رقم (44 و 45).



صورة رقم(44)



صورة رقم(45)

مفاهيم أساسية عن القوى التي يجب على الأطفال تعلمها:

- القوة هي دفع أو شد (القوة هي القدرة على أداء عمل أو شغل).
- الجاذبية تشد كل الأشياء إلى الأسفل باتجاه مركز الأرض.
- العجلة هي معدل تغيير السرعة بالنسبة إلى الزمن.
- كلما أردنا زيادة العجلة لا بد من زيادة القوة.
- إن مقاومة الهواء تدفع الجسم في اتجاه معاكس وتبطئ طيرانه في الهواء.

- كلما زادت مساحة الجسم زادت مقاومة الهواء لحركته.

- الاحتـكاك هـو المقاومـة لحركة الجسـم الأمامية لسـطح أو جسـم ما متحـرك على سـطح ثابت.

- يجب التغلب على الاحتكاك لإحداث حركة الجسم.

هنالك نوعان من القوى:

قوى خارجية	قوى داخلية
قوة الجاذبية الأرضية (Force of Gravity)	قوة الجهاز العضلي
قوة الاحتكاك. قوة الدفع (Force of Friction)	القوة الذاتية
قوة المرونة (Force of Flexibility)	قوة رد الأفعال الخارجية
مقاومة الهواء (Air Resistance)	
قوة رد الأفعال. الارتكاز (Normal Force)	

إذا اسـتطاع شـخص مـا أن تتغلب قواه الداخلية علـى القوى الخارجية فسـتحدث حركة لجسـمه كالقفز أو الجري أو التسـلق، أما إذا أحدث العكس فسـيحدث سـقوط لجسـمه، كمـا هي الحـال عند الطفـل الصغير لعـدم قدرة عضلاتـه علـى مجاراة القوى الخارجية فتراه يسـقط بسـرعة.

الشغل(work) : (هو حاصل ضرب القوة بالإزاحة).

هو تأثير القوة الواقعة على الجسم عند إزاحة ما.

شغل القوة $U = F. d$

الطاقـة (Energy) : هـي القـدرة علـى بـذل عمـل مـا في وقـت قصير. للطاقـة أنـواع: حراريـة، كيميائيـة، كهربائيـة، ميكانيكيـة؛ إنّ حركـة الإنسـان

كآلـة تمكّنـه مـن أن يسـتمد طاقته من الطعـام (الوقود) وهو طاقـة كيميائية لتحويلـه إلـى طاقـة حركية لتحريـك الهيـكل العظمي.

ومـن أشـكال الطاقـة المتحولة هـي (الطاقـة الحركية) طاقـة كيناتيك- K.E، وهـذه الحركـة تكـون خطية.

وهـذا يعنـي أن الطاقـة لا تُحطم ولا تُخلق من لا شـيء بـل تتحول من شـكل إلـى آخر، وهذا هـو قانون الحفاظ علـى الطاقة.

K.E= ½ m.v [m=Mass (kg), v= Velocity (m/sec)]

الطاقـة الكامنـة (Potential Energy) - أمـا فـي حـال ظهـور الطاقـة الكامنـة، أي الطاقـة التـي نكتسـبها بفعـل وضعية الجسـم المختلفـة. وهناك نوعـان للطاقـة الكامنـة P.E:

1 -الطاقة الكامنة الجاذبة بالنسبة إلى العلاقة مع الأرض.

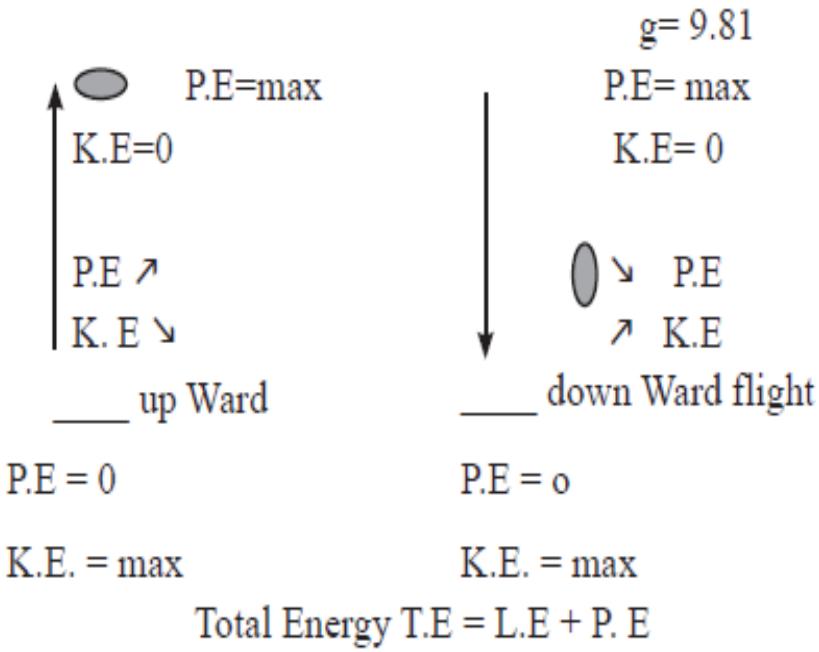
- P.E=W. h or P.E= m.g.h

2 - الطاقة المشدودة، وهي لها وظيفة مع شكل الظاهرة (الموضوع)

S.E = ½ k ΔX Strain Energy

K - ثابت التمغط للمادة (أو المط)، أي تغير الطول أو تشـوه الجسـم تحت تأثير الشـد = ΔX

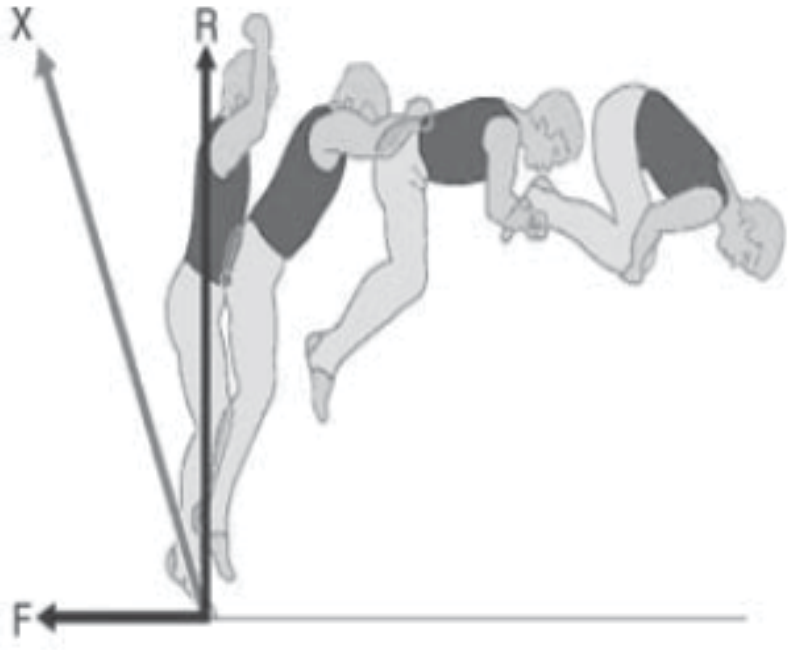
التحليق نحو الأعلى التحليق نحو الأسفل



عندما يسقط الرياضي نحو الأرض ستتناقص الطاقة الكامنة تدريجياً ليحل محلها طاقة حركية معادلة لما فقدته من الطاقة الكامنة حتى يصل الجسم إلى حالة السكون فتصبح الطاقة الكامنة صفراً وتصبح الطاقة الحركية بمقدار الطاقة الكامنة في البداية.

في أي نقطة من المسار من الأسفل إلى الأعلى أو العكس يكون فيها مجموع الطاقة يساوي الطاقة الكامنة زائداً الطاقة الحركية.

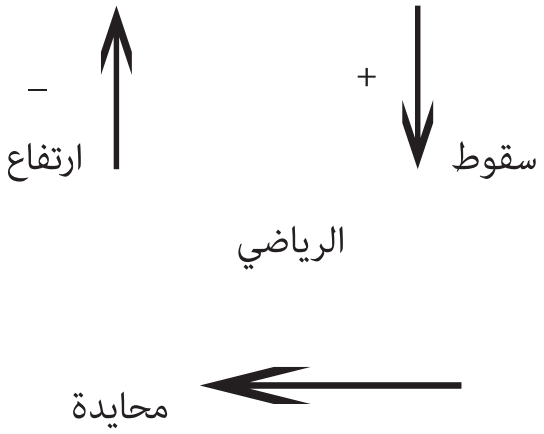
الطاقة الحركية للجسم تعتمد على السرعة اللحظية لكل موضع من الانتقال والكتلة طرداً. أنظر الصورة رقم (46)



صورة رقم(46)

شغل القوة يساعد على تحسين عمل إنجاز الرياضي

القوى المعوّقة	قوى محركة	قوى محايدة
$\alpha > 90^o$	F →	$\alpha = 90^o$
قوة الاحتكاك		F=0
قوة الماء		
قوة الهواء		



القـدرة (Power): فـي كثيـر مـن الحـركات الرياضيـة (الرمـي علـى أنواعـه والجمبـاز وتمارينه والجري السـريع والوثب العالـي والمصارعة وركل الكـرة...).

وعلـى الرياضـي أن يتعامـل مع جسـمه أو مع الأداة خـلال وقت قصير وبسـرعة كبيـرة لإنتـاج شـغل ميكانيكي جيد للجسـم، ويمكن تعريـف القوة بأنهـا مقـدار الجهـد المبـذول بقـوة كبيـرة وبمسـافة محـدودة بأقصـى زمـن ممكـن وتسـاوي خـلال الحـركات المسـتقيمة بحاصـل قسـمة التغييـر فـي العمـل علـى التغييـر فـي الزمن.

القدرة	P = Power
الشغل المبذول	W = Work done
الزمن	T = Time

$$P = W \div T$$

وتُعـد القـدرة الأسـاس الميكانيكـي لحـركات الإنسـان، وكثيـراً ما يقال عـن رياضـي معيـن إنّ قدرتـه أكثـر مـن قـدرةِ آخـر، وهـي تعتمـد علـى بنـاء الجسـم وشـكله الخارجـي؛ فالجسـم العضلـي قدرتـه أكثـر، وكذلـك

علـى العمـر والجنـس وعلـى مقـدار التدريـب بالأثقـال مثـلاً، وكلهـا عوامل تنمـي القـدرة عنـد الرياضـي وتحسـن مـن أدائه.

عـزم القـوة (Moment of Force or Torque): هـي القيمـة الميكانيكيـة لتأثيـر القـوة المسـببة فـي دوران الجسـم، وهـي تتجـدد عدديـاً مـن خـلال ضـرب القـوة فـي ذراعهـا (المسـافة من عـزم المركـز) إلى خـط تأثيـر القوة.

وبمـا أن جسـم الإنسـان هو نظـام للعضلات فهـو يميل دائمـاً إلى عزم القـوة أكثـر لكـي يحصل علـى توازن أمثـل. أنظر الصورتين رقـم (47 و 48)

يسـمى تأثيـر الإمالـة (الـدوران Torque-) الـذي تسـببه قـوة مـا وقـد يسـمى عـزم القـوة.

M = F. M (Moment of Arm)

صورة رقم(47)

صورة رقم(48)

* بعـض النقـاط للمقارنـة بين عمل القـوة وعزمها من ناحيـة الحركات المسـتقيمة والدائرية لجسـم الإنسان.

الحركات المستقيمة	الحركات الدائرية
- سبب تغيير السرعة تسمى القوة (F) - إذا كان مجموع القوى الخارجية المؤثرة في الجسم تساوي صفراً فهذا يعني أن الجسم يتحرك بسرعة ثابتة بفعل الاستمرارية أو يحافظ على ثباته إذا كان ثابتاً.	- سبب تغيير السرعة الزاوية للجسم يسمى عزم القوة (M). - إذا كان مجموع عزم القوة المؤثرة في الجسم يساوي صفراً فهذا يعني أن الجسم سيدور بفعل الاستمرارية بسرعة ثابتة أو يحافظ على ثباته.

- إذا كان مجموع القوى الخارجية المؤثرة في الجسم لا تساوي صفراً فهذا يعني أنّ الجسم سيتحرك بتعجيل خطي مستقيم. - التعجيل الخطي للجسم يتناسب طردياً مع القوة وعكسياً مع كتلة الجسم.	- إذا كان مجموع القوى المؤثرة في الجسم لا يساوي صفراً فالجسم سيدور بالتعجيل الزاوي. - التعجيل الزاوي يتناسب طردياً مع عزم القوة وعكسياً مع عزم استمرارية الجسم.

الحركة المعقدة

عندما يتحرك جسم الإنسان بشكل مستقيم ودائري في وقت واحد مثل (حركة الدراجة – فالعجلة تؤدي حركة دائرية والدراجة بأكملها تؤدي حركة مستقيمة من جراء العمل الدائري لأقسام الدراجة).

- القفز من أعلى إلى الماء.

- الوثب على طاولة القفز (جمباز)– (اقتراب – ارتقاء- طيران مع شقلبة- ثم هبوط).

أسئلة المراجعة

1- إشرح كيف يستطيع معلم التربية الرياضية أو المدرب الرياضي ربط مفاهيم قوانين «نيوتن» في العملية المعرفية التطبيقية لحصة التربية الرياضية المدرسية أو في التدريب الرياضي.

2- إشرح العلاقة بين الوزن والكتلة.

3- أعط أمثلة رياضية عن كيفية الاستفادة من العوامل المؤثرة للحركة إيجابياً.

7 - خاصية الحفاظ على وضعية الجسم (البيوستاتيك)

I - تعريف البيوستاتيك، المبادئ والقواعد العامة للتوازن، فوائد التوازن ومساوئه في الأنشطة الرياضية.

II - قائمة الأهداف الميكانيكية الأساسية للمهارات الرياضية.

III - تقسيم المهارات في ضوء النمط الحركي التابعة لها.

المصطلحات الأساسية: البيوستاتيك،التوازن، المهارة الرياضية.

I -يحتاج الرياضي أثناء أدائه للتمارين الرياضية إلى الحفاظ على وضعية جسمه أو أجزاء منه بشكل ثابت أو متوازن، دون تغيير في الارتكاز سواء في الوضع الابتدائي (أثناء بداية الحركة) جري (عدو 100م.)، أو في الأوضاع النهائية للحركة كتثبيت الثقل فوق الرأس (لرافعي الأوزان)، أو في حركات الجمباز الأكروباتيك...

ولكي نحافظ على خاصية وضع جسم الرياضي المتوازنة، علينا أن نهتم بنواح متعددة، أهمها:

وقفة الرياضي، أي علاقة حلقات الجسم المختلفة بعضها ببعض.

مدى الرؤية لمكان وقوع أو وضعية جسم الرياضي في مكان ما.

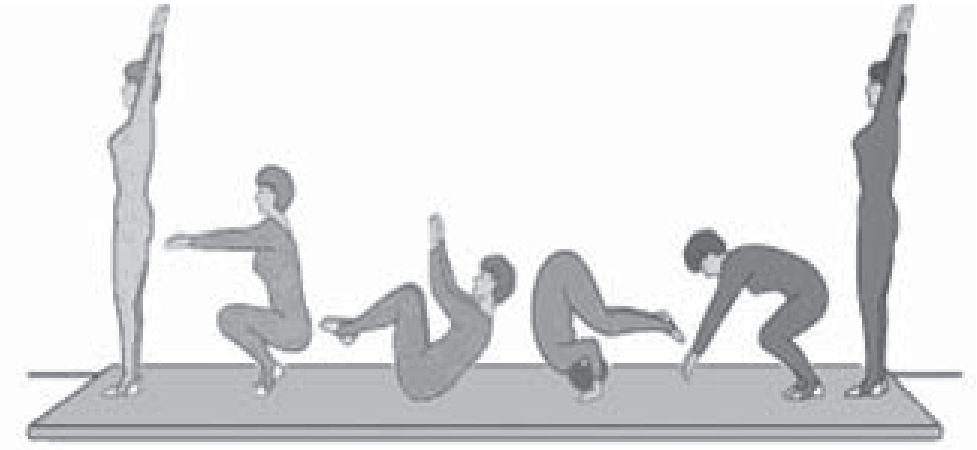
مكان وقوع الجسم أثناء تنفيذه للحركات.

علاقات الجسم وأجزائه بالارتكاز.

وهـذا يعنـي أن البيوسـتاتيك تـدرس ظـروف التـوازن لجسـم الرياضـي تحـت تأثيـر القـوة أثناء أدائه للتماريـن الرياضية حفاظاً على وضعية جسـمه وأجزائـه. ومـن خـلال التفاعـل والتكافـؤ بين القـوة العضلية الداخليـة والقوة الخارجيـة يحـدث اتزان للجسـم كالوقوف.

لاعب الجمباز- في بداية الحركة ونهايتها. أنظر الصورة رقم (49).

العـداء والملاكـم- يجـب أن تكـون وقفتـه متوازنـة ممـا سـتزيد مـن المحافظـة علـى وضعـه بالإيقـاع والـوزن الملائـم لاكمـال حركتـه والوصـول إلـى الهـدف.

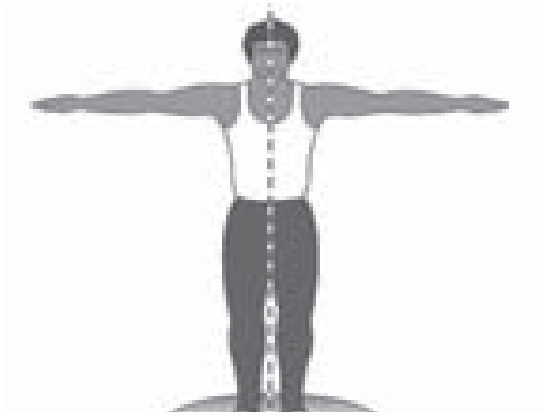


صورة رقم (49)

مبادئ التوازن

i - **التوازن المستقر: (Stable equilibrium)**

كلما اقترب وقوع خط الجاذبية على مركز قاعدة الارتكاز يحدث لدينا توازن ثابت (التعلق على العقلة). أنظر الصورة رقم (50 و51 و 52).



صورة رقم (50)

صورة رقم(51)

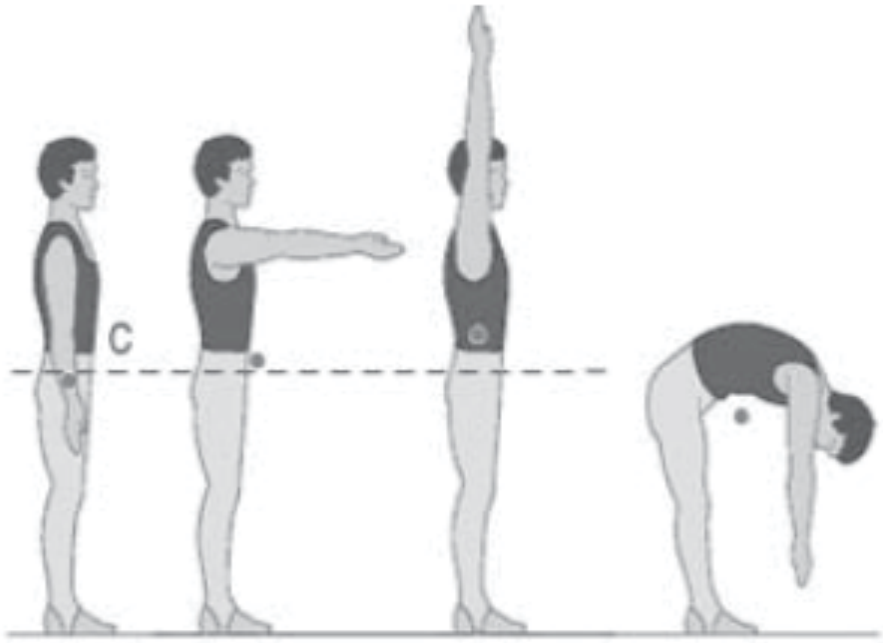
صورة رقم(52)

ii - **التـوازن غيـر المسـتقر** (**Unstable equilibrium**): بشـكل عـام كلما عرضـت قاعـدة المرتكـز تحسـن احتمال حصـول التوازن.

مثـال: إنّ وضعيـة المصـارع الـذي يتخـذ بيديـه وركبتيـه ارتـكازاً يكون أفضـل توازنـاً مـن المصـارع الـذي يتخـذ وضعيـة الوقـوف على قدميـه. أنظر إلـى الصورة رقـم (53).

صورة رقم(53)

iii - **التـوازن المتعـادل (Neutral equilibrium)**: إن الحصـول علـى التـوازن يـزداد عندمـا ينخفـض مركـز الجاذبيـة بالنسـبة إلـى القاعـدة مـع احتمـال تأميـن التـوازن، ولذلك ينخفـض مركز الجاذبية بالنسـبة إلى القاعدة. أنظـر الصـورة رقـم (54 و55).



صورة رقم(54)

صورة رقم(55)

القواعد العامة التي تحدد ظروف التوازن في المجال الرياضي

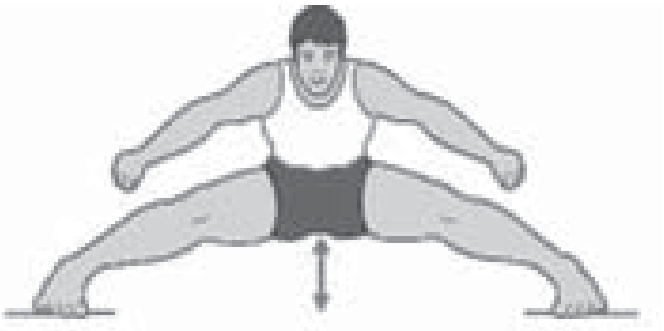
أولاً: حجم قاعدة الارتكاز (مساحة قاعدة الارتكاز).

ثانياً: مكان وقوع (م ك ج) كنقطة وهمية واقعة على مستوى الفقرة القطنية الرابعة والخامسة في العمود الفقري.. فكلما كانت هذه النقطة واقعة بشكل مرتفع عن قاعدة الارتكاز قل التوازن وبعكسه.

ثالثاً: يتحدد التوازن بالعمر والجنس ونوع الرياضة التي يمارسها الرياضي، فدرجة التوازن تقل عند النساء عنه عند الرجال الذين هم أكثر توازناً من النساء لامتلاكهم الكتلة العضلية الأكبر، وكذلك فإنّ لاعبي رفع الأثقال أكثر توازناً من لاعبي كرة السلة وكرة الطائرة.

رابعاً: يتعلق التوازن بدرجة تطوير القوة العضلية وكتلتها (كلما زادت الكتلة العضلية زاد التوازن).

خامساً: زاوية ثبات الجسم لها تأثير في التوازن. كلما كانت زاوية الثبات كبيرة زادت درجة ثبات الجسم. أنظر الصورة رقم (56).



صورة رقم(56)

سادساً: يتوقف التوازن على عزم ثبات الجسم (القوة في

الـذراع)، فكلمـا كان عـزم الثبـات أكبـر، كان التـوازن أكثـر، أي ذراع قـوة المـط العضلـي.

سـابعاً: يـزداد التـوازن بزيـادة الـوزن، أي يتعامـل وزن الرياضـي مـع التـوازن تناسـباً طرديـاً.

ثامنـاً: يتحـدد التـوازن بشـكل العضـلات، فالرياضيـون ذوو الأليـاف العضليـة القويـة يكـون توازنهـم أكثـر مـن الرياضييـن ذوي الأليـاف العضلية الضعيفـة.

تاسـعاً: يتعلـق التـوازن بفعل التنفس وسـريان الدم في الشـرايين وفي القلـب، فكلمـا قـل التنفس ازداد التـوازن، وكذلك الحال بالنسـبة إلى ضربات القلـب، كلما قلـت ازداد التوازن.

عاشـراً: يتأثـر التـوازن مـن الخـط النـازل مـن مركـز كتلـة الجسـم إلـى الحـدود الخارجيـة لقاعـدة الارتـكاز باتجـاه الحركـة، فكلمـا كان هـذا العمود النـازل كبيـراً كان التـوازن أكبـر. أنظـر الصـورة رقـم (57).

صورة رقم (57)

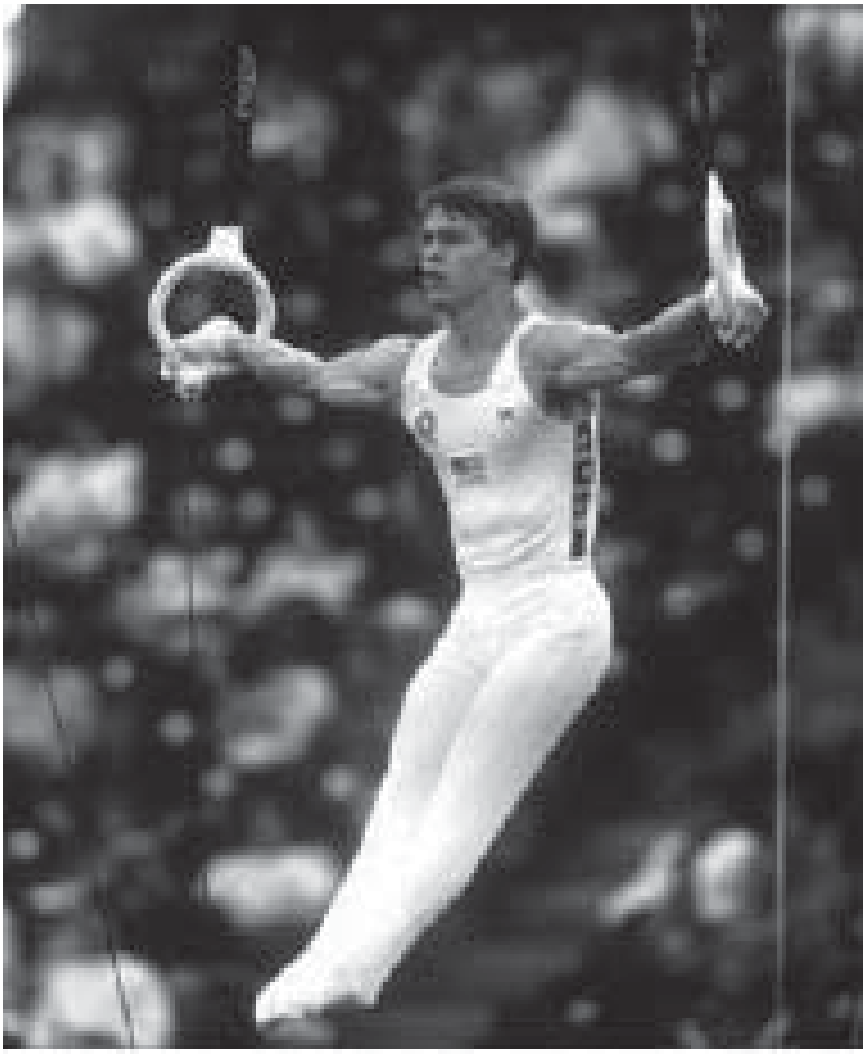
فائدة التوازن ومساوئه في المجال الرياضي

يعتمد البيوستاتيك على القوانين الميكانيكية من جهة وعلى القوانين البيولوجية المعروفة لوضعية جسم الإنسان كنظام بيوميكانيكي من جهة أخرى. ولا بد أن نذكر أن التوازن ليس ضرورياً في كل الأحوال؛ فدرجة التوازن في بعض الأفعال الحركية إذا كانت قليلة ستفيد الحركة، وقد يحدث العكس. ومن خلال التطبيق العملي نستنتج أن مسألة ثبات الجسم تشكل حالة ملحّة يجب الاهتمام بها ومعرفة محاسنها ومساوئها من خلال هذه النقاط، أنظر إلى الصورة رقم (58):

أ ـ يستطيع الرياضي من خلال الثبات الكبير للجسم أن يؤدي الحركات التي تليه بمدى أحسن من الجسم ذي الثبات القليل (الأكروباتيك، والدوران حول العقلة في الجمباز).

ب ـ إن الثبات الكبير للجسم في الوقفة الأساسية، يؤمن لنا إمكانية الاستمرار في العمل خلال مدى معين، ودقة ونتيجة أفضل من التوازن القليل (رمي الثقل..).

ج ـ خلال ثبات الجسم، سيجد الرياضي صعوبة في أداء الحركات التي تلي الوقفة الثابتة وخصوصاً في سباقات العدو القصير.(السرعة الانتقالية..).



صورة رقم (58)

II - قائمة الأهداف الميكانيكية الأساسية للمهارات الرياضية.

الهدف الميكانيكي الأساسي	المهارة الرياضية
1- انطلاق الجسم أو الأداة لأقصى مسافة أفقية.	- رمـي الرمح، رمـي القرص، دفـع الكرة الحديدية، الوثب الطويل والوثبة الثلاثية. - القفز العالي، والقفز بالزانة.
2- انطلاق الجسم أو الأداة لأقصى ارتفاع رأسي.	- رماية السهم، الرماية والتصويب في كرة.
3- انطلاق الأداة بأعلى مستوى من الدقة.	- الضرب الساحق، الإرسال في التنس، كرة الطائرة.
4- انطلاق الأداة بأعلى مستوى دقة مع توافر عنصر السرعة لتعزيز فعالية الأداء.	
5- التغلب على مقاومات.	- السباحة، المصارعة والجودو.
6- حركة الجسم لمسافة محدودة مع أو بدون تحديد زمن للأداء.	- السباحة.
7- تحريك الجسم أو أجزائه لإنجاز نمط حركي أساسي.	- جمباز،غطس، ترامبولين، كمال أجسام.
8- تحريك الجسم فـي ظــروف بيئية ميكانيكية مختلفة.	- الغوص، تسلق الجبال.

III -تقسيم المهارات في ضوء النمط الحركي التابع لها.

الرمي من أسفل الكتف	الرمي من مستوى الكتف	الرمي من أعلى الكتف	الركل
رمي الكرة الناعمة	رمي القرص	دفع الكرة الحديدية	ركل الكرة بالقدم
الإرسال في كرة الطائرة (من أسفل)	إطاحة المطرقة	رمي الرمح	تمرير الكرة بالقدم
الاستقبال المزدوج (كرة الطائرة)	- الإرسال في كرة الطائرة - ضربات التنس	الضربة الساحقة (كرة الطائرة)	ضربات الرجلين في السباحة
التمرير وضرب الكرة في الهوكي	- ضربات البادمنتون - ضربات الكرة في الاسكواش - التصويب في كرة اليد	التصويب بيد واحدة في كرة السلة الإرسال في التنس	مرحلة المرجحة في المشي والجري

أسئلة المراجعة

- عرّف التوازن واشرح مبادئه من خلال الأنشطة الرياضية.
- طبق القواعد العامة التي تحدد ظروف التوازن في لون الرياضة المحببة لديك، مع الأهداف الميكانيكية لها، وحدد النمط الحركي للمهارة التي تتضمن لون رياضتك.

8 - جسم الإنسان كنظام بيوميكانيكي

I -الخصائص الطبيعية البيوميكانيكية للهيكل العظمي للإنسان وأنواع النقل الحركي.

II - الخصائص الطبيعية البيوميكانيكية للجهاز العضلي للإنسان.

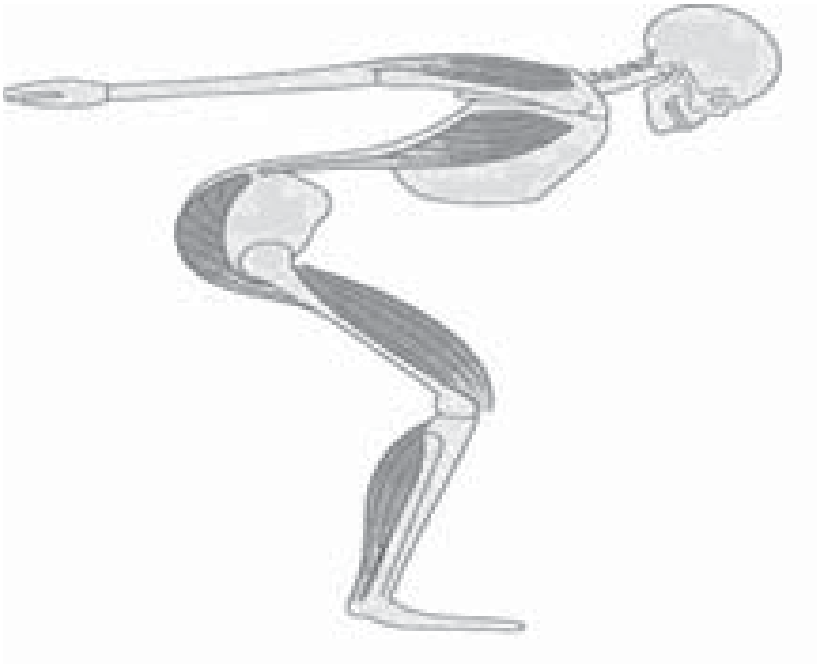
III -النظام البيو ميكانيكي لجسم الإنسان.

المصطلحات الأساسية: الثنائي والسلسلة البيوكينماتيكية، الروافع، النقل الحركي، الوحدة الحركية، الشدة العضلية، الانقباض العضلي، الصفات الميكانيكية للعضلات، عمل العضلات، نظام بيو- ميكانيكية جسم الإنسان.

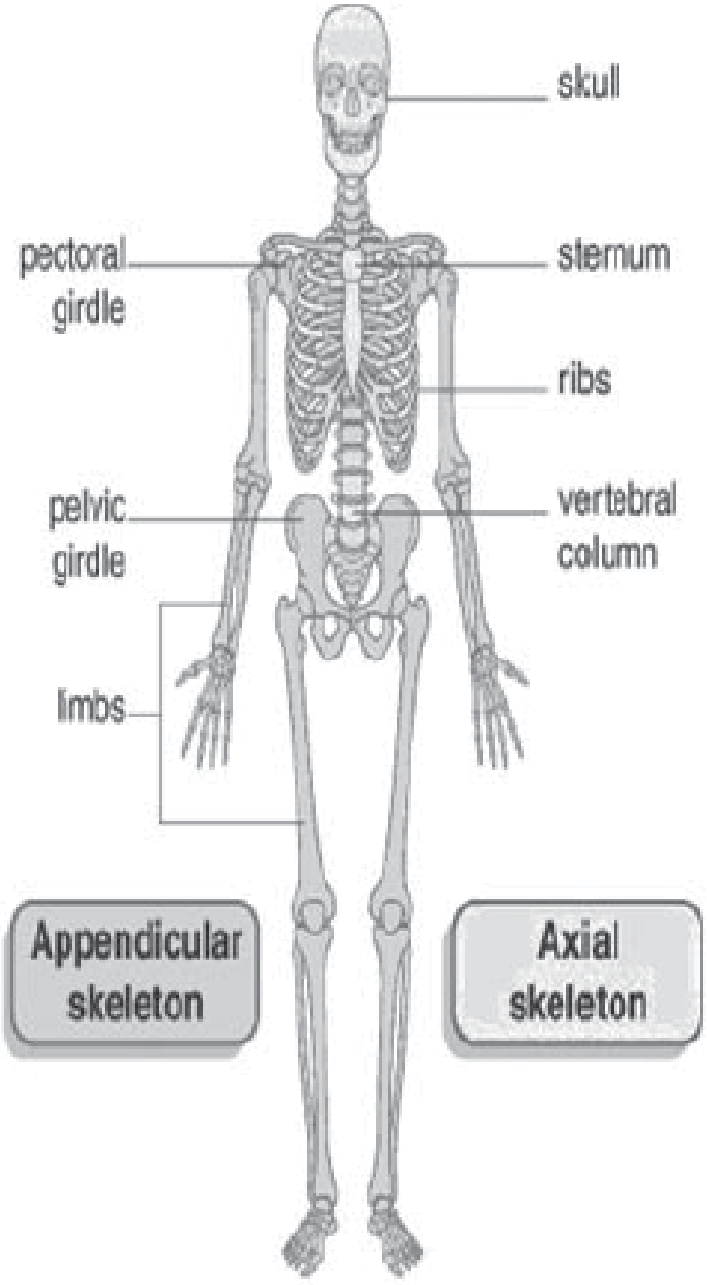
I - يشمل الجهاز الحركي للإنسان العظام والعضلات، والمفاصل والغضاريف والأربطة والأوتار والأنسجة، وهي أجهزة تعمل مجتمعةً كوحدة متكاملة، ويُعد الهيكل العظمي المحور الأساسي المركزي والصلب لجسم الإنسان المتكون من مجموعة من العظام تتصل بعضها ببعض بوسائل مختلفة: - (الغضاريف والأنسجة الضامنة والنسيج العظمي والمفاصل) مكونة القسم السلبي (المنفذ)

من الجهاز الحركي للإنسـان، وتلتحم في الهيكل العظمي العضلات مكونة القسـم الإيجابـي له (المنتج).

أنظر الصور رقم (59 و50 و 61).



صورة رقم (59)


skull
pectoral girdle
sternum
ribs
pelvic girdle
vertebral column
limbs
Appendicular skeleton
Axial skeleton

صورة رقم (60)

صورة رقم (61)

إن دراسة الجهاز الحركي للإنسان بصورة صحيحة يعني التطرق إلى العلوم الأخرى كالتشريح والفيزيولوجيا في معرفة الأجهزة الداخلية المكونة له إضافة إلى تكوينها ووظيفتها.

إنّ الهيكل العظمي هو الجزء المنفذ لحركات الرياضي، وهو يتكون من مجموعة من العظام عددها 206، تتصل بعضها ببعض بوسائل مختلفة، ولها القدرة على حمل ثقل الجسم، وهي تشكل حوالى 12 – 19 % من وزنه بالنسبة إلى البالغين و16 % بالنسبة إلى النساء و14 % بالنسبة إلى المولود الجديد. تزداد العظام صلابة ووزناً أثناء النمو والبلوغ.

إن للهيكل العظمي أهمية كبيرة من خلال خاصية العمل الميكانيكي والبيولوجي له.

أ - فالوظيفة الميكانيكية الأساسية للهيكل العظمي هي:

1- الارتكاز،

2- الدفاع،

3- الحركة.

1- الارتكاز يتحقق من خلال التحام الأنسجة الناعمة والأعضاء بأقسام الهيكل العظمي المختلفة، وهو الأساس لحمل الجسم وإعطائه الشكل الخارجي (المظهر).

2- وظيفة الدفاع تكمن في محافظته على أجهزة الجسم الداخلية كالجمجمة (الدماغ)....

3 - وظيفة تنفيذ الحركة تأتي من جراء اتصالات العظام وعملها كروافع بفعل المط العضلي.

ب- أما خاصية العمل البيولوجية فهي تكمن من خلال التبادل المادي وخاصية الأملاح المعدنية المكونة له (كالفوسفور والكالسيوم) ووجود المادة الحمراء لمخيخ العظم.فالعظام تخزن الدهون والمعادن بالإضافة إلى أن عملية خلق أو إنتاج كريات الدم تتم داخل فجوات العظام وتدعى هذه العملية بـ(Hematopoiesis)؛ وللعظام مهام كثيرة من خلالها يستطيع الرياضي تحقيق وظيفة التوازن والحركة.

عموماً، فإن للعظام واجبات أساسية هي:

- تعطي العظام لجسم الإنسان الشكل الخارجي والمظهر وتشكل محوراً صلباً أساسياً يساعد على انتصاب القامة.

- تساعد العظام على حمل ثقل الجسم وحمل ثقل أجزائه الداخلية.

- تساعد العظام على حماية الأجهزة الخارجية والداخلية للجسم.

- تكون العظام مراكز لنشوء العضلات والتحامها.

- تعمل العظام كروافع ميكانيكية في تسهيل حركة الإنسان وأدائها بالشكل الأمثل.

- ويقسم الهيكل العظمي للإنسان إلى عدة أقسام أولية أساسية: الرأس والجمجمة والجذع ثم الأطراف العليا والسفلى

(الجذع = الصدر + العمود الفقري).

إن كل عظم في جسم الإنسان يشكل عضواً مستقلاً له تكوينه المعقد وواجباته، وتتحول العظام على ثلاث مراحل، فمن النسيج الضام إلى الغضاريف ثم إلى العظام، ولا تمر عظام الرأس والوجه بهذه المراحل أنظر الصور رقم (62 و 63 و64 و65).

كما أن صلابة العظم تتأتى من الخاصية الهندسية والمورفولوجية التي يمتاز بها، وتتحمل عظام الجسم ضغطاً يعادل حوالى 3 أطنان، فمثلاً عظم القصبة الكبيرة للإنسان والموجودة بشكل عمودي يمكن أن يتحمل حملاً بوزن (1500كلغ)، كما تؤثر في درجة صلابة

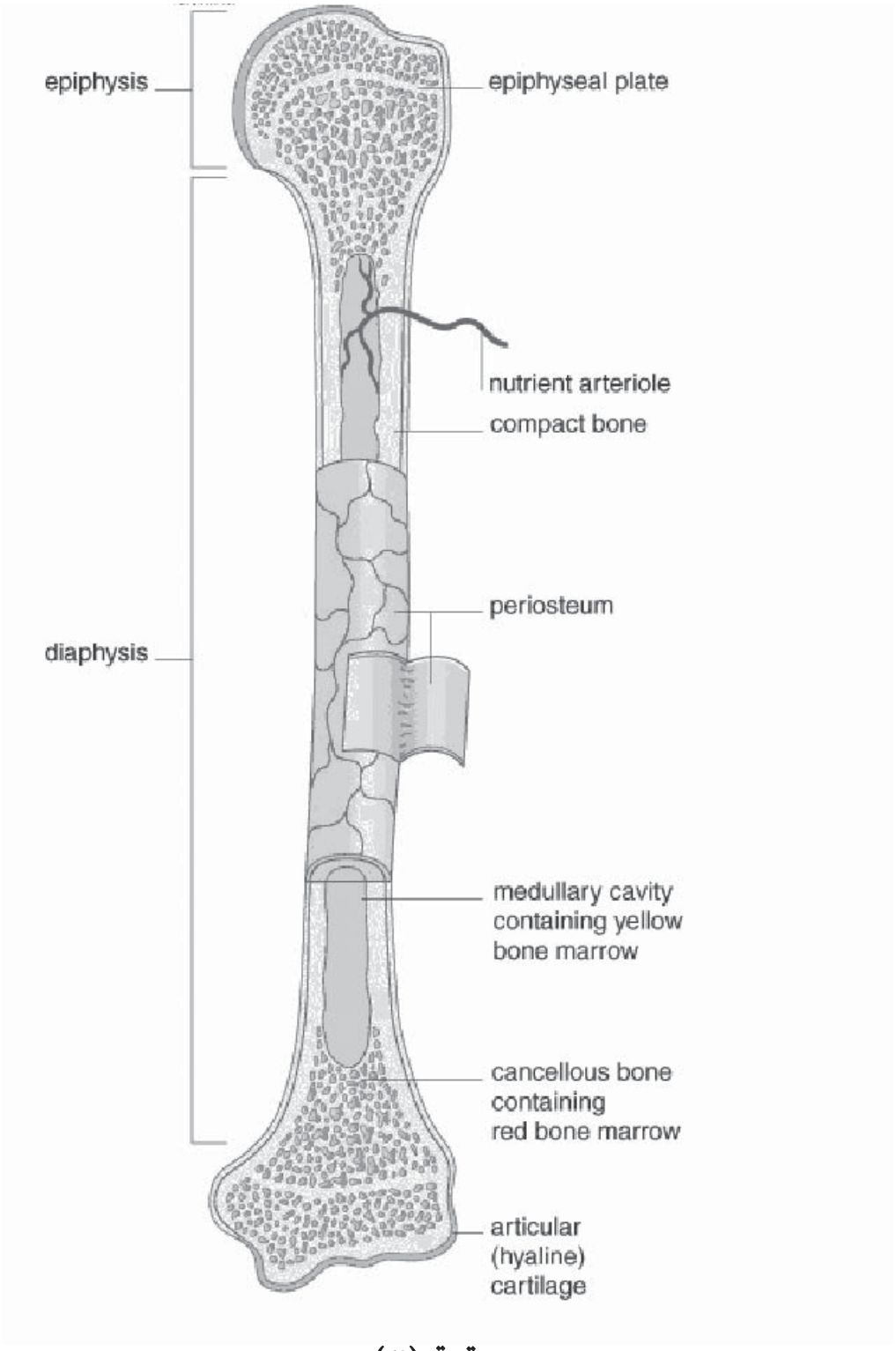
العظام المواد الغذائية النباتية، فكلما كثرت زادت نسبة المرونة والعكس صحيح. فالغذاء الحيواني يزيد من صلابة العظام، لذا ينصح المصارعون ورافعو الأثقال بأكل اللحوم الحمراء والنشويات (السكريات) بكثرة – كما أن عظام الهيكل العظمي للإنسان تكون بأشكال مختلفة. (طويلة، قصيرة، مفلطحة، وغير منتظمة...).

- عظام طويلة: عظام الفخذين والساقين والساعدين / تعمل كروافع.

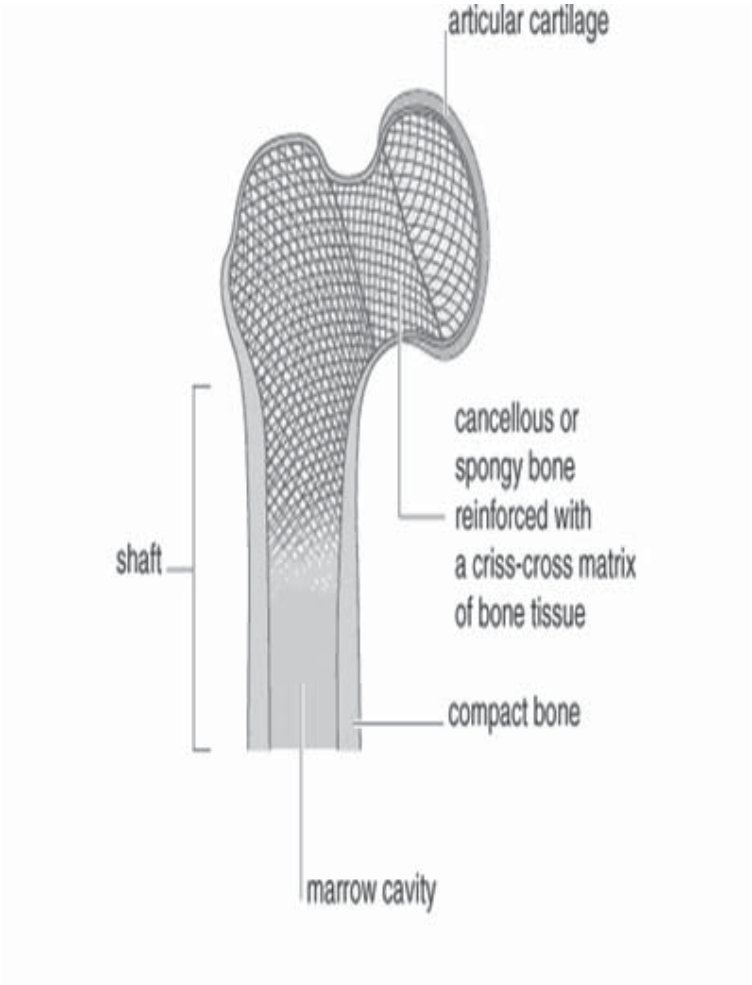
- عظام قصيرة: عظام المشط والسلاميات وعظم الرسغ.

- عظام مفلطحة: عظم لوح الكتف والجمجمة والقفص الصدري والحوض.

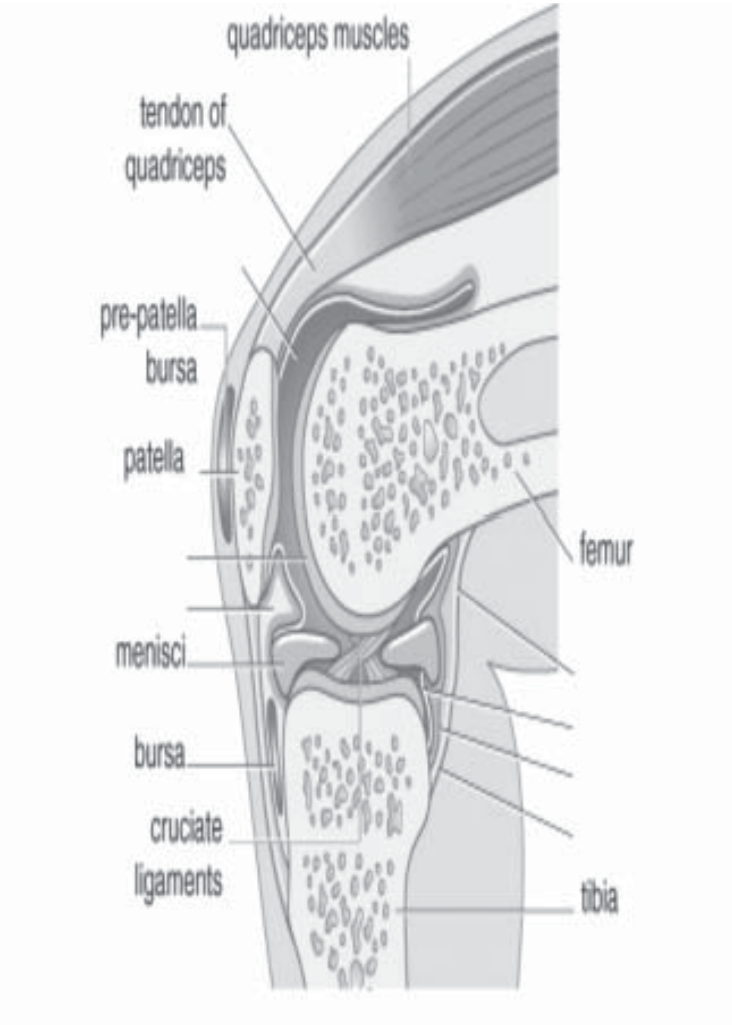
- عظام غير منتظمة: عظام الفقرات والوجه.


epiphysis
epiphyseal plate
nutrient arteriole
compact bone
periosteum
diaphysis
medullary cavity
containing yellow
bone marrow
cancellous bone
containing
red bone marrow
articular
(hyaline)
cartilage

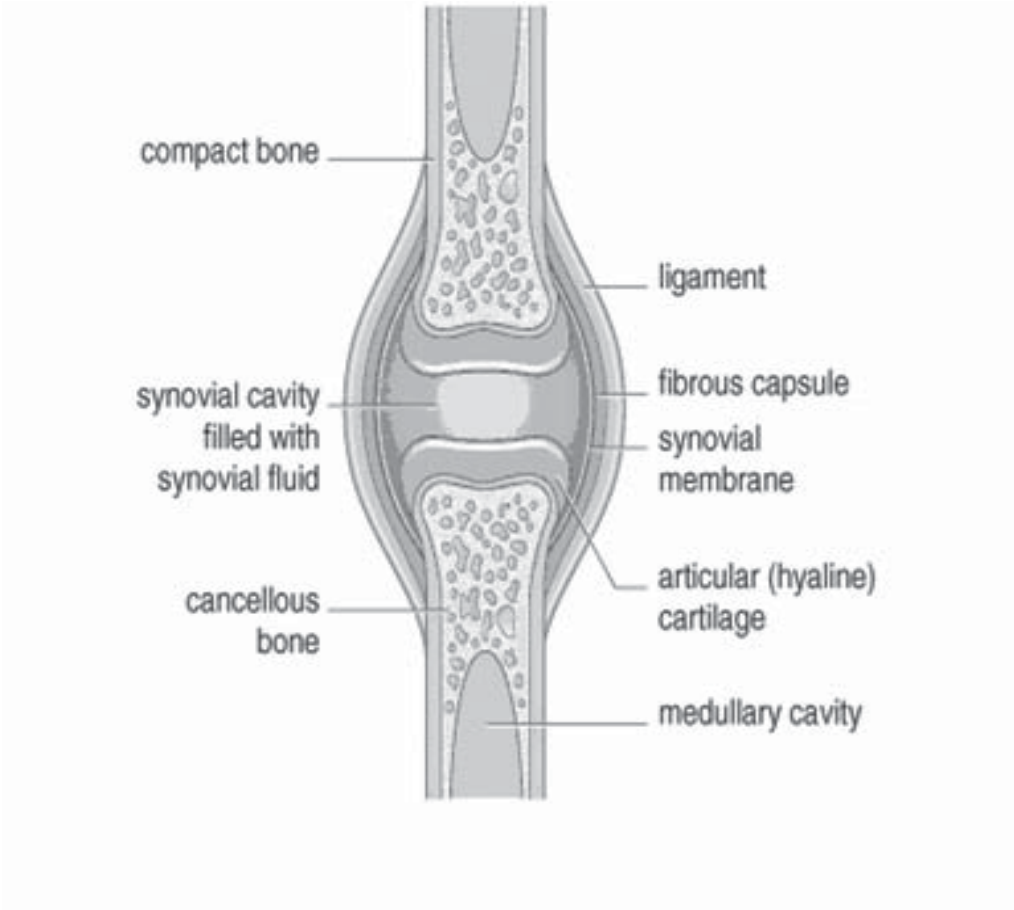
صورة رقم(62)


articular cartilage
cancellous or
spongy bone
reinforced with
a criss-cross matrix
of bone tissue
shaft
compact bone
marrow cavity

صورة رقم(63)


quadriceps muscles
tendon of quadriceps
pre-patella bursa
patella
femur
menisci
bursa
cruciate ligaments
tibia

صورة رقم(64)



صورة رقم(65)

منـذ ولادة الإنسـان (الطفـل) والقـوى الخارجيـة تؤثـر فـي الهيـكل العظمـي والجسـم بشـكل عـام، ومـن هـذه القـوى (قـوة الجاذبيـة وقـوة الاسـتمرارية للجسـم).

ولهـذه القـوى تأثيـر كبيـر فـي الهيـكل العظمـي وخصوصـاً عنـد مزاولتـه التماريـن الرياضيـة. وإنّ للهيـكل العظمـي للإنسـان اسـتعمالاته

المتعـددة وفوائـده الكثيـرة فـي المحافظـة علـى الجسـم ضـد المؤثـرات الخارجيـة وأداء الحركـة وللبيئـة الخارجيـة تأثيراتهـا المختلفـة فـي الهيـكل العظمـي مـن جـراء الحـركات التاليـة:

يعـد الهيـكل العظمـي للإنسـان مـن وجهـة نظـر البيوميكانيـك نظامـاً متحـركاً مـن العظـام المتصلـة بعضهـا ببعض بواسـطة المفاصل مكونـة نطاقاً حركيـاً علـى شـكل روافـع لهـا القابليـة علـى الحركة من جـراء المـط العضلي فـي الثنائـي والسلسـلة البيوكينماتيكية لجسـم الإنسـان.

الثنائـي البيوكينماتيكـي: هـو اتصال بيوكينماتيكـي لحلقتين متحركتين مـن العظـام بواسـطة المفصـل الـذي يحـدد نـوع الاتصـال ومقـدار مشـاركة العضـلات فـي توجيـه الحركة والدور النسـبي فـي درجة سـرعة الحركة، إذ إن كل عظـم يتصـل بمفصل بشـكل ثنائـي بيوكينماتيكي.

يوجد في جسم الإنسان 246 ثنائياً بيوكينماتيكياً.

مـن وجهـة نظـر البيوميكانيـك فـإن العمـود الفقـري للإنسـان مكـون مـن 26 ثنائيـاً بيوكينماتيكيـاً، تبـدأ مـن الجمجمـة واتصالهـا بالفقـرة الأولـى الأطلـس «atlas» حتـى نهايـة فقرتـي العمود الفقري والقفص الصدري بشـكل 13 ثنائيـاً بيوكينماتيكيـاً مثـل: - (حركـة الفـك الأسـفل إلـى الأعلى والأسـفل).

(حركة القدم من خلال مفصل الكاحل)، أنظر الصورة رقم (66).

- (ثنـي مفصـل المرفـق أو حركـة الفخذ في مفصل الكـرة،، إبعاد، ضم، وثنـي ومد الكف مـن مفصلها).

صورة رقم(66)

السلسلة البيوكينماتيكية: هي مصطلح لاتيني نحدد من خلاله أقسام الجسم أو الهيكل العظمي (مفصلان وثلاثة عظام أو أكثر) وتشمل الرأس والجذع والعمود الفقري والقفص الصدري والأطراف...سلسلة حركية مغلقة أو مفتوحة.. أنظر الصورة رقم (67).

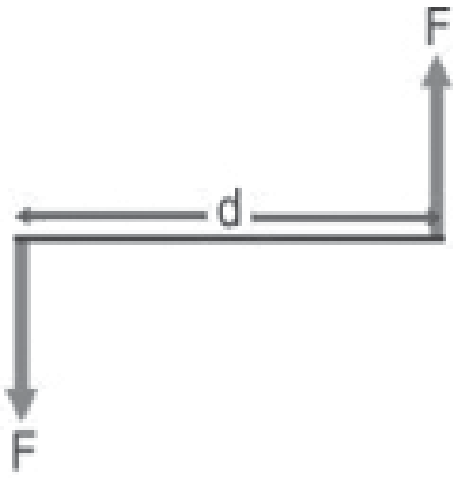
صورة رقم(67)

الروافـع (**Levers**): إن حركـة الجسـم تتم من خلال نظام معين من الرافعات. والرافعـة هـي جهـاز ميكانيكـي لإحـداث تحول حـول محوره، تسـتخدم لكي تكسـب ميـزة السـرعة (ميكانيكيتهـا) أو اسـتخدام جهـد أقـل لإحـداث عمـل مـا. أنظر الصورة رقـم (68).

وللرافعة نقطة ارتكاز F، وذراع القوة E، وذراع المقاومة L.

ذراع القوة dE: هي المسافة بين نقطة الارتكاز والقوة المؤثرة.

ذراع المقاومة dL: هي المسافة بين نقطة الارتكاز والمقاومة.



صورة رقم(68)

العظام هي الروافع في الجسم، وهي لا تتحرك من دون العضلات....

ومعظم الروافع في الجسم تنتج حركة دائرية، أو على هيئة أقواس وذلك حسب نوع المفصل العاملة عليه، ويمكن أن تتكون الرافعة من عظمة واحدة كما هي الحال في رافعة عظمة العضد أو الفخذ، وقد تتكون من عظمتين كما هي الحال في استخدام الجذع كله كرافعة واحدة.

ويمثل المفصل محور الارتكاز في هذه الروافع، كما أن نقطة التحام العضلة مع العظمة تمثل تأثير القوة (إلا في حالة ما إذا أصبح المنشأ متغيراً، وليس الالتحام كما هي الحال في الشد على العقلة). أما نقطة المقاومة في الجسم فهي نوعان:

أ- مقاومة داخلية (النغمة العضلية للعضلات المقابلة، احتكاك المفصل عند تحركه، الأربطة..)

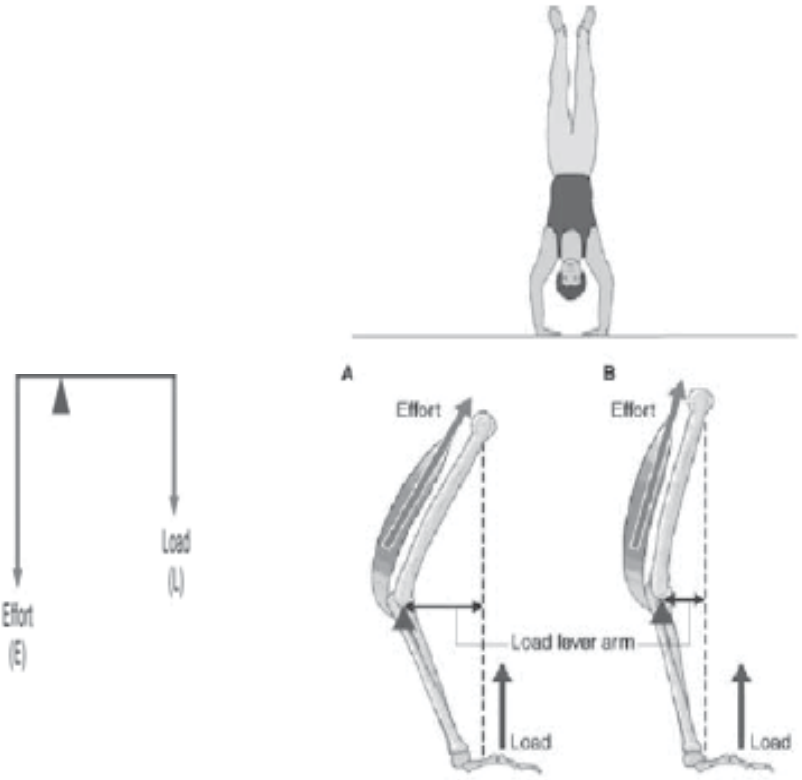
ب- مقاومة خارجية (ثقل العضو نفسه (وزن الرافعة نفسها) الثقل الخارجي المقاومة الخارجية)

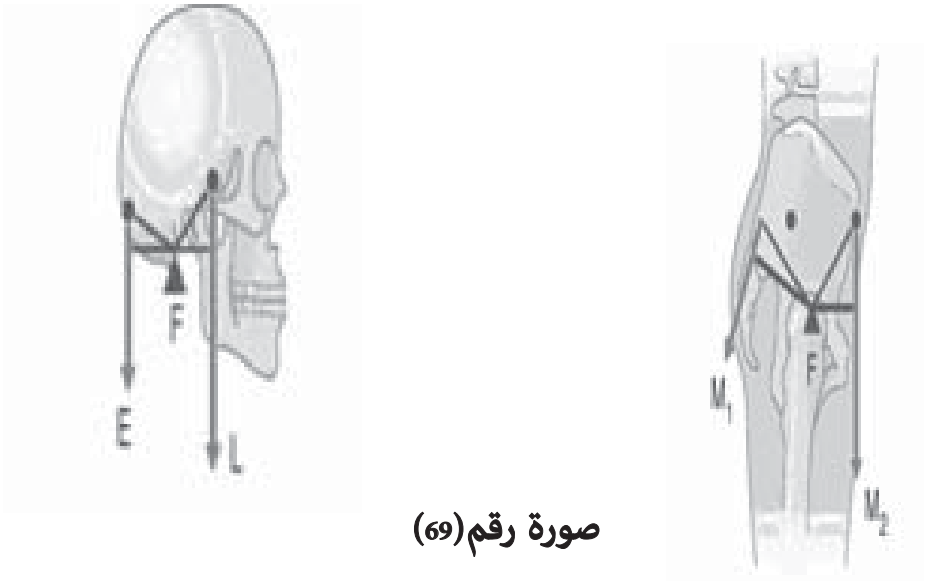
القاعدة لقانون الروافع هي: القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها.

$$(E \times dE = L \times dL)$$

- إن تساوي الاتجاهين يجعل الرافعة متزنة، واختلافهما يحدث حركة. هنا تتدخل أنواع الروافع المختلفة حيث تختلف القوة المبذولة في كل نوع من أنواعها الثلاثة. أنظر الصور رقم (69 و 70 و71).

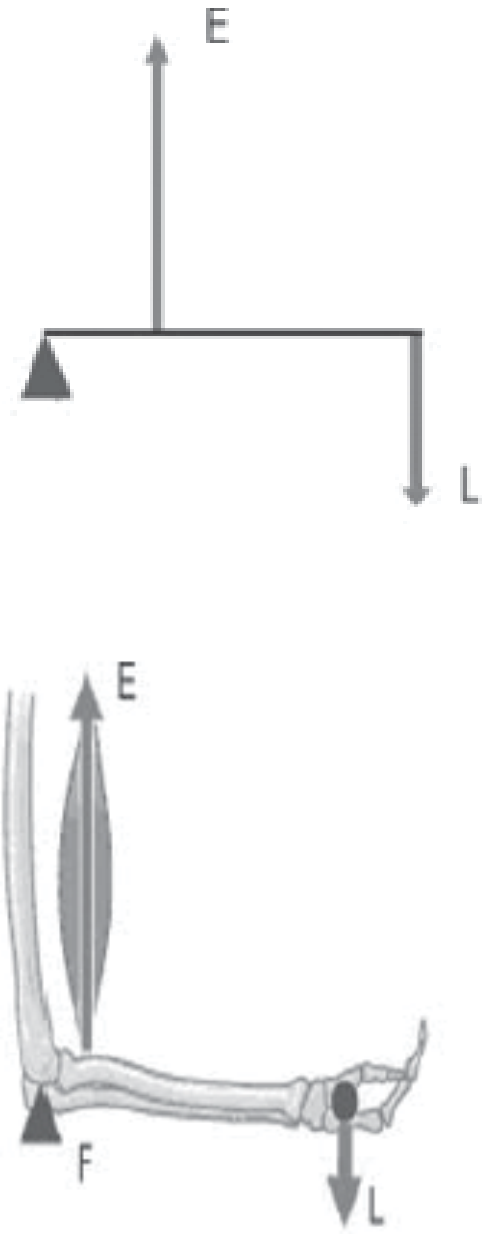
* أمثلة النوع الأول، صورة رقم (69):


Load
(L)
Effort
(E)
A
B
Effort
Effort
Load lever arm
Load
Load

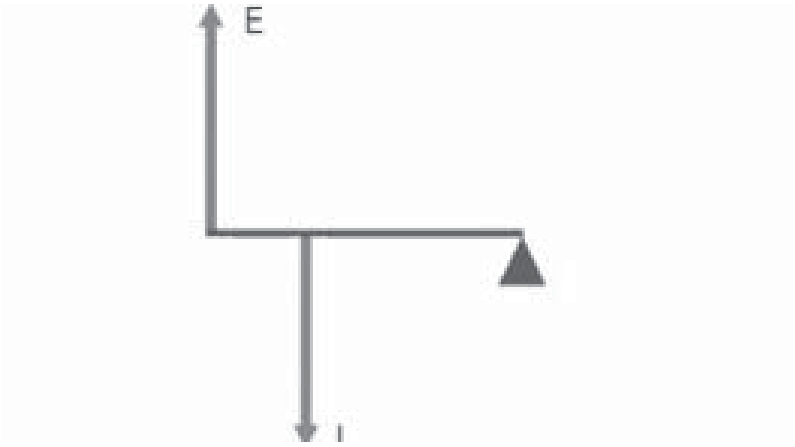

F
E
L
F
M1
M2

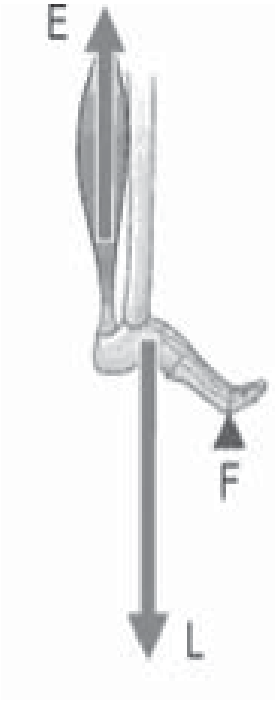
صورة رقم(69)

أمثلة النوع الثاني، صورة رقم (70):



أمثلة النوع الثالث، صورة رقم (71):





استنتاجات عن الغرض من الروافع

- العمل للتغلب على مقاومة كبيرة بأقل قوة ممكنة.

- الحصول على المسافة المطلوبة والسرعة اللازمة التي يتمنى اللاعب الحصول عليها (مسابقات الرمي والوثب).

- تستخدم الأدوات الرياضية مثل (مضرب التنس وعصا الهوكي) كروافع لكسب المسافة بأقل قوة مبذولة.

- يمكن استخدام عزم القوى المطبقة في الروافع لتعيين مركز ثقل الجسم.

المفاصل ودرجة حرية الحركة

لدراسة حركة الرياضي بشكل مفصل علينا الاهتمام بحلقات الجسم الحية المتمثلة بالعظام واتصالاتها المتمثلة بالمفاصل سواء كانت مفاصل بسيطة من خلال اتحاد عظمين أو مفاصل مركبة باتحاد ثلاثة عظام وأكثر. وكذلك تحديد نوعية هذه المفاصل ومقدار درجة حرية الحركة التي يستطيع أن يؤديها المفصل والتعرّف إلى شكل المفصل والعظام المتصلة به. إن توجيه حركات الرياضي ومرجحتها تتعلق بتكوين المفصل وشكله، ودائماً نفضل المفاصل ذات الإمكانية الحركية المتعددة.

وتقسم مفاصل الجسم من حيث إمكانية حركتها إلى ثلاثة أقسام:

i ـ مفاصل عديمة الحركة: مفاصل الجمجمة (skull)، والوجه (face)، مفاصل القصبة مع الشظية أنظر الصورة رقم (72).

ii - مفاصل مقيدة الحركة: كمفصل العانة، والعمود الفقري...

iii - مفاصل حرة الحركة: وهي المفاصل الزلالية، وتتميز بوجود غشاء يسمى بالغشاء السينوفي وهو غشاء زلق يفرز سائلاً يسهل حركة المفصل، كما يوجد تجويف مفصلي ومحفظة قوية بالأربطة (خارجية وداخلية) وتسمى بالمحفظة الليفية (تسمح بأداء الحركات المستقيمة والدائرية حول المحاور الثلاثة الرئيسية للجسم كمفصل الكتف والحوض..).

والمفاصل الحرة الحركة هي سبعة أنواع، ويمكن توضيحها كالتالي:

1 - المفاصل الانزلاقية: وهي محدودة الحركة في كل الاتجاهات، ومكونة من سطحين شبه مستويين من العظام المتقابلة. ومفصل بين الترقوة وعظم القص.

2 - المفاصل الرزية: حركة على مستوى فراغي واحد: مفصل المرفق والركبة والكاحل (ثني ومد) أنظر الصورة رقم (73).

3 - المفاصل الارتكازية: محور دوراني فقط، مفاصل أحادية المحور: الرقبة ومفصل الزند الكعبري.

4 - المفاصل اللقمية: هي ثنائية المحور (ثني ومد - تقريب وتبعيد): مفاصل مشط السلاميات لأصابع اليد (2،3،4،5).

5 - المفاصل السرجية: هي ثنائية المحور (ثني ومد- تقريب وتبعيد- وقدر محدد من التدوير... مثل مفاصل الرسغ، ومفاصل بين السلاميات والمشط وهو على شكل سرج الحصان.

6 - مفاصل الكرة والحق: أكثر المفاصل قابلية للحركة واتساعاً في المدى: مفصل الكتف والحوض- ثني ومد- تقريب وتبعيد- تدوير أماماً وخلفاً، أنظر الصورة رقم (74).

7 - المفاصل ذات القطع الناقص: هي ثنائية المحور (ثني ومد - تقريب وتبعيد ومن دون تدوير)... سلاميات الأصابع- مفصل الرسغ مع الكعبرة.

إن محاور الجسم في البيوميكانيك تعني الكلام عن درجة حرية الحركة.

وإن مستويات الحركة في البيوميكانيك تعني توجيه الحركات.

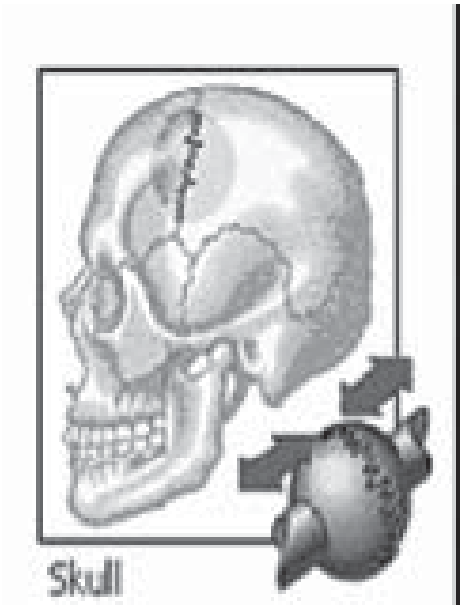
تقسم مفاصل الجسم من حيث درجة حرية الحركة إلى ثلاثة أنواع:

A - **النوع الأول:** - مفاصل من الدرجة الثالثة (B3)، هي ذات ثلاثة محاور، مفصل الكرة والحق ـ رفع، أمام، أعلى،خلف، ضم، إبعاد، تدوير، ومد - يوجد في جسم الإنسان 29 منها.

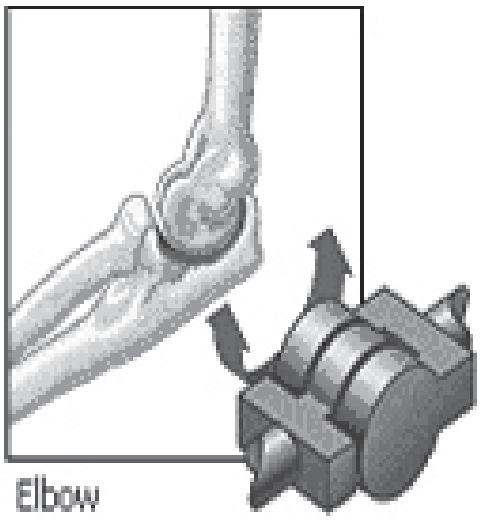
B- **النوع الثاني:** - مفاصل من الدرجة الرابعة (B4)، وهي ذات محورين مثل مفصلي اللقيمة والسرجية- مفصل المرفق والرسغ- بسط وثني- دوران حول الزند والرسغ، ثني ومد الكف إلى أعلى وأسفل- حركة الحق داخلياً وخارجياً- يوجد في جسم الإنسان 33 منها.

C- **النوع الثالث:** مفاصل من الدرجة الخامسة (B5)، وهي ذات محور واحد. مفصل ما بين السلاميات.

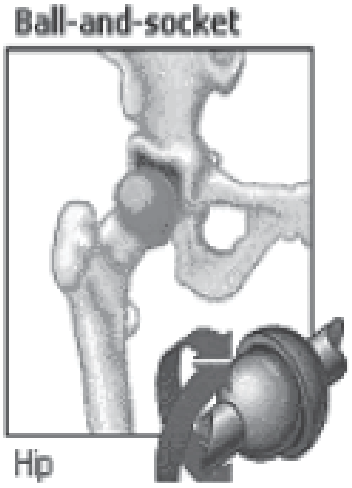
يوجد في جسم الإنسان 85 منها، أنظر الصورة رقم (75).



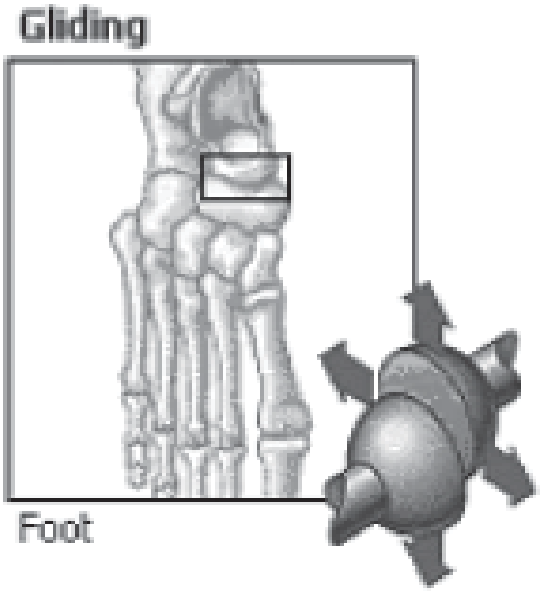
صورة رقم(72)



صورة رقم(73)



صورة رقم (74)



صورة رقم (75)

أنواع النقل الحركي

يوجد نوعان للنقل الحركي:

أ- النقل الحركي من الأطراف إلى الجذع (في جميع القفزات..).

ب- النقل الحركي من الجذع إلى الأطراف.

أ: النقل الحركي من الأطراف إلى الجذع

- من الذراعين إلى الجذع: جميع الوثبات والقفز - القفز في الماء- وضع الاستعداد على مكعب الانطلاق (سباحة)- جميع الدحرجات على الأجهزة.

- من الرجلين إلى الجذع: جميع الدحرجات على الأجهزة- القفز على طاولة الحصان-ألعاب القوى.

- من الرأس إلى الجذع: دوران الجذع وتغيير الاتجاه - الالتفاف على المحور الطولي أو العرضي للجسم.

ب: النقل الحركي من الجذع إلى الأطراف

- من الجذع إلى الذراعين: رمي الرمح والقرص.

- من الجذع إلى الرجلين: سباحة الدلفين وكرة القدم وحركة الرجلين في السباحة الحرة.

- من الجذع إلى الرأس: ضرب الكرة بالرأس.

- **الوثب العالي**

أ- نقل حركي من الذراعين والرجل الممرجحة إلى الجذع.

ب- أيضاً هناك نقل حركي من قدم الارتقاء إلى الجذع.

- الوثب للتصويب سواء في كرة السلة أو في كرة اليد

أ- نقل حركي من الرجل إلى الجذع (القفز).

ب- أيضاً هناك نقل حركي من الرجل الممرجحة إلى الجذع حتى نهاية التصويب.

ج- نقل حركي من الجذع إلى الذراع الرامية.

عند الملاحظة الدقيقة لأي حركة رياضية معروفة بواسطة فيلم بالسرعة البطيئة نستطيع إثبات أن المرحلة الرئيسية لهذه الحركة لا تتم في جميع المفاصل والأعضاء في وقت واحد ولا بسرعة واحدة، وهذه الحقيقة نراها في نتائج التجارب في علم الحركة.

II - الخصائص الطبيعية البيوميكانيكية للجهاز العضلي للإنسان

العضلات هي مصدر حركة الجسم، لأنها هي مصدر القوة المسببة للحركة (المنتجة)، أما المفاصل فهي التي تسمح بالحركة، لذا فإن العضلات ليست مطلقة في عملها أثناء الحركة لأنها مرتبطة ببقية أعضاء الجسم وأجهزته المختلفة. فالعضلات تعمل بموجب إشارات صادرة من الجهاز العصبي، كما أنها تتحرك في المجال الذي تسمح به المفاصل، وهي في حركتها تخضع لمجموعة من المبادئ الميكانيكية والفيزيولوجية والنفسية؛ فالحركة نتاج لمجموعة هذه العوامل.

يشتمل جسم الإنسان على أكثر من 600 عضلة متنوعة الشكل والحجم والنوع تبعاً للعمل الذي تقوم به. وهي تشكل 42 % من وزن الجسم الكلي للرجال و36 % للنساء، وقد تزداد هذه النسبة بزيادة حجم العضلات التي تؤدي الحركات المختلفة للإنسان، (مشي وجري وقفز ودوران وثبات،....)

تقسم العضلات إلى ثلاثة أنواع تبعاً لتركيبها وطبيعة عملها:

1 - العضلات الهيكلية: تتميز العضلات الهيكلية بأن لها طرفين، أحدهما يسمى الاندغام (Insertion) وهو قابل للحركة بدرجات متفاوتة، والطرف الآخر يعرف بمنشأ العضلة (Origin)، وهو قريب من المحور الطولي الذي يقسم جسم الإنسان إلى نصفين. أما الطرف الآخر العضلي المندغم فيتمثل في طرفها البعيد. فالعضلات الهيكلية، هي مجموعة من الخلايا العضلية معظمها متصل بالهيكل العظمي الذي يقوم بتحريكها وتشكل (434)عضلة تقريباً من مجموعة عضلات الجسم، وتقوم بجميع حركاته الأساسية اليومية، وهي تختلف في حجمها حسب طبيعة عملها وموقعها وتركيبها لأن بعضها يحتوي على أربطة ليفية أكثر من غيرها. وتوجد العضلات الكبيرة في الأماكن التي تحتاج إلى مجهود وحركات كثيرة مثل الظهر والساق. أما العضلات الصغيرة والضعيفة فتوجد في أماكن تنتج حركات رقيقة وضعيفة كالعضلات المحركة للعين – وهي تسمى أيضاً بالعضلات المخططة لأن أليافها العضلية تحتوي على خطوط فاتحة وخطوط قاتمة. وتسمى

أيضاً بالعضلات الإرادية، لأننا نستطيع تحريكها بإرادتنا وفي أي وقت نشاء نتيجة لاستجابة العضلة للمنبه العصبي الذي ينشأ من خلال قشرة الدماغ وينتقل بواسطة العصب الحركي بعد مروره بالنخاع الشوكي، مثلاً نستطيع ثني الجذع أماماً متى أردنا، وعلى الرغم من أن العضلات الهيكلية تنقبض بإرادتنا إلا أنها تنقبض أيضاً بدون إرادتنا بطريقة أوتوماتيكية وهي ما يسمى بالنغم العضلي.

تحتوي العضلات على حوالى 75 % من وزنها ماء، و20 % من المواد الصلبة ويمثل البروتين الجزء الأكبر من هذه المواد الصلبة الذي يُكوّن الأكتين والميوسين والميوغلوبين، و5 % من الأملاح غير العضوية والفوسفات وحمض اللاكتيك والأملاح المعدنية مثل الكالسيوم وبعض الأنزيمات وأصباغ وأيونات الصوديوم والكلور والبوتاسيوم والأحماض الأمينية والكربون والكربوهيدرات.

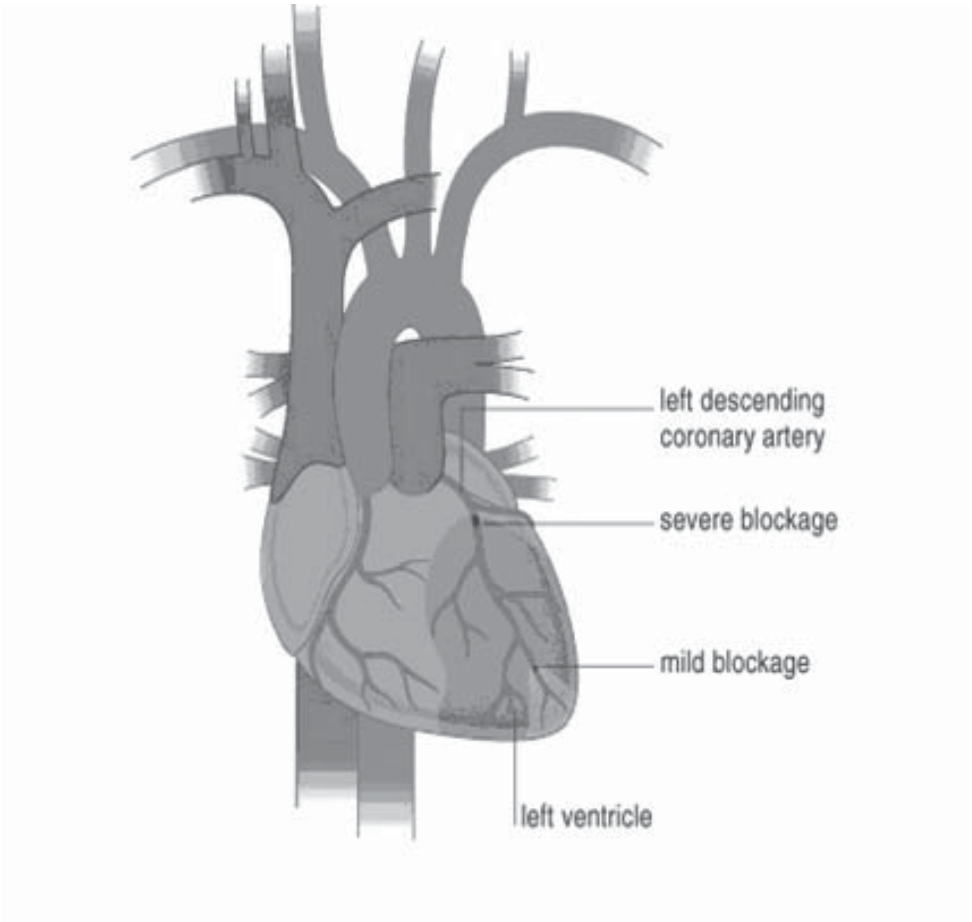
وتتغذى العضلات بكميات كبيرة من الدم المحملة بالغذاء والأوكسيجين ونسبة قليلة من ثاني أوكسيد الكاربون.

2 - العضلات الناعمة: سميت كذلك لعدم وجود خطوط بين أليافها، لذلك تظهر ناعمة تحت الميكروسكوب، وتسمى بالعضلات اللاإرادية لأنها تحت سيطرة الجهاز العصبي اللاإرادي مثل العضلات المحيطة بالأوعية الدموية والجهاز الهضمي والتنفسي والتناسلي؛ فالعضلات الناعمة لا تتصل بالعمود الفقري، وهي تتميز بأن درجة انقباضها وانبساطها أبطأ من أي نوع من العضلات. أما حركتها فتكون

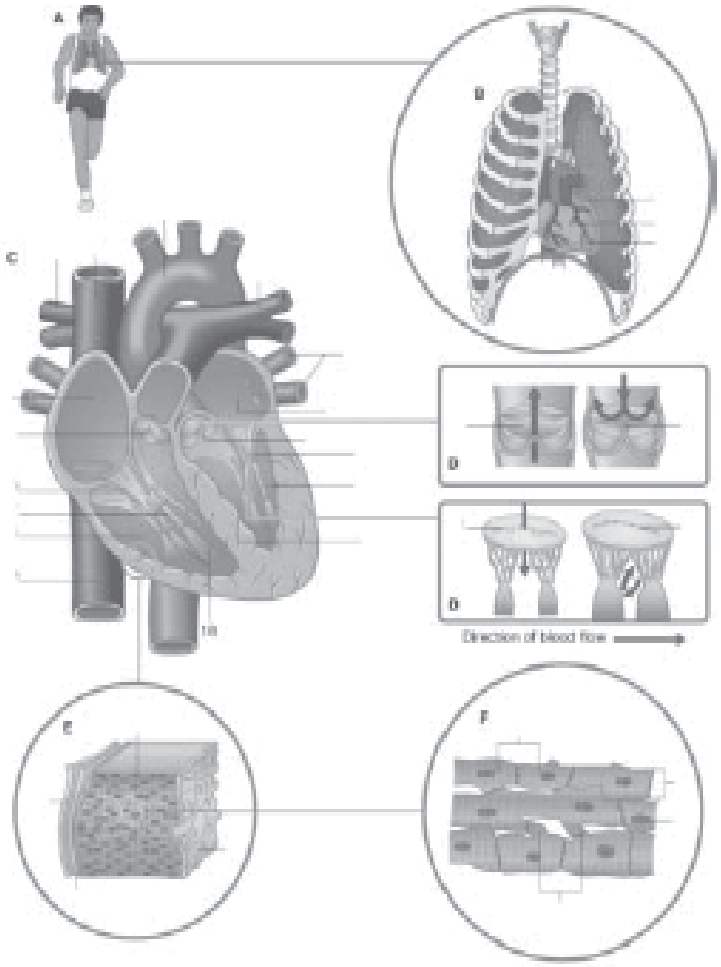
بإيقاع منتظم ذات تحمل كبير، وهي تتكون من مجموعة ألياف وبشكل طويل ونحيف.

3 - عضلة القلب: وتحتوي على النوع نفسه من اللويفات والبروتين الموجودة في العضلات الهيكلية إلا أن انقباضها يشبه انقباض العضلة الهيكلية. تحتوي على عدد كبير من الميتوكوندريا، وهي عبارة عن سلسلة من الألياف المرتبطة بعضها ببعض وليست أليافاً وحيدة كما في العضلات الهيكلية أو الناعمة. (مخططة- لا إرادية) وهي لا تعرف التعب، محرك عجيب يعمل طوال حياة الإنسان، لها قابلية الانبساط والانقباض بشكل مستمر دائم وبطريقة ذاتية بواسطة كهرباء خاصة أنظر إلى الصورتين رقم (76 و77).

تلتصق العضلة بالعظمة والغضروف والأربطة عن طريق منشأ العضلة الذي يبقى ثابتاً، والعضلة التي تحرك العظام مما يجعلها تبتعد أو تقترب من المركز محدثة عملية التقلص والانبساط (الامتطاط والانقباض) وبواسطة نهاية العضلات الليفية تتم عملية الالتصاق بالعظم.


left descending
coronary artery
severe blockage
mild blockage
left ventricle

صورة رقم(76)

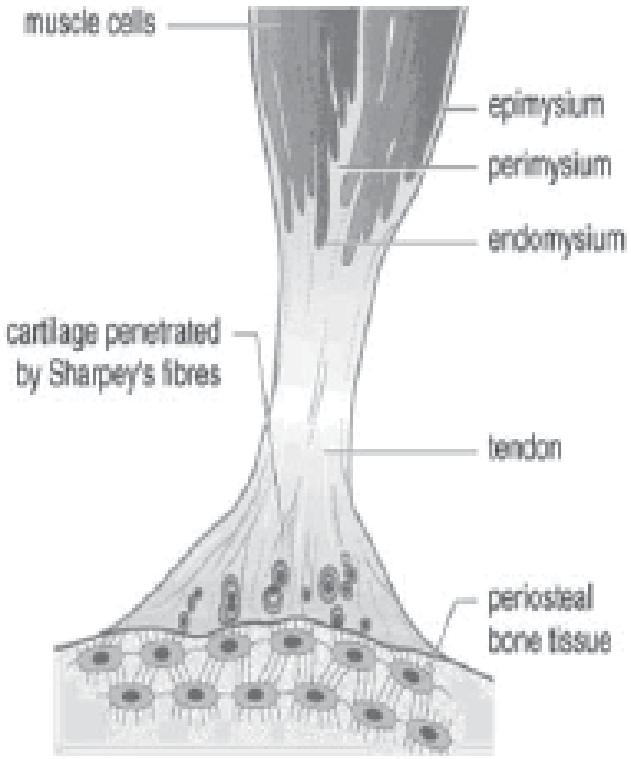


صورة رقم(77)

تتكون العضلة من ألياف عضلية مترابطة بواسطة غلاف نسيجي ضامن، وهذه الألياف لها القدرة على الانقباض. أنظر الصورة رقم (78)..

ولو أخذنا قطاعاً عرضياً لعضلة ما لوجدنا أنها تتكون من مجموعة حزم من الألياف، كل حزمة تتألف من مجموعة من الألياف، وكل ليفة

تتكـون مـن مجموعـة مـن الأليـاف، والليفـة هـي عبـارة عـن مجموعـة مـن الخلايا.



صورة رقم(78)

الوحـدة التكوينيـة للعضلـة (**Structural Unit**) - هـي الليفـة العضلية المكونـة مـن مجموعـة مـن الخلايـا المندمجـة بعضهـا فـي بعـض مكونـة ما يُعـرف بالليفـة العضلية.

أمـا **الوحـدة الحركيـة** (**Motor Unit**) وهـي الوحـدة الوظيفيـة

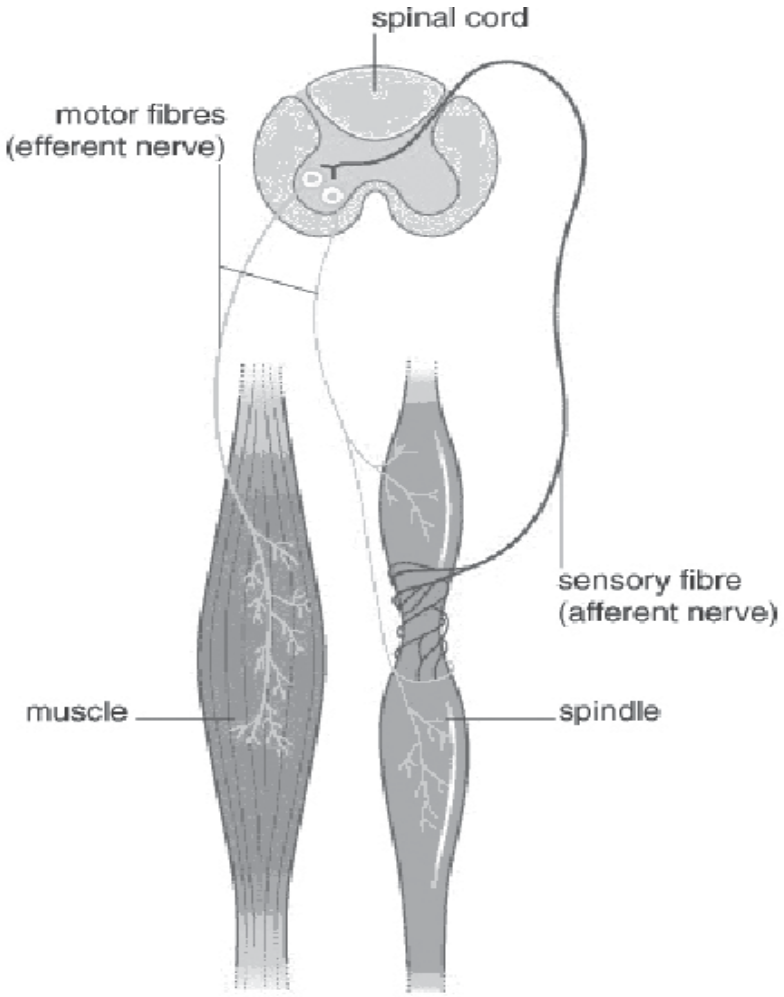
(Functional Unit) نفسها فهي تتكون من عصب حركي تتفرع إلى ألياف عصبية، وكل ليفة من هذه الألياف العصبية تتفرع إلى فروع، يتصل كل فرع منها بليفة عضلية، أنظر الصورة رقم (79)..

والوحدة الحركية هي عبارة عن ليفة عصبية والألياف العضلية المتصلة بها، وهي لا تغذي أليافاً عضلية متقاربة في العضلة، وإنما تغذي أليافاً عضلية منتشرة وذلك حتى تعمل على أن تنقبض العضلة في شكلها العام في حالة ورود إشارة عصبية إلى مجموعات قليلة من الألياف.

لكن يجب ملاحظة أن هذا الانقباض لا يكون قوياً، لأن قوة الانقباض تتوقف على عدد الألياف المشتركة فيه، وهذا بالتالي يتوقف على كمية الإشارات العصبية الواردة إلى العضلة.

ويختلف عدد الألياف العضلية من وحدة حركية إلى أخرى، فهناك الوحدات الحركية الكبيرة مثل وحدات عضلات الظهر والرجلين، التي يصل فيها عدد الألياف العضلية إلى (150) ليفة - عضلات الظهر مثلاً - وكذلك يوجد حوالى (1900) ليفة في عضلات الساق، وهناك الوحدات الحركية الصغيرة لعضلات الأصابع التي يصل فيها العدد إلى ثلاث أو أربع ألياف عضلية، وكذلك العضلات التي تحرك العين والتي تتألف من خمس أو ست ألياف عضلية.

يوجد في الجسم عضلات تتميز أليافها باللون الأبيض، كما يوجد عضلات أليافها تتميز بلونها الأحمر، وكثير من العضلات في الجسم يختلط فيها اللونان.



صورة رقم(79)

* **الألياف العضلية البيضاء (Fast twitch M.White fibers)**

قـوة الانقباضـات العضليـة سـريعة جـداً، ذات حجـم كبيـر، تعتبـر قابلـة للتعـب، وذات إمكانيـة هوائية منخفضـة، ولكن إمكانياتهـا اللاهوائية

عاليـة، وسـرعة ردود الفعـل لديهـا كبيـرة (عضـلات ذات الرأسـين الفخذية، والعضلـة الخياطيـة)، وهـي تتميـز بسـرعة انقباضاتهـا حيث تصـل إلى قمة الانقبـاض تقريبـاً فـي زمـن مقـداره 8 ملليتر/ثانيـة، ويبلـغ معـدل انقباضها 30-50 انقباضـة فـي الثانيـة الواحدة.

ولهـذا تصلـح لرياضـات السـرعة والقـوة، وتحتـوي على كميـة أقل من الميتوكوندريـا، وتقـل لديهـا كميـة تدفـق الـدم (عضـلات: العيـن، اليديـن، الرجليـن والذراعيـن).

تقسم الألياف العضلية البيضاء بدورها إلى قسمين هما:

1 - الألياف السـريعة الغليكوجينيـة المؤكسـدة (Fast Oxidative Glycolytic) ويرمـز إليهـا بـــ: (FOG).

11 - الألياف السـريعة الغليكوجينيـة (Fast Glycolytic) ويرمـز إليهـا بـ(FG).

* **الألياف العضلية الحمراء (Slow twitch M.Red fibers)**

قـوة الانقباضـات العضليـة بطيئـة ولفتـرات طويلـة وهـي ذات حجـم أصغـر، وقـادرة علـى مقاومـة التعـب، وتملـك إمكانيـات هوائيـة عاليـة، أي قدرتهـا عاليـة علـى اسـتخدام الأوكسـيجين كمصـدر للطاقـة، ولذلـك فهـي تصلـح لرياضـات التحمل، وتكثـر فيهـا الميتوكوندريـا، وكمية كبيـرة مـن الأوعيـة الدمويـة - عضـلات الظهـر الكبيـرة. وتعرف أيضـاً على أنهـا الألياف البطيئـة الأكسـدة (Slow Oxidative) ويرمـز إليهـا بالرمـز

(SO)، حيث تصل إلى قمة انقباضها في زمن مقداره 12ملليتر-ثانية تقريباً، ويبلغ معدل انقباضها إلى 10-15 انقباضة في الثانية الواحدة.

يجب أن نعرف أن العضلات ذات الألياف العرضية تنتج قوة أكبر من العضلات ذات الألياف الطولية.

الشدة العضلية: هي القوة التي تبذلها العضلة عندما تنقبض، وهي تتوقف على عدد الألياف المشتركة في الانقباض، وتختلف باختلاف نوع الانقباض العضلي.

الانقباض العضلي: يتمثل في عملية تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة بيوميكانيكية، ويمكن للعضلة أن تنقبض بأكثر من شكل بحسب نوع العمل المطلوب ومقدار المقاومة الخارجية.

$$ATP \rightarrow ADP + Pi + E\ (energy)$$

المصدر الأول الأساسي للطاقة

$$ATP + Pc \rightarrow ATP + c + E$$

المصدر الثاني وهو (Pc) فوسفوكرياتين

$$ADP + P + E \longleftrightarrow ATP$$

الأدونيزين الثلاثي فوسفات ATP

الأدونيزين الثنائي فوسفات ADP

فوسفو كرياتين PC

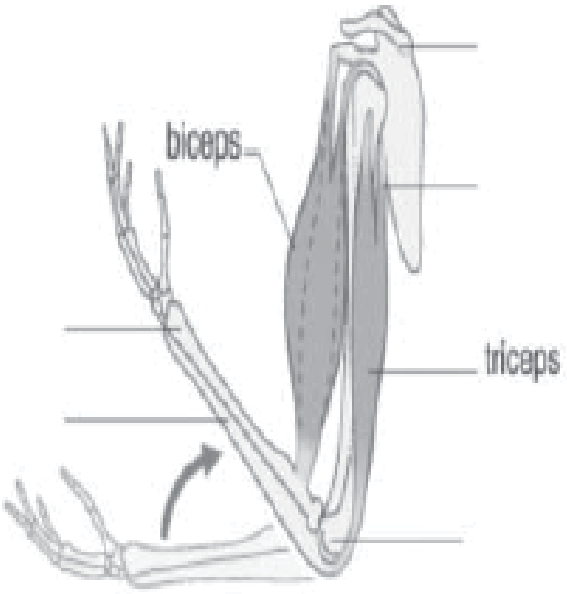
فوسفور P

الطاقة E

زوايا الشد العضلي

تعمل العضلات في أوضاع مختلفة، ونتيجة لذلك فإنها تأخذ اتجاهات مختلفة مع العظام، ينشأ عنها زوايا تقع بين خط عمل العضلة والعظمة التي تعمل عليها. أنظر الصورتين رقم (80 و81)... وكلما كانت العضلة أقرب إلى التوازي مع محور العظمة كان الشد أقل، وكلما اقتربت الزاوية بين العضلة والعظمة من الوضع العمودي زاد الشد (العضلة تعمل للشد وليس للدفع).. لذلك، ولكي نرتقي بالقوة العضلية يجب أن نجعل العضلة تعمل وهي أقرب كلما أمكن من الوضع العمودي مع العظمة التي تعمل عليها.

فإذا افترضنا أنّ هناك ثقلاً وزنه (100) كلغ، والمطلوب رفعه عمودياً عن الأرض، فإن القوة المطلوبة لرفع هذا الثقل يجب أن تكون أكثر من (100) كلغ ولو بقليل(101) كلغ. أما إذا كان المطلوب تحريك الثقل باتجاه مائل فإن الأمر لا يحتاج إلى(100)كلغ كاملة، بل أقل، والسبب في ذلك أن بقية مقدار القوة يضيع في التثبيت، وهي قوة تعمل في الاتجاه الأفقي.



صورة رقم (80)

صورة رقم (81)

وعموماً، فالعمل العضلي يتم في حدود الزوايا التالية:

1 - زاوية أقل من 90 درجة (+)

$$0° < \alpha < 90° \Rightarrow < F. \sin \alpha < 1$$

2 - تساوي 90 درجة $F. \sin 90 = 1 \text{ (max)}$

3 - زاوية أكبر من 90 درجة (-)

$$90° < \alpha < 180° \Rightarrow 0 < F. \sin \alpha < 1$$

ومن هنا يتضح لنا أنه كلما قلت الزاوية عن (90 درجة) زادت القوة الضائعة في التثبيت وقلت القوة الحقيقية والعكس صحيح حتى تصبح الزاوية (90 درجة)؛ وكي يلاحظ أنه في حالة كون العضلة تعمل على رافعة قدرها (45 درجة) فإن خط عمل القوة يساوي القوة الضائعة في التثبيت.

ملاحظة: ينعدم تأثير القوة عندما تساوي الزاوية ° 0 أو 180°

$$F. \sin 0° = 0$$

$$F. \sin 180° = 0$$

* **العوامل التي تؤثر في حجم القوة العضلية،** فتزيدها أو تنقصها، هي:

أ ـ طول العضلة- كمية التقلص والانبساط - إمكانية المط..

ب ـ الجنس

جـ ـ العمر

د ـ حجم العضلة (المقطع العرضي لها): الألياف العضلية كثيرة والعضلة سميكة، وكلما كانت القوة أكبر تنمو العضلة بشكل أحسن.

هـ ـ مقدار التدريب.

و ـ نمط الجسم.

ز ـ وضعيـة أجزاء الجسـم في الأوضاع والزوايا التي تسـمح بالاسـتفادة من القـوة العضلية.

حـ ـ الإرادة والعوامل النفسية الأخرى.

*** الصفات الميكانيكية للعضلات**

تملـك العضـلات صفـات ميكانيكيـة معقـدة تتعلـق، أولاً- بتكويـن العضـلات (الألياف العضليـة واتصال العضـلات) وثانياً - حالـة العضلات أثناء التعـب والراحـة.

تشـمل الصفـات الميكانيكيـة (المطاطية، المرونـة، اللزوجة، الانعكاس والإثـارة والانقبـاض والقـوة)، وكذلك صفـات بيولوجية تظهر أثنـاء التقلص أو التهيـج العضلـي مـن جراء الإثـارة العضليـة التي تتعـرض لها العضـلات. أنظر الصورتيـن رقـم (82 و 83).. وهـذه الصفـات لهـا علاقـة بعضهـا ببعض تحدث الحركـة والانتقـال إلى جسـم الإنسـان في حصيلتـه النهائية.

تمتاز الظاهرة الميكانيكية الأساسية لنشاط الجهاز العضلي بـ:

i- قوة المط العضلي والتوتر.

ii- السرعة في تغيير طول العضلة.

وهـذا يعنـي أنه يجب علينا الانتباه وحسـن اسـتعمال هذيـن العاملين أثنـاء أداء الأفعـال الحركيـة المختلفـة. فالعضـلات تمتـاز بالمرونـة، أي

قابليتها للعودة إلى وضعها الطبيعي بعد زوال المؤثر، وصفة اللزوجة، أي مقاومة العضلة لأي تغيير يحدث في شكلها، والانعكاس أي تقوم بأداء الحركة الإرادية واللاإرادية باتجاه المؤثر أو المنبه للحركة، والإثارة، أي قابلية العضلة لاستقبال المثير والعودة إلى وضعها الأول الذي بدأت منه بعد زواله، والتقلص؛ أي الانقباض وتغيير شكل العضلة من جراء العمل والحمل المؤثر فتقصر العضلة إلى (1/2) أو (1/3) طولها مع الطاقة الحرارية للانقباض. وكذلك تختلف الألياف العضلية من حيث عددها وتنظيمها من عضلة إلى أخرى.

توجد ألياف عضلية مرتبة بشكل سلسلة تمتاز بعضلات طويلة الشكل ومغزلية ذات قوة عضلية قليلة تقوم بحركات تحتاج إلى الدقة الحركية، أما الألياف التي تكون عرضية (عضلات القسم السفلي، وعضلة البطن المستقيمة) فتنتج قوة أكبر.

صورة رقم(82)

صورة رقم(83)

* أنواع الانقباض العضلي

تمثـل العضـلات الجـزء الإيجابـي مـن الجهـاز الحركـي للإنسـان،

وهـي المسـؤولة عـن إنتـاج القـوى اللازمة للحركـة أو المحافظة علـى أوضاع السـكون المختلفـة، وهـي تنتـج القـوى مـن خـلال مـا يعـرف بالانقبـاض العضلـي.

والانقبـاض العضلـي الـذي يمثل العمليـة التي يتم فيهـا تحويل الطاقة الكيميائيـة إلـى طاقـة بيوميكانيكيـة. ويمكـن للعضلـة أن تنقبـض بأكثـر من طريقـة وفقـاً للعمـل المطلوب ومقـدار المقاومـة الخارجية.

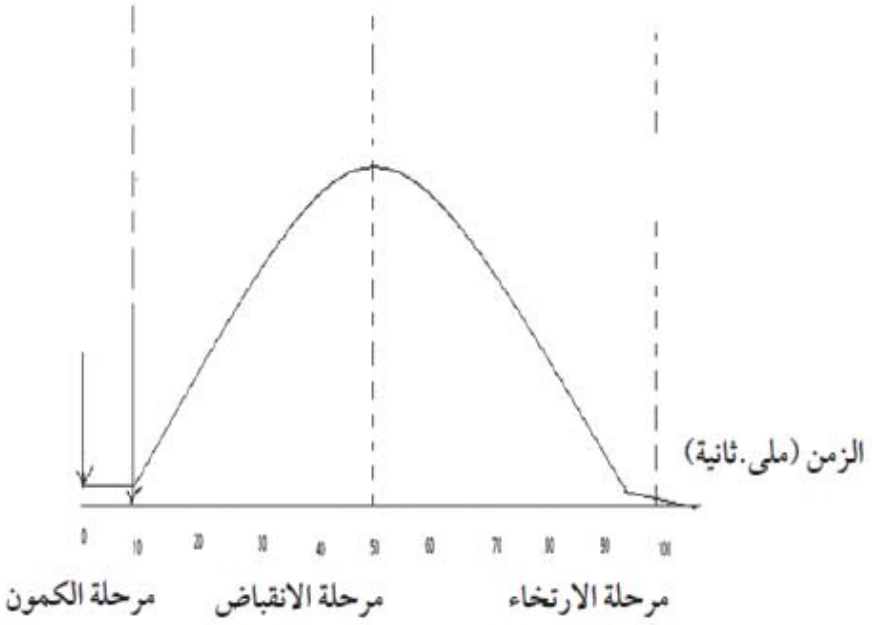
عندمـا تسـتجيب العضلـة لإشـارة عصبية واحدة تصـل إليها عن طريق تنبيـه العصـب أو العضلة نفسـها (كهربائياً) تسـمى هذه العمليـة بالانقباضة العضليـة البسـيطة أو الخلجة العضليـة (Twitch Simple Muscle)، ومنذ لحظة وصـول المنبـه أو المثيـر العصبـي إلـى العضلـة وحتـى نهايـة تلـك الانقباضة البسـيطة تمـر العضلـة بثـلاث مراحل. أنظـر الصورة رقـم (84)، وهي:

i ـ مرحلـة الكمـون أو السـكون (Latent period): وهـي فتـرة زمنيـة قصيـرة تقـدر بحوالـى (10) ملـي ثانيـة تنقضـي بيـن لحظـة إعطـاء الحافـز أو المثيـر وبيـن بدايـة عملية التقلـص أو الانقباض، وتحدث فـي تلـك الفتـرة مجموعـة مـن التغيـرات الكيميائيـة والفيزيائيـة بالعضلـة كاسـتعدادها لعمليـة الانقبـاض، حيـث تجهـز طاقـة الانقبـاض ويـزول اسـتقطاب غشـاء الليفـة العضليـة، وتتحـرر مادة الأسـتيل كوليـن.

ii ـ مرحلـة الانقبـاض (Contraction Period): وفيهـا تنقبـض

العضلة وتتقلص أليافها بانزلاق وتتداخل فتائل الأكتين وفتائل الميوسين فيما بينها، مما يترتب عليه حدوث قصر في ألياف العضلة وزيادة في توترها، وتستغرق تلك العملية حوالى 40 ملي ثانية.

iii ـ مرحلة الانبساط (الارتخاء) (Relaxation Period): وتمثل هذه المرحلة رجوع الألياف العضلية إلى سابق طولها أو توترها قبل الانقباض، وتستغرق تلك الفترة حوالى 50 ثانية.



الانقباضة العضلية البسيطة أو الخلجة العضلية.

صورة رقم (84)

أنواع الانقباض العضلي (Type of Muscle Contraction):

1 - الانقباض الايزوتونك (Isotonic).

1ـ1 الانقباض المركزي (Concentric contraction)

2ـ1 الانقباض اللامركزي (Eccentric Contraction).

2 - الانقباض الايزومترك (Isometric).

3 - الانقباض الايزوكينتك (Isokinetic Contraction).

1 - انقباض إيزومتري (الثابتة) (Isometric).

2 - انقباض إيزوتوني (الديناميكية) (Isotonic).

3 - انقباض ايزوكينتك (Isokinetic).

1 - الانقباض الإيزوتونك (الديناميكية): في هذا النوع من الانقباض تكون الشدة ثابتة ويكون التغيير في طول العضلة، أي وجود حركة تمتاز بسرعة وتعجيل ثابت وزاوية للمط العضلي متغيرة، وبالتالي يتغير عزم القوة والمقاومة، أي تقصر العضلة لمواجهة المقاومة الثابتة بسرعة ثابتة. مثال (عند فتح الباب تنقبض عضلات الذراع وتحرك الباب وكذلك في جميع تدريبات الجري والوثب وغيرها).

1ـ1 الانقباض المركزي: وهو الانقباض الذي يتسبب بحدوث قصر العضلة نحو المركز.

2ـ1 الانقباض اللامركزي: وهو الانقباض الذي يتسبب بحدوث مدّ إطالة للعضلة بعيداً عن المركز.

2 - الانقباض الإيزومترك (ثبات الطول): يحدث في حالة تثبيت

مـكان ارتبـاط العضلة خـلال الإثارة التي تصاحب عمـل الرياضي، فإننا نلاحظ أن قـوة المـط العضلـي تـزداد، إذا كانـت هنـاك مسـاواة بيـن حجـم الشـد العضلـي والمقاومـة الخارجيـة، وهـذا مـا نطلـق عليـه انقباضـاً إيزومترياً، أي طـول العضلـة يبقى ثابتاً ولا يحدث قصراً فيه، ويسـمى أحياناً بالشـد العضلي الثابـت، وهذا الشـكل مـن الانقباض نصادفـه في جميع حـالات الحفاظ على فاعليـة وثبات جسـم الإنسـان في الثنائـي والسلسـلة البيوكينماتيكية.

(تنفيذ حركة معينة ضد مقاومة ما كدفع حائط دون أن تقصد).

يحـدث الانقبـاض الايزومتـري إذا كان الجهـد المبـذول أقـل مـن المقاومـة وتسـتخدم الطاقـة والحـرارة، ولكـن لا يحـدث تقصيـر فـي طـول العضلـة. (المصارعـة أو رفـع ثقـل لا يمكـن تحريكـه..) ويوجـد أنـواع تبعـاً لسـرعة الانقبـاض:

i - حركة انقباض سريعة: انقباض عضلة العين (تركيز الرؤية..)

ii - سـرعة متوسـطة مثـل انقبـاض عضـلات القنـاة الهضميـة- حتـى تسـتطيع توصيـل الطاقـة إلـى الأطـراف أثنـاء الجـري والقفـز.

iii - سـرعة بطيئـة للانقبـاض مثـلاً انقبـاض العضلـة الأخمصيـة للقـدم حتـى تسـتطيع مسـاعدة الجسـم علـى مقاومـة الجاذبيـة الأرضيـة.

3 - الانقبـاض الأيزوكينتـك: وهـو مشـابه لنـوع الانقبـاض الأيزوتونيـك ويحـدث فيـه تغييـر بطـول العضلـة أثنـاء التوتـر العضلـي، حيـث يختلـف عنـه فقـط الايزوكنيتـك بأنـه ينتـج حركاتـه بمعـدل سـرعة

ثابتة. وهذا النوع عادة يتطلب أجهزة وأدوات رياضية مُكلفة لأنها تتميز بزيادة الحمل (الجهد) وتجعل الفرد يستشعر الإسراع في توتر (تقلصات) العضلة.

وتوجد تسميات أخرى:

1 - إيزومتري (الانقباض العضلي المتحرك).

2 - إيزوتوني (الانقباض العضلي الثابت).

3 - الانقباض العضلي الوحيد.

4 - الانقباض العضلي المتكرر- الإحماء.

5 - الانقباض المستمر (بشكل لا يستطيع الاسترخاء).

الأنواع المختلفة لوظيفة العضلات

ليس التقلّص والانبساط العاملين الوحيدين اللذين يحددان وظيفة العضلة حول المفصل، ولكن نوع العضلة وموقعها، ونوع المفصل الذي ترتبط العضلة به، والشد العضلي وطول العضلة وتغيراتها تؤثر جميعها في عمل العضلات بشكل عام. أنظر إلى الجدول رقم (85).

إن وظيفة العضلات المعروفة تنحصر في التغلب على المقاومة الخارجية وتثبيت الجسم التي تتحدد بتغيير اتجاه العضلات وطولها سواء في القصر أو الطول كعمل ديناميكي أو الحفاظ على طول العضلة كعمل استاتيكي.

نوع وظيفة الفعل	الهدف	الخاصية	الظروف الميكانيكية (علاقة عزم القوة) Moment of force
I- الديناميكي: 1 -التغلب على المقاوم 2 -التثبيت (رفع الأثقال، ضربة الملاكم) عندما لا تصيب... 3 -القذف (رمي القرص)	- تحقيق حركة إيجابية - تنظيم الحركة - السرعة في التقلص العضلي (الإيجابية)	- تعمل متقلصة - تعمل بالمد - تعمل بتقلص قوي (الدفع)	- عزم القوة العضلية أكبر من عزم المقاومة وتتغلب على قوة المقاومة. - عزم القوة العضلية أقل من قوة المقاومة (تثبيت الفعل). - عزم القوة العضلية أكبر من عزم قوة المقاومة (السرعة في التغلب على قوى المقاومة.
II- الإستاتيكي: التوازن: المسك لأداة الحمل (لأي ثقل) التثبيت أثناء التعلق	- الحفاظ على وضعية الجسم وتوازن القوى الداخلية والخارجية	- تتوتر بشكل ثابت ولا يحدث تغيير في طولها	- عزم القوة العضلية يساوي عزم قوة المقاومة، محصلة القوة العضلية عكس القوة المضادة لها (ضد قوة الجاذبية الأرضية).

جدول رقم(85)

وظيفة استاتيكية: أنظر الصور رقم 86 و 87 و 88.

صورة رقم(86)

صورة رقم(87)

لـو حمـل الرياضـي ثقـلاً وزنـه (60 كلـغ) وتحـرك بـه مسـافة 100 م، فهـذا يعنـي أنـه نفـذ عمـلاً ديناميكيـاً بمقـدار (60×100) = 600 كلغ/متـر،

ولـو حمـل الثقـل وبقي ثابتاً، فهـذا يعني أنه نفـذ عملاً إسـتاتيكياً وبالمقدار عينه.

ومـن هنـا يجـب أن نؤكـد خـلال أي فعـل حركـي علـى الرياضـي أن يحافـظ علـى حركتـه وارتـكازه، بالتالـي فـإنّ حلقـات الجسـم تنقسـم إلـى قسـمين، حلقـات تعمـل مـع الارتـكاز سـواء الأرض أو الأداة وتسـمى حلقات الارتـكاز، وحلقـات لأداء الحركـة وتسـمى بالحلقـات العاملـة.

أي إن الرياضـي ينفـذ حركاتـه إمـا مـع الارتـكاز وإمـا بدونـه (مثـل: المراحـل المختلفـة للجـري والقفـز، بفضل المـط العضلي كما هـو في بداية الجـري (100م).

* بعبـارة أخـرى نقـول إن جميع العضلات المشـاركة فـي العمل ممكن أن نقسـمها إلـى مجموعتيـن، أي إمـا أن تعمـل ديناميكيـاً وإمـا إسـتاتيكياً، وكلاهمـا متعلـق بالآخـر، ففـي الحركـة نحتـاج إلـى المـط العضلـي والعمـل الديناميكـي ثـم فـي الثبـات مـن خـلال الارتـكاز أي العمل الإسـتاتيكي.

صورة رقم (88)

إن لـكل عضلـة مشـاركة فـي العمـل (الفعـل الحركـي) مجـال عمـل يحـدد فاعليتهـا وحركتهـا، وتسـتطيع العضلـة أن تـؤدي واجباتهـا فـي تنفيـذ الحركـة المختـارة، وكلمـا زادت مرجحـة العضلـة وزاد مطهـا أصبـح مجـال عملهـا أكثـر فاعليـة.

وهكذا يمكننا أن ندرج الأشكال التالية لعمل العضلات:

1 - العضلة المحركة أو المحرك الأساسي (Movers M).

2 - العضلة المضادة (Antagonists. M):

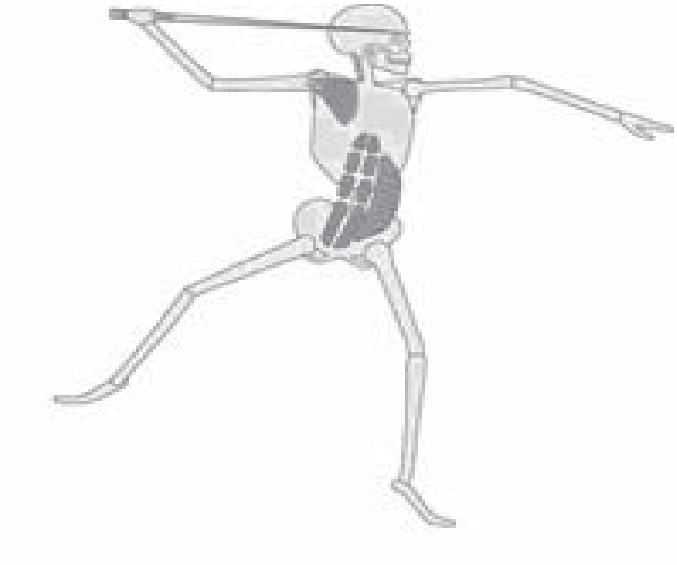
أ- (مـد الـذراع): هـي العضـلات التـي تحـدث بانقباضها عملاً معاكسـاً للعضـلات المحركـة. أنظـر الصورة رقـم (89).

صورة رقم(89)

ب- ثنـي الـذراع مـن مفصـل المرفـق- نـرى أن العضلـة ذات الرأسـين هـي المحـرك الأساسـي (Contract)، أمـا العضلـة ذات الـرؤوس الثلاثة فتكون فـي وضـع الاسـترخاء (Relax) وهـي تعتبـر المضادة.

3 - العضلـة المثبتـة (Stabilizer. M): تقـوم بتثبيـت عظـام الجسـم وتحافـظ علـى وقفـة الإنسـان سـواء عنـد المقاومـة أو التـوازن أو عنـد حمل شـيء ما.

4 - العضلـة الموجهـة: توجـه حـركات الرياضـي نحـو الهـدف مثـل عضلـة الداليـة أثنـاء رمـي الرمـح. أنظـر الصورتيـن رقـم 90 و 91.



صورة رقم(90)

صورة رقم(91)

5 - العضلـة المسـاعدة: تسـاعد العضـلات العاملـة علـى تنفيـذ الحركة وتسـهل عمليـة إنجاز الشـغل (العضلـة العضدية أثناء ثني الـذراع من مفصل المرفق).

لزيادة الإتقان في دراسة العمل العضلي علينا أن ندرس جميع هذه الأعمال من وضع معين، وهذا الوضع يسمى بالوضع التشريحي، وهو يوصف بأنه الوضع الذي يقف فيه الشخص وقفة اعتيادية ويدير يديه بحيث تكون – إلى الأمام، إلى الخلف، الثني، المد، التبعيد، التقريب، التدوير، المد والثني الأفقي، أنظر الصورة رقم (92)..

الثني Flexion: هي عملية يتقارب فيها عظمان من عظام الجسم أو العملية التي تصغر فيها الزاوية بين العظمين.

المد (Extension): إن المد هو عكس الثني حيث يتباعد في هذه العملية عظمان من عظام الجسم، وتعتبر خلالها تكبير الزاوية بين العظمين (مد مفصل المرفق) أو الحالة الطبيعية لوضع العظمين كالذراع.

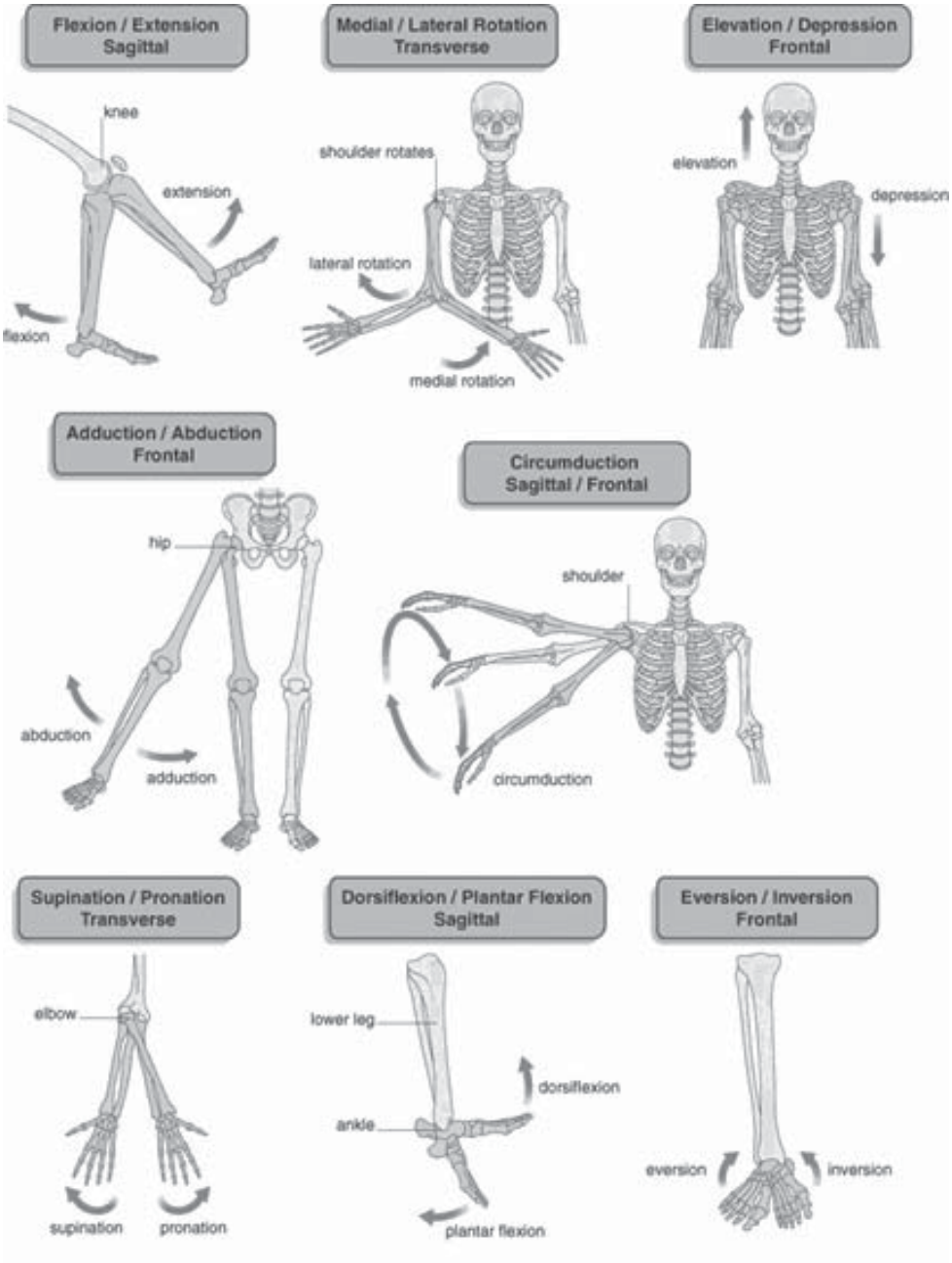
الإبعاد (Abduction): هي الحركة في المستوى التشريحي الجانبي التي يبتعد فيها جزء من أجزاء الجسم عن الخط الوسطي للجسم كإبعاد الساق أو الذراع من الخط الوسطي للجسم.

التقريب أو الضم (Adduction): هي عكس حركة الإبعاد حيث في المستوى التشريحي الجانبي أيضاً، تقترب الساق أو الذراع من الخط الوسطي للجسم.

التدوير (Rotation): هذه الحركة التي يدور فيها العظم حول محوره الطولي، وتحدث في مفاصل الكتف والورك والركبة المنثنية، وتدور من الخارج إلى الداخل وبالعكس.

و تعمل حركة التدوير في اتجاهين: - اتجاه أنسي أي داخلي،

وهـو مـا يسـمى بحركـة الكـب، وتدويـر فـي اتجـاه وحشـي أي إلـى الخـارج وهـو مـا يسـمى بحركـة البطح.



صورة رقم(92)

III - النظام البيوميكانيكي لجسم الإنسان

يعتبر الجهاز الحركي للإنسان نظاماً ديناميكياً معقداً من الروافع العظمية والعضلات (الحلقات واتصالاتها)، وهي تعمل بشكل جماعي لإنجاز الحركة الإيجابية للإنسان.

ويمكن تعريف النظام البيوميكانيكي لجسم الإنسان: بأنه الاتحاد الحي لتكوينات الجسم المختلفة في وحدة متكاملة، أي هو الكل المتكون من عناصر مختلفة.

(مورفولوجي، بيوميكانيكي، فيزيولوجي، نفسي،...).

فالجهاز الحركي للإنسان بدون أجهزته المختلفة لا يستطيع أن ينجز الحركة، وبعبارة أخرى فالنظام هو الذي يتكون من أجزاء موجودة فيه لتمثله .

فمنظومة التبريد أو الكهرباء في السيارة تستطيع أن تعمل بانفراد أو بشكل جماعي مع بقية الأجزاء... أما خلايا الدماغ فلا تستطيع أن تعمل وحدها، وكذلك الحال بالنسبة إلى الجهاز الحركي للإنسان.

مثال:- إنّ منتخب لبنان لكرة السلة يشكل نظاماً متماسكاً أما منتخب العالم فهو تجميع.

وجميع حركات الفرد وتمارينه الرياضية تكون نظاماً حركياً متكاملاً له خصائصه المتكاملة المختلفة، وقد يقسم النظام الحركي في المجال الرياضي إلى عام لكل أنواع الرياضة، وخاص للعبة الواحدة.

وقد يقسم إلى نظام ديناميكي مسؤول عن الحركة والقوة، ونظام إستاتيكي مسؤول عن ثبات الجسم في وضعية معينة ومتوازنة.

ولهذا يعد النظام الحركي قوة كبيرة، من خلاله نحدد النوعية الوظيفية التي يجب اتباعها فعلاً: فالمصارع مثلاً عندما يقوم بخطف رجل الخصم، عليه أولاً تحديد الزاوية التي سيضعها واتجاه يديه ومنطقة وضع القوة، ولإتقان ذلك عليه بمزاولة التمارين التي تعطيه فعالية حركية أكثر أثناء التدريب.

وللنظام الحركي لجسم الإنسان فوائد كثيرة:

1 - مصادر الطاقة.

2 - إمكانية لتوليد القوة.

3 - حجم حركي يحتاج إليه الإنسان.

4 - نظام توجيهي للحركة.

ولهذا يمتاز الجهاز الحركي للكائنات الحية بخصائص بيولوجية معقدة تختلف عما هو موجود في الميكانيكا:

1 - جوهر الجهاز الحركي للإنسان مكون من أنسجة وخلايا حية يحدث فيها التبادل المادي للأوكسيجين والدم بشكل متواصل أثناء السكون والحركة. أما في الميكانيكا فيتكون من عتلات وأسطوانات يختلف عملها عن عمل الجهاز الحركي، وتستطيع أن تعمل منفردة.وإذا أردنا تطوير الأجهزة الحية علينا أن نحسن استعمالها فتزداد قدرتها على العمل أكثر.

2 - مكونات الجهاز الحركي تتصل بعضها ببعض بشكل متكامل

ومعقـد وتعمـل جماعيـاً مـن خلال العضـلات والعظـام واتصالاتها، أمـا اتصال مكونـات الآلـة فمحـددة وفـي اتجـاه معـروف، أي هـو اتصـال بيـن أجـزاء مستقلة .

3 - المبـدأ الانعكاسـي لوضعيـة الجهـاز الحركـي، يعمـل بواسـطة الإيعـازات العصبيـة ولـه قابليـة لوضعيـة الانعـكاس وهـذا لا يحـدث فـي الميكانيـكا.

4 - يتأثـر الجهـاز الحركـي للإنسـان بالنواحـي الاجتماعيـة والنفسـية بعكـس العمـل فـي الميكانيـكا كونهـا أجهـزة غيـر قابلـة للإحسـاس.

اكتشـف أحـد العلمـاء قديمـاً وجـود علاقـة بيـن جسـم الإنسـان والطبيعـة، ولا تحـدث أي ظاهرة علـى انفراد بل لها علاقـة بالظواهر الأخرى.

فعندمـا نـدرس النظـام الحركـي لجسـم الإنسـان علينـا أن نتطـرق إلى مكوناتـه التـي تحـوي أكثر من (206) عظمـة متصلة بعضها ببعـض بالمفاصل مكونـة (100) درجـة حـرة حركيـة، وتشـارك فـي الحركـة أكثر مـن 600 عضلة، وهنـاك أجهزة مسـاعدة لهـا وموجهة، وكلما كان النظـام الحركي معقداً كثرت واختلفـت العناصـر الداخليـة فـي تركيبـه، ولو نظرنـا إلى النظـام الحركي نراه يعمـل عـن طريق تمـازج مجموعة مـن الأنظمة:

1 - الأنظمـة المنفـذة للحركـة: تشـمل الجهاز الحركي السـلبي (العظام والمفاصـل) والجهـاز الحركـي الإيجابـي (العضـلات والأنسـجة والأوتـار وغيرهـا)، وبـدون توفيـر الطاقـة والغـذاء لهذا الجهـاز الحركي لا يسـتطيع أن يـؤدي حركتـه، إذاً فهـو مرتبـط.

2 - الأنظمـة المسـاعدة (الخادمـة) للحركـة: وتشـمل جهـاز الـدوران

والتنفس والهضم. وتقوم بتوفير الدم والأوكسيجين وما يحتاج إليه الجهاز الحركي من وقود وغذاء لأداء حركته العضلية وأفعاله الحيوية وبدونها يكون عملها ناقصاً.

3 - الأنظمة الموجهة للحركة: وتشمل الجهاز العصبي المركزي وخلاياه وتفرعاته المختلفة. إنّ عمل جميع هذه الأنظمة بعضها مع بعض تشكل للإنسان نظاماً حركياً متكاملاً.

أسئلة المراجعة

- أرسم جسم الإنسان واكتب التسميات العلمية لأعضاء الجسم.
- عرّف الجهاز الحركي.
- ماذا يحدث عن الوظيفة الميكانيكية للجهاز الحركي.
- إشرح تركيبة نظام تصنيف المفاصل ووظيفتها.
- إشرح معنى الوحدة الحركية والشد العضلي.
- إشرح الصفات الميكانيكية للعضلات المشاركة في اللعبة الرياضية التي تمارسها.
- عدد أنواع الانقباض العضلي.
- تحدث عن شكل أفعال الانقباض العضلي اللا-مركزي في الأنشطة الرياضية التالية: الوثب العالي (الأطراف السفلية)، الجري، الصعود على الدرج، الهبوط على الدرج، دفع الكرة الحديدية (الأطراف العليا)..
- إشرح النظام البيوميكانيكي لجسم الإنسان.

9 - بيوديناميكية القوى الخارجية

I - أثر القوى الخارجية في حركة الإنسان

II - دور القوى الداخلية والخارجية في حركة الإنسان.

المصطلحات الأساسية: الكتلة الهندسية لجسم الإنسان، القوى الداخلية، القوى الخارجية.

I - إن تنفيذ أي عمل أو فعل حركي يؤديه الرياضي غير ممكن دون استعمال القوة بنوعيها الداخلي والخارجي، إذ تؤثر القوة الخارجية في كل شيء ومن بينها جسم الإنسان (قوة الجاذبية الأرضية، وقوة البيئة والماء والهواء وقوة الاحتكاك، وغيرها) وتلعب دوراً في تعزيز الهيكل العظمي للإنسان وصياغته والوقفة الأساسية للجسم، وتساهم في تقوية العضلات من خلال تفاعلها المستمر مع هذه القوى وتساعد على تنمية تاريخ نشوء الفرد عن طريق تنمية جهازه الحركي، وهذا ما نسميه (بالإحساس العضلي). وتُعدّ القوة السبب المباشر لتغير حركة الإنسان في الديناميكا، فإذا تعادلت القوى الخارجية والقوى الداخلية فإنه سيحدث توازن للجسم، إذن لن تحدث الحركة. لذا يجب أن نتعرف إلى مصدر القوة، وبالتالي إلى القيمة الأساسية التي تعطيها

لجسم الإنسان. وقد يكون تأثير القوى الخارجية فعالاً فتساعد هذه القوى الإنسان على الحركة الإيجابية، وقد يكون تأثير هذه القوى سلبياً (مقاومة حركة الإنسان).

الكتلة الهندسية لجسم الإنسان: تمتاز بالنقاط الآتية:

وزن (كتلة) الجسم، وأقسام (حلقاته) على انفراد وضعية مركز كتلة الجسم (م ك ج) وحلقاته وخاصية القصور الذاتي لحلقات الجسم ككل ثم عزم القصور الذاتي نسبة إلى محور الدوران وغيرها.

مركز كتلة جسم الإنسان: يرتبط وزن حلقات الجسم (أجزاء الجسم) على حدة بالوزن الكلي للجسم (النسبة المئوية للوزن الكلي للجسم) والحجم التقريبي للوزن النسبي لحلقات الجسم (%). قام العالم الألماني فيشر (Fisher) في نهاية القرن التاسع عشر بالاعتماد على طريقة تقطيع جسم الإنسان إلى (10) أجزاء وتحديد بداية هذه القطع بحيث تلامس محور دورانها في المفاصل مستخدماً الجثث الإنسانية المجمدة وذلك من خلال تقطيعها عند المفاصل إلى وصلات (أجزاء) ثم وزن كل وصلة على حدة وتعيينه لنقطة اتزان كل وصلة بمفردها. أنظر الجدول رقم (93). وهذه الطريقة قد طورها فيما بعد العالم ف. زاتسيورسكي (1981) حيث من خلالها يمكن التعرف إلى مكان مركز كتلة حلقات الجسم، وبالتالي مركز كتلة الجسم ككل. وكذلك التجربة التي طبقت في مختبرات البيوميكانيك على (100) رياضي يراوح متوسط أوزانهم (73) كيلوغراماً وأطوالهم (1,73) متر عكس ما كان يجري سابقاً بتحديد هذه القياسات على جثث الإنسان.

إن مركـز كتلـة الجسـم الصلـب يتحـدد كامـلاً عـن طريـق النقـاط الأنتروبومتريـة المثبتـة ولا يتغيرموضعهـا بالنسـبة إلى حركة الجسـم. وإذا ما تغيرت المسـافة بيـن النقاط الأنتربومترية في النظـام الحركي البيوميكانيكي فـإن مركـز كتلـة الجسـم قـد يتغيّـر. وأثناء القيـام بتحديـد هذه النقـاط نميز عـادة بيـن مركـز كتلـة الركبـة أو السـاعد وبيـن مركـز كتلة الجسـم ككل.

* جدول يبين النسبة المئوية لأوزان وصلات أجزاء الجسم الإنساني.

وصلات الجسم	أوزان وصلات الجسم %		القيم المقربة %
	طبقاً لحسابات فيشر	حسب برنشتاين للرجال للسيدات	
الرأس	7.6	6.72	8.12	7
الجذع	42.7	46.30	43.90	43
الفخذ	11.58	12.21	12.89	12
الساق	5.27	4.65	4.34	5
القدم	1.79	1.46	1.29	2
العضد	3.39	2.65	2.60	3
الساعد	2.28	1.82	1.82	2
الكف(الأصابع نصف مثنية)	0.84	0.70	0.25	1

جدول رقم (93)

ويتضح لنا، أن الرأس والجذع يشكلان نصف وزن الجسم الإنساني، بينما تشكل الأطراف العلوية والسفلية النصف الآخر، أنظر الجدول رقم (94).

إن في كل وصلة أو حلقة أو عضو من أعضاء جسم الإنسان نقطة معينة نسميها مركز الكتلة أو مركز الثقل. إن النقاط تدلنا على الموقع التقريبي لمركز الكتلة في العضو.

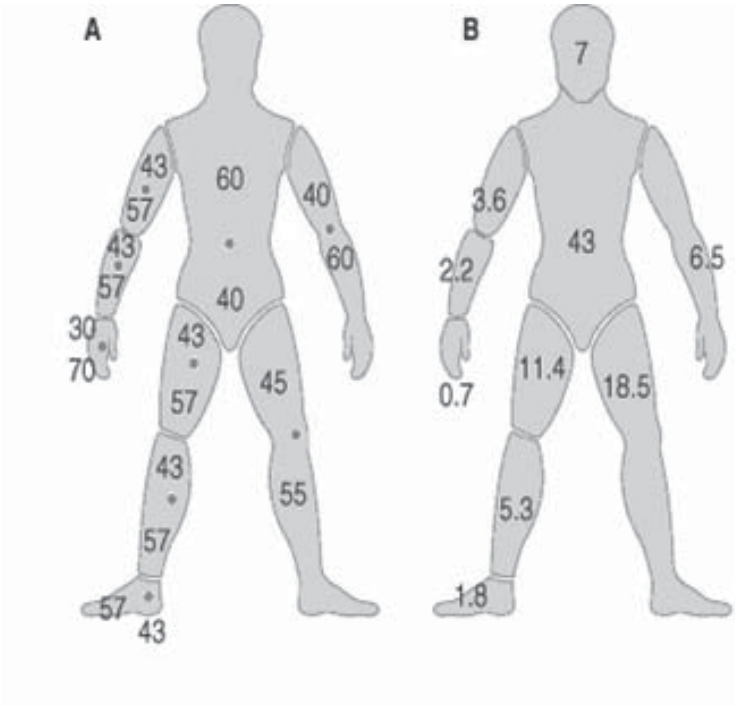
وهذا العدد المبين هو النسبة المئوية للبعد عن الطرفين.

اسم الوصلة في جسم الإنسان	المسافة النسبية (%) لمركز ثقل الوصلة مقيسة للنهاية القريبة من هذه الوصلة
الرأس	واقعة على مستوى الحافة العليا للأذن من الجانب ومنتصف الجبين من الأمام
الجذع	0.44 (من مفصل الكتف حتى مفصل الفخذ)
العضد	0.47
الساعد	0.42
الكف (الأصابع نصف مثنية)	المفصل بين عظمي مشط وسلاميات الإصبع الثالثة (الوسطى)
الفخذ	0.44
الساق	0.42
القدم (من عظم العقب حتى الإبهام)	0.44

* جـدول رقـم (94) يبيـن حلقـات الجسـم مـع نقـاط مركـز الثقـل والمسـافات النسـبية لهـا، وهـذا العـدد المبيـن هـو النسـبة المئويـة للبعـد عـن الطرفيـن.

إن مركـز كتلـة حلقـات الجسـم بالمسـافة مـن الحافـة العليـا للمفصل إلـى مركـز كتلـة الحلقـة (ملـم)، أنظـر الصورة رقـم (95).

إن مركـز ثقـل الجسـم للحلقـة أو لأي وصلـة يكون بالقرب مـن نهايتها القريبـة (حيـث يقـل الجـزء القريـب مـن نصـف طـول الوصلـة بينمـا يزيـد الجـزء البعيـد عـن نصف طولهـا..).



صورة رقم (95)

إن الرياضي الواقف بشكل طبيعي وذراعاه إلى الأسفل والمستوى الأفقي له.. نلاحظ أنّ (م ك ج) تقع على مستوى الفقرتين القطنيتين الرابعة والخامسة، وإذا ما اتخذ الوضع الأفقي فإن (م ك ج) سيزحف أي يرتفع إلى الأعلى باتجاه الرأس بمقدار (1 %)، أما بالنسبة إلى الإناث فإن (م ك ج) منخفض باتجاه الأسفل بنسبة (1-2) % عن الرجال. وعندما يغير الإنسان من وقفته فإن (م ك ج) سيتغير إلى الأمام أو إلى الخلف وقد يكون خارج الجسم، وهناك عوامل كثيرة تؤثر في وضعية (م ك ج) منها:

1- الجنس: نسبة انخفاض (م ك ج) عند النساء (0.5-2 %) وعند الرجال قريبة إلى قاعدة الارتكاز.

2- العمر: في السنة الأولى من حياة الطفل يكون (م ك ج) أعلى من مستواه عند الكبار بـ(10-15 %) ويبقى ثابتاً ومتقارباً حتى سن الشيخوخة للذكور والإناث.

3- نوعية الرياضة: (م ك ج) عند ذوي الكتلة العضلية الكبيرة (كرة القدم...) في وضع منخفض أكثر مما عند الرياضيين ذوي الكتلة الأكبر في منطقة الجذع والذراعين (كرة السلة).

4- نمط الجسم لذوي السيقان الطويلة:- (م ك ج) يكون مرتفعاً عند الرياضيين ذوي السيقان القصيرة.

5- مقدار سريان الدم في مناطق الجسم وما تحصل عليه من غذاء

وماء تؤثر في مكان (م ك ج) ولكن تأثيرها قليل. وكذلك نوع التدريب يؤثر في مكان (م ك ج).

يوجد طريقتان لتحديد (م ك ج)، الطريقة التجريبية (التخطيطية) والطريقة التحليلية (الحسابية).

إذا كان طول الوصلة (للحلقة) للفخذ في الصورة الفوتوغرافية يعادل (21 ملم) فإن النسبة تصبح:

$$X = 21 \times \frac{44}{100} = 9.24 \text{ ملم (تقريباً 9.2 ملم)}$$

حيث إن X هو بعد مركز ثقل الوصلة للفخذ عن نقطة تمفصل الفخذ مع الحوض.

$$\text{* قياس النسبة} = \frac{\text{قياس جزء من الجسم}}{\text{قياس جزء آخر من الجسم}}$$

$$\text{* قياس النسبة} = \frac{\text{قياس صغير}}{\text{قياس كبير}}$$

$$\text{* قياس النسبة المئوية} = \frac{\text{قياس صغير}}{\text{قياس كبير}} \times 100$$

يجب أن يتوافر لدينا جميع المعطيات الابتدائية، وإنه يمكن احتساب موضع مركز كتلة الجسم وفق طرائق عديدة.

- الطريقة التحليلية: متميزة نسبياً بالدقة. وتعتمد أساساً على

نظريـة (فارينيـون) عـن عـزم المحصلـة حـول محـور، والتـي تتلخـص في أنه (إذا كان لمجموعـة القـوى المعطـاة محصلـة فـإن عـزم هـذه المحصلة حول أي محـور يسـاوي المجمـوع الجبـري لعـزوم قـوى المجموعـة حـول المحور عينـه (أنظـر الصورتيـن رقـم (96 و 98) والجـدول رقـم (97).

- هـي أقصـر المسـافات الأفقيـة والعمودية بين مراكز وصلات الجسـم وبين المحـور Y والمحور

$X_1, X_2, X_3, \ldots\ldots X1_4, \ldots\ldots X_n$

ـ المسافات بالرموز $Y_1, Y_2, Y_3, \ldots\ldots Y1_4, \ldots\ldots Y_n$

أوزان الوصلات للجسم بالرموز P $P_1, P_2, P_3, \ldots\ldots$

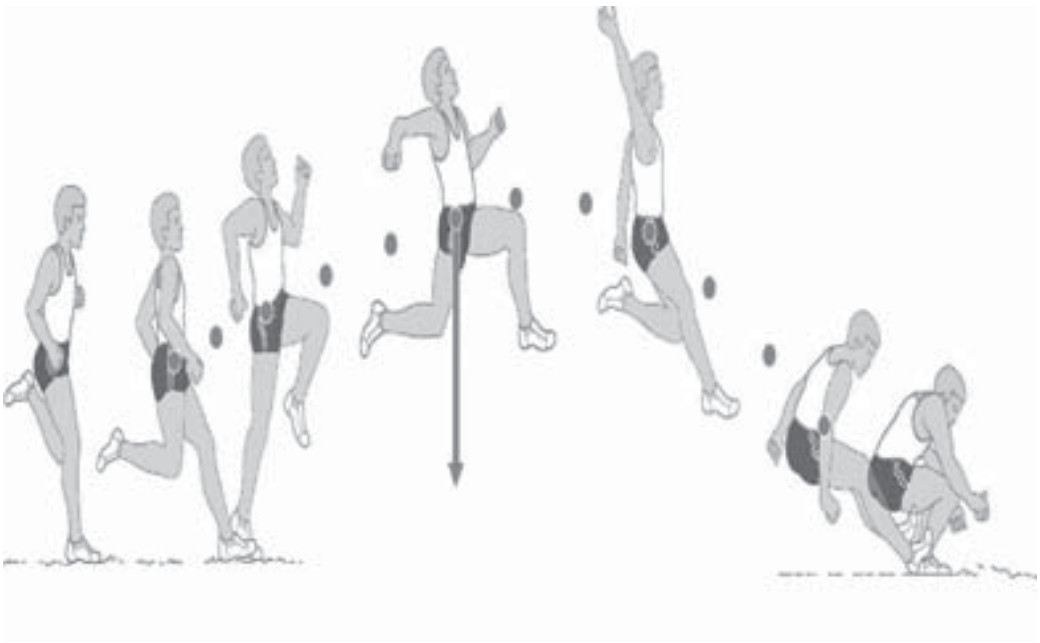
وزن الجسم كله = P

$$P_1.X_1+P_2.X_2+P_3X_3+\ldots+P_{14}.X_{14} = P.Xc \Rightarrow Xc = \frac{\sum Pi.Xi}{P}$$

$$P_1.Y_1+P_2.Y_2+P_3Y_3+\ldots+P_{14}.Y_{14} = P.Yc \Rightarrow Yc = \frac{\sum Pi.Yi}{P}$$

Xc هـي أقصـر مسـافة أفقيـة مسـتقيمة بيـن محصلة قـوى الأوزان (م ك ج) كلـه وبيـن المحورالعمودي.

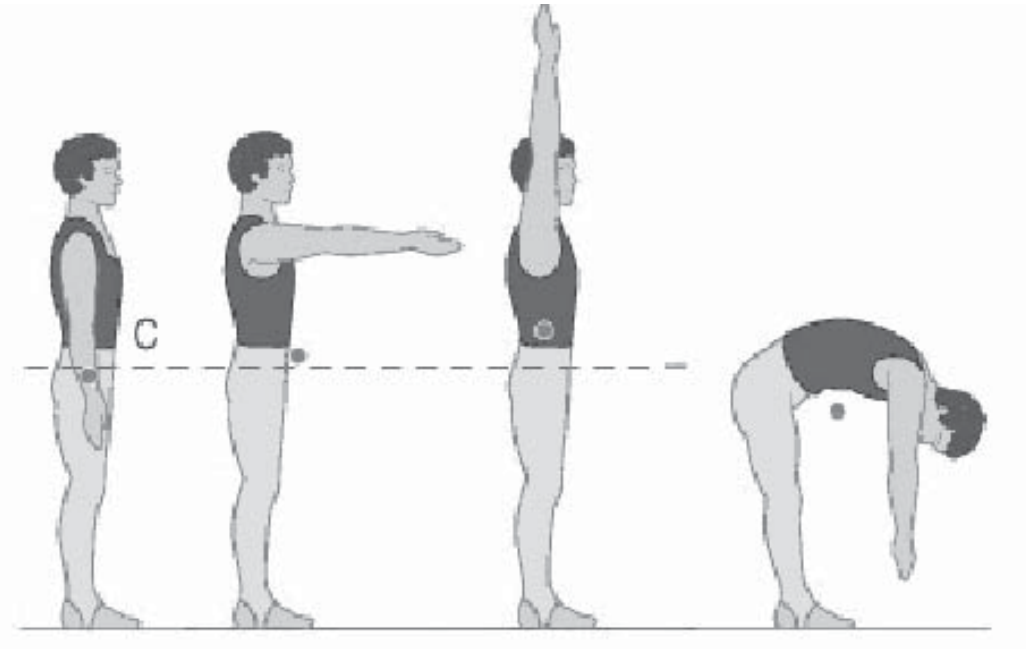
Yc هـي أقصـر مسـافة عمودية مسـتقيمة بين محصلة قـوى الأوزان (م ك ج) كلـه وبين المحـور الأفقي.



صورة رقم (96)

التسلسل بالترتيب	أجزاء (وصلات) الجسم	الوزن النسبي للوصلة %	الوزن المطلق الحقيقي للوصلة (كلغ)	طول الوصلة (ملم)	المسافة من النهاية القريبة للوصلة وحتى مركز ثقلها (ملم)	الاحداثي الافقي لمركز ثقل الوصلة (Xi) (ملم)	Pi Xi	الإحداثي العمودي لمركز ثقل الوصلة (Yi) (ملم)	Pi Yi

صورة رقم(97)



صورة رقم (98)

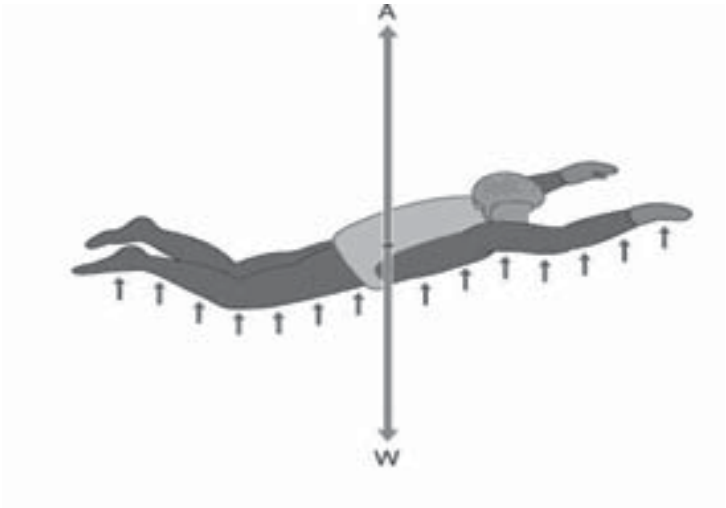
II - دور القوى الداخلية والخارجية في حركة الإنسان

للقوى الداخلية والخارجية دور فعال في حركة الإنسان..

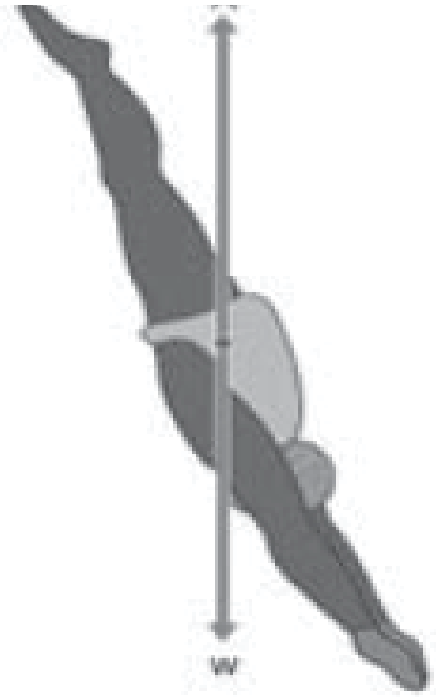
أي قد تكون قوة داخلية كالقوة العضلية والقوة الذاتية لدى الإنسان، وقد تكون قوة خارجية كقوة الجاذبية وقوة الاحتكاك والقوة الاستمرارية.. ومن خلال تفاعل هذه القوى بعضها مع بعض تحدث حركة وانتقال وتغيير لوضعية الجسم، وقد تكون في بعض الأحيان القوى الداخلية غير محركة للإنسان أي سلبية الحركة، وقد تكون إيجابية أثناء تغلبها على القوى الخارجية.

وقد تقسم القوى الخارجية إلى قوى موجبة (+) أو سالبة (-)

ونعني بالقوى الإيجابية هي التي تحدث فعلاً إيجابياً لحركة جسم الإنسان، أي تساعد على تنفيذ أفعاله الحركية مثل قوة الجاذبية الأرضية أثناء الهبوط بالمظلة (البراشوت) فتعمل على جذب الرياضي لها وتحركه باتجاهها، أنظر الصورتين رقم (99 و100). وقد تكون سلبية كالريح المقابلة أثناء العدو (الجري) فتعرقل من حركة العداء وتؤثر في جسم الإنسان أثناء تنفيذه التمارين الرياضية، وكذلك أثناء الثبات، وكثير من القوى تلعب دوراً في توازنه وحركته، وقد تكون هذه القوى متوازنة أي تؤدي إلى الحفاظ على وضعية الجسم الذي تعمل حلقاته كلها أو أجزاء منها على تثبيته. وقد تكون قوى محركة ذات تسارع وتحدث أثناء تغيير سرعة حلقات الجسم والطاقة الحركية له.



صورة رقم (99)



صورة رقم (100)

سنتطرق إلى تأثير هذه القوى في جسم الإنسان أثناء حركته في الماء:

قوة دفع الماء: تعتمد السباحة ورياضة التزحلق على الماء، على التفاعل بين جسم السبّاح والوسط المائي الذي من خلاله تحدث القوة الدافعة للجسم (Upthrust force) للاستفادة منها في الحركة والانزلاق الجيد على الماء. فالتفاعل يحصل لحظة دخول جسم السباح في الماء والحركة الإيجابية له. إذ ليس هناك ارتكاز ثابت للسباح يعتمد عليه، فتحدث حركته عندما يدخل الجسم في الماء، ومن جراء القوة الدافعة للماء والتفاعل بينه وبين القوى المعَوقة لحركته.

كما نعرف أن للماء كتلة كثافته، أي (800 مرة) أكثر من كثافة الهواء، وهي تمتاز ببطء الحركة. لذا المطلوب هو المرونة والاستطالة

للعضلات لكي تدفع الجسم إلى الأمام بشكل أسرع واندفاع كبير. فللماء لزوجة من حيث مقاومته لحركة السباح أثناء الحركة، وله ضغط كبير باتجاه السطح الملامس لجسم السباح، وهو يزداد بازدياد غمر الجسم في الماء وبعمق أكثر، فمن خلال ضغط الماء تحدث مقاومة لحركة السباح، أنظر الصورة رقم (101)..

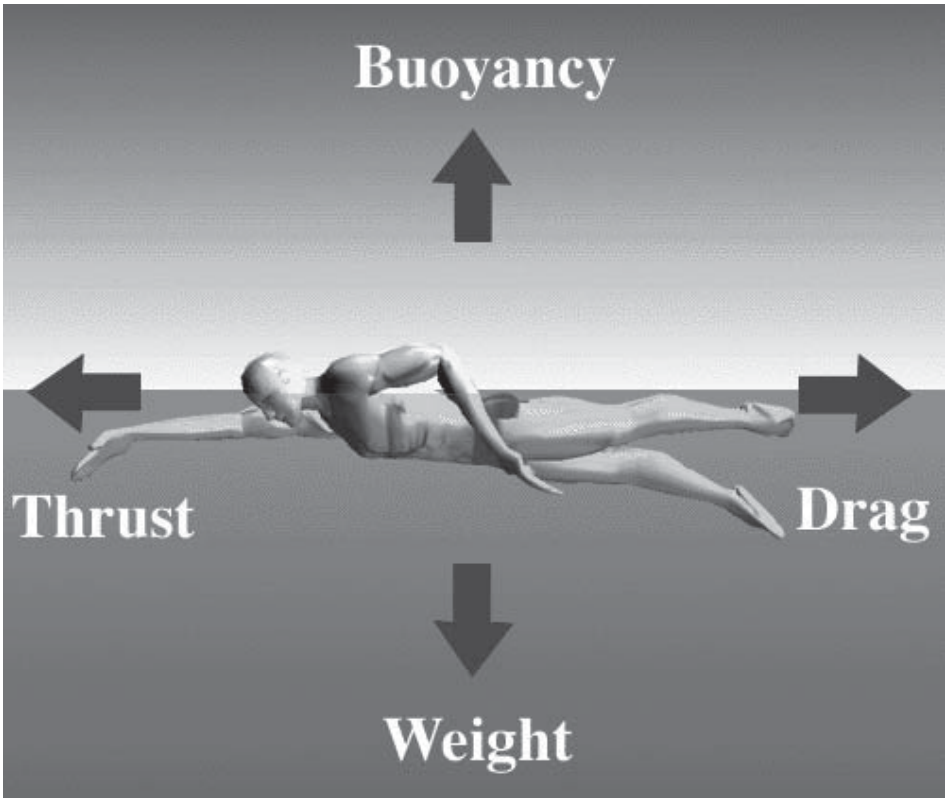
صورة رقم (101)

وعندما يغطس السباح يحدث ردّ فعل من قبل الماء على جسمه المغمور فيه لإخراجه، وتسمى هذه بالقوة الدافعة واتجاهها إلى الأعلى لإزاحة الجسم المغمور في الماء بقدر حجمه، وكلما كان حجم الجسم كبيراً كانت القوة الدافعة أكبر.

وهناك قوتان تعملان لحظة غمر الجسم في الماء هما: i -قوة وزن الجسم وتتجه عمودياً نحو الأسفل وتؤثر في مركز كتلة السباح. ii -قوة رفع الماء إلى الأعلى وتؤثر في مركز كتلة الماء المزاح. لذا نلاحظ أن السباح الجيد والماهر يغمر أجزاء كبيرة من جسمه في الماء

بشكل أكثر لكي يحصل على حركة وقوة رد فعل جيدين تساعدانه على الحركة وعلى إسناد جيد من الماء لجسمه.

إن قوة دفع الماء تختلف حسب وضعية السباح (جسمه)؛ فأثناء وضع الجسم الإستاتيكي (الثابت) – أي بدون حركة، تؤثر فيه قوتان هما قوة جذب الأرض على جسمه واتجاهها إلى الأسفل والثانية القوة الدافعة واتجاهها إلى الأعلى، أنظر الصورة رقم (102)..



صورة رقم (102)

وحسب قانون «أرخميدس» كل جسم يغمر في المياه يزيح قسطاً من الماء، ويكون وزن الماء المزاح مساوياً لوزن الجسم. أما حجم الماء المزاح فيساوي حجم الجزء المغمور من الجسم.

$F = P. g. V$

- كثافة الجسم= P - حجم الجسم= V

- التعجيل سقوط الأجسام الحرة = g وتساوي 9,8 (متر/ثانية^2)

ومـن خـلال العلاقـة مـا بين قـوة جـذب الأرض والقـوة الدافعة يحدث لنـا ثلاث حـالات هي:

i - إذا كانـت قـوة جـذب الأرض (Force of gravity) أكبـر مـن القـوة الدافعـة (Buoyant force) سـيغطس الجسـم فـي المـاء.

ii - إذا تسـاوت القـوة الدافعـة وقـوة جـذب الأرض فالجسـم سـيكون فـي وضعيـة محايـدة (حالة تـوازن).

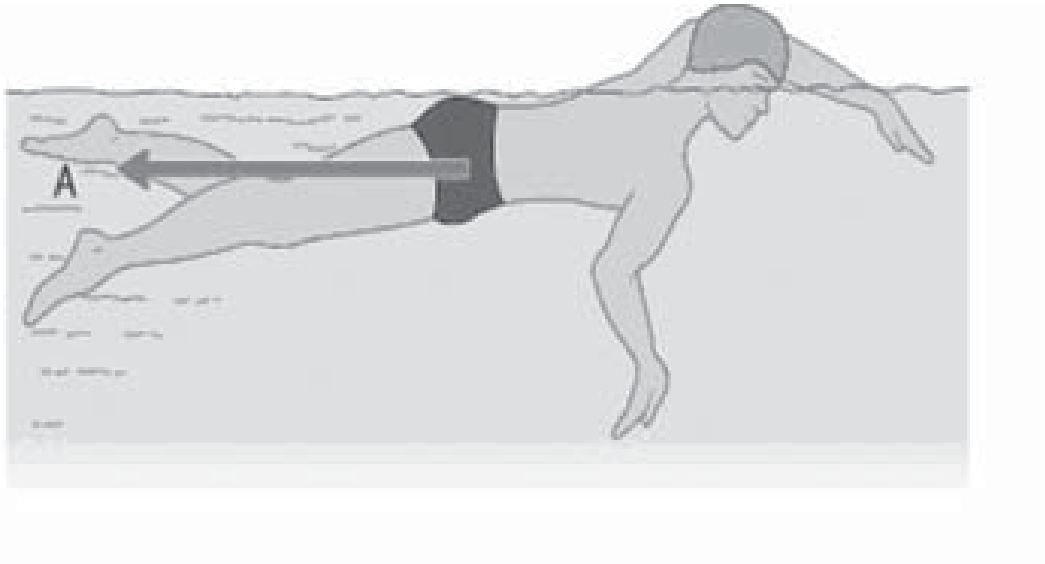
iii - إذا كانـت القـوة الدافعـة أكبرمـن القـوة جـذب الأرض فالجسـم سـيطفو علـى سـطح المـاء.

كمـا يـدور جسـم الإنسـان في الهـواء حول محـوري مركز ثقلـه أما في المـاء فإنه يـدور حول مركـز الطفو.

وتبيـن أن وضعيـة السـباح المختلفـة (أفقيـاً وعاموديـاً وزاويـاً) يختلف معهـا مركـز الطفو (الرفـع) ففي:

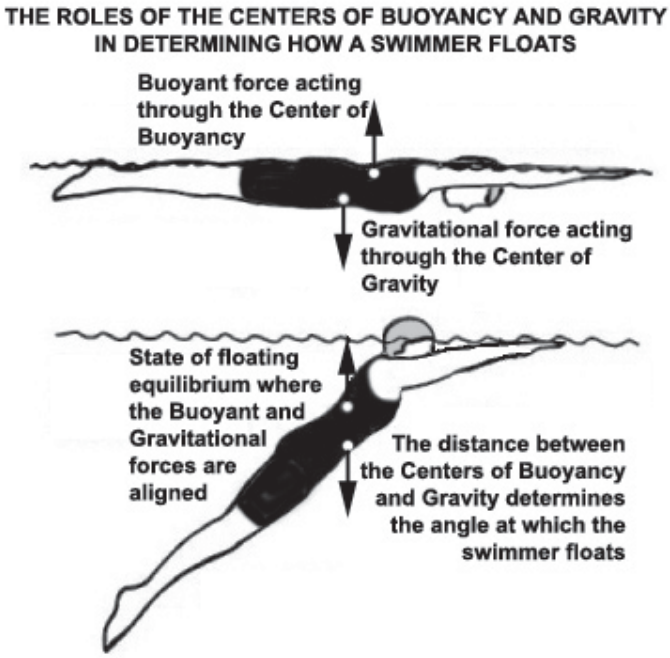
-الطفو الأفقي (Horizontal float)

قوة مركز الجاذبية وقوة الطفو متعادلتان، أنظر الصورة (103).



صورة رقم (103)

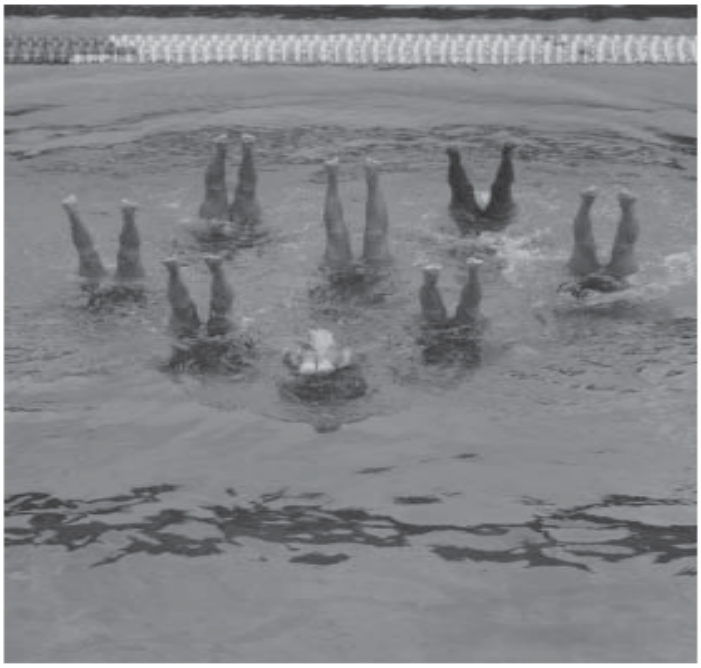
- الطفو الزاوي (Angle float) أنظر الصورة (104).



صورة رقم (104)

3 - الطفـو العمـودي (2) (Vertical float) و(3) قـوة الطفـو أكبـر مـن مركـز الجاذبية.

- قوة الدفع عند مستوى الصدر.
- مركز الجاذبية عند مستوى الردف (الحوض) أنظر الصورة (105).



صورة رقم (105)

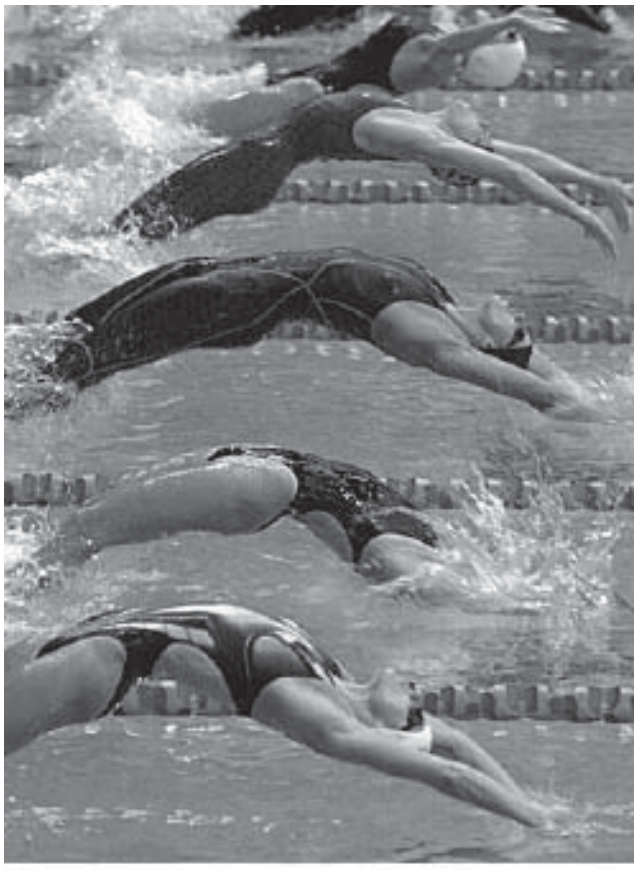
* مركـز الطفـو فـي الجسـم البشـري غالبـاً ما يكـون أقرب إلـى الصدر، حيـث هـو فـي الأسـفل، إذ إنـه الجـزء الذي يزيـح حجمـاً أكبر من المـاء، في حيـن يكـون مركز ثقـل الجسـم أقرب إلـى الحوض.

* جسم الإنسان مكون من مجموعة من المواد بعضها كثافته أكبر من كثافة الماء، وبعضها الآخر كثافته أقل من كثافة الماء، أي إن جسم الإنسان مكون من مواد غير متجانسة الكثافة بل له كثافة خاصة تسمى الكثافة النسبية.

1 - قوة طفو سلبية: جسم هزيل (نحيل) كثافة عضلية وعظمية أكبر من كثافة الماء، لهذا سوف يغرق الجسم أو يغوص....

2 - قوة طفو إيجابية: جسم أكثر بدانة، أي نسبة كثافة الأنسجة الدهنية أكثر من كثافة الماء مما سيؤدي إلى طفو الجسم....

3 - (كمية الأوكسجين في الرئتين): التنفس يساعد على اتخاذ وضع طفو سليم لحظي وبمساعدة حركة الأطراف، مما يساعده أيضاً على المقاومة لحركة جسمه [احتكاك الجلد (مقاومة السطح) مقاومة الضغط، مقاومة الموج...].. صورة رقم (106).



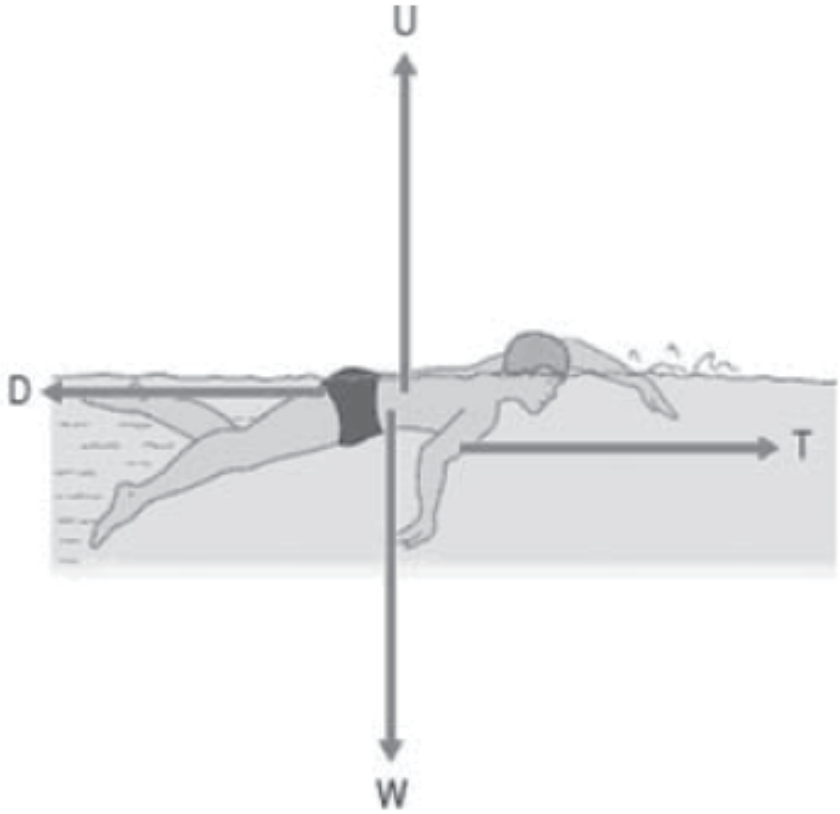
صورة رقم (106)

* - أثناء حركة السباح في الماء تؤثر فيه أربع قوى ذات اتجاهات مختلفة هي: قوة الجاذبية الأرضية (Force of gravity)، القوة الدافعة (Buoyant force)، والقوة المحركة للجسم (Fx) والقوة المضادة (المتقابلة) عكس الحركة، وجميع هذه القوى باستثناء قوة الجاذبية الأرضية لها مقادير مختلفة، وتتغير بالعلاقة والتفاعل بين الجسم والماء، أنظر الصورة رقم (107). كلما زادت مجابهة الجسم زادت المقاومة له.

وكذلك تزداد مقاومة الماء بازدياد سرعة السباح. إذا ازدادت

سـرعة السـباح مرتيـن زادت المقاومـة (3.5) مـرات، وإذا ازدادت سـرعته (3) مـرات فبالمقارنـة سـتزداد المقاومـة (7) مـرات، وهـذا سـيؤدي إلـى فقـدان الطاقـة.

ولكـي نقلـل مـن مقاومـة الماء للسـباح علينا تحسـين وضعية السـباح (الجسـم) بشـكل أفقـي حيث تكـون كتفـاه مرتفعتين قليلاً عن الـورك، وبهذا تتحسـن ظـروف التنفـس وتضيـف قـوة دافعـة للجسـم، وأن تكـون الرجـلان مفتوحتيـن قليـلاً وليـس أكثـر مـن (12- 14) سـم، والـرأس من الأمـام (الوجه) مغمـور فـي المياه.



صورة رقم (107)

كذلك تعمل مقاومة احتكاك الجسم بالماء على عرقلة حركة الجسم، ولكنها ليست كبيرة بالمقارنة بالمقاومات الأخرى للضغط واللزوجة.

التحليل البيوميكانيكي لسباحة «الكرول على الصدر

أولاً - المقاومة وقوة دفع الماء: تحدث سرعة حركة السباح للأمام في الماء كحصيلة لقوتين إحداهما تعمل على دفعه إلى الأمام وتسمى القوة الدافعة ويحصل عليها من جراء حركات الرجلين والذراعين وقوة دفع الماء والأخرى تعمل على مقاومة حركته.

ويميل الاتجاه في التدريب إلى تقليل حدة المقاومة، وهناك ثلاثة أنواع للمقاومة المائية:

أ ـ المقاومة الأمامية.

ب ـ مقاومة احتكاك الجلد.

جـ ـ مقاومة السحب (الدوران).

ثانياً ـ القصور الذاتي للجسم أو استمرارية حركته (قانون نيوتن الأول): تعمل ميكانيكية السباحة على أن يتقدم السباح إلى الأمام بأقصى سرعة ممكنة، فيبدأ الشدّ بإحدى الذراعين مباشرة بينما تنهي الذراع الأخرى الدفع مما يساعد على إنتاج قوة دفع مستمرة من الذراعين. ومن هذه الحركة تتجه الذراع إلى الأمام لأداء عملية إمساك الماء ثم الدفع للداخل والدفع للأعلى، وهنا يجب استخدام العزم مباشرة ما أن تلمس اليد الماء. كما يجب التجديف بالذراع للداخل

والخارج ومن ثم تمديد الذراع بشكل تدريجي خلال النصف الأول من ضربات ما تحت الماء.

ثالثاً ـ الاستفادة من قانون رد الفعل للحركات الرجوعية: إن للحركات الرجوعية للذراعين تأثيراً كبيراً على سرعة السباح، فمن خلال قانون نيوتن الثالث إذا قام السباح بأداء الحركة الرجوعية بمرجحة واسعة في اتجاه عقرب الساعة ويكون رد الفعل لها في حركات مفاصل الحوض والقدمين في اتجاه عكس عقرب الساعة كما أن العضلات التي تؤدي الحركة الرجوعية تعمل في حالة تقصير مما يؤدي إلى إجهادها ويمكن هنا أن ينمي المدرب تقليل ردّ الفعل الجانبي للسباح بتقليل نصف قطر حركة الرجوع الدائرية والذراع برفع الكوع (المرفق) إلى الأعلى مع بقاء الساعد إلى الأسفل.

رابعاً ـ قانون انتقال الحركة: أثناء غمر الجسم في الماء تكون حركة الذراعين في الهواء لنقل الحركة إلى الجسم ومساعدة السباح في قطع أكبر مسافة في الغطسة وهذا المبدأ يطبق أيضاً في حركة رجوع الذراع.

خامساً ـ القانون التربيعي النظري: تختلف مقاومة الماء مع مربع سرعة الجسم ويطبق هذا القانون على سرعة السباح ومقاومة الماء له، والتطبيق العملي المباشر لذلك يوجد في سرعة الذراع في الماء أسرع مرتين من المرة السابقة. فإن المقاومة لتقدم السباح إلى الأمام تزيد أربع مرات. لذلك فإن رجوع الذراع في الهواء باندفاع لا يقطع فقط إيقاع الحركة ولكنه يزيد المقاومة ويقلل من سرعة السباح.

أسئلة المراجعة

1 - أرسم شكلاً هندسياً بيوكينماتيكياً لتمرين رياضي مختار من صور فوتوغرافية: مقياس الرسم تكبير أو تصغير (القفز العالي، الدوران حول العقلة، ضربة كرة الطائرة، ضربة أو ركلة كرة القدم...الخ).

* حدد الإحداثيات (X,Y)

للاعب مع الوصلات الثماني: الرأس

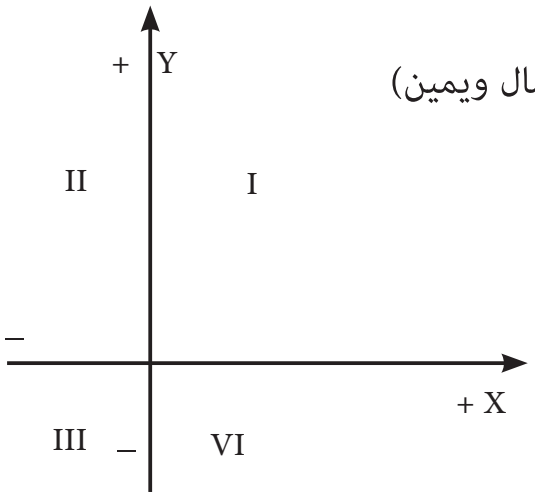
مفصل: الكتف، الجذع، المرفق،

الكف، الفخذ، الساق، القدم (شمال ويمين)

في حال عدم تماثلها.

* وفي حال التكبير

علينا أن نضرب بعدد المرات المراد تكبيرها.



* وفي حال تصغير الرقم القياسي علينا أن نستخدم التقسيم بعدد المرات المراد تصغيرها.

* مستخدماً جدول المسافة النسبية والوزن النسبي للعالم «فيشر» لاستنتاج مركز كتلة كل جزء منها ومركز كتلة الجسم ككل.

* تناول القوى الداخلية والخارجية التي تؤثر في الحركة التي اخترتها باختصار.

2- ما هي القوى الداخلية والخارجية التي تؤثر في جسم السباح في الوسط المائي ومدى تأثرها أثناء الطفو والسباحة؟

3- لماذا يحلق السباح شعر جسمه؟

10 - تحويل الطاقة إلى فعل حركي وتغييرها

المصطلحات الأساسية: الطاقة، الطاقة الكامنة، الطاقة الحركية.

كثير من الألعاب الرياضية تحتاج إلى سرعة في أداء الحركات خلال وقت قصير جداً وبطاقة حركية عالية، أي تنمية القدرة الميكانيكية للجسم .

وللطاقة تأثير كبير في السلسلة البيوكينماتيكية، ومن خلالها يؤدي الرياضي الحركة المرجحة بشكل أحسن وبحجم مسار تعجيل (تسارع) الجسم واتجاهه، وهي تؤثر في الرياضي أثناء ثباته وحركته، فكلما كان وضع الجسم مرتفعاً كانت الطاقة الكامنة لديه أكثر وبالتالي فهو يحتاج إلى طاقة لرفع جسمه إلى الأعلى، وهذا العمل نطلق عليه العمل الديناميكي، وينفّذ ضد الجاذبية الأرضية للتغلّب على حالة القصور الذاتي للجسم. فالرياضي يحتاج دائماً إلى طاقة من خلال تحويل الطاقة الكامنة لديه إلى طاقة حركية وفعل يوازيه، ولقطع أو اجتياز أو تنفيذ أي فعل حركي يحتاج إلى مرحلة تحضيرية وتعجيل جيد للجسم للحصول على الطاقة الحسنى.

فعندما يسقط الرياضي من أعلى فهذا يعني أن الطاقة الكامنة لديه تحولت إلى طاقة حركية، وهنا تعمل القوى سواء كانت سالبة كقوة الاحتكاك أو إيجابية كقوة الشد العضلي.

إن رصد الطاقة في النظام البيوميكانيكي الحركي يتحقق بالنتيجة من خلال:

1 - تحويل الطاقة الكيميائية إلى شدّ عضلي ميكانيكي كامن.

2 - تحويل عمل القوة الخارجية إلى طاقة حركية للجسم، وإلى طاقة كامنة أثناء حدوث التغيير العضلي لانتقال الجسم. والطاقة تُستهلك بالعمل الجاد أو غير الجاد والذي له علاقة بفقدانها، وكذلك بتحويلها خلال وجود ظاهرة المدّ (المط) العضلي.

علينا أثناء استهلاك الطاقة، رصدها والاقتصاد في فقدها.

بناء عليه، يُوجد مصدران للطاقة المستعملة في الحركة:

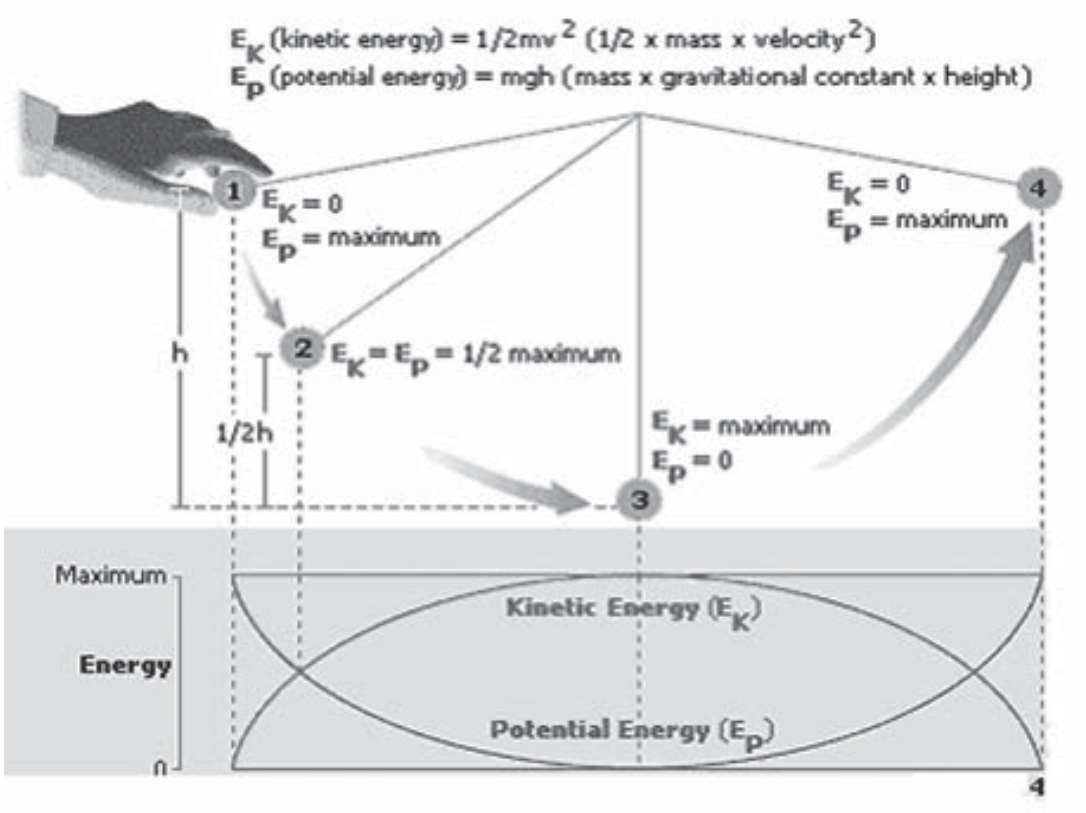
- المصدر الأول: هو احتياطي الطاقة الكيميائية (موجود في العضلة والأجهزة الأخرى وفي الدم..) مما يؤدي إلى حدوث رد فعل كيميائي، ويظهر الشد العضلي من جراء تقلص كثير من العناصرالمكونة لجسم الإنسان، وتتحول الطاقة الكيميائية إلى ميكانيكية وطاقة كامنة. وتتغير بمرونة العناصر المختلفة المكونة للعضلات.

- المصدر الثاني: هو الطاقة الميكانيكية للبيئة المحيطة بنا (الأجسام الأخرى، والبيئة والزميل والخصم..) وهي تعطي للجسم طاقة بواسطة عمل القوة الخارجية.

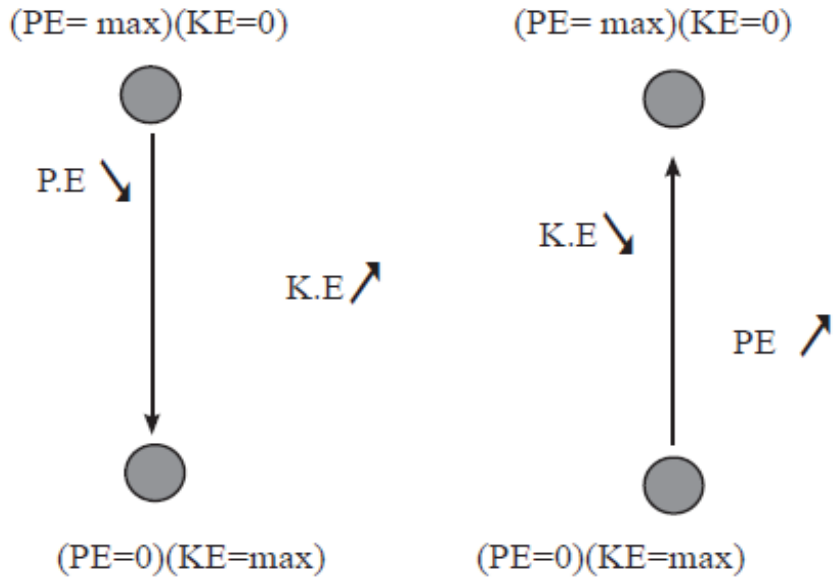
1- طاقة حركية للحجوم المختلفة (رمي الخصم أثناء المصارعة) (Kinetic Energy).

2- طاقة وضع كامنة (Potential Energy) (حركة الجسم إلى الأسفل من عارضة العقلة إلى الأرض)، وهنا يتحرك الجسم باتجاه الجاذبية الأرضية أي يكون عمله سلبياً. إن جميع الحركات الإيجابية للإنسان تحدث بفضل تحويل الطاقة الكامنة أثناء الشد العضلي إلى طاقة حركية لحلقات الجسم أو الجسم كله، أنظر الصورتين رقم (108 و110) وإلى الرسم (109).

كما هو معروف فإن فقدان الطاقة الحركية إما أن يكون مثمراً (لحل المهام الحركية) وإما أن يكون غير مثمر (ضد القوى المقاومة الضارة للجسم مثل قوة الاحتكاك).



صورة رقم (108)



رسم رقم (109)

صورة رقم (110)

أسئلة المراجعة

- تحدث عن مصادر الطاقة المستخدمة عند حركة جسم الإنسان مع تقديم أمثلة من خلال النشاط الرياضي.

- ما الفرق بين الطاقة الكامنة والطاقة الحركية، أعطِ أمثلة.

11 - بنية الرياضي وتركيبه

I ـ بنية الجهاز الحركي للرياضي وتركيبه.

II ـ دور النضج والتعلم في تطوير الجهاز الحركي للرياضي.

II ـ التنبؤ وأثره في تطوير الجهاز الحركي للرياضي.

- **المصطلحات الأساسية:** القدرات الفردية للرياضي، القياس الشامل للجسم، النضج، التعلم.

I - مقدمة

يهتم البيوميكانيك بدراسة الصفات الفردية والجماعية لحركة الجهاز الحركي المركزي للإنسان (المحرك)، وكذلك معرفة الإمكانية الحركية للرياضي في مجال التطبيق العملي، ومعرفة الفروق الفردية بين الرياضيين، وإيجاد الصفات النموذجية والخاصية المتكاملة لتقنية حركات الرياضي معتمدين على الناحية الفردية، والنموذج المثالي للحركة.

يتحقق الإنجاز الجيد للرياضي بفضل الدراسة البيوميكانيكية

للجوانب المتعددة للخصائص الفردية التي تمتاز بها مهارة الرياضي والتنبؤ بالنتائج الرياضية وتقييم الإمكانية الحركية لجسمه.

إن معرفة الرياضي لجميع إمكاناته الغامضة وصوغ القوانين المثالية تساعده على تطوير الإمكانية الهائلة للطاقة. إن كثيراً من الخصائص الفردية تمثل بمحتواها الصفات الخارجية للجسم كالقياسات الإنتروبومترية لمعرفة دور تأثيرها في إظهار القوة ومداها والسرعة والتحمل والمرونة والتكييف لظروف المحيط الخارجي المتغيرة، والقدرة على مواصلة العمل.

كذلك تتعلق كثير من الخصال (العادات) الفردية للتقنية الرياضية للرياضي في درجاته العظمى بخاصية بنية الجسم إضافة إلى علاقتها الإيجابية بالحركة، وكذلك بالنواحي النفسية التي تؤثر في الإمكانية الفردية للرياضيين.

- بنية الجهاز الحركي للرياضي وتركيبه

تختلف الإمكانيات الحركية للرياضيين نسبة إلى الألعاب الرياضية التي يمارسونها ونوعية كل لعبة حركية ومتطلباتها من جهد وطاقة، فمثلاً: تتطلب رياضة المصارعة صفات بدنية أساسية كالقوة المطلقة والتحمل الكبير إضافة إلى الصفات الثانوية الأخرى، أما رياضة الجمباز فتحتاج إلى المرونة والرشاقة كصفات أساسية وإلى سرعة وتحمل كصفات ثانوية، إضافة إلى ما يتمتع به الرياضي من صفات فردية وخصائص حركية تميز أداءه الحركي وتقنيته الرياضية

التـي لهـا علاقـة مباشـرة وكبيـرة بتكويـن الجسـم لبنيتـه هـذه، وتتعلـق قـدرات الرياضـي الفرديـة بنواحٍ كثيـرة أهمها مـا يلي:

أولاً: القيـاس الشـامل للجسـم، أي القيـاس الكلـي والأساسـي لحجـم الجسـم فمثلاً (الطول الكلي للجسـم والوزن الكلي والمسـاحة الكلية ومحيط الصـدر وسـماكته وكذلـك الأطـراف العليا والسـفلى للجسـم والجـذع....).

ثانيـاً: نسـبية أقسـام الجسـم بالنسـبة إلـى بعضهـا بعضـاً (التناسـب والتجانـس) (مثـلاً: نسـبة الأطـراف، نسـبة عرض الحـوض إلى عـرض الأكتاف، أو علاقة أطراف القسـم السـفلي بالقسـم العلوي ووضعية الجسـم أي شـكله الخارجـي، فمثـلاً أثنـاء الجلوس يختلف طول الجسـم عن الوقـوف وهكذا..).

ثالثـاً: خاصيـة بنيـة الجسـم، كأن يكـون عضليـاً نحيفـاً أو مكتنزاً مثـلاً. إن القيـاس الشـامل للجسـم يتحقـق بأشـكال مختلفـة بالنسـبة إلـى بنيـة الجسـم وتكوينـه، ففـي بعـض الألعـاب الرياضيـة مثـل السـاحة والميـدان (المضمـار والميـدان- ألعـاب القـوى)، أو الملاكمة قد يصل وزن الرياضيين الكلي فيهما إلى أقـل مـن (50كلـغ) أو إلـى أكثر مـن (150كلغ)، وهذا بدوره سـيؤثر فـي الإمكانية الحركيـة والقـدرة النهائيـة لهـم، وسـتكون متغيـرة بالنسـبة إلـى هـذه الخاصيـة التـي تتعلـق بالـوزن، وكذلـك ببقية العناصر الأخرى للجسـم. في دراسـة نشـرت فـي مجلـة الغارديـان عـن الألعـاب الأولمبيـة عـام 2012 والتـي جرت فـي مدينة

لندن عن اللاعبين الرياضيين المشاركين فيها وتبين أن الرياضي ذو الوزن الثقيل هو ريكاردو بلاس من غوام (لعبة الجودو)، أما الرياضي ذو الوزن الخفيف هو هوايوان تساو من الصين والذي فاز بالميدالية الذهبية في لعبة الغطس عن ارتفاع (10) أمتار. أما الرياضة الأثقل وزناً فكانت الأميركية هوللي مانغولد بوزن (157) كلغ في لعبة رفع الأثقال. واللاعبة الرياضية الأخف وزناً 36 كلغ كانت «يادان هو» من الصين شاركت في لعبة الغطس عن ارتفاع (10) أمتار.

ولمقارنة صفة القوة للأشخاص ذوي الأوزان المختلفة يُستعمل عادة مفهوم القوة النسبية التي تحدد حجم القوة المؤثرة في كل كيلو غرام واحد من وزن الجسم الخاص.

والقوة المؤثرة التي يظهرها الرياضي في أي حركة بدون النسبية مع الوزن الخاص أحياناً تسمى بالقوة المطلقة.

$$\text{القوة النسبية} = \frac{\text{القوة المطلقة}}{\text{الوزن الخاص}}$$

فالرياضيون الذين لهم ظروف تدريبية متساوية، مثلاً، ولكن لهم أوزان مختلفة، ستتغير القوة المطلقة لديهم بزيادة الوزن وستهبط بالنسبة إلى القوة النسبية.

ونستطيع أن نوضح في الوقت نفسه ارتفاع مركز كتلة الجسم (م ك ج) في القفز إلى الأعلى مثلاً أو سرعة قطع مسافة الجري التي لا تتعلق بالقياس الشامل للجسم. ولكن قد تتعلق بالتردد السريع للخطوة أو بالتردد الحركي الأكثر، وعليه يقل التعجيل الابتدائي

(Initial Acceleration). هنا بهذه الزيادة للقياس الشامل للجسم، أي إن القياس الشامل للجسم يتعلق بنوعية الفعالية التي يؤديها الرياضي، ومن مصطلح النسبية أي العلاقة النسبية بين أقسام الجسم بعضها مع بعض أو الجسم كله مع الفعالية التي يؤديها أو علاقته بأجزاء الجسم (مثل: الجذع والأطراف والأجزاء المختلفة).

ونستطيع أخيراً، أن نوضح أن اصطلاح النسبية هو شيء ضروري، بحيث نفهم من خلاله العلاقة بين أجزاء الجسم المختلفة، مثلاً الجذع والأطراف وأجزاؤها.

هذا وقد وضع روجينسكي ر.ر. (1963) تصنيفاً خاصاً لتحديد القياس الشامل للجسم ومنه تحديد الطول الكلي له، وقد قُسم المعيار إلى تسعة أجزاء، وهي:

طول الجسم	الذكور(سم)	الإناث (سم)
1- القصير القامة	أقل من 129.9	أقل من 129.9
2- القصير جداً	130.5 -149	129 – 139
3- القصير	150 -159	140 - 148.9
4- أقل من الوسط	160 – 163.9	149 – 152.9
5- الوسط	164 – 166.9	153 - 155.9
6- أكبر من الوسط	167 - 169	156 – 158.9
7-الكبير	170 – 179.9	159 – 167.9
8- الكبير جداً	180 – 199.9	168 – 186.9
9- العملاق والضخم	أكثر من 200	أكثر من 187

كما أشارت الدراسة التي نشرتها مجلة الغارديان عن الألعاب الأولمبية عام 2012 والتي جرت في مدينة لندن حول علاقة الطول والوزن بالجندر. وقد ذكرت الدراسة أطول وأقصر اللاعبين واللاعبات الرياضيين المشاركين وأعمارهم في هذه الألعاب الأولمبية وأنواع المسابقات وأيضاً تناولت مؤشر كتلة الجسم عند الرياضيين المشاركين. وتبين أن أطول الرياضيين كان لاعب كرة السلة الصيني (تشاوشيوي تشاو) ويبلغ طوله وقوفاً (21,2) متراً وقد حلّ ثانياً اللاعب الروسي ديمتري يسيرسكي في كرة الطائرة عن عمر 23 سنة وطوله (81,2) متراً. أما اللاعب الأقصر من توقالي في لعبة رفع الأثقال عن عمر (21) سنة وطوله (1,40) متر. أما الأطول في جندر الإناث فكانت الصينية لاعبة كرة السلة (وي وي) وقوفاً (2,07) متر أما الأقصر فكانت اللاعبة الجامايكية شواني كالفيرت في لعبة (100 متر × 4) وكان طولها وقوفاً (1,35) متر.

إن الإمكانية الحركية خلال القياس الشامل للجسم لا يعني أنها ستنمو وستصبح متكاملة لكل أجزائه فمثلاً الأشخاص ذوو القياس الشامل والكبير (المساحة الهندسية للجسم) فإن إمكاناتهم الحركية ليست كاملة مثل الأشخاص الأقل منهم وزناً وطولاً. وبعبارة أخرى، إذا كان أحد الرياضيين أثقل وأطول من آخر بضعفين فليس بالضرورة أن يكون وزن رأسه أو كفه أكثر بضعفين.

ولا يقاس الاختلاف الفيزيولوجي بين هذين الرياضيين كونه فرقاً إيجابياً، وكذلك بقية العوامل النفسية، وواضح أن الأطفال يتميزون من غيرهم بالقياس الشامل للجسم، وهم اقل إمكانية وتطوراً لجهازهم الحركي.

إن نسبية الجسم وبنيته، وخاصية القياس الشامل تؤثران في عملية اختيار نوعية الرياضة، أي الاختصاص الدقيق في إطار اللعبة المعينة.

كرة قدم- لاعب الوسط مهاجم- ذو بنية خاصة وطول يختلف عن لاعب الدفاع للحصول على إمكانية حركية جيدة لجهازه الحركي وبالتالي التكنيك الأفضل. أما حارس المرمى في كرة القدم فخاصيته تتميز بنسبة طول الأطراف العليا عن الأطراف السفلى لصد الكرة.

وأيضاً الفروسية والمصارعة (رفع الأثقال.... طول الرجلين، قصر الجذع، وطول الجسم أو طول الجذع) المصارعة – الطول.

- كما أن رافع الأثقال يتميز بطول الكف... لرفع خطف الحديد..

الخطف يتم بثلاث أصابع بحيث أن الكف الصغيرة ستقلّل من القوة الدافعة ونقطة تأثير القوة – وبالنسبة إلى أبطال العالم في رفع الحديد (الخطف) فإن طول الكف يجب أن يكون كبيراً.

لذا يجب أن ينصب العمل التطبيقي للمدرب على الاهتمام بالخاصية الفردية للجهاز الحركي، وكذلك على بنية الجسم والإمكانية الحركية للوصول إلى النتائج الرياضية العالية.

II - دور النضج والتعلم في تطوير الجهاز الحركي للرياضي

كثيراً ما يرادف مصطلح تاريخ نشوء الفرد الرياضي في حياتنا الرياضية الذي يشمل العمليات المعقدة والمتغيرة لحركات الإنسان، وكذلك الإمكانية الحركية له ولأدوار حياته في تاريخ نشوء الطفل أي حقيقته التكوينية التي يملك فيها مهارته الحركية في بداية حياته وإلى النمو التدريجي لجهازه الحركي الذي يتوسع ويصل إلى ذروته في مرحلة الشباب، ثم تبدأ الإمكانية الحركية بالهبوط وحتى مرحلة الشيخوخة. هذا ويوجد عاملان مهمان يحددان الإمكانية الحركية لتطور الجهاز الحركي للرياضي هما: (i) -النضج (البلوغ) للإنسان، (ii) -والتعلم، أي ما يحصل عليه الرياضي من محيطه واستمرار حياته.

وتتحدد مرحلة النضج بالشروط الوراثية كتغير البناء التشريحي والوظيفي لأجهزة الجسم التي تحدث أثناء حياته مثل زيادة قياسات الجسم وتغيير شكل جسم الطفل أثناء عمليات النمو (الطول) أو تكوين العظام، وكذلك التغيير الذي يصاحب الجهاز الحركي أثناء الطفولة والمراهقة والشيخوخة وغيرها.

ويولد الطفل وجهازه الحركي ضعيفاً يحتاج إلى تقوية عامة لجميع أجهزته، وإلى خبرة متواصلة لمهاراته المتعددة، وهذا يتم عبر الاهتمام بالقوام والوقفة الأساسية والتمارين السويدية والجمباز والأوضاع الحركية الصحيحة باستخدام الأدوات المساعدة والمشاهدة بتعويد الطفل من الولادة وحتى الكبر التنفيذ الصحيح لها، كذلك يجب

الاهتمام بالنمو العصبي – العضلي للجسم، وتحديداً الخلايا الدماغية عن طريق تنمية الذكاء بالممارسة والتدريب التي لم تصغ بشكل نهائي في مرحلة الطفولة وبالأخص المزايا الإيجابية للجهاز الحركي المركزي للطفل والتي تصاغ فقط في السنة الثانية إلى 2.5 من عمره.

أما التعلم فنقصد به الاستيعاب المستمر لعمليات التعلم للحركات الجديدة وتطوير الجهاز الحركي تحت تأثير التطبيق العملي الإيجابي والمزاولة الفعالة للتمارين الرياضية سواء كانت تمارين للتعلم أو التدريب.

III - التنبؤ وأثره في تطوير الجهاز الحركي للرياضي

التنبؤ بمستقبل الطفل الرياضي ليس بالأمر السهل، وهو يحتاج إلى معرفة دقيقة ومتواصلة بظروفه البيئية والحياتية وخصائصه التكوينية والوظيفية والصفات الخارجية التي تميز ملامحه الجسمية، هذا ويمكننا أن نعتمد النقاط الثلاث الآتية كعوامل أساسية للتنبؤ بمصير الطفل رياضياً:

1 -النواحي الوراثية (الجينات الوراثية للعائلة...).

2 -تكوين الجسم وبنيته.

3 -الصفات الإنتروبومترية العامة والخاصة.

لن نتناول شرح هذه الأمور في هذا الكتاب.

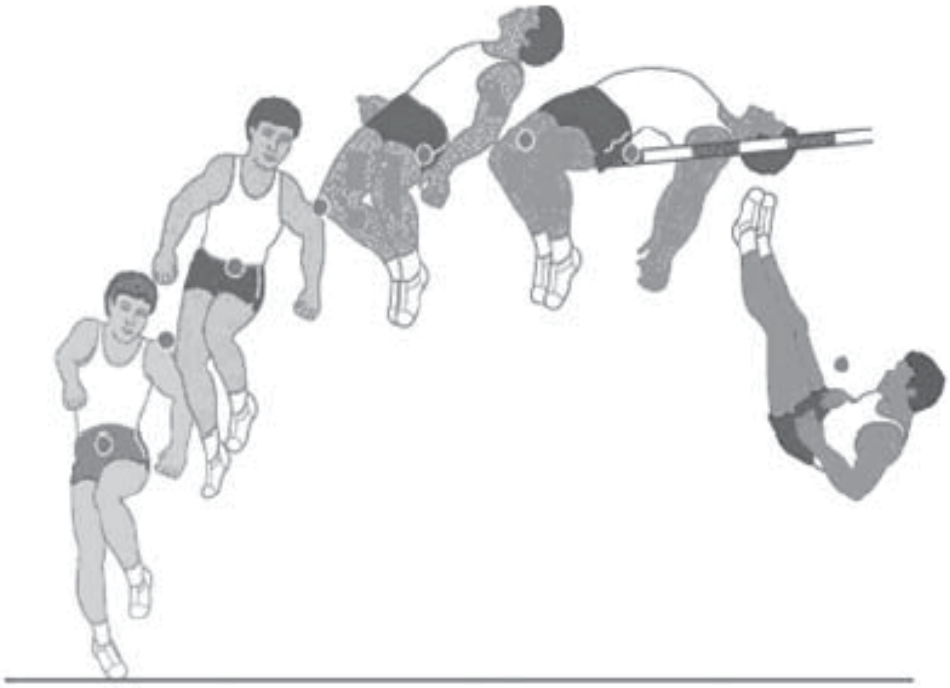
أسئلة المراجعة

- إشرح معنى القدرات الفردية عند الرياضيين مع أمثلة لعدة رياضيين مختلفين يمارسون أنواعاً من الرياضات المتنوعة وبيّن القياس الشامل لأجسامهم وتناسبها وتجانسها ونمط الجسم وبنيته لديهم.

12 - طريقة الكمية والكيفية في التحليل البيوميكانيكي

نلاحظ أن لاعب الوثب الطويل يحاول دائماً أن يحقق رقماً شخصياً جديداً، ويدونه في سجله التاريخي. إن أكثرية لاعبي الوثب العالي ليس لديهم اطلاع على التفاصيل الصغيرة لمراحل المهارة المطلوبة في الوثب العالي، بل كل ما يبغون هو تحقيق رقم قياسي جديد..ولكن كيف؟

إنه يعرف أن حركة الذراعين تزيد من سرعته العمودية عند لحظة الانطلاق، ويكون مركز ثقل جسمه قريباً من العارضة أثناء تمديد ظهره، وهكذا يشعر وكأن العارضة عالية. ولكن هل يستطيع شرح الحركات الأساسية الأخرى التي تحدث أثناء الوثب العالي والمتصلة بهذه العملية؟ أنظر الصورة رقم (111).



صورة رقم (111)

هـذا الجـزء يسـاعد المـدرب والمعلـم والخبيـر الفنـي علـى وضـع مخطـط للتقنيـة المطلوبـة للتحليـل البيوميكانيكـي النوعـي.

تعد البيوميكانيك وسـيلة أساسـية لدراسـة تحليل الحركة، وفي معرفة الظواهـر الطبيعية المختلفة وتحليلهـا يعتمد على نوعين،هما:

1 - الطريقة الكمية؛

2 - الطريقة النوعية.

إن الطرائـق البيوميكانيكيـة تشـكل فـي أساسـها تحليـل الأنظمـة الحركيـة ميكانيكيـاً، أي تحليـل الـكل إلـى أجـزاء، بمعنـى آخـر تقسـيم الحالـة الكليـة إلـى عناصـر جزئيـة صغيرة. ويجب دراسـة كل عنصر بشـكل

منفصل، وربط كل هذه الدراسات المتفرقة بعضها ببعض وإعادتها إلى وحدة كاملة باستعمال الخصائص الكمية والنموذج الحركي الأمثل. أما الهدف من ذلك، فهو كيفية شرح صفات الأداء من خلال المراقبة والتحليل المستمر من قبل المدرب والمعلم والخبير الفني.

إن الطريقة الكمية للأداء تقاس بعدد معين بواسطة آلات قياس خاصة.

وفي حال، كانت عملية التقويم لمظاهر وجودة الأداء عن طريق أحاسيس ومشاعر المراقب، عندها تكون نتائج التحليل البيوميكانيكي ذات طابع نوعي.

أي بمعنى، إن الصفة النوعية للأداء يتم تقويمها بواسطة الأحاسيس والوصف من خلال المراقبة والمشاهدة... لذلك فإنّ عملية التحليل البيوميكانيكي النوعي للأداء تتضمن أربع خطوات أساسية، هي:

1 -الوصف 2 -الملاحظة والانتباه 3 -التقويم 4 -الإرشادات.

1 - **الوصف**: عبارة عن تطوير نظرية أمثل للوصول إلى تقنية فعالة، وهي تصف كيف سيكون شكل هذه النظرية، ثم تحديد ماذا ترغب أن تشاهد عند مراقبة اللاعب.

2 - **الملاحظة والانتباه**: أي ملاحظة أداء لاعبك لتحديد حقيقة كيف تبدو مهارته بالفعل. استخدام الملاحظة التفصيلية (الأداء الكلي - حركات أعضاء الجسم كل بمفرده / حركة المتابعة).

3 - **التقويم**: أي يجب أن يقارن المدرب ما بين التقنية المثلى

التـي فـي ذهنـه مـع الأداء الـذي ينفـذه اللاعـب، ثـم يحـدد الأخطـاء ويقوم بعمليـة التقويم.

4 - **الإرشـادات**: تثقيـف اللاعـب أو التلميذ من خـلال تزويده بالتغذية الراجعـة وإرشـاده إلى الضـروري من أجل تصحيـح الأخطاء.

وهـذه الخطـوات تتطلـب وسـائل وأدوات لنجاحها وهي: التسـجيل أو التصويـر السـينمائي أو التصويـر السـينمائي المركـب كالسـينما والفيديـو أو الأقـراص المدمجـة الرقمية.

إن تقنيـة الأداء الرياضـي هـي مجموع حـركات مترابطة، محـددة لبناء فعل حركـي معين.

أمـا أسـس التقنيـة فتتوقـف علـى قوانيـن موضوعيـة بيوميكانيكيـة، فيزيولوجيـة وتشـريحية، نفسـية وينبغـي أن تكون موحدة بالنسـبة إلى هذه التقنيـة عنـد جميـع الدارسـين أو اللاعبيـن. وتتحدد تقنيـة المهـارة الرياضية بصفـات خاصـة مثـل حالة جسـم الرياضـي، اتجاه الحـركات ومداهـا، الإيقاع والسـرعة، تفاعـل القـوى وغيرها.

وفـي الفعـل الحركـي الكامـل يمكـن تمييـز أقسـام ومراحـل أو أطـوار عناصـر (أجـزاء) التقنية..ومثـل هذا التقسـيم اصطلاحي، فهو يسـمح بتحديد الأقسـام الرئيسـية والمسـاعدة مـن الحركـة بشـكل أدق ووصـف أهميـة كل منهـا لإحـراز النتيجـة، وكذلك فـي إعداد أسـلوب التدريس والتدريـب محدداً تتابـع إتقـان الخبـرات الحركية.

إن جسـم اللاعـب أو التلميـذ مركـب تركيبـا محـدداً يجعلـه ذا ميكانيكيـة معقـدة. فالهيـكل العظمـي والجهـاز العضلـي هما أسـاس حركة

الجسم. أما جهاز الدورة الدموية والجهاز التنفسي فوظيفتهما هي مد الجسم بحاجته إلى الغذاء والأوكسجين وتصريف الفضلات وطردها مثل ثاني أوكسيد الكربون. ويدير الجهاز العصبي الجسم، حيث إنه مصدر الأوامر، والمسيطر على الأجهزة العضوية، وعلى كل حركة تؤدى من أجزاء الجسم الأخرى. لذلك المطلوب من المدرب أو الخبير الفني أو الأستاذ معرفة كيفية عمل هذه الأجهزة أثناء التدريب والتدريس حيث يستفيد من إمكاناتها أكبر فائدة ويتجنب التدريبات المجهدة العنيفة. ويمكن الاستفادة من أنماط الجسم ومقاييسه الأنتربومترية في تشكيل الفرق وتحديد وظائف وتخصصات بعض اللاعبين، وكذلك الإلمام بالخصائص المميزة لكل مرحلة من مراحل النمو لملاءمة أنواع مستوى التعليم أو التدريب وتحديدها مع كل مرحلة وأثرها في الأفراد، إضافة إلى الإمكانات والقدرات البدنية التي يجب أن يتعرف المعلم والمدرب إلى كيفية تنميتها وتحسينها وتطويرها لإعداد اللاعبين إعداداً بدنياً عاماً وخاصاً حسب النسب المئوية لمتطلبات كل لعبة.

وتدور علاقة كل لعبة من الألعاب الرياضية بالميكانيكا الحيوية من حيث المظاهر الموضوعية للحركة وتقنياتها المثالية أو النموذجية؛ وبواسطة التحليل البيوميكانيكي، نهدف إلى إيجاد أسلوب أمثل للحركة الرياضية وجعلها أساساً عاماً للأداء بالاستخدام المناسب للقوى.

وعـن طريـق التحليـل البيوميكانيكي يمكـن إيجاد طرائق سـهلة لحث الحـركات المتضمنـة لمهـارات اللعبة الرياضية. وقد يسـاعد هـذا على تحديد الأخطـاء واكتشـافها أثنـاء الأداء الحركـي، بالإضافـة إلـى تقويـم التدريبـات والـدروس، ومـدى تحقيقهـا للغـرض الـذي وضعـت مـن أجلـه: كزيـادة نمـو السـرعة الحركيـة والقـوة العضليـة وسـرعة الاسـتجابة.. إلخ..

يشـمل علـم البيوميكانيـك فـي الجـزء الكينماتيكـي الناحيـة الوصفيـة وتقويمهـا مـن خـلال انسـياب الحركـة ومرونتهـا وتوقعهـا وتوقيتها..إلخ. وكل مهـارة رياضيـة يمكن أن تكـون ذات حركة وحيدة (ثلاثيـة المراحل) أو حركة متكـررة (ثنائيـة المراحـل) أو حركـة مركبة.

ومـن واجـب المـدرب أو المعلم توضيـح كل مرحلة مـن مراحل حركة مهـارة ما إضافـة إلى تفاعلاتهـا وعلاقاتهـا بعضها ببعض.

لقـد وصـل التقدم الرياضي الذي نشـاهده اليوم علـى الصعيد العالمي إلـى درجـة عاليـة مـن الرقـي والتطـور التقنـي، وازداد اهتمـام العامليـن فـي الرياضـة بالناحيـة التقنيـة للمهـارات المختلفة، لأنها السـبيل الوحيد للوصول إلـى الإنجـاز العالـي، وبـدون إتقـان التقنيـة الرياضيـة سـيصعب التقـدم فـي أدائهـا، لذلـك فـإنّ التقنيـة تعتمـد على تطور الصفـات البدنية للجسـم وعلى الدقـة فـي الوصول إلـى الهـدف والاقتصاد فـي الجهد.

إن تطبيـق التقنيـة الرياضيـة بشـكلها الكامـل والنهائـي يحتـاج إلـى

تطابـق مجموعـة مـن العوامـل الوظيفيـة والتكوينية مـع الظـروف الخارجية وقواعـد المسـابقة. وقـد تعرقل الوصول إلـى التقنية الرياضيـة الجيدة عوامل متعـددة أهمها:

- العوامـل الداخليـة وتشـمل النواحـي الفيزيولوجيـة والتشـريحية والتكوينيـة لبنيـة الجسـم وأجهزتـه الداخليـة وقـدرة جهـازه الحركـي.

- العوامـل الخارجيـة، التـي تتعلـق بالظـروف الميكانيكيـة لتفاعـل الجسـم مـع البيئـة المحيطة به ووفـق قوانين اللعبة وتنميـة الصفات البدنية وخاصيـة بنيـة الجسـم والاسـتعمال الجيـد للقـوى الخارجيـة والتفاعـل معها.

- نـوع الرياضـة التـي يزاولهـا الرياضـي، فقـد تحكـم عليـه قاعـدة المسـابقة أن يـؤدي الحركـة الخطيـة المسـتقيمة فـي الوثـب الطويـل، مثـلاً، وتمنـع عليـه أداء النقلـة الهوائيـة لقطـع المسـافة أو رمـي الرمح مـن الحركة الخطيـة وتمنـع إجـراء الحركـة الدائريـة للرمـح علـى الرغـم مـن وصولـه إلى مسـافة أبعـد مـن الحالـة الثانيـة.

إن التقنيـة الرياضيـة التـي يؤديها الرياضي هي حالة نسـبية، ولا يوجد نمـوذج متكامـل للتقنيـة الرياضيـة لأي لعبـة. لذلـك، فإننـا نطمـح مـن خلال القوانيـن البيوميكانيكيـة لإيجـاد الظـروف الملائمـة والجيدة لتعلـم النموذج الجيـد للتقنيـة وإتقانهـا، كما أنّ النمـوذج الأمثل قد يتضارب فـي أداء التقنية مـع القـدرات الفرديـة للرياضـي؛ فتقنيـة السـباح (الدلفين) تختلف بالنسـبة إلـى الرياضيين بحسـب إمكاناتهـم البدنيـة وقدراتهم الوظيفيـة والتكوينية.

ولكي يظهر الرياضي أثناء المسابقات بالشكل الجيد يجب إتقان التقنية المثالية لهذه المهارة. ويعتمد الإعداد التقني (المهاري) على البيوديناميك كأساس من خلال:

- تحديد مستوى الرياضيين والمزاولين للفعل الحركي من التقنية المجدية والتكتيك.

- تقويم الطرائق المستعملة عن طريق اختبار التمارين الأساسية والمساعدة لتهيئة التدريب ومراقبة تغير حالة الرياضيين، ومدى تأثرها بجهد التدريب المتنوع.

ويتطلب الوصول إلى المستويات العالية والنتائج المتطورة من قبل الرياضيين في جميع الألعاب والحركات الرياضية إتقان التقنية الحديثة، وتأمين متطلبات الصفات البدنية الأخرى المكملة للتقنية الرياضية. والنظريات البيوميكانيكية التي تستعمل في معرفة تقنية الحركات الرياضية والقادرة على التأثير لصوغ النموذج التقني لكثير من الأنواع الرياضية تعتمد على الأسس البيوميكانيكية للمسائل التقنية، وهي:

- الأساس البيوميكانيكي لتحديد التقنية الأمثل للفعل الحركي.
- الأساس البيوميكانيكي لمعرفة التقنية الفردية للرياضي.
- الأساس البيوميكانيكي لتطوير مستوى الإعداد التقني.
- أساس تطوير طرائق التدريب خلال تقوية التقنية الفردية والمثالية.

- الأساس المبدئي لبرنامج تحديد المدخل العام لتطوير التقنية حسب مفردات البرنامج المعد لذلك.
- الأساس القوي في تعلم التقنية الأمثل كقاعدة للتقدم المستقبلي في النتائج الرياضية.

وبالنتيجة، فكثير من الرياضيين والمدربين لا يعلم معظم الخصائص الفردية أو المثالية، وإلّا كيف يختار التقنية الأكثر فعالية!

إن الشيء الأساسي الذي يجب أن نتعرف إليه من خلال الجوانب المتعددة للإعداد المهاري (التقني) هو:

1 - ماذا يستطيع الرياضي أن يفعل؟

2 - الجانب النوعي من أدائه.

من خلال النقطة الأولى تفهم الأمور على النحو التالي:

أ - حجم التقنية الذي يتقنه اللاعب.

ب- الجوانب المتعددة للتقنية.

ج - منطقية التقنية أو التقنية المجدية.

أما بالنسبة إلى النقطة الثانية فيدخل ضمنها:

أ- الشواهد المختلفة لتأثير التقنية الرياضية.

ب- دلائل استيعاب التقنية الرياضية.

إن الدراسة البيوميكانيكة لمسألة المهارة الحركية نحصل عليها من الفاعلية والمتانة للأنظمة الحركية، وكذلك بوسيلة العمل المتواصل والخروج عن البرنامج المعد المثالي للوصول إلى التقنية

النهائيـة للحركـة، ومـن خـلال هـذه العلاقـة بيـن التقنيـة والنظـام الحركـي للمهمـة التـي تتعلـق بنـوع الرياضـة، ويمكننـا تقسـيم الجوانـب المتعدّدة للتقنيـة مـن خـلال ثـلاث مجموعـات، هـي:

المجموعـة الأولـى: تشـمل ألعـاب الجمناسـتيك والقفـز إلـى المـاء والرقـص علـى الجليـد وغيرها، وهـذه كلها تتطلـب تمارين مسـتقرة بظروف معروفـة وثابتـة وذات مزايـا ديناميكية ونظرة كاملة وشـمولية للحركة لتأمين اسـتقرار الخصائـص البيوكينماتيكيـة المختلفة.

المجموعـة الثانيـة: وتشـمل الألعـاب التاليـة، رفـع الأثقـال وألعـاب القـوى والحـركات اللوكوموتورنيـة الرياضيـة، وهـذه تتطلب تمارين مسـتقرة بظـروف ثابتـة مـع التركيـب الرياضـي والوصول إلـى الكمية القصـوى لقياس الخاصيـة البيوديناميكيـة النهائية للحركـة أي للنتيجة النهائيـة لخاصية العمل الأقصـى. وتتطلـب القيـام بتقنيـة حديثـة واسـتقراراً للتراكيـب الديناميكيـة للقـوى الداخليـة وتفاعلهـا الجيد مع القـوى الخارجية، وكذلك اسـتقراراً للقوة والارتقـاء بهـا، بالإضافـة إلـى السـرعة المصحوبة بالقـوة والإيقـاع الحركي.

اللوكوموتورنيـا: هـي كلمـة مؤلفـة مـن كلمتيـن: لوكـس وتعنـي «المـكان»، أمـا موتوري فتعنـي «الحركة»، أي إنّ معناهـا تغيير مكان وضعية الجسـم مـن خـلال الدفع أو السـحب منهـا الحـركات الرياضية المتشـابهة أو الحـركات الرياضيـة التـي تـؤدى لمـرة واحـدة غيـر متشـابهة الحـركات مثـل حركـة القـارب فـوق سـطح المـاء، فهو يتحـرك من خـلال الدفـع بالمجذافين والتزلـج أو الجـري فـي كـرة القـدم أو كـرة السـلة.

المجموعة الثالثة: تشمل الألعاب الجماعية والمصارعة وتتطلب تمارين غير مستقرة متغيرة الظروف بحاجة إلى تفاعل جيد واستقرار في الفاعلية النهائية والنوعية الحركية. كما يجب أن نؤمن المعرفة والمرونة في الفعل التقني وإعطاء الجهد الملائم للحالة التي تجابه الرياضي.

وهنا يأتي دور الإعداد المهاري (التقني) والإعداد التكتيكي (الخططي) للفوز بالمسابقة.

إن الرياضي لا يولد وهو متقن لمهارات اللعبة التي سيختارها، وإنما بواسطة الحركات الهادفة والممارسة المنتظمة الكثيرة والإعداد التقني لساعات وسنوات متعددة يتوصل إلى ما يصبو إليه. فلاعب التنس لا يولد لاعباً، وإنما يحتاج إلى إعداد وممارسة التدريب المنظم منذ الصغر لكي يطبع النموذج الصحيح للحركة في ذهنه، ولكي يسدد الكرة في المكان المناسب وبصورة آلية نموذجية، وتقسيم فترة الجهود بحيث لا يؤثر التعب في الإمكانية التقنية في إرسال الكرة أو صدها، أي تقسيم أو توزيع القوة على مراحل المباراة والتطابق مع الإعداد التقني للمباراة.

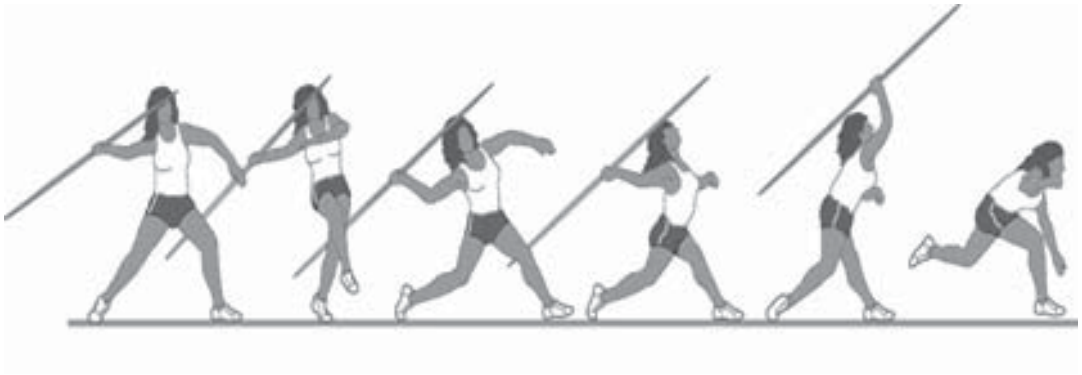
التقنية المجدية (المثالية)

هي ذلك الفعل الذي يتحدد من خلاله الوصول إلى المستويات العالية والنتائج الجيدة. والتقنية المجدية هي خاصية الأسلوب المستعمل لتنفيذ الحركة باستعمال التقنية الملائمة لها، أي ليس لها

ارتبـاط بالخاصيـة الفرديـة للرياضـي، ولكن لها ارتبـاط بالنتيجـة النهائية. إذ قـد يكـون لهـا تأثير فعـال في الحركـة والنتيجة، ولهـذا يسـتعملها الرياضي. فأثنـاء أداء حركـة القفـز إلـى الماء بأي أسـلوب كان لا يمنعـه أحد، ولكن لا أحـد يتبـع طريقـة كهـذه لأنهـا لا توصـل الرياضـي إلـى النتيجـة العالية مع العلـم أنـه مسـموحاً بهـا. كذلـك فـي حركة الوثـب الطويـل، فثنـي الرجلين يعـد حركـة مسـموح بهـا ولكن لا أحد يسـتعملها أيضـاً، على الرغـم من أنها مسـموح بهـا قانونيـاً. ولكـن طريقـة «الفوسـبري» فـي الوثـب العالـي فهي الأجـدى مـن الطرائـق الأخـرى للوثـب، وهـي تتـمّ علـى حسـاب المرجحـة إلـى الأمـام وانثنـاء الرجل وهي أكثر اسـتغلالاً للدفع والاسـتفادة منه. لذلك معظـم الرياضييـن، يسـتخدمون طريقـة «**الفوسـبري**» ومـن ثـم الطريقـة «**السـرجية**»، أمـا طريقـة «**المقـص**» فـلا توصـل إلـى مسـتوى الانجاز.

وفـي دفـع الكـرة الحديديـة تسـتعمل طريقتـان، طريقـة «الزحـف» بمرجحـة الرجـل بـدون الـدوران والأخـرى بالطريقـة «الدورانيـة» المشـابهة لحركـة رمـي «القـرص». فأيهمـا أكثـر منطقيـة، الطريقـة الأولـى أم الثانيـة؟ والجـواب حسـب ملاءمـة الأسـلوب التكنيكـي (التقنـي) الصحيـح.

وأخيـراً، يجـب أن ننظـر إلـى ثـلاث دلائـل أساسـية للإعـداد التقنـي (حجـم التقنيـة، الجوانـب المتعـددة والمنطقيـة فـي اسـتخدامها) والـكلام سـينحصر فـي: «هـل الرياضـي يسـتطيع أداء الحركـة؟ وكيـف ينفـذ هـذه الحركـة؟» وكذلـك يجـب أن نـدرس الجانـب النوعـي لإتقـان الحركـة وتأثيرها واسـتيعاب تعليمهـا.



صورة رقم(112)

13 - المشي والجري

هـي مـن الحـركات الطبيعيـة الأساسـية التـي يعتمدهـا الفـرد فـي مواجهةحياتـه اليوميـة منذ الطفولـة، فكيف الحال إن كانت موجودة بشـكل أساسـي، وكوسـيلة لتنفيـذ المهمـات المطلوبـة والمهـارات المثلـى ولتحقيق الأرقـام القياسـية في مسـابقات ألعاب القـوى وغيرها من الألعـاب الرياضية. إذاً الهـدف منهـا اكتسـاب الفـرد إمكانيـة توجيـه أفعالـه وحركاتـه والتميـز بالصفـات الأخلاقيـة الإراديـة والصحـة الجيـدة.

المشـي: يختلـف المشـي الاعتيـادي عن المشـي السـريع الرياضي من حيـث التقنيـة، والمشـترك بينهمـا هـو دوام نقـل القدميـن بالتنـاوب في كل خطـوة واحـدة وقـد تلمـس إحـدى القدميـن الأرض قبـل رفع الأخـرى أو بعد رفعها.

إذاً، المشـي- عبـارة عن تقـدم الرياضي أو التلميذ إلـى الأمام بخطوات مـع المحافظـة علـى عـدم فقدانـه الاتصـال بالسـطح الـذي يمشـي عليـه. ويجـب أن تكـون رجـل الارتـكاز مفـرودة (محـدودة) أقلّـه للحظـة واحـدة عندمـا يكـون الفـرد فـي الوضـع العمـودي ووجهـه إلـى الأمـام.

المشـي السـريع: أيضاً المطلوب من الفرد قطع مسـافة محددة مشـياً سـريعاً بأقـل زمن ممكن.

الجـري السـريع: عبـارة عـن تقـدم الفـرد إلـى الأمـام جريـاً (هرولـة) لمسـافة محـددة بأقـل زمـن ممكـن.

كمـا أنّ الجـري السـريع – عبـارة عـن قيـام الرياضـي بحـركات بيديـه ورجليـه بشـكل متعاقـب متكـرر فـي خطـوات واسـعة حتـى نهاية المسـافة المطلـوب قطعهـا بأقصـر زمـن ممكـن.

وهـذا يتطلـب مـن الفـرد قـدرات بدنيـة كالسـرعة والقـوة وإظهـار التحمـل فـي ظـل بـذل مجهـود مثالـي وبشـدات مختلفـة، وسـرعة المشـي والجـري تعتمـدان علـى طـول الخطـوة وتكرارهـا...

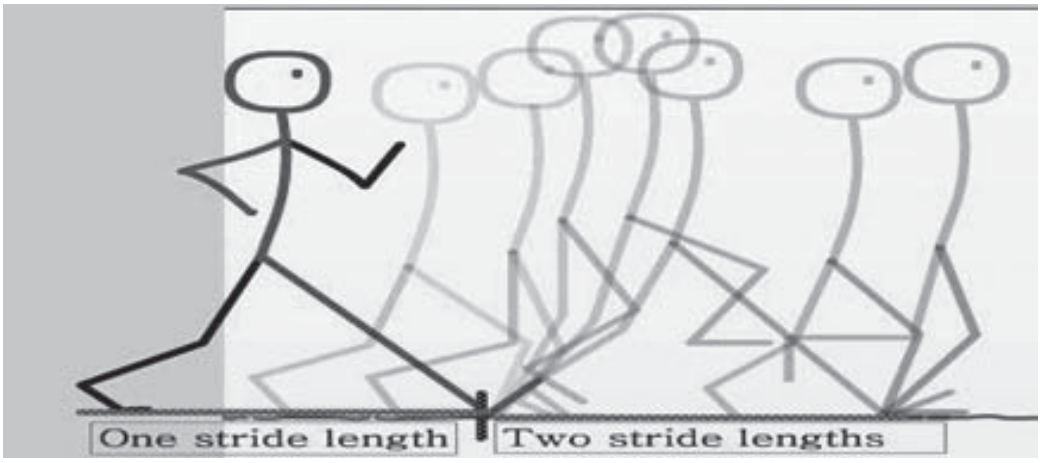
يعتمـد طـول الخطـوة وتكرارهـا بشـكل كبير على أسـاس صحـة تقنية الأداء المطلـوب، وعلـى قدرة إمكانية الفرد الطبيعية في سـرعة أداء الحركات وقبـض وبسـط المجموعـات العضليـة التي تعمل علـى إنجاز قطع المسـافة. وكمـا يتوقـف طـول الخطـوة علـى قـوة الدفـع عـن الأرض وعلـى اتجاههـا، وعلـى دقـة تلازم وتسلسـل وحـدة ترابـط انتقال حلقـات حركة الجسـم لدى اللاعـب: (القدمـان، السـاقان، الفخـذان، الحـوض، الذراعان، الجـذع، الرأس).

وهـي مبنيـة علـى أسـاس مبـدأ الانتقـالات المتقاطعة وموجهـة لخلق سـرعة قطـع المسـافة بواسـطة تعاقـب وتزامـن التفاعـل المتبـادل للجـزء الأيمـن والأيسـر مـن جسـم الفـرد الرياضـي.

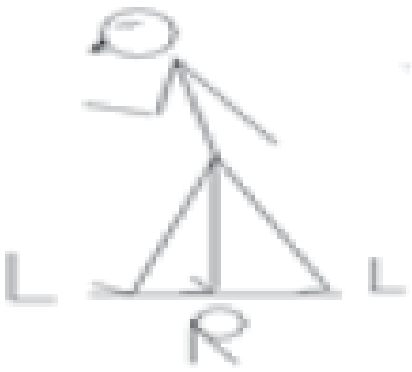
ففـي العـدو لمسـافات قصيـرة مـن المهـم المحافظـة علـى تكـرار الخطـوات، أمـا عنـد عدائـي المسـافات المتوسـطة والطويلـة فيطلـب منهـم المحافظـة علـى طـول الخطـوات.

الجـري السـريع:هو حركـة مـن الحـركات الطبيعيـة الأساسـية عنـد الإنسـان. فكيـف يسـتطيع شـخص مـا أن يركـض سـريعاً ويحـاول أن يحـدد مسـتوى نجاحاتـه فـي عـدة رياضـات؟.

فالخطـوات الواسـعة فـي الجـري السـريع هـي حركـة إحـدى الرجليـن لمسـافة واسـعة تليهـا حركة الرجل الأخرى لمسـافة مسـاوية، فطـول الخطوة الواحـدة الواسـعة تعـادل ضعـف المسـافة التـي تخطوها رجـل واحدة..أنظر الرسـم رقـم (113) (يميـن / right = R) (يسـار/ left=L).



رسم رقم (113، أ)



رسم رقم (113، ب)

المشـي والجـري همـا مـن الأفعـال الدوريـة أي قيـام الرياضـي أو التلميـذ بتنفيـذ حـركات متشـابهة ومتكـررة لقطـع المسـافة لتحقيـق هـدف واحـد، وهـي عبـارة عـن مهـارة مغلقـة.

ومـن الممكـن القـول إنهما مـن الحـركات الدورية المتكررة البسـيطة. كمـا تسـمى أيضـاً بالحـركات المتكـررة الثنائيـة المراحـل بحيـث تقـوم علـى إدمـاج المرحلتيـن التمهيديـة والنهائيـة فـي مرحلـة واحـدة تسـمى المرحلة المزدوجـة تليهـا المرحلـة الثانيـة، وهي المرحلة الرئيسـية مباشـرة والتي يتم فيهـا الإنجـاز الرقمي..

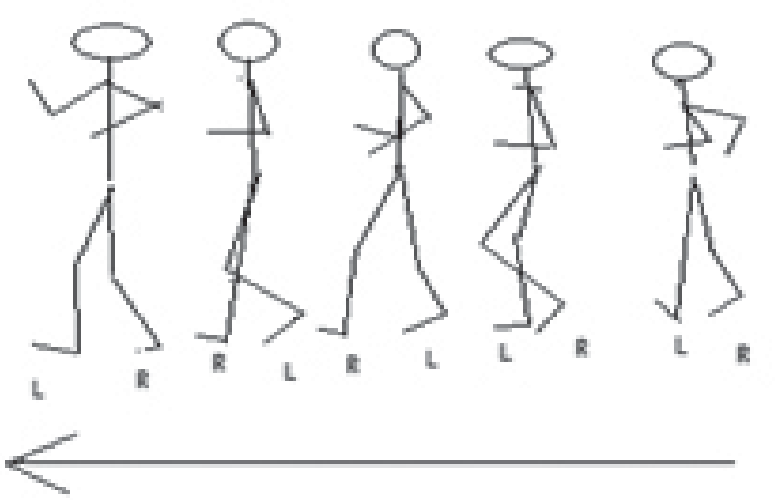
المشـي الطبيعـي العـادي هـو حركـة نقـل الجسـم فـي الفـراغ ومـن خلالـه يتـم نقل الجسـم مـن رجل إلى أخـرى حيث تتحرك القدمـان بالتناوب مـع بقـاء إحداهمـا علـى اتصـال دائـم بـالأرض، وهـذا معنـاه أن القـدم التي تخطـو يجـب أن توضـع علـى الأرض قبـل أن ترتفـع الأخـرى..

أمـا الخصوصيـة فـي تقنيـة المشـي السـريع (سـباق المشـي) فتكـون علـى أرجـل مسـتقيمة، وتظهـر فـي فاعليـة حركـة الحـوض واليدين (بشـكل أساسـي فـي دورانـه حـول محـور عمـودي) والتـي تسـاعد بشـكل ملحـوظ

علـى زيـادة طـول الخطـوات (110-115) سـنتم، وإيقـاع الحـركات (190-200) خطـوة أكثـر فـي الدقيقـة، وهـي الأمـور التـي تؤمـن بلوغ سـرعة المتسـابق لضعـف السـرعة العاديـة للمشـي (أكثـر مـن 14كلم / سـاعة)..

- تعـد الخطـوة الثنائيـة دورة حـركات الرجليـن، كمـا فـي الرسـم رقـم (114).

(يمين /R-right) (يسار / L- left)



رسم رقم (114)

فـي أثنـاء أداء خطوتيـن تقـوم القدمـان اليسـرى واليمنـى بالتتابـع بوظيفتـي التلويـح والارتـكاز، والأكثـر فعاليـة بينهمـا هـي مرحلـة الارتـكاز. فـي هـذا الوقـت، وعلى حسـاب حركـة الرجـل المرتكـزة يتحرك جسـم الفرد

فـي الفـراغ المحـدود (المسـافة).. وتبـدأ مرحلـة الارتـكاز مـن اللحظـة، التي يضـع الفـرد رجلـه (قدمـه) علـى الأرض أمـام مركـز إسـقاط ثقـل الجسـم، ثم يقـوم بنقـل هـذا الثقـل إلـى الرجـل المرتكزة، وفـي النهايـة يقـوم بنقله إلى الأمـام بالدفـع (الاندفـاع) عـن الأرض (مرحلـة الدفـع) وهو الطـور الأهم في تحـرك الفـرد عـدواً أو مشـياً، والـذي يـؤدى عـن طريـق فـرد (مـدّ) الرجـل الدافعـة فـي مفاصـل الفخذيـن والركبتيـن وثنـي باطـن القـدم والأصابـع في التوقيـت نفسـه مـع نقـل الرجـل المتحركـة الممرجحـة. وتعتبر زاويـة الدفع عنـد الجـري أكثر حـدة (45-55) درجـة، مما هي عند المشـي (55-65) درجة. وزاويـة الطيـران فـي الجـري أصغـر كثيـراً بالمقارنـة بزاويـة الدفـع. فقيمتهـا (المقـدار) فـي الجري السـريع تسـاوي تقريباً درجتين، أما فـي جري الحواجز فتصـل زاويتهـا عنـد تجـاوز الحاجـز بقيمـة (3-5) درجات.وتتشـابه عمليـة تفاعـل اللاعـب مـع السـطح في لحظـة الارتـكاز في حالتـي العدو والمشـي.

ففـي أثنـاء وضـع الرجل (القـدم) يكون الضغط علـى الأرض متجهاً إلى الأسـفل وإلـى الأمـام، وفـي لحظة الاسـتقامة يكـون متجهاً إلى الأسـفل فقط، وفـي أثنـاء مرحلـة الدفـع يكـون متجهـاً إلى الأسـفل وإلى الخلـف ويكون رد الفعـل نقطـة الارتكاز باتجـاه معاكس.

ويمكن تقسـيم دورة الحركات أثناء المشـي والعدو، بشـكل اصطلاحي إلـى مرحلتيـن: مرحلة الارتكاز ومرحلـة التلويح (الخطوة).

ففي مرحلة الارتكاز تنقسم إلى جزءين:

الارتـكاز الأمامـي (مـن لحظـة وضـع القـدم علـى الأرض وحتـى لحظـة الوصـول إلـى الوضع العمـودي).

الدفـع عـن الأرض (مـن لحظـة الوصـول إلـى الوضـع العمـودي حتـى سـحب القـدم عـن الأرض).

أما مرحلة التلويح أو الخطوة فتتضمن جزءين هما:

الخطـوة الخلفيـة (مـن لحظـة سـحب القـدم عـن الأرض وحتـى لحظة الوصـول إلـى الوضـع العمودي).

الخطـوة الأماميـة (مـن لحظـة الوصـول إلـى الوضـع العمـودي إلـى لحظـة وضـع القـدم علـى الأرض).

وهنـاك فـرق أساسـي مـا بيـن المشـي والجـري. ففـي المشـي توجـد حالـة ارتـكاز دائـم حيـث إن الارتـكاز الأحادي علـى رجل واحـدة يتناوب مع الارتـكاز الثنائـي علـى الرجليـن، بينما تنعـدم حالة الارتكاز الدائـم في الجري الـذي يتضمـن مرحلـة الطيـران التـي تحـلّ محـل الارتـكاز الثنائـي، ويتنـاوب الارتـكاز الأحـادي مـع حالـة عـدم الارتكاز.

أخيـراً، نخلـص إلـى القـول بـأن المشـي يتميـز بوجـود حالـة ارتـكاز ثنائيـة. أمـا العـدو ففيـه مرحلـة الطيـران.

ويتوقف زمن أو مدة مرحلة الطيران على اتجاه الدفع وقوته.

ويختلف سباق المشي عن الجري أيضاً بعدة عناصر أخرى، هي:

- طول المراحل المختلفة.
- سرعة الحركات ومداها في المفاصل.
- عمل العضلات.

- التحمل الجسدي والعبء الواقع على كاهل الرياضي.

ففـي المشـي نلاحظ بـأن فترة ارتكاز إحـدى القدمين تندمـج مع فترة ارتـكاز القـدم الأخـرى، وتنشـأ حالة الارتـكاز الثنائيـة التي فـي مجراها تخول الرجـل الملوحـة إلـى مرتكـزة والمرتكزة إلى ملوحـة، وهكذا يـؤدي الرياضي خطواته.

إن التسلسـل الحركـي عنـد الجـري (العـدو) هـو: الطيـران والارتـكاز.. ففـي مرحلـة الطيـران هنـاك فتـرة العودة إلـى الوضـع الأصلي ومن ثـم فترة المرجحـة الأماميـة. أمـا فـي مرحلـة الارتـكاز فتوجـد فتـرة الارتـكاز الأمامـي ومـن ثـم فتـرة الدفـع بالقدم.

أما المشي فمراحله، هي: - مرحلة الارتكاز (المزدوج).

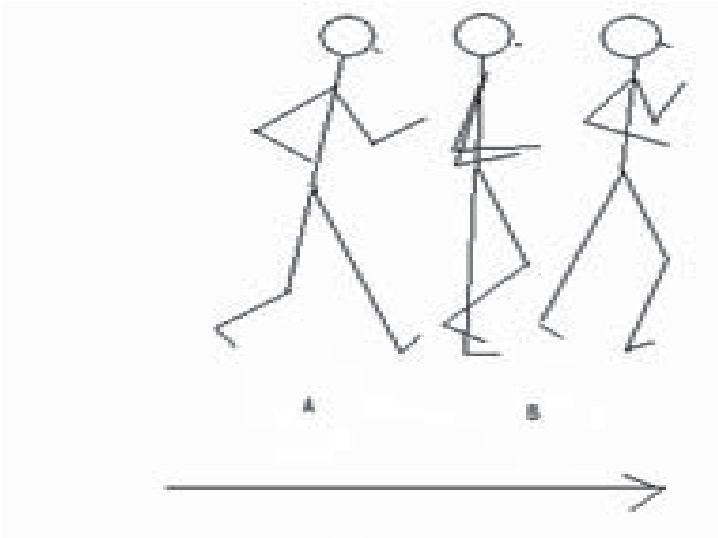
- مرحلة التلويح.

- مرحلة الدفع.

تتشـابه حركـة المشـي الرياضـي مـع حركـة المشـي الاعتيـادي ولكنهـا تتميـز عنـه بالتوافـق الحركـي المعقـد والميكانيكيـة الحركيـة المتلائمة التي ينتقـل مـن خلالهـا الرياضي بسـرعة كبيـرة لتحسـين النتائج الرياضيـة، أي إن السـرعة القصوى الانتقالية أكثر من المشـي الاعتيـادي ودور الارتكاز الزوجي يتقلـص إلـى الحـد الأدنـى وقد يصـل إلـى (0,02) ثانيـة عنـد الرياضيين ذوي المسـتويات العاليـة، أنظر الرسـم رقـم (115).

وفـي حـال قـورن المشـي الرياضـي بالمشـي الاعتيـادي نـرى أن المشـي الرياضـي يمتـاز بتقليـص زمـن الارتـكاز المـزدوج للهبـوط والارتكاز علـى رجـل واحـدة باسـتقامة مفصـل الركبـة، وحركـة دوران الحـوض تؤمـن انتقـالاً جيـداً للرجـل والدفـع بفاعليـة أكثـر للذراعيـن. وتشـمل حركـة

المشـي الرياضـي وضعيـة الارتـكاز الفـردي والمـزدوج اللذيـن مـن خـلال ملاحظتهمـا نـرى أن حركـة مرجحـة الرجـل لكـي تنقـل الجسـم إلـى الأمام، تكـون وضعيـة منثنيـة قليـلاً مـن مفصـل الفخـذ المتّجـه إلـى الأمـام وقليلاً إلـى الأعلـى وكذلـك انثنـاء فـي مفصـل الركبـة، وفـي الوقـت نفسـه ينتقـل مركـز الثقـل أمـام رجـل الارتـكاز وبالوضـع العمـودي وبشـكل مسـتقيم. وعندمـا تدفـع الرجـل المرتكـزة فـي الأرض وتنتهـي حركتهـا بالاسـتقامة في مفصـل الركبـة تنتقـل إلـى الأمام ويوضع الكعـب على الأرض لكي تسـتأنف حركتهـا مـن جديد.



رسم رقم (115)

A- وضعية الارتكاز المزدوج.

B - وضعية الارتكاز الفردي.

وإن استمرارية الارتكاز المزدوج يصل إلى (0,005-0,055) ثانية (فارفيل ف.س. 1962).

وفي حركة المشي تعمل جميع عضلات الجسم بشكل فعال خصوصاً عضلات الرجلين، لذا يجب أن يركز الرياضي على العضلات التي تنثني وتمدّ الرجلين، ويحاول أن يحافظ على ارتخاء العضلات الأخرى من الجسم.

ولتكرار الخطوة يجب أن لا تكون العضلات المعاكسة مشدودة وبزاوية حادة. من جهتها، تساعد الحركات الفعالة لليدين في زيادة تكرار الخطوات، كما أنّ حركة اليدين تزداد خلال الحركات السريعة (136 خطوة في الدقيقة) أكثر من المشي الاعتيادي (114 خطوة في الدقيقة).

وفي الجري لمسافات قصيرة ومتوسطة وطويلة تختلف أوضاع الانطلاق من خط البداية.

وتتميز تقنية العدو الرياضي بمراحل منفرد ة:

وضعية العدّاء على خط البداية.

الانطلاق وتسارع الانطلاق.

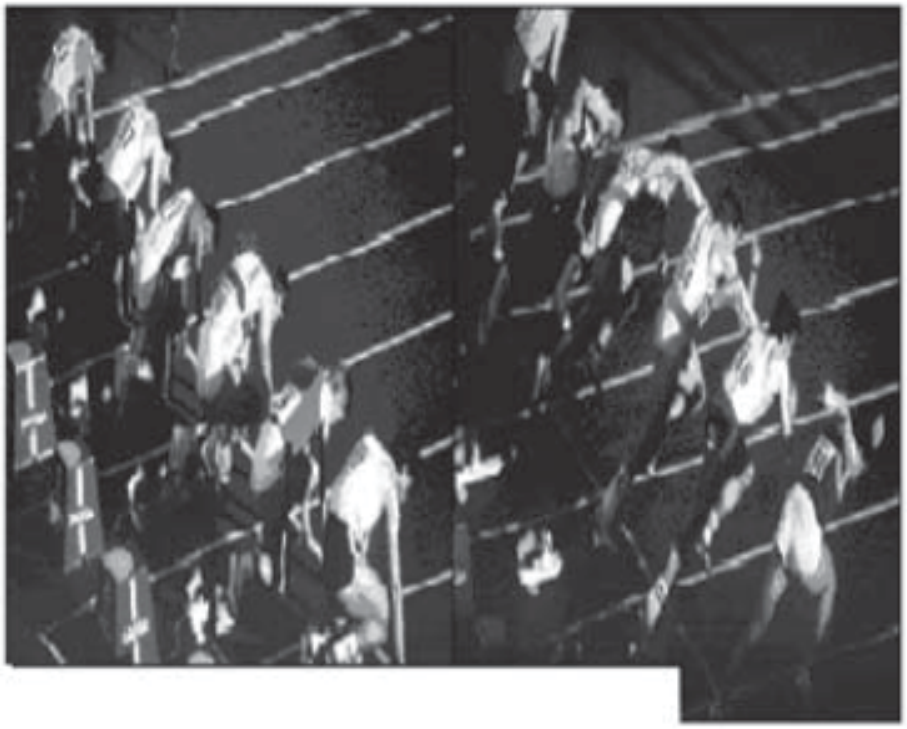
استمرارية الركض.

إنهاء الركض.

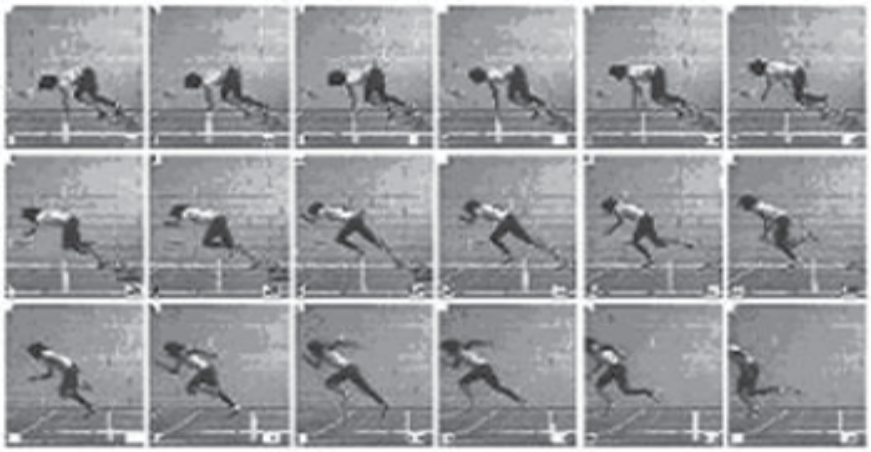
التوقف بعد خط النهاية.

ويبدأ اللاعب بالركض لأية مسافة من خط البداية ويقوم العداء بأخذ الوضع المناسب له عند خط البداية.. فبالمسافات القصيرة يستخدم طريقة الانطلاق من البدء المنخفض (وضعية الحدباء). أما

فـي الأنـواع الأخـرى للجـري فيسـتخدم الانطلاق من وضـع الابتـداء العالي. أنظـر الصورتيـن رقـم (116) و(117).



صورة رقم (116)



صورة رقم (117)

يحـاول العـداء أثنـاء الانطلاق ثني جذعه بشـدة إلى الأمام بهدف تسـريع سـرعة الوصـول القصـوى وخصوصـاً في المسـافات القصيـرة، وتتميـز الخطوات الأولـى للانطـلاق بعدم دحرجة القـدم ويؤدي الجري على جزئهـا الأمامي. وتقوم عضـلات مفصـل رسـغ القدم بعمـل الدفع ولا يسـمح للكعب بأن يلامـس الأرض ويكـون موضـع القدم في الخطوات الأولى قرب مركز إسـقاط ثقل جسـم العداء، وبذلـك ينعـزل تقريبـاً وجـود طـور موقـف الحركـة فـي بدايـة الارتـكاز الأمامي. ومـا دام العـداء يزيـد مـن سـرعته فـإنّ هـذا الطـور يكـون بغيـر ذي أهميـة؛ وهكـذا يقـوم الرياضـي بالتدريج بتقوية الدفع واكتسـاب السـرعة على حسـاب

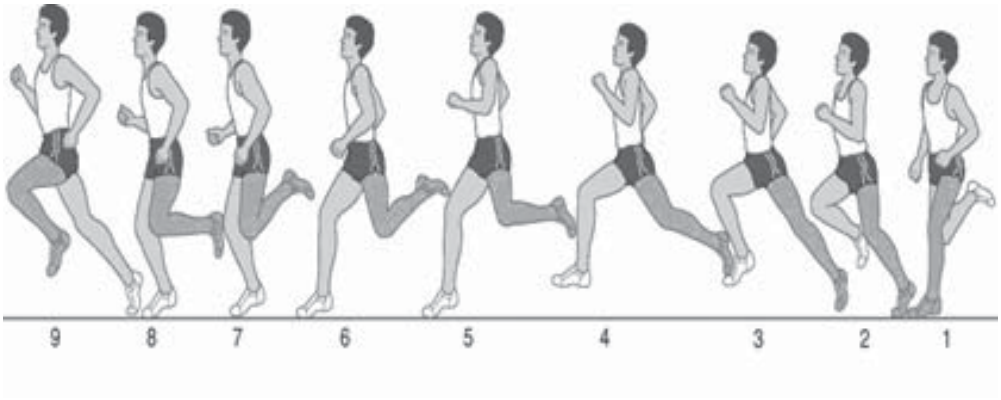
سـرعة وضـع القـدم وزيـادة طول الخطـوة. خلال الخطـوات الأولـى لا ينبغي وضـع القـدم بقـوة علـى الأرض وبتقصيـر طـول الخطـوة، لذلـك يجـب وضع القـدم علـى الأرض بسـرعة ومرونـة مـع الاندفاع لاحقـاً بفعالية، وفـي الوقت نفسـه يجـب أن تسـاعد حركة اليديـن على زيادة تأثير حركـة الرجلين وتكرار الخطـوات وزيـادة قـوة الدفـع. وتدريجـاً، ومع اكتسـاب السـرعة اللازمة تقل خصوصيـة صفـات الخطـوات الانطلاقية فـي حركات رجلي العـداء في مرحلة الانطـلاق التسـارعي، ويصبـح انحناء الجسـم أقل، وينتقل الرياضـي إلى تقنية خطـوة الجـري الكاملـة التي توجـد فيها جميع أطـوار دورة حركـة الرجلين.

وبعـد الانتقـال إلـى مرحلـة اسـتمرارية الجـري يحافـظ العـداء علـى وضعيتـه الأفقيـة أو يكـون جذعـه مائـلاً إلـى الأمـام قليـلاً مما يسـمح للجذع بخلـق شـروط مؤاتيـة للدفـع ونقـل الرجـل الملوحـة إلـى الأمـام.

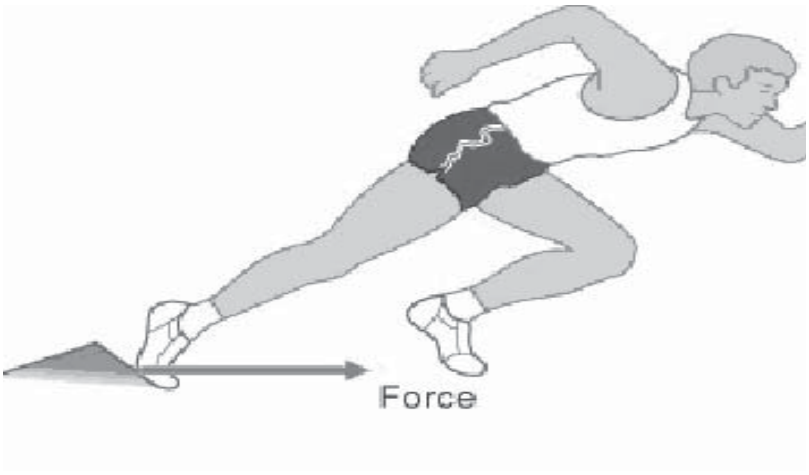
معظـم العدائيـن المهرة فـي مختلف المسـافات القصيرة والمتوسـطة والطويلـة يضـع القـدم علـى الأرض عـن طريـق الجـزء الأمامـي منـه. إن مثل هـذا العـدو هـو الأكثـر فعاليـة، لأنهـا التقنيـة الصحيحـة لخطوة الجـري التي تظهـر مـن خـلال طبيعـة وضـع الرجل علـى الأرض. وأثنـاء مرحلة اسـتمرارية الجـري يقـوم العـداء بوضـع قدمـه بخفـة ومرونـة أمـام مركـز ثقـل الجسـم لأجـل التقليـل مـن تأثيـر توقيـف فرملـة الحركة.

وتتصـف التقنيـة العالية للجري بإجادة تنسـيق حـركات الرجل الدافعة والرجـل الملوحـة واليديـن. أنظـر الصـور رقـم (118 و119 و120 و121 و 122)، وتحـرر الحركة.

مـن عناصـر التقنيـة الفعالـة لخطـوات العـدو مـؤازرة سـاق الرجـل الملوحـة لسـاق الرجـل الدافعـة في اللحظـة الختامية مـن الاندفـاع، وانحناء الجـذع جهـة القـدم الملوحـة فـي وضـع الانتصـاب العمـودي.



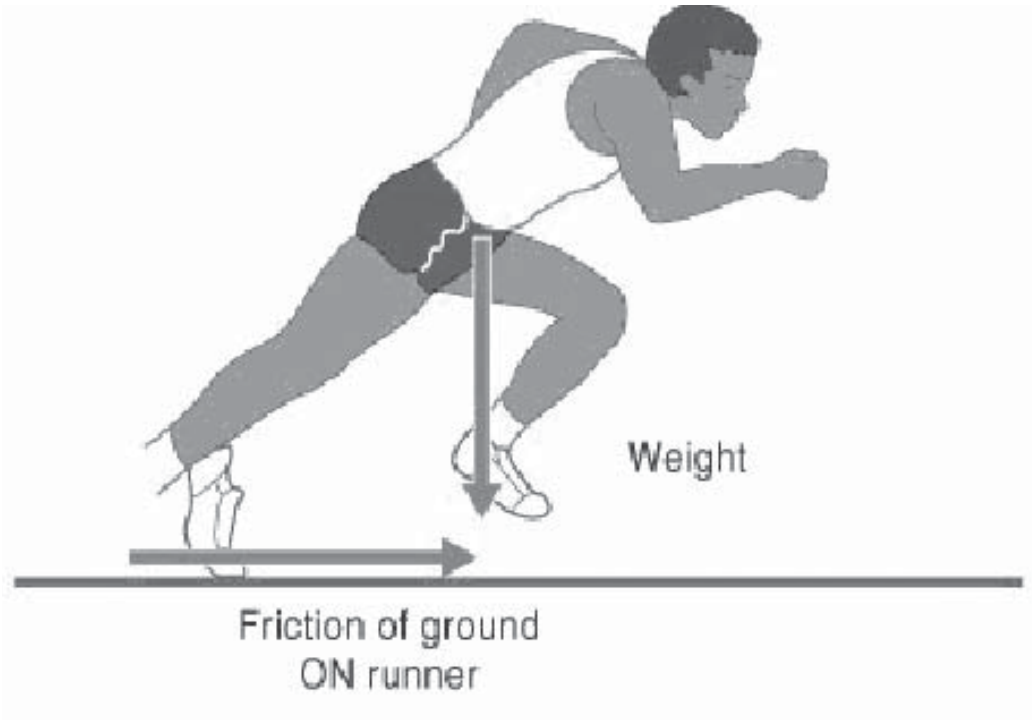
صورة رقم (118)



صورة رقم (119)

انطـلاق العـداء وهـو عبـارة عـن مسـافة أفقيـة ما بيـن لحظـة انطلاق مقدمـة القـدم ومركـز ثقل الجسـم.

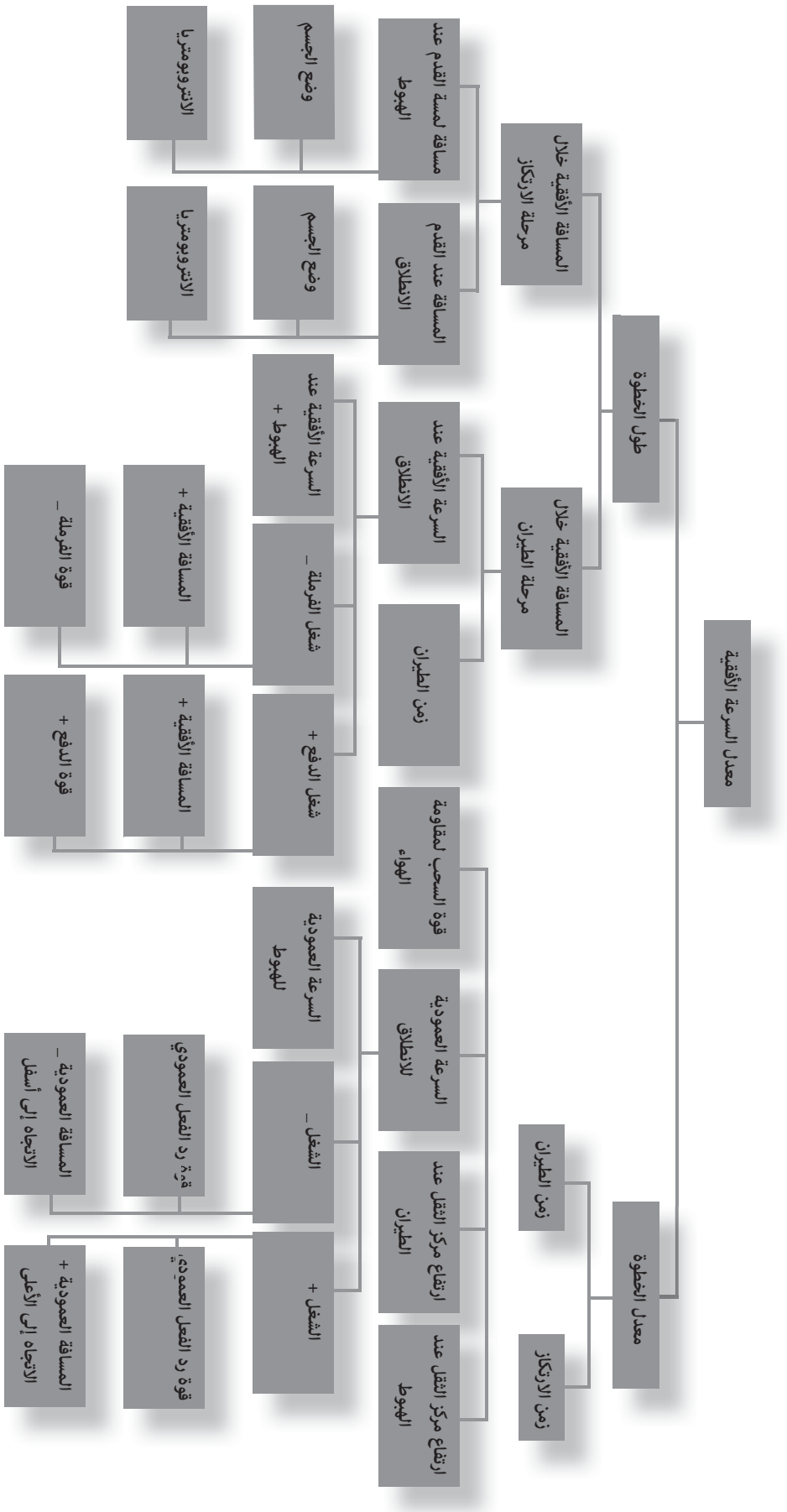
صورة رقم (120)



صورة رقم (121)

صورة رقم (122)

النظرية المثلى للعدو (Theoretical model of sprinting)


معدل السرعة الأفقية
طول الخطوة
المسافة الأفقية خلال مرحلة الارتكاز
مسافة لمسة القدم عند الهبوط
الانتروبومتريا
وضع الجسم
المسافة عند القدم الانطلاق
الانتروبومتريا
وضع الجسم
المسافة الأفقية خلال مرحلة الطيران
السرعة الأفقية عند الانطلاق
السرعة الأفقية عند الهبوط +
شغل الفرملة _
المساقة الأفقية +
قوة الفرملة _
زمن الطيران
شغل الدفع +
المساقة الأفقية +
قوة الدفع +
معدل الخطوة
زمن الطيران
زمن الارتكاز
قوة السحب لمقاومة الهواء
السرعة العمودية للانطلاق
السرعة العمودية للهبوط
الشغل _
قوة رد الفعل العمودي
المساقة العمودية _
الاتجاه إلى أسفل
ارتفاع مركز الثقل عند الطيران
الشغل +
قوة رد الفعل العمودي
المساقة العمودية +
الاتجاه إلى الأعلى
ارتفاع مركز الثقل عند الهبوط

هـذا التحليـل البيوميكانيكـي قـد يكـون كميـاً أو نوعيـاً (كيفياً).يعتمد التحليـل النوعـي علـى ملاحظـة الأداء، بينمـا يعتمـد التحليـل الكمّـي علـى التأثيـرات الجانبيـة (تفاصيـل) لـلأداء. ويسـتعمل الخبيـر الفنـي والمـدرب المتمـرس هـذه الإجراءات أو إجراءات مشـابهة لتقويم حركـة أو أداء التلاميذ أو اللاعبيـن الرياضييـن...

مهارة المشي

المشـي الطبيعـي هـو حركـة نقـل الجسـم فـي الفـراغ مـن خلالـه يتم نقـل ثقـل الجسـم مـن رجل إلى أخـرى، حيـث تتحـرك القدمان بالتبـادل مع بقـاء إحداهمـا علـى اتصـال دائم بـالأرض، وهذا يعنـي أنّ الرجـل التي تخطو يجـب أن تكـون علـى الأرض قبـل أن ترتفـع الأخرى.

وتبـدأ حركـة المشـي بدفـع الأرض بقوة مشـط القدم وإصبعهـا، وأثناء الدفـع تثنـى الركبتـان ثـم تُعـاد الرجـل إلـى الأمـام بانثنـاء مفصـل الفخـذ، وتمتـد الركبـة قبـل أن تصـل القـدم إلـى الأرض، ويكـون اتجـاه أصابـع القدم إلـى الأمـام وتتأرجـح الذراعـان بحريـة، وتتأثـر كميـة الدفـع المطلوبـة لثقـل الجسـم بنوعيـة السـطح الـذي يتحـرك عليـه الفـرد، فيعـود ذلـك إلـى كميـة القـوة المعاكسـة والناتجـة مـن السـطح.

وإذا كان السـطح ناعمـاً كالرمـل مثـلاً، فـإنّ الفـرد يحتاج إلـى قوة أكبر لأنـه يصـرف قوة مـن وضع الرجـل خلفاً.

أمـا إذا كان السـطح منزلقـاً (سـطح جليـدي مثـلاً) فعلـى الفـرد أن يقلـل مـن كميـة القـوة ويُقصـر خطوتـه للمحافظة علـى الاتـزان (التوازن).

فـإذا كان الفـرد يصعـد تـلاً مرتفعـاً فعليـه أن يميل جسـمه إلى الأمـام لكي يصبـح مركـز الثقـل فـوق قاعـدة الارتـكاز والعكـس إذا كان ينـزل مـن التل. وإذا أراد الفـرد أن يزيـد سـرعة المشـي فيجـب أن يزيـد القـوة مع توسـيع الخطوات.

مهارة الجري

- وهـي عبـارة عـن نقل ثقل الجسـم في الفـراغ بسـرعة، ونمط الجري يشـبه كثيـراً نمـط المشـي إلا أن الفـرق بينهمـا هـو أن فـي المشـي تبقـى إحـدى القدميـن علـى اتصـال بالأرض بصورة مسـتمرة حيـث إن الجري يوجد فيـه مرحلـة الطيـران أي إن كتلتـي القدميـن تكونان في الهواء فـي لحظة ما، وهنـاك أيضـاً زيادة في انثنـاء الركبتين، أمـا الذراعان فتتأرجحـان أماماً وخلفاً مـع ثنـي المرفقين. أنظـر الصور رقـم(123 و124 و125).

صورة رقم (123)

صورة رقم (124)

المشـي والجـري وسـيلتان طبيعيتـان لتنقـل الإنسـان، وهمـا تحدثـان نتيجـة الاندفـاع عـن الأرض، ومهمتهمـا قطـع مسـافة فـي أقل زمـن ممكن...

سـرعة المشـي تعتمـد علـى طـول الخطـوات وتكرارها وهـذه مرتبطة بإمكانيـة الإنسـان الرياضـي وصحـة الأداء الفني للحـركات...

صورة رقم (125)

14 - تحليل بيوميكانيكي لمهارات الميدان في ألعاب القوى

الوثب الطويل والوثبة الثلاثية

الوثـب الطويـل والوثبـة الثلاثيـة – عبـارة عـن وثـب إلى الأمـام إضافة إلـى التغلـب على المسـافة بواسـطة الطيـران (الجسـم) أفقياً، وهـو يتطلب:

- اقتراباً مستقيماً.
- تعجيلاً كافياً للجسم.

إن مسـار مركـز كتلـة الجسـم (م ك ج) خلال مرحلة الطيران (الجسـم) يعتمـد مـن خلال قوانيـن رياضية فيزيائيـة ميكانيكية...

كمـا علينـا، معرفـة الطـول، الارتفـاع، مـن دون حسـاب لحظـة ارتفـاع الجسـم فـي بدايـة الطيـران ونهايتـه (الهبـوط).

V_o- السـرعة الابتدائيـة لمركـز كتلـة الجسـم (م ك ج) فـي الطيـران - سـرعة لحظـة الانطـلاق.

α- زاوية اتجاه السرعة أفقياً لحظة الطيران.

A (g) = تعجيل سقوط الأجسام الحرة لجسم الرياضي.

ونستطيع الحصول على بداية السرعة الابتدائية والزاوية لـ(م ك ج) من خلال «الدفع» ومن خلال «الاقتراب».

ويوجد فرق بين: 1 - الاقتراب أي (الإعداد إلى الدفع).

2 - الدفع من الارتكاز ثم الطيران والإعاقة بعد الهبوط أي مرحلة ملامسة الأرض وليس الفعل النهائي.

* الاقتراب: - (أمر مهم) 1: عبارة عن زيادة السرعة للجسم وحصوله على تسارع (a) ملائم إلى حين وصوله إلى مكان القفز.

2: إيجاد ظروف ملائمة للتفاعل مع ا لا ر تـكا ز .

كما تأتي النتائج العالية بفعل السرعة الأفقية التي يحصل عليها من خلال اقترابه جرياً، وعادةً يكون طول الخطوة قبل النهائية أوسع من طول الخطوة النهائية التي تكون قصيرة بالنسبة إلى خطوات الجري.

يحتاج رياض الوثب الطويل إلى سرعة عالية لحظة وضع القدم على مكان الدفع (لوحة الارتقاء) لتحويل السرعة الأفقية إلى محصلتين (أفقية وعمودية).

ويجب أن تكون الزاوية مثالية أثناء الدفع، وتتعلق أيضاً بثبات الجسم وتوازنه في مرحلة الطيران والحركة الصحيحة للجسم إلى الأمام وإلى الأعلى.

وإن طول مسافة الخطوات للاقتراب هي: عند الإناث (30 - 35 متراً).

عند الذكور (40 - 45 متراً).

- عـدد الخطـوات: عند الذكور (19 - 24 خطـوة)، وعند الإناث (18 - 21 خطوة).

- سرعة الاقتراب عند الرياضي (10 م \ ث).

* الدفـع: يتحقـق الدفـع مـن الارتكاز فـي القفز نتيجة اسـتقامة الرجل الدافعـة وحركـة مرجحـة الذراعيـن والجذع، مما يؤمـن اتجاهاً جيـداً وحجماً كبيـراً للسـرعة الابتدائيـة القصـوى لمركـز كتلـة الجسـم لكـي تتجـه بشـكل مثالـي سـواء إلـى الأعلى أو الأمـام. وبعد حركة الدفع – يتحرك الجسـم بفعل اسـتمرارية القوة (قانـون نيوتن).

* الطيـران: تبـدأ مـن رفـع الرجليـن بدفـع الذراعيـن إلـى الخلـف قبل ملامسـته الأرض وهـذا يعطـي رياضـي الوثـب الطويـل إمكانيـة أكثـر لنقـل جسـمه إلـى الأمـام بعـد الحـدّ النهائـي لانتقالـه للأمـام فـي مـكان الهبـوط.

دوران لحلقـات الجسـم حـول محاورهـا المارة خـلال (م ك ج) فتعمل قـوة الجاذبيـة الأرضية على جذب الجسـم إلى الأسـفل باتجاهها ولكن القوة العضليـة للجسـم سـتوقف هـذه القـوة وتقاومهـا، لذا يجـب أن تفـوق القوة العضليـة القـوة الجاذبـة إلى أسـفل (الجاذبية).

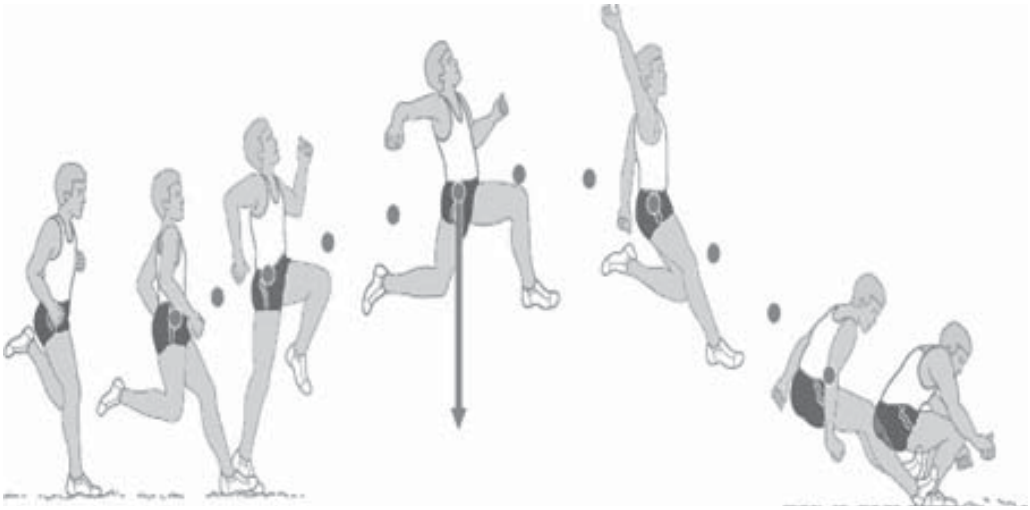
كمـا يوجـد ثـلاث مراحـل للوثـب الطويـل من الثبـات، أنظـر الصورتين (126، 127) وهـي:

- المرحلـة الأولـى: الدفـع مـن الارتـكاز / مهمـة للحصـول علـى رد فعـل جيـد للجسـم، وقـد أكـدت البحـوث والدراسـات أن الوصـول إلـى التقنيـة الجيـدة لهـذه المرحلـة يجـب أن يتـدرب عليـه الأطفـال مـن بداية دخولهـم المدرسـة. وقـد ذكـر (فيلتـون، أ. 1960) و(روي، ج. 1970) أن

بداية سرعة (م.ك.ج) للأطفال قبل المدرسة تصل إلى (1,83) م/ث ولـلأولاد ذوي الخبرة القليلة (1,71) م/ث. أما بالنسبة للتلاميذ ذوي الأعمار (16) سنة فتصل إلى (3,96) م/ث وتصل زاوية الدفع إلى 31 درجة عند الأولاد الرياضيين ذوي الأعمار المبكرة.

- المرحلة الثانية: الطيران/ثني في مفصل الحوض بقوة حيث يكون مفصل الركبة أكثر استقامة.

- المرحلة الثالثة: الهبوط/ فإن انتقال (م ك ج) يؤثر في حركة مرجحة الذراعين التي تؤدي إلى زيادة مسافة الوثب، فتبدأ الحركة إلى الأسفل ثم إلى الخلف وإلى الأعلى، وتكون الذراعان في وضع عمودي في اللحظة الكبيرة لانثناء الرجلين في مفصل الركبة قبل ترك الأرض.. ويفضل أن يكون اتجاه الذراعين أماماً أثناء الطيران والهبوط وليس إلى الجانب مع مد مفاصل الجسم وانثنائها في مرحلة الهبوط، ومد مفصل الركبة قبل ملامسة الأرض لكي يحصل الجسم على مسافة أكبر.



صورة رقم (126)

صورة رقم (127)

مهارة الوثب العالي ومهارة القفز بالزانة

إن هاتين المهارتين تهدفان إلى التغلب على المسافة العمودية (العلو) بواسطة الوثب وطيران الجسم عالياً، شرط عدم إسقاط العارضة من فوق الحامل. إذ تتطلب مهارة الوثب العالي في المرحلة الأولى اقتراباً منحنياً ومن ثم ارتفاعاً أكثر للجسم إلى الأعلى.

أما القفز بالزانة فهو يحتاج إلى سرعة وتسارع (تعجيل) كافٍ للجسم أثناء الاقتراب.

فهما لا يحتاجان إلى سرعة أفقية عالية.

- خطوات الاقتراب في القفز العالي تكون قصيرة بحدود (7 -

9) خطـوات، سـرعتها قليلـة وتتوقف حركة الجسـم إلى الأعلى، على السـرعة النهائيـة التـي حصـل عليهـا الجسـم من السـرعة لحظة تـرك الأرض وتنتج من سـرعة أجـزاء الجسـم سـواء الأطـراف العليـا أو السـفلى، وزيـادة سـرعة أي جـزء سـتؤدي إلـى زيـادة ارتفـاع جسـم الرياضـي أكثـر إلـى الأعلـى.. ويجب أن تكـون معظـم القـوة المؤثـرة فـي اتجـاه عمودي إلـى الأعلى حتـى يمكن بواسـطتها رفـع الجسـم، ويجـب أن يكـون بعـض اتجـاه القـوة أفقيـاً حتـى تسـاعد الرياضـي علـى اجتيـاز العارضة.

والاقتـراب يكـون بمعـدل (7.2 – 7.5 م/ث)، وتقـل السـرعة فـي الخطـوات النهائيـة لملامسـة الارتـكاز ودفع الجسـم إلـى (6.7 م/ث)/ لاجتياز العارضـة (برومیـل فـي قفزتـه 2.20 سـنتم).

فالدفـع - يحـاول تأميـن سـرعة عموديـة كبيـرة، أي الزاويـة الحـادة لوضعيـة الرجليـن علـى الارتـكاز وتقليـل السـرعة الأفقيـة.

تتكون حركة القفز العالي من ثلاث مراحل

- المرحلـة الأولـى: «الاقتـراب» وهـي قصيرة المسـافة، مدتهـا (0.020 - 0.024 ث) تبـدأ مـن لحظـة وضـع القـدم للرجـل الدافعـة علـى الأرض لكـي تنجـز الدفـع العمـودي مـن خلالهـا وتحقـق الضغـط الكبيـر علـى الأرض والضغـط علـى الارتـكاز ويقل عندما يبـدأ باطن القدم بتـرك الاتصال بالأرض.

- المرحلـة الثانيـة: «الدفـع» وتبـدأ مـن لحظـة بـدء القـدم تـرك

الارتـكاز وتصـل إلـى (0.10 - 0.12 ث) أي أكثـر قليـلاً مـن المرحلـة الأولـى، وتكـون مرحلـة الضغط علـى الارتكاز عنـد الرياضيين من ذوي المسـتويات العاليـة البدايـة بقـوة انفجاريـة كبيـرة بعدهـا تقـل، وهـذا يتناسـب مـع الثنـي الكبيـر فـي مفصـل الركبـة.

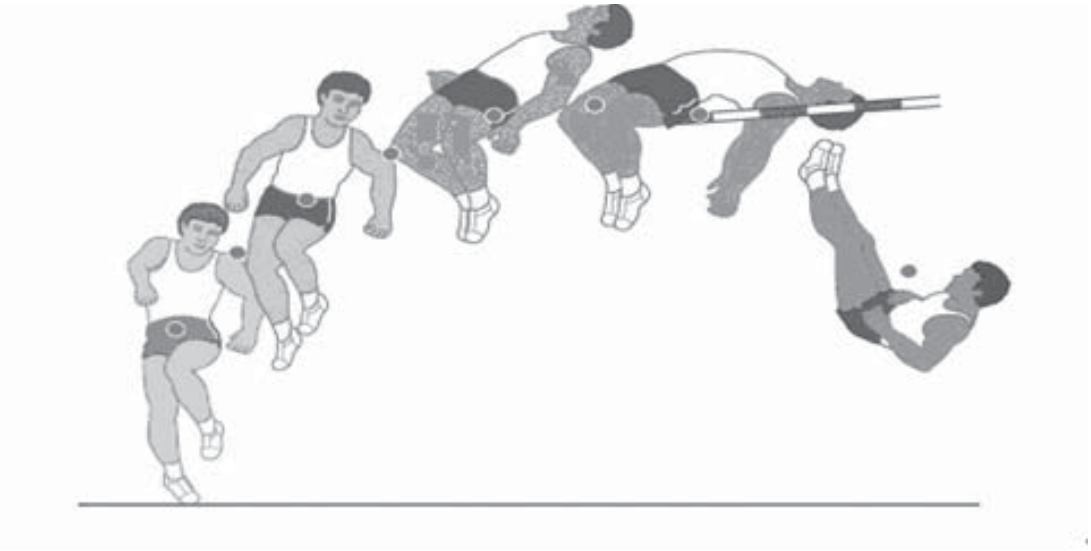
ويتحقـق الدفـع مـن الارتكاز في القفـز نتيجة اسـتقامة الرجل الدافعة وحركة مرجحـة الذراعين والجذع.

- المرحلـة الثالثـة: مـدّ الرجـل الدافعـة يصـل إلـى (0.125 - 0.150ث) ويحـدث الضغـط العمـودي علـى الارتـكاز لتحقيـق حركـة القفـز (R-1971 Grombac).

وفـي مرحلـة الطيـران، تلعـب الرجـل الحـرة أهميـة بالغـة فـي انتقال الجسـم مـع مرجحـة الذراعيـن إلـى الخلـف لإعطـاء قـوة انفجاريـة أكبـر للطيـران.

وإن حركـة أجـزاء الجسـم تسـبب حركـة دائريـة حـول (م ك ج)، هنـا تعمـل قـوة الجاذبيـة الأرضيـة علـى جـذب الجسـم إلـى الأسـفل باتجاههـا، ولكـن القـوة العضليـة للجسـم سـتوقف هـذه القـوة وتقاومها، لـذا يجب أن تتفـوق القـوة العضليـة علـى قـوة الجاذبيـة لكـي تسـتطيع أن تدفع الجسـم إلـى الأمـام أو الأعلـى، أنظـر الصـور (128 و129 و130 و131 و132 و133).

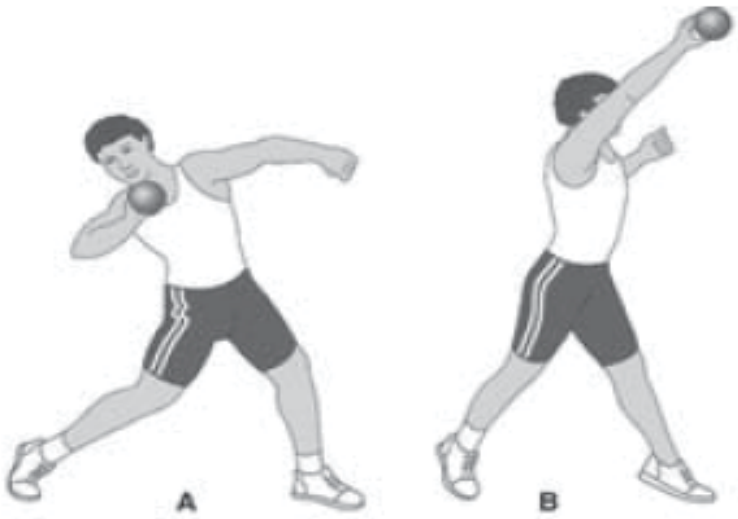
صورة رقم (128)



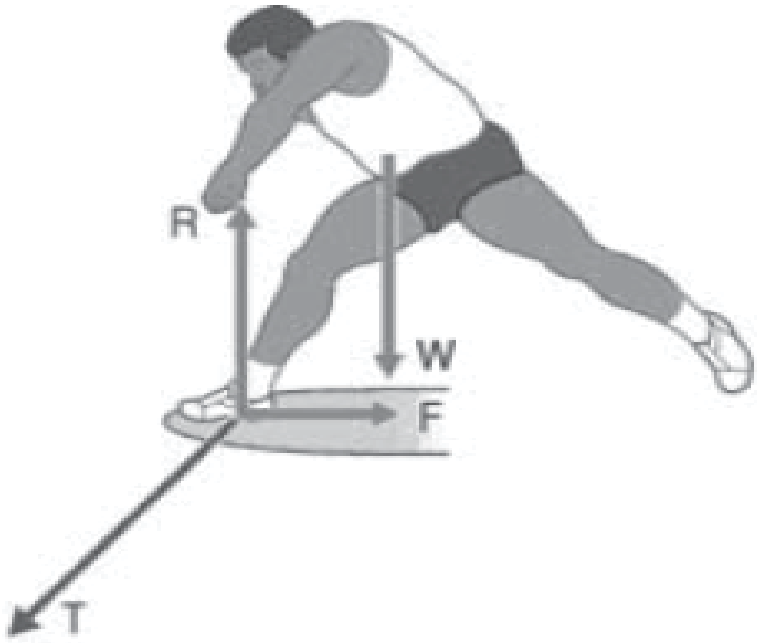
صورة رقم (129)

معطيات تصف أقوى لاعبي الوثب

نوع الوثبة	طول الركضة التقريبية	عدد الخطوات	سرعة الركضة التقريبية (متر.ثانية)
العالي	18-12	11-7	8-7
الطويل	46-42	24-22	10
الثلاثية	42-38	22-19	10
بالزانة	45-35	22-18	59-9

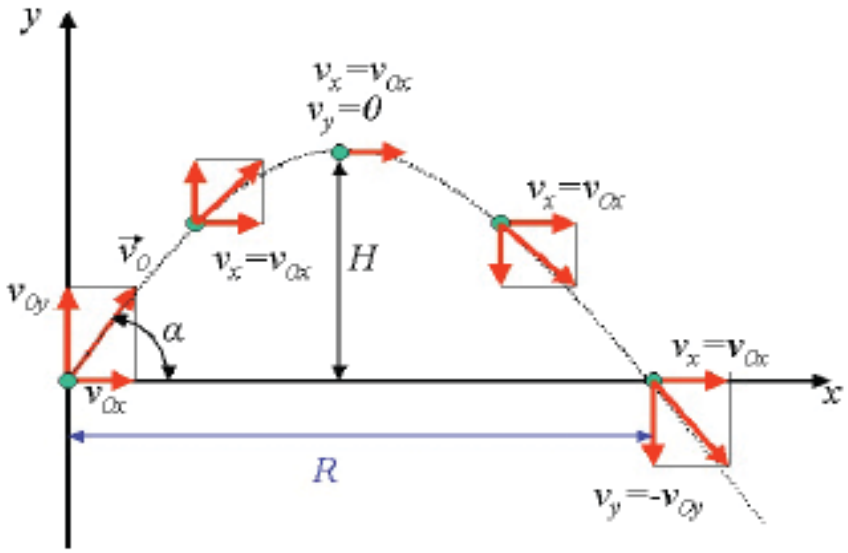


صورة رقم (130)



صورة رقم (131)

حركة المقذوب



صورة رقم (132)

- V_x: السرعة الأفقية اللحظية
- V_Y: السرعة العمودية اللحظية
- V_0: السرعة الابتدائية للجسم
- α: زاوية إطلاق الجسم (مع الخط الأفقي)
- H: الارتفاع العمودي الأقصى للجسم
- R: المدى الأفقي الأقصى للجسم
- g: تسارع الجاذبية $g \sim 10$ (N/m)
- W: وزن الجسم $W=m.g(N)$ حيث m(kg) هو كتلة الجسم

تكمن المسألة في حساب المدى الأفقي الأقصى والارتفاع العمودي الأقصى للجسم، حيث تكمن القيم α , V_0 و m معطاة، حيث نفترض أن الإطلاق يتم في اللحظة (t=0) من نقطة الإطلاق O (x=y=0) عند وصول الجسم لارتفاعه الأقصى تكون سرعته العمودية صفراً. أما عند وصوله إلى مداه الأفقي الأقصى على مسافة (R) من مركز الانطلاق θ فيكون ارتفاعه صفراً.

يتعرض الجسم أثناء طيرانه لقوة الجاذبية (W) بشكل رئيسي، حيث يمكننا تجاهل القوى الأخرى بفضل ضعفها نسبة إلى الوزن كمقاومة الهواء الجانبية .

وإذا طبقنا قانون نيوتن للحركة ($\vec{F} = m \vec{g}$)، حيث (F=W=mg)

و(γ) (gamma) هـي تسـارع الجاذبية (g) العمـودي على محوري (X) و (Y) نحصـل على معادلتي الحركـة التاليتين:

$$Y_{(t)} = - gt^2/ 2 + V_0 \sin\alpha.t \qquad (1)$$

$$X_{(t)} = V_0 \cos\alpha.t \qquad (2)$$

لحسـاب R، نضـع (y=0) فـي المعادلـة الأولـى لنحصـل علـى t_d، وهـي لحظـة ارتطـام الجسـم بـالأرض، وهـي $t_R = 2v_o \sin\alpha/g$

ثم من المعادلة الثانية نجد (R) وتكون مساوية لـ:

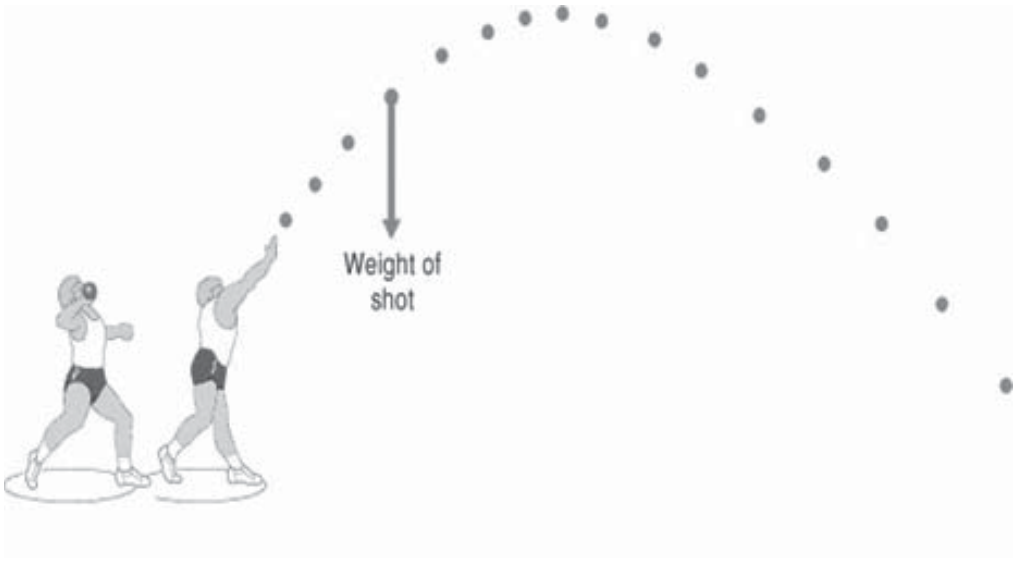
$$.R = v^2_o \sin2\alpha/g$$

أمـا فيمـا يتعلـق بالارتفـاع العمـودي الأقصـى ($H=Y_{max}$) للجسـم فتكـون

$$V_y = - gt + V_o \sin\alpha = 0$$

ومنهـا نحصـل علـى لحظـة وصول الجسـم إلـى نقطـة القمـة (Apex)، ونلاحـظ انهـا تسـاوي ($t_R/2$).

وبهذا ($H= ½. V^2_o \sin^2\alpha/g$).



صورة رقم (133)

15 - دراسات تطبيقية في البيوميكانيك

دراسة وتجربة تطبيقية (1)

موضوع الدراسة: رسم هندسي بيوكينماتيكي للتمرين الرياضي المختار من الصورة السينمائية (القفز في الماء، التصويب في السلة، ركلة الكرة بالقدم، القفز العالي...).

هدف الدراسة

ـ دراسة وضعية جسم الرياضي وتحديده أثناء انتقاله في المكان بالنسبة إلى المنظومة الحسابية المحدّدة لنوع العمل الرياضي.

ـ تعليم الطلاب تحديد حركة انتقال النقاط المادية لمفاصل الجسم أو حلقاته الحية، وفي أية لحظة زمنية للتمرين الرياضي المراد قياسه.

الأدوات المستخدمة في الدراسة التطبيقية

- الصورة السينمائية للتمرين الرياضي المختار.

- أدوات الرسم كالأقلام الملونة والمسطرة والبيكار والمنقلة والورقة البيانية بالميلّيمتر.

معلومات نظرية: إن حركة جسم الإنسان وتقنياته الرياضية التي

يؤديها لإنجاز أي حركة رياضية يمكن دراستها في الأعمال المختبرية البيوميكانيكية بشكل مفصل إذا توافرت لدينا الطرائق الدراسية المناسبة والواضحة التي بواسطتها نحدد مكان الشخص ومساره الهندسي والزمني والنقاط المادية لجسمه للاعتماد عليها في معرفة الخلاصة النهائية لتحليل حركته الكمية والنوعية.

ولكي نتعرف إلى الخصائص البيوكينماتيكية للتمارين الرياضية على الصورة السينمائية فإن ذلك يتطلب أولاً تحديد المنظومة الحسابية المختارة، وعادة يستعمل لذلك نظام الإحداثيات (لديكارت) بالنسبة إلى المحورين الأفقي (X) والعمودي (Y). ومن خلال دراسة التقنية الرياضية، تظهر لنا مهام معقدة كتحديد وضعية الجسم، وبأي مستوٍ تقع الحركة، كذلك تحديد النقاط المادية للحلقات الحية لمفاصل الجسم التي نلاحظها على جسم الانسان، وكذلك دراسة العلاقة بين الثنائي والسلسلة البيوكينماتيكية من دون التطرق إلى القوى المسببة لها.

وعندما لا توجد على الصورة السينمائية منظومة حسابية واضحة مثل حركة السباح في الماء عندئذ يمكن تحديد المنظومة الحسابية على مستوى الفقرة القطنية الرابعة أو الخامسة للعمود الفقري، وبمحورين أفقي وعمودي مارين بهذه النقطة. بعدئذ نقوم بتحديد حركة الذراعين أو الرجلين وقياسها بالنسبة إلى هذه المنظومة المختارة.

إن الرسم الهندسي التخطيطي لحركة الرياضي، تساعد في تحليل وتحديد أي نقطة من نقاط الجسم وتحديدها بالنسبة إلى مفاصله أو

مركـز كتلتـه مكانهـا وشـكل انتقالهـا مثـل حركـة مركـز كتلـة الـرأس ومفصـل الكتـف أو كتلـة العضـد ومفصـل الفخـذ أو مركـز كتلتـه إلخ. وحسـب أهمية النقـاط الماديـة المختـارة لنـوع اللعبة المراد معرفـة دقائقها، فمثـلاً في كرة القـدم يهمنـا بالدرجـة الأولـى تحديـد حركـة انتقال مفصلـي الفخـذ والركبة، أمـا فـي كـرة السـلة فمفصلـي الكتـف والمرفـق أو حركـة مركـز كتلـة العضد والساعد.

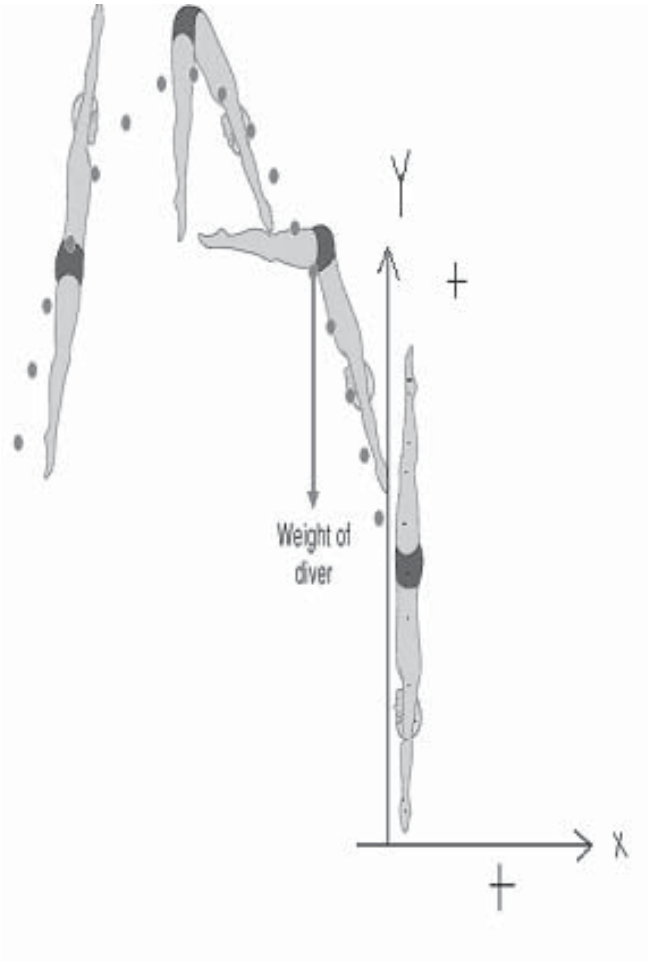
سير العمل:

- تعييـن الصـورة السـينمائية المختـارة وتحديـد الـكادرات (الصـور الصغيـرة المقسـمة للحركـة) التـي سـيتم قياسـها علـى أن لا تقـل عـن سـبعة كـوادر وبالتسلسـل الحركـي.
- تحديـد المنظومـة الحسـابية مـع تعييـن تسلسـل عـدد الكـوادر التـي سـيتم قياسـها مـع قيـاس إحداثيـات النقـاط الماديـة لجسـم الرياضـي كمـا هـي موضحـة على الصـورة، ثم نقوم بتسـجيلها في جـدول خاص رقـم (134)، وحسـب التسلسـل الحركـي لكـوادر الصور السـينمائية.

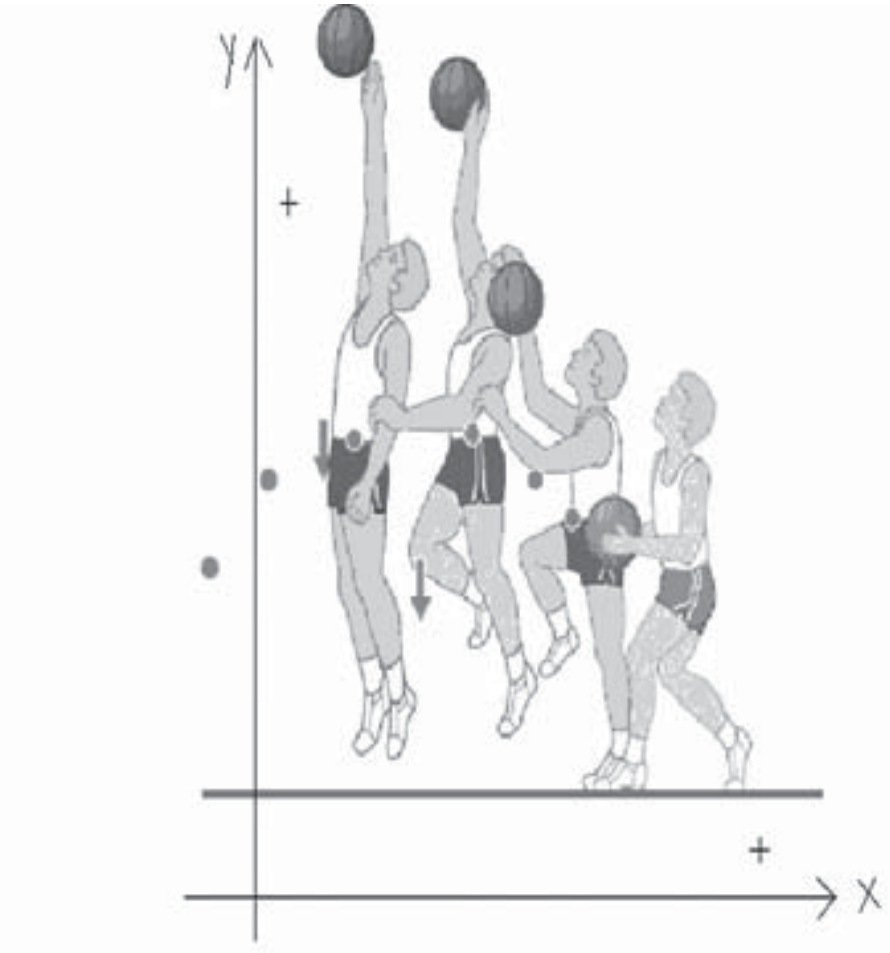
الاحداثيات / رقم الكادر	مركز كتلة الرأس		مفصل الجذع		مفصل الكتف		مفصل المرفق		مفصل الكف أو م.ك.الكف		مفصل الفخذ		مفصل الركبة		مفصل القدم أو م.ك.القدم	
	X	Y	X	Y	YX	YX	YX	YX	YX	YX	YX	YX	YX	YX	YX	YX
					يمين	يسار	يمين	يسار	يمين	يسار	يمين	يسار	يمين	يسار	يمين	يسار

جدول رقم (134)

- ضـع مقياسـاً ثابتـاً للرسـم لكي نحول القياسـات على الصـورة لتكبيرها علـى الورقـة البيانية (مثـلاً كل 1ملم = 5ملم أو 10ملم.) في الرسـمين (135-136).
- بعـد جمـع المعلومـات للنقـاط الماديـة فـي الجـدول نقـوم بنقلها ونرسـمها وفـق مقيـاس الرسـم المحـدد علـى الورقـة البيانيـة.
- نعمل على اسـتنتاج وضعية الشـكل الخارجي للنقاط المادية للجسـم، وتحديد شـكل انتقالها في المكان بالنسـبة إلى المنظومة الحسـابية.



رسم رقم (135)



رسم رقم (136)

دراسة تطبيقية (2)

الموضوع: بناء مسار حركي للحلقات الحية المختارة لمفاصل جسم الرياضي للثنائي والسلسلة البيوكينماتيكية للجهاز الحركي للإنسان على الرسم الهندسي أثناء أدائه الفعل الحركي.

أنظر الجدول رقم (137)، والرسمين البيانيين رقم (138) ورقم (139).

هدف الدراسة التطبيقية

- بناء الرسم الهندسي البيوكينماتيكي للحلقات الحية المختارة لمفاصل الجسم وتحليله والمقارنة فيما بينها.

ـ تحديد الخصائص البيوكينماتيكية المهمة وخصوصاً زوايا مفاصل الجسم ومسارها الحركي لمعرفة تقنياتها مع الأخذ في الاعتبار أهمية قياس حركة المفاصل سواء للقسم العلوي أو السفلي للجسم.

الأدوات المستخدمة في الدراسة التطبيقية:

ـ الرسم الهندسي للتمرين الرياضي للفعل الحركي نفسه أو الصورة السينمائية.

- أدوات الرسم (المنقلة) والورقة البيانية.

معلومات نظرية: يعد المسار الحركي لحركة نقاط جسم الرياضي أو أجزاء جسمه التي نلاحظها على الرسم الهندسي البيوكينماتيكي مهمة جداً في التحليل البيوميكانيكي للحركات الرياضية، وعن طريقها نحدد كثيراً من الخصائص البيوكينماتيكية لهذا النوع من الحركة الرياضية، ومعرفة مدى الاختلاف في الزاوية بالنسبة إلى المحور الأفقي لمفاصل الجسم المختارة.

فالمسار الهندسي هو المكان الهندسي المتعاقب لمكان النقاط المادية الحية المتحركة للجسم بالنسبة إلى المنظومة الحسابية، وننظر إلى جسم الانسان أثناء الحركة من الناحية المبدئية كنقاط مادية متحركة. ولكن في بيوميكانيكية التقنية الرياضية يمكن تصورها على الأكثر كنظام للنقاط المادية أو نظام الحلقات الحية للثنائي والسلسلة

البيوكينماتيكية للجهاز الحركي للإنسان، وعلى هذا فإن توضيح تقنية الرياضي لهذا التمرين أو غيره ضروري من خلال دراسة المسار الحركي للنقاط الحية المادية، وكم هي كمياتها المتحركة في جسم الإنسان خلال أدائه الحركات المختلفة. وإن دراسة المسار الحركي تسمح لنا بالحكم على الشكل الحركي الخارجي للرسم الهندسي إما على شكل مثلث وإما كخط منحنٍ، وإما كخطّ مستقيم.

سير العمل: - بناء الرسم الهندسي البيوكينماتيكي لكي نحدد عليه النقاط المادية للحلقات المختارة أو على الصورة السينمائية، وهذا المسار قد أنجزناه في العمل الأول، بعدها نقوم بنقل قيمة زوايا الحلقات الحية للمفاصل وكتابتها في الجدول الخاص مع المفاصل المختارة، مثلاً مفاصل الكتف والمرفق والفخذ لأهميتها.

في الجدول رقم (137) نحدد فيه قيمة زوايا النقاط المختارة لحركة محددة:

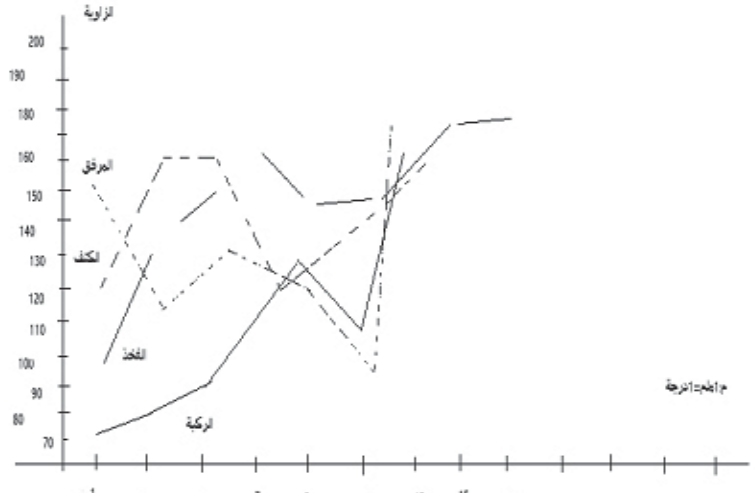
تسلسل الكادرات / المفاصل	مقدار الزاوية بالدرجة							
	1	3	5	7	9	11	13	15
المرفق								
الكتف								
الفخذ								
الركبة								

جدول رقم (137)

- علـى الورقـة البيانيـة وبالقياس المختـار نبني النظام الخارجـي لإحداثيات الرسـم الهندسـي البيوكينماتيكـي (عادة كل 1ملـم = 1 درجة).
- نقـوم بنقـل جميـع النقـاط المختـارة بالتعاقـب ونميزها بلـون أو خط معين .
- نقـوم بالتوصيـل بيـن هـذه النقـاط بعضهـا مـع بعـض ونحصـل علـى النتيجـة النهائيـة.
- بعـد تحقيـق العمـل نعمـل علـى اسـتنتاج حـول الشـكل الحركـي الخارجـي وخاصيـة المسـار الحركـي للحلقـات الحيـة لزوايـا المفاصـل المختـارة.

وبواسـطة هـذه الطريقـة نسـتطيع معرفـة النمـوذج الأمثـل للمسـار الحركـي لنقـاط الجسـم ومعرفـة التقنيـة الصحيحـة.

(أنظر إلى الأسفل: نموذج لرسم بياني للقفز العالي).



الرسم البياني رقم (138)

صورة رقم (139)

الدراسة التطبيقية (3)

(رسم هندسي للمسار الزمني المستقيم والدائري على الصورة السينمائية للتمرين الرياضي).

الموضوع: إعداد كرونوغرام للتمرين البدني (الحركي) باستخدام الفيلم السينمائي المصور.

هدف الدراسة

- تعلم الدراسة الذاتية المستقلة للتركيب الزمني لتفصيلات الحركة داخل النظام الكلي لأداء المهارة.

- بناء الشكل المستقيم والدائري لمراحل التمرين الرياضي بواسطة طريقة الكرونوغرام.

الأجهزة والأدوات المستخدمة في الدراسة التطبيقية

1) جزء من الفيلم السينمائي المصور للحركة المختارة المعينة.

2) الكينوغـرام - السـينوغرام للحركـة (عبـارة عـن سلسـلة مـن الصور- الـكادرات - المتتابعـة المختـارة مـن الفيلـم السـينمائي المصـور للحركـة المعينـة التـي ترسـم أو تطبـع علـى بطاقـة واحدة مـع احتفـاظ كل من هذه الصـور بالرقـم الـدال علـى ترتيبهـا فـي الفيلم).

3) جهـاز تكبيـر الصـور الفوتوغرافيـة أو جهاز عرض الشـرائح المصورة، سـلايد بروجيكتور (slide projector).

4) عدسات مكبرة.

5) أدوات القيـاس والرسـم (مسـطرة، مثلـث، بيـكار، منقلـة، أقـلام رصـاص وحبـر...).

6) ورقة بيانية بالميلّيمتر.

معلومـات نظريـة: يعتبـر التمريـن البدنـي – مـن وجهـة النظـر البيوميكانيكيـة – نظامـاً ديناميكياً معقداً ومتعدد التركيـب للأفعال والعناصر الحركيـة المرتبطـة بعضهـا ببعـض والموجهة لتحقيـق الهدف الأساسـي للأداء الحركي.

ويعتبـر الزمـن واحـداً مـن أهـم الأصـول والبواعـث المؤدية إلـى ربط مختلـف العناصـر الحركيـة المسـتقلة فـي الوحـدة الكليـة (النظـام الكلـي) لـلأداء المهاري.

يتيـح اسـتغلال الفيلـم السـينمائي المصـور فـي إعـداد رسـوم بيانيـة

لطـول أزمنـة الفتـرات المكونة للحركة سـواء اتخـذ هذا العرض البياني شـكل الكرونوغـرام الخطـي أو الدائـري – نقـول يتيـح لنـا إمكانيـة الحصـول علـى تصـور واضـح للتقسـيم الزمنـي لفتـرات هـذه الحركـة المدروسـة.

- يجـري تحديـد الطـول الزمنـي للفترة فـي الكرونوغـرام الخطي – من خلال رسـم شـريحة مسـتقيمة، تتناسـب فـي طولها مـع عـدد كادرات الفيلم المقابلـة لهـذه الفتـرة مـن الحركة موضع الدراسـة، ولذلك يفضـل كتابة أرقام هـذه الكادرات أسـفل العرض البيانـي للكرونوغرام.

ملاحظة: - إذا كان عدد الكادرات 36 يعني الطول الزمني 36 سنتم..

- بينمـا يتحـدد الطـول الزمنـي للفتـرة فـي الكرونوغـرام الدائـري بقيـاس طـول القـوس علـى محيط الدائـرة الذي يتناسـب مع طـول الكادرات (الصـور) المقابلـة لهـذه الفتـرة الزمنيـة مـن الحركـة. ويوصـى بكتابـة أرقـام هـذه الـكادرات خـارج الدائـرة أمام هذا القـوس الذي يعبر عن فتـرة الحركة. (بواسـطة البيـكار أو الفرجـال).

- الكرونوغرام الخطي.... للحركة الدورية المفتوحة / غير متكررة (متشابهة) الحركات.

- الكرونوغرام الدائري.... للحركة الدورية المغلقة / الحركات متشابهة في تكرارها.

علينـا أولاً تقسـيم الدائـرة إلـى أقـواس متسـاوية فـي المسـافة فيمـا بينهـا يتطابـق عددهـا مـع عـدد الـكادرات (n) الخاصـة بالحركـة المرصـودة.

يتطلب إيجاد نصف قطر الدائرة (r) من خلال المعادلة:

$$r = \frac{I}{2\pi}$$

حيث I = طول محيط الدائرة بالسنتم (cm)

$(\pi = 3.14)$

الكرونوغرام – هو التفاصيل الزمنية للمهارة

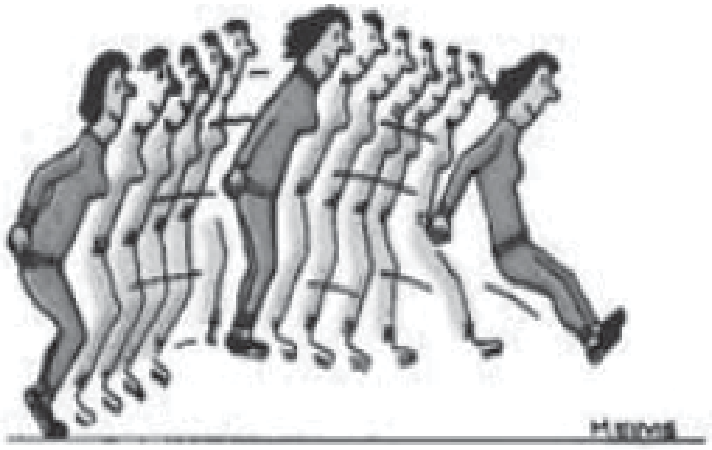
الكينوغرام (سينوغرام) – عبارة عن سلسلة من الكادرات والصور المتتابعة المختارة من فيلم سينمائي مصور للحركة المعينة التي تُرسم أو تُطبع على كارت واحد مع احتفاظ كل الصور بالرقم الدال على ترتيبها في الفيلم.

وحدة القياس للزمن هي الثانية (sec= t)

تردد الكاميرا = عدد الكادرات أو الصور التي تأخذها الكاميرا في الثانية الواحدة.

$$\text{زمن الكادر الواحد} = \frac{1}{\text{تردد الكاميرا}}$$

$$\text{زمن المهارة} = \frac{\text{عدد الكادرات التي تستغلها المهارة}}{\text{تردد الكاميرا}}$$

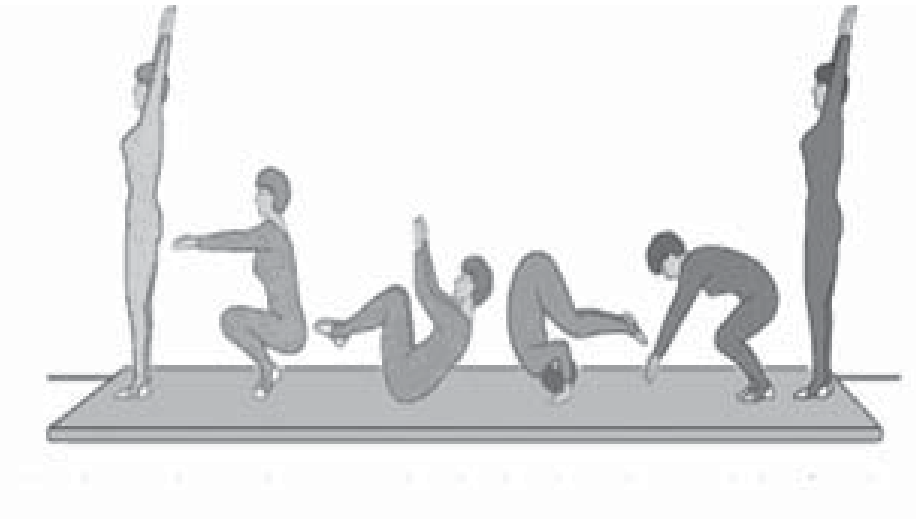


يأخذ تردد الكاميرا على حساب سرعة المهارة.

مثـال: أنظـر الجدول رقم (140) والرسـوم رقـم (141 و142 و143 و144) «الدحرجـة الأمامية»

اسم الفترة 1	رقم الكادرات 2	عدد الفترات الزمنية التي تفصل بين الكادرات 3	الزمن بالثواني
الاستعداد (الوقوف والإقعاء)	صفر- 6	6	0.25 = 24÷6
الدفع بالقدمين			
الدحرجة	8 – 6	2	0.1 = 24÷ 2
الارتكاز بالقدمين والوقوف	13 – 8	5	0.2 = 24÷5
	26 - 13	13	0.5 = 24÷13

جدول رقم (140)



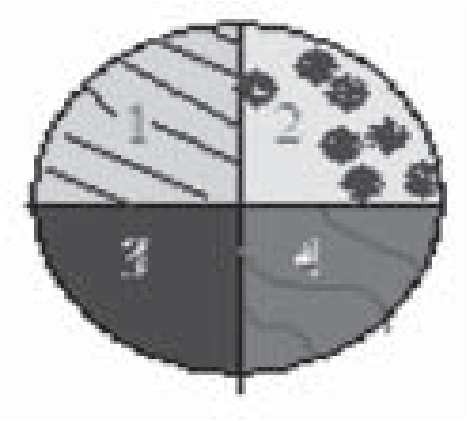
رسم رقم (141)

يعطي الكادر الأول الرقم (صفر).

السـرعة المسـتخدمة لتـردد الكاميـرا = 24 (كادر/ثانيـة) أو 36 (كادر/ ثانية)...

رسم لمسار زمني مستقيم، رسم رقم (142)

صورة رقم (143)



رسم رقم (144)

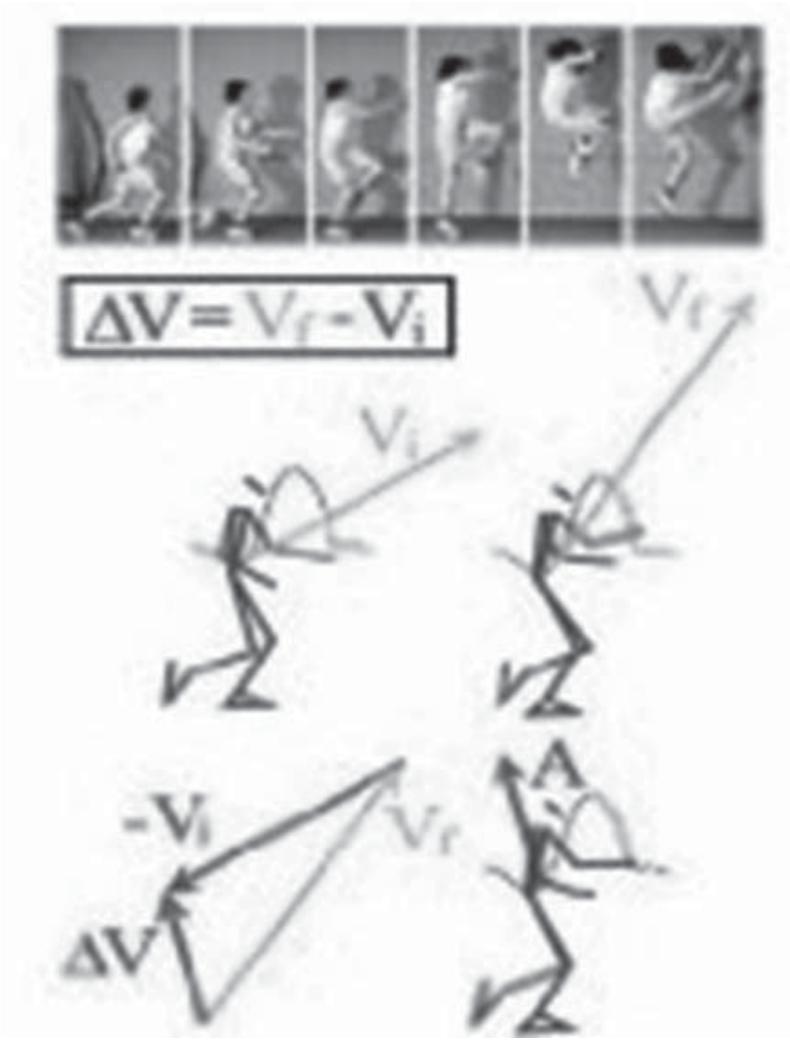
نموذج رسم هندسي زمني دائري بطريقة الكرونوغرام

الدراسة التطبيقية (4)

الموضوع: - تحديد حركة خط السرعة لنقاط الحلقات الحية لجسم الرياضي على الرسم الهندسي البيوكينماتيكي للتمرين الرياضي (المشي السريع، الوثب الطويل، ركلة الكرة بالقدم..).

هدف الدراسة التطبيقية: رسم هندسي للتعرف إلى شكل حركة السرعة الخطية لنقاط جسم الرياضي.

الأدوات المستخدمة في الدراسة التطبيقية: ورقة بيانية بالميلّيمتر - أدوات الرسم – الرسم الهندسي للدراسة التطبيقية رقم (2) أو إلى الصورة رقم (145).



صورة رقم (145)

الدراسة التطبيقية (5)

الموضوع : تعيين خط مسار حركة التعجيل لنقاط الحلقات الحية لجسم الرياضي على الرسم الهندسي البيوكينماتيكي للتمرين الرياضي (حركة المشي).

هدف الدراسة التطبيقية: تحديد خط مسار حركة التعجيل لنقاط حلقات الجسم الحية أثناء تنفيذ التمرين الرياضي.

الأدوات المستخدمة في الدراسة التطبيقية

ـ ورقة الرسم الهندسي للدراسة التطبيقية رقم (4)

- أدوات الرسم – الورقة البيانية بالميلّيمتر.

الدراسة التطبيقية (6)

الموضوع: تحديد وضعية مركز كتلة الجسم (م ك ج) بالطريقة التحليلية على الصورة الفوتوغرافية.

هدف الدراسة التطبيقية: حساب قيمة (م ك ج) من وضعية رياضية محددة تختارها (من وضعية الجلوس على الدراجة الهوائية، من وضع القرفصاء، من وضع الوقوف على اليدين الخ..).

الأدوات المستخدمة في الدراسة التطبيقية

ـ صورة فوتوغرافية لتحديد مكان أو نقطة مركز كتلة الجسم عليها. مثال أنظر الصورتين رقم (146 و 147).

- أدوات الرسم - الورقة البيانية بالميليمتر - جدول فيشر.

الدراسة التطبيقية (7)

تحديد مكان مركز كتلة الجسم عند الرياضي بالطريقة التحليلية على الصورة الفوتوغرافية في المستويين الأمامي والجانبي. (الوقوف على الذراعين).

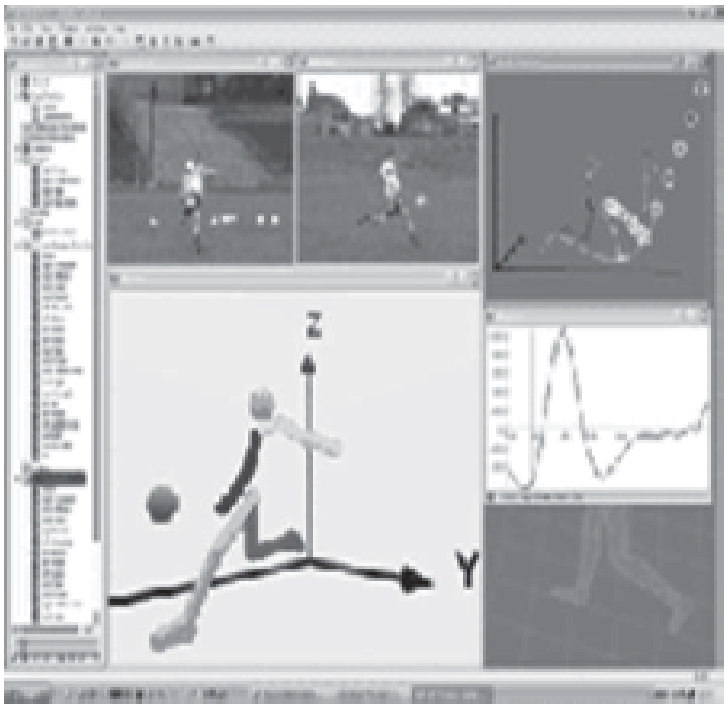
الدراسة التطبيقية (8)

تحديد درجة ثبات جسم الرياضي الواقع في وضعية التوازن على الصورة الفوتوغرافية، مثلاً (الوقوف على الذراعين).

الدراسة التطبيقية (9)

تحديد عزم استمرارية الحلقات الحية لأجزاء الجسم والجسم كله نسبة إلى محور الدوران المار من (م ك ج) على الرسم الهندسي البيوكينماتيكي للتمرين الرياضي المختار. أنظر صورة رقم (148).

صورة رقم (146)



صورة رقم (147)

صورة رقم (148)

ورقة عمل / الموضوع: مركز الثقل أو الجاذبية، القوى، الثبات، الطفو (الاتزان في المحيط المائي).

1 - (أ): ما هي النسبة المئوية لارتفاع مركز الثقل من الأرض:

- عند الرجال؟

- عند المرأة ؟

(ب): رجـل رياضـي طوله 185سـنتمتراً وقوفـاً... ما مـدى بُعد مركز الثقـل من أخمـص قدميه؟

(ج): امـرأة رياضيـة طولها 170سـنتمتراً وقوفاً... ما مـدى بُعد مركز الثقل من أخمـص قدميها؟

(د): لمـاذا تعتقـد بـأن مركـز الثقـل عنـد الرجـل أعلـى مـن مركـز الثقـل عنـد المـرأة؟

2 - يحمل رياضي بيده ثقلاً وزنه 15 كلغ ويدوّره حول جسده، مثلاً: أثناء رميه المطرقة، ما هو تأثير هذا العمل في مركز الثقل تقريباً؟

3 -مركز الثقل عند الرجل هو: (أ): 55 % من طول قامته.

(ب): 60 % من طول قامته.

(ج): 50 % من طول قامته.

(د): 65 % من طول قامته.

4 - مـا هـو مركـز الثقـل؟ مـاذا سـيكون تأثير مركـز الثقل للشـخص إذا رفـع كلا الذراعيـن فـوق الرأس؟

5 - لمـاذا ترفـع شـيئاً ثقيـلاً، مثل قضيـب حديدي قريب لجسـمك قدر الإمكان؟

6 - عزم الدوران هو:

(أ): تأثير اللف أو البرم.

(ب): نتيجة القوى التي تتضمنها وطول عزم الذراع (اليد).

(ج): المسافة التي من خلالها تتمّ حركة الشيء حول محوره.

(د): لا شيء مما سبق.

7 - الفـرق بيـن القـوة المزدوجـة Force of couple والقـوة الشـاذة Eccentric force هـو أن:

(أ): واحد يسبب الإزاحة فقط والآخر يسبب الدوران فقط.

(ب): قوة العزم أقوى ويتكون من قوّتين شاذتين.

(ج): واحـد يسـبب حركـة الإزاحـة والـدوران أو (التنـاوب)، فـي حيـن أن الأسـباب الأخـرى دوران فقـط.

(د): جواب (ب) و (ج) معاً.

8 - القـوى المسـتخدمة (المطبقـة) مـن خـلال مركـز الجاذبية للجسـم تتسـبّب في:

(أ): الإزاحة.

(ب): الدوران.

(ج): الإزاحة والدوران.

(د): الحركة المنحنية.

9 - (أ): أرسـم مخططـاً بسـيطاً لتوضيـح كيـف يمكـن لزوجـيّ القـوة couple أن يسـبّبا الـدوران مـن دون غيـره.

(ب): فسر سبب حدوث الدوران فقط.

10 - إذا كان وزن الجسـم أكبـر مـن وزن يسـاوي حجـم المـاء، الجسـم سوف:

(أ): يطفو.

(ب): يغوص.

(ج): يكون تحت سطح الماء.

(د): جواب (أ) و (ج) معاً.

11 - مركز الطفو ومركز الجاذبية عموماً، هو:

(أ): في الموقع نفسه

(ب): يقع في عظمة القص في الصدر.

(ج): في وضعيات مختلفة داخل الجسم.

(د): يوجد قريباً من منطقة الحوض.

12 - أيّ من الجاذبيات المحددة التالية من شأنها أن تسمح للشخص أن يطفو؟:

(أ):1.1

(ب): 1.2

(ج): 0.9

(د): 1.05

13 - (أ): في السقوط، لماذا يكون الحفاظ على ثبات اليدين (الوقوف على اليدين) أكثر صعوبة من الحفاظ على ثبات الرأس (الوقوف على الرأس)؟

(ب): أنت تتألم من إصابة في الركبة، وينصحك الطبيب بالعكازات بحيث لا تستند إلى ساقك المصابة. كيف توفر العكازات الإفادة لزيادة ثبات الجسم الإجمالي؟

(ج): لماذا يوجد صعوبة في المشي على ركائز متينة؟

(د): لماذا يكون الركوع في القارب أكثر أماناً من الجلوس على المقعد؟

14 - إنّ ثبات لاعب كرة الطائرة على وشك أداء دعم قدميه في الأرض، لذا يعتمد على:

(أ): عرض قاعدة الدعم.

(ب): وضعية مركز الثقل (الجاذبية) في علاقتها بقاعدة الدعم.

(ج): طول لاعب كرة الطائرة.

(د): كل الأجوبة أعلاه.

15 - «كلّما توسّعت قاعدة الدعم، أصبح الثبات أعظم»، صح أم خطأ؟

16 - سمّ علاقتين بين مركز الجاذبية أو الثقل وقاعدة الدعم والثبات.

17 - في الوثب الطويل:

(أ): أين هو مركز الثقل (الجاذبية)، عند الهبوط، فيما يتعلق بقاعدة الدعم الخاص بك؟

(ب): ما يجب القيام به من أجل تحقيق أقصى مسافة من الوثب؟

18 - يستطيع الرجل أن يقفز بأعلى ما يستطيع ثلاث مرات،

ولكـن بتغييـر شـكل جسـمه فـي كل مـرة. فـي أيـة مـن الوضعيـات المدونـة أدنـاه تتوقـع منـه أن يصـل (أ) إلـى أقصـى ارتفـاع؟ و(ب) إلـى أدنـى ارتفـاع؟ أعطِ أسباباً لأجوبتك.

الوضعيـة الأولـى: الذراعـان ممدودتـان باسـتقامة إلـى الأعلـى والسـاقان ممدودتـان باسـتقامة إلـى الأسـفل.

الوضعيـة الثانيـة: الذراعـان ممدودتـان باسـتقامة إلى الأعلـى وركبة واحدة مرفوعة إلـى الأعلى.

الوضعيـة الثالثـة: الذراعـان ممدودتـان باسـتقامة إلـى الأعلـى والركبتـان مرفوعتـان إلـى الأعلـى معـاً.

19 - (أ): ما هما العاملان اللذان يساهمان في إنتاج الدوران؟

(مثلاً، استخدام باب بمفصلات، جرّب لتعرف أين تدفع

الباب ليفتح - أي تديره – بشكل أفضل).

(ب): عرّف: (*) القوة المركزية concentric.

(**) القوة الشاذة أو اللامركزية eccentric.

(ج): ما هو نوع القوة المطلوبة لإنتاج الدوران في الجسم؟

(د): مـا هـي العلاقـة بيـن قـوة الـدوران المسـتخدمة (عـزم الـدوران والـدورة اللاحقـة المنتجـة (subsequent rotation produced).

20 - فـي الصـورة رقـم (149) أدنـاه، نلاحـظ سـبّاحاً يحـاول القفـز مـن اللـوح المتحـرك المثبّـت مـن أحـد طرفيـه علـى ارتفـاع ثلاثـة أمتـار فـي

وضعيـة الانطـلاق نحـو المـاء والغطـس، والوقـوف على اللوح يسـاعد السـبّاح علـى الارتـكاز والطيـران ثـم الانحـراف إلـى السـقوط نحـو المـاء.

صورة رقم (149)

(أ): إنسـخ الصـورة علـى ورقـة فـي دفتـرك الخـاص وارسـم عليهـا القوة المركزيـة التـي سـوف تنتـج البرمة أو الـدوران.

(ب): أرسـم الإشـارة التـي قد تتوقـع أين يمكن أن يكـون مركز الجاذبية (الثقـل) للغواص في هـذه الوضعية.

(ج): أرسم الاتجاه المتوقع للدوران.

المراجع

المراجع العربية

1- د. السامرائي، فؤاد توفيق، (1982). البيوميكانيك. جامعة الموصل، الموصل.

2- د. بسطويسي، أحمد، (1996). أسس ونظريات الحركة، دار الفكر العربي، الطبعة الأولى، القاهرة.

3- د. غيرد هوخموث، ترجمة كمال عبد الحميد (1978). الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمي للحركات الرياضية. دار المعارف، مصر .

4- د. حسام الدين، طلحة (1993). الميكانيكا الحيوية - الأسس النظرية والتطبيقية. دار الفكر العربي، الطبعة الأولى،القاهرة.

5- د. راتب، أسامة (1990). النمو الحركي، دار الفكر العربي، القاهرة.

6- د. عبد المنعم، سوسن. وآخرون (1977). البيوميكانيك في المجال الرياضي (البيوديناميك)، دار المعارف، مصر.

7- د. عـادل، عبـد البصير علي (1998). الميكانيـكا الحيوية والتكامل بيـن النظريـة والتطبيـق في المجـال الرياضي. دار الفكـر العربي، القاهرة.

8- د. عصـام الديـن متولي (2007). علم الحركـة والميكانيكا الحيوية بيـن النظريـة والتطبيـق. الطبعة الأولـى، دار الوفـاء لدنيا الطباعة والنشـر، مصر.

9- د. صريـح عبـد الكريـم الفضلـي (2010). تطبيقـات البيوميكانيك فـي التدريـب الرياضي والأداء الحركي. الطبعـة الثانية. دار دجلة. بغداد.

References

1-Alexander, R.M.: The Human Machine. NewYork: Columbia University Press.1992.

2- Auty, M.G.: Compendium of Biomechanical Material. 1984, available From 12 Olympic Avenue, Montmorency, Victoria, 3094.

3- Baley, J.A., and Piscopo, J.: Kinesiology-The Science of Movement. John Wiley , New York , 1981.

4- Camione, D.N., and Groves, R.: Concepts in Kinesiology,. Saunders , Philadelphia, 1983.

5- Clem, W.Thompson.: Manual of Structural Kinesiology.Times Mirror / Mosby College Publishing , 1989.

6- Hay, J.G., and Reid, G.J.: The Anatomical and Mechanical

Bases of Human Motion, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1982.

7- Hall, S.J.: Basic Biomechanics. (2nd Ed.) St Louis: Mosby, 1995.

8- Joseph Hamill. Kathleen M. Knutzen: Biomechanical Basis of Human Movement. Lippincott Williams and Wilkins. USA.1995.

9- Le Veau, B.F.: Williams and Lissners, Biomechanics of Human Motion (3Rd Ed.). Philadelphia: W.B. Saunders. 1992.

10- Nordin, M., and Frankel, V.H.: Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System (2nd Ed.) Philadelphia: Lea and Febiger , 1989.

11-Peter M. McGinnis.: Biomechanics of Sport and Exercise(3rd Ed.). Human Kinetics.2013.

12- Peter Walder: Mechanics and Sport Performance. Feltham Press, 1994.

13-Roger Bartlett: Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns. (2nd Ed.). Routledge. London and New York , 2007.

14- Timothy, A. and others. :Applied Anatomy and Biomechanics in Sport. (2nd). Human Kinetics.2009.

15-Westfall, R.: The life of Isaac Newton. Cambridge: Cambridge University Press.1993.

يتناول الكتاب خمسة عشر موضوعاً حيوياً وهاماً، مرتبطة علمياً بتحليل حركة الأداء الرياضي عن طريق مجالات علمية مختلفة، وهي علم البيولوجيا، ومنها (التشريح ووظائف جسم الإنسان) وعلم الميكانيكا وعلوم الرياضة. ويتضمن الكتاب حقائق ونظريات علمية ومفاهيم في بيوميكانيكية جسم الإنسان مع تطبيقاتها العملية في المجال الرياضي، لتعزّز وتوسّع قاعدة المعارف والخبرات لدى الطالب في اختصاص التربية الرياضية، والمدرب الرياضي والباحث والمتخصص الأكاديمي في التربية الرياضية. وقد راعى الكتاب تقديم تلك الموضوعات في إطار علمي مبسط لتكون عوناً يساهم في ترشيد التدريب الرياضي وتحقيق الأهداف والارتقاء في التقنيات المثالية والأداء الفني/ المهاراتي والعقلي بمستوى الإنجازات الرياضية.

مازن أحمد مروّه. أستاذ وباحث جامعي في الجامعة اللبنانية . كلية التربية.

- دكتوراه في علوم التربية الرياضية وإعداد الرياضيين، جامعة «كييف» للتربية البدنية والرياضة، ١٩٩٢.
- محاضر في مركز إعداد المعلمين والمعلمات في جمعية المقاصد الخيرية الإسلامية، بيروت، ١٩٩٣-١٩٩٤.
- محاضر في دار المعلمين والمعلمات للتربية الرياضية في مدينة زحلة، ١٩٩٧-٢٠٠٠.
- عضو لجنتي وضع مشروع «التخطيط الرياضي ومنهج مادة التربية الرياضية المدرسية في لبنان» وتأليف كتب «الدليل العملي لمعلم التربية الرياضية المدرسية»، المركز التربوي للبحوث والإنماء ٢٠٠٠-١٩٩٤.
- شارك في تأليف كتب لدور المعلمين والمعلمات للتربية الرياضية في لبنان.
- حائز على دبلوم وشهادات في تدريب كرة قدم من الاتحادين الآسيوي والدولي.

- محاضر وطني وآسيوي ودولي في تدريب المدربين لكرة القدم .

ISBN 978-614-432-350-2

9 786144 323502