SWEDISH ACADEMY
OF SPORT TRAINING

د. علي فالح سلمان

الحركة والميكانيكا الحيوية في التدريب

Movement and Biomechanics in Training

2024

الحركة والميكانيكا الحيوية في التدريب

Movement and Biomechanics in Training

إعداد

الدكتور علي فالح سلمان

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة للاكاديمية السويدية للتدريب الرياضي 2026

SWEDISH ACADEMY
OF SPORT TRAINING

المقدمة

في عالم التدريب الرياضي الحديث، لم تعد اللياقة البدنية مقتصرة على الجهد أو العزيمة أو الإرادة فقط، بل أصبحت علمًا دقيقًا يقوم على أسس فيزيائية وتشريحية وفسيولوجية متكاملة. فكل حركة يؤديها الرياضي — سواء كانت جريًا، قفزًا، رفعًا للوزن أو تمرينًا بسيطًا — تخضع لقوانين محددة تحكم طريقة تحرك العضلات والعظام والمفاصل، وهي ما يُعرف بالـ ميكانيكا الحيوية (Biomechanics).

الميكانيكا الحيوية هي العلم الذي يدرس القوى المؤثرة على جسم الإنسان ونتائج هذه القوى من حيث الحركة أو الثبات. إنها تربط بين علم التشريح الذي يصف الأعضاء، وعلم الفسيولوجيا الذي يشرح وظائفها، وعلم الفيزياء الذي يفسّر كيف تنتج الحركة وتتوزع الطاقة.

بكلمات أخرى: هي الجسر الذي يصل بين المعرفة النظرية والأداء العملي.

من خلال هذا العلم يستطيع المدرب فهم:

- **كيف تُنتِج العضلات القوة؟**
- **كيف تنتقل هذه القوة عبر المفاصل؟**
- **كيف يمكن تقليل خطر الإصابة وتحسين الكفاءة في الأداء؟**

وهذا ما يميّز المدرب المهني عن الممارس العادي؛ فالأول لا يكتفي بتنفيذ التمارين، بل يفهم منطقها العلمي، ويدرك لماذا يؤديها بهذه الطريقة، وكيف يمكن تعديلها لتناسب القدرات الفردية لكل متدرب.

ولهذا، تهدف هذا الكتاب إلى منحك قاعدة علمية متينة حول المفاهيم الأساسية للحركة والميكانيكا الحيوية بطريقة مبسطة وواضحة، مع أمثلة من الواقع الرياضي تساعدك على الفهم العميق والتطبيق الدقيق.

المحتويات

1. المقدمة	3
الفصل الأول المفهوم العام للحركة (The Concept of Motion):	5
o تعريف الحركة في السياق الرياضي.	6
o أنواع الحركة: الخطية – الدورانية – العامة.	7
o العوامل المؤثرة في الحركة.	9
الفصل الثاني: مقدمة في الميكانيكا الحيوية (Introduction to Biomechanics):	11
o تعريف الميكانيكا الحيوية وأهميتها.	12
o الفروع الأساسية للميكانيكا الحيوية.	13
o علاقة الميكانيكا الحيوية بالعلوم الأخرى (الفيزيولوجيا – التشريح – علم التدريب).	15
الفصل الثالث : .مبادئ الحركة في جسم الإنسان (Principles of Human Movement):	17
o الهيكل العظمي كإطار للحركة.	18
o المفاصل وأنواعها ودورها في الأداء الحركي.	19
o العضلات وأنماط الانقباض العضلي (concentric, eccentric, isometric).	19
o مفهوم القوة والعزم .	20
o السلسلة الحركية	21
o التوازن والاستقرار	21
الخاتمة والمراجعة النهائية للمفاهيم الأساسية.	23

الفصل الأول

الفصل الاول: المفهـــوم العام للحركة

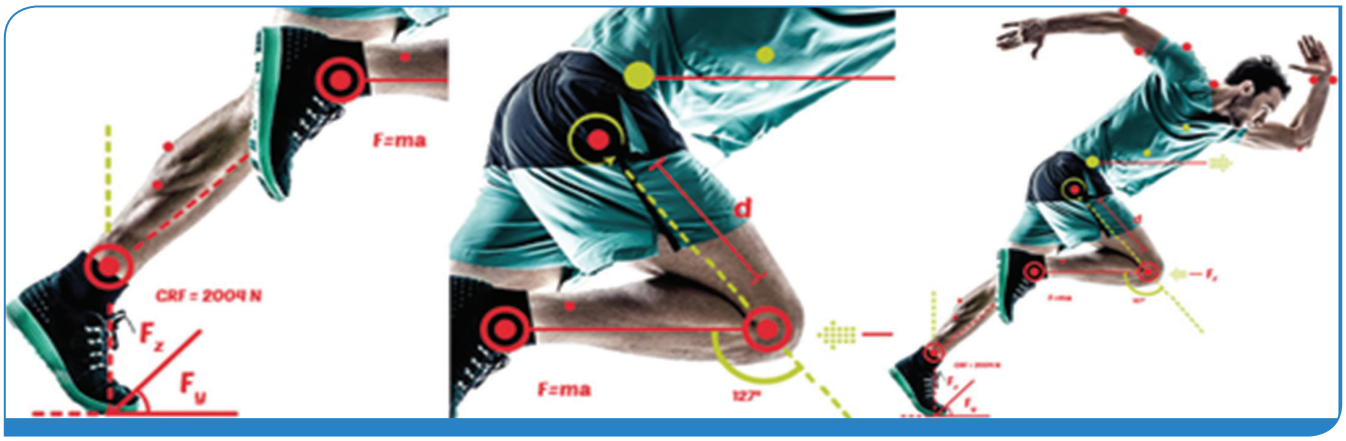
The Concept of Motion

الفصل الاول: المفهوم العام للحركة (The Concept of Motion)

تُعدّ الحركة (Motion) أحد أهم المفاهيم الأساسية في علوم التدريب الرياضي والميكانيكا الحيوية. فمن دون حركة، لا وجود لأي أداء رياضي؛ سواء أكان الأمر يتعلق برفع الأثقال أو الجري أو القفز أو السباحة أو حتى المشي.

الحركة هي النتيجة النهائية لتفاعل معقد بين الجهاز العصبي والعضلي والهيكلي، وتعبّر عن قدرة الجسم على إنتاج القوة والتحكم بها لتوليد انتقال من موضع إلى آخر أو من زاوية إلى أخرى.

إن فهم مفهوم الحركة يساعد المدرب والمتدرب على تحليل الأداء الرياضي بشكل علمي، واكتشاف مكامن القوة والضعف في الحركة، وتصحيح الأخطاء التقنية، كما أنه يمكّن المدرب من تصميم برامج تدريبية أكثر فاعلية تقوم على أسس علمية راسخة.



أولاً: تعريف الحركة في السياق الرياضي

1. التعريف العام للحركة

الحركة هي تغيّر موضع الجسم أو جزء منه بالنسبة إلى الزمن.

أي أنها الانتقال من نقطة إلى أخرى في فراغ معين بفعل قوة داخلية أو خارجية.

في المجال الرياضي، تُعتبر الحركة نتيجة عمل مشترك بين العضلات والعظام والمفاصل تحت إشراف الجهاز العصبي.

ويمكن القول إن الحركة الرياضية هي التعبير الخارجي عن النشاط الداخلي للجسم.فحينما يقوم اللاعب بركلة كرة القدم أو رفع ثقل في الصالة، فإن ما نراه هو نتيجة سلسلة من العمليات المعقدة التي تبدأ من الدماغ (Brain) عبر الأوامر العصبية، مرورًا بالعضلات (Muscles)، وانتهاءً بالمفاصل (Joints) والعظام (Bones) التي تولّد الحركة الفعلية.

2. مكوّنات الحركة

الحركة تتألف من ثلاثة عناصر رئيسية:

- **الزمن (Time):** يمثل الفترة التي تستغرقها الحركة من بدايتها حتى نهايتها.
- **المسافة (Distance):** وهي مقدار الإزاحة التي يقطعها الجسم أثناء الحركة.
- **السرعة (Velocity):** المعدل الذي تتغير به المسافة خلال وحدة الزمن، وهي من المؤشرات الأساسية على كفاءة الأداء الرياضي.

كل هذه العناصر تُستخدم في التحليل الحركي (Kinematic Analysis) لتقييم جودة التمارين أو الأداء الرياضي.
فعلى سبيل المثال، يمكن للمدرب أن يقيس سرعة انقباض العضلة أو زمن إنجاز الحركة لمعرفة مدى التحسن في الأداء.

3. الحركة كظاهرة ميكانيكية – عصبية – عضلية

من منظور الميكانيكا الحيوية، الحركة ليست مجرد انتقال ميكانيكي،
بل هي ظاهرة معقدة تتفاعل فيها الأنظمة الحيوية المختلفة:

- **النظام العصبي (Nervous System):** يصدر الأوامر وينسق التفاعل بين العضلات.
- **النظام العضلي (Muscular System):** يولّد القوة اللازمة للحركة.
- **النظام الهيكلي (Skeletal System):** يوفّر الإطار والدعم لتطبيق القوى.

إن فهم العلاقة بين هذه الأنظمة الثلاثة يمكّن المدرب من تحسين الأداء وتجنّب الإرهاق والإصابات الناتجة عن ضعف التنسيق العصبي العضلي (Neuromuscular Coordination).

ثانياً: أنواع الحركة (Types of Motion)

تتنوع أشكال الحركة في جسم الإنسان، ويمكن تقسيمها علميًا إلى ثلاثة أنواع رئيسية،
هي: الحركة الخطية، الحركة الدورانية، والحركة العامة.

1. الحركة الخطية (Linear Motion)

الحركة الخطية هي الحركة التي يتحرك فيها الجسم في خط مستقيم أو منحنى بسيط دون دوران حول محور. أي أن جميع نقاط الجسم تتحرك في نفس الاتجاه وبنفس السرعة.
أمثلة:

- الجري في خط مستقيم.
- انزلاق المتزلج على الجليد.

- حركة لاعب السباحة في المسار المائي.

أنواع الحركة الخطية:

- **حركة مستقيمة (Rectilinear Motion):** مثل العدو في سباق 100 متر.
- **حركة منحنية (Curvilinear Motion):** مثل حركة كرة القدم بعد ركلها بزاوية.

خصائصها الميكانيكية:

- يُقاس أداؤها بعناصر مثل السرعة (Speed) والتسارع (Acceleration).
- لا تتضمن تغيرًا في اتجاه محور الجسم.
- غالبًا ما تكون ناتجة عن قوة ثابتة الاتجاه مثل قوة الدفع الأرضي أثناء الجري.

أهميتها في التدريب:

معرفة كيفية توليد وتسريع الحركة الخطية تُساعد المدرب على تحسين تمارين السرعة والانطلاق، كما في تمارين Sprint Training أو تمارين الوثب الأفقي، حيث يكون الحفاظ على اتجاه القوة أساسًا للأداء الفعّال.

2. الحركة الدورانية (Angular Motion)

تحدث الحركة الدورانية عندما يتحرك الجسم أو جزء منه حول محور ثابت (Fixed Axis).
وفي هذه الحالة، لا تتحرك جميع النقاط في الجسم بنفس المسافة، بل تتحرك في مسارات دائرية بزوايا مختلفة.

أمثلة:

- دوران الذراع حول مفصل الكتف في رمي الكرة.
- حركة الرجل حول مفصل الورك أثناء ركل الكرة.
- دوران الساق أثناء تمرين الدراجة الثابتة.

المفاهيم الأساسية المرتبطة بها:

- **زاوية الدوران (Angle of Rotation):** مقدار التغير في اتجاه الخط الواصل بين مركز الجسم ومحوره.
- **السرعة الزاوية (Angular Velocity):** المعدل الزمني لتغير الزاوية.
- **عزم القوة (Torque):** القوة المسؤولة عن إحداث الدوران حول المحور.

أهمية فهم الحركة الدورانية:

في التدريب الرياضي، تُعتبر معرفة العلاقة بين القوة والعزم أمرًا حاسمًا. فعلى سبيل المثال، في تمرين الضغط العسكري (Military Press)، إذا كانت زاوية الذراع غير صحيحة، فإن العزم الناتج عن الوزن قد يشكل ضغطًا مفرطًا على مفصل الكتف، مما يؤدي إلى إصابة. لذا يساعد فهم قوانين الدوران على تصحيح الوضعيات وتوزيع القوى بشكل مثالي.

3. الحركة العامة (General Motion)

الحركة العامة هي مزيج من الحركة الخطية والدورانية، وهي الأكثر شيوعًا في الأنشطة الرياضية.
فأثناء أداء معظم الحركات، يتحرك الجسم ككل في خط معين، بينما تدور أجزاؤه حول محاورها.

أمثلة واضحة:

- الجري: يتحرك الجسم للأمام (خطية) بينما تدور الساقان حول مفصل الورك (دورانية).
- السباحة: حركة الذراعين دورانية بينما الجسم يتحرك في مسار مستقيم.

- ركوب الدراجة: دوران الأرجل يقود إلى حركة خطية للدراجة.

التحليل الميكانيكي للحركة العامة:

لتحليل الحركة العامة، يجب دراسة كل جزء من أجزاء الجسم بشكل منفصل، ثم تحليل كيف تندمج تلك الحركات الجزئية لتكوين حركة كاملة ومنسقة. ويتم ذلك باستخدام أدوات التحليل الحركي مثل الفيديو البطيء أو برامج Motion Analysis، وهو ما يُستخدم اليوم في مختبرات الأداء الرياضي (Sport Performance Labs).

ثالثاً: العوامل المؤثرة في الحركة (Factors Affecting Motion)

الحركة لا تحدث في فراغ، بل تتأثر بعدة عوامل ميكانيكية وبيولوجية وبيئية. فهم هذه العوامل يمكّن المدرب من تحسين الأداء وتقليل الأخطاء والإصابات.

1. القوة (Force)

القوة هي المحرك الأساسي للحركة. وفقًا لقانون نيوتن الأول، لا يتحرك الجسم أو يتوقف إلا إذا أثّرت عليه قوة خارجية. وتُقاس القوة بوحدة "النيوتن" (Newton).

في التدريب الرياضي، تنتج القوة من انقباض العضلات (Muscle Contraction) التي تولّد الدفع أو السحب المطلوب لتحريك الجسم.

مثال: عند دفع الأرض أثناء الجري، تُولّد العضلات الرباعية قوة باتجاه الأرض، وتنتج عنها قوة رد فعل أرضي (Ground Reaction Force) تدفع الجسم للأمام.

2. الكتلة (Mass)

الكتلة هي كمية المادة في الجسم، وتؤثر على مدى سهولة تحريكه. كلما زادت الكتلة، احتاج الجسم إلى قوة أكبر للتسارع. ولهذا السبب تختلف طريقة تدريب لاعب رفع الأثقال عن لاعب كرة القدم، فالأول يحتاج إلى التعامل مع كتل ثقيلة بسرعة منخفضة، بينما الثاني يعتمد على تحريك كتل خفيفة بسرعة عالية.

3. الاحتكاك (Friction)

الاحتكاك هو القوة التي تقاوم الحركة بين سطحين متلامسين. يمكن أن يكون الاحتكاك مفيدًا (كما في الجري حيث يساعد على الثبات) أو ضارًا (كما في انزلاق القدم أثناء تغيير الاتجاه). لذلك يتم تصميم الأحذية الرياضية بمواد خاصة لضبط مستوى الاحتكاك حسب نوع الرياضة.

4. الجاذبية الأرضية (Gravity)

الجاذبية هي القوة التي تجذب الأجسام نحو الأرض، وتؤثر في جميع أشكال الحركة. كل تمرين يعتمد على مواجهة أو استغلال الجاذبية، مثل رفع الأوزان أو القفز أو التسلق. فهم تأثيرها يساعد المدرب على ضبط زوايا الأداء وتخطيط برامج التحمل العضلي بطريقة علمية.

5. الهواء والمقاومة (Air Resistance)

كلما زادت سرعة الحركة، زادت مقاومة الهواء.ولهذا السبب يستخدم العداؤون والسباحون وضعيات جسم انسيابية (Aerodynamic Position) لتقليل المقاومة. تُعد دراسة هذا العامل مهمة خاصة في الرياضات عالية السرعة.

6. التقنية الحركية (Technique)

تمثل التقنية الجيدة الاستخدام الأمثل للقوة والطاقة لتوليد حركة فعالة وآمنة. فالحركة غير الصحيحة تؤدي إلى هدر الطاقة وزيادة خطر الإصابة. ولهذا السبب يحرص المدرب المحترف على تعليم الرياضيين أداء التمارين بشكل تقني دقيق قبل زيادة الشدة أو الوزن.

الخاتمة

إن فهم المفهوم العام للحركة لا يُعتبر خطوة نظرية فحسب،بل هو حجر الأساس الذي تُبنى عليه جميع العلوم التطبيقية في التدريب الرياضي. فكل تمرين، وكل حركة، وكل أداء ميداني يعتمد على مدى إدراك المدرب والرياضي لطبيعة الحركة وأنواعها والعوامل التي تؤثر فيها. ومن خلال هذا الفهم، يمكن تصميم برامج تدريبية علمية، تُعزّز الأداء وتقلّل الإصابات وتفتح الطريق نحو الاحتراف الحقيقي في عالم التدريب واللياقة البدنية.

الفصل الثاني

مقدمـة في الميكانيـكا الحيوية

(Introduction to Biomechanics)

الفصل الثاني: مقدمة في الميكانيكا الحيوية (Introduction to Biomechanics)

الميكانيكا الحيوية (Biomechanics) هي حجر الأساس الذي يقوم عليه الفهم العلمي للحركة الإنسانية.
فكل حركة يقوم بها الإنسان، سواء كانت بسيطة كالمشي أو معقّدة كأداء تمرين أولمبي، تخضع لقوانين الميكانيكا والفيزياء التي تنظّم كيفية عمل الجسم وتفاعله مع القوى الداخلية (من العضلات والمفاصل) والخارجية (من الأرض، المعدات، أو وزن الجسم نفسه).
تُعتبر الميكانيكا الحيوية أحد أهم العلوم الداعمة لمجال التدريب الرياضي لأنها تتيح لنا تحليل الحركة وتفسير أسباب الأداء الجيد أو الضعيف، وتحديد الأساليب الآمنة والفعّالة لتطوير اللياقة ومنع الإصابات.
فهي تُحوّل التدريب من ممارسة تقليدية إلى عملية علمية دقيقة تُبنى على تحليل البيانات والقوانين الفيزيائية، وتربط بين النظرية والتطبيق العملي في صالة التدريب أو الميدان الرياضي.

أولاً: تعريف الميكانيكا الحيوية وأهميتها

1. تعريف الميكانيكا الحيوية (Definition of Biomechanics)

الميكانيكا الحيوية هي العلم الذي يطبق مبادئ الميكانيكا والفيزياء على جسم الإنسان لفهم كيفية حدوث الحركة وتحليلها. بعبارة أخرى، هي دراسة القوى وتأثيراتها على الجسم الحي سواء أثناء السكون أو أثناء الحركة.

- **تعريف مبسّط:**

الميكانيكا الحيوية هي العلم الذي يجيب على سؤال "كيف يتحرك الإنسان؟" ولماذا يتحرك بهذه الطريقة تحديدًا؟

مثال تطبيقي:

عند تحليل حركة العداء في سباق 100 متر، تدرس الميكانيكا الحيوية:

- زاوية انطلاق الجسد.
- القوة التي يولدها من الأرض.
- توازن الكتلة في أثناء التسارع.
- طريقة توزيع الطاقة بين الخطوات.

كل هذه العناصر تُترجم إلى أداء أسرع وأكثر كفاءة عندما تُفهم وتُطبّق بشكل علمي.

2. أهمية الميكانيكا الحيوية في التدريب الرياضي

تنبع أهمية الميكانيكا الحيوية من قدرتها على تحويل الأداء الرياضي إلى عملية محسوبة.

فهي لا تقتصر على تحليل الحركة فقط، بل تُستخدم لتطوير الأداء، تقليل الجهد، والوقاية من الإصابات.

أبرز أوجه الأهمية:

1. تحسين الأداء الرياضي (Performance Optimization):

تساعد على تحديد التقنية المثلى لكل تمرين، مثل زاوية الركبة المثالية في تمرين القرفصاء أو وضعية الظهر أثناء الرفع.

2. الوقاية من الإصابات (Injury Prevention):

من خلال دراسة الضغط الميكانيكي على المفاصل والعظام، يمكن تعديل أسلوب التمرين لتجنب التحميل الزائد أو الوضعيات الخاطئة.

3. تصميم الأدوات الرياضية (Sports Equipment Design):

تُستخدم مبادئ الميكانيكا الحيوية في تطوير الأدوات الرياضية (مثل الأحذية والمعدات) بما يتناسب مع شكل الجسم وقوانين الحركة.

4. تحليل الأداء الحركي (Movement Analysis):

تُمكّن من دراسة كل مرحلة من مراحل الحركة، مثل حركة الذراع أثناء السباحة أو دوران الورك في كرة القدم.

5. تطوير البرامج التدريبية (Program Development):

يَستخدم المدرب نتائج التحليل لتصميم تمارين تتناسب مع خصائص الجسم وأهداف الأداء.

ثانياً: الفروع الأساسية للميكانيكا الحيوية

الميكانيكا الحيوية ليست علمًا واحدًا بل تشمل عدة فروع تتناول زوايا مختلفة من دراسة الحركة.

يُقسّم هذا العلم عادة إلى قسمين رئيسيين، يتفرع منهما مجالات تخصصية أخرى:

1. الميكانيكا الحيوية الساكنة (Statics Biomechanics)

تهتم بدراسة الأجسام الثابتة أو المتوازنة، أي الحالات التي تكون فيها القوة والعزم متعادلان. وتُستخدم لتحليل وضعيات الجسم أثناء الثبات مثل الوقوف، الجلوس، أو أثناء الإمساك بالأوزان دون حركة.

مثال تطبيقي:

تحليل كيفية توزيع وزن الجسم على القدمين أثناء الوقوف على آلة الضغط العمودي، يساعد على ضبط الوضعية المثالية لتجنب إصابات الظهر.

■ **تطبيقات عملية:**

- تحليل وضعية الجسم أثناء التوازن.
- تصميم الأجهزة الرياضية التي تدعم المفاصل.
- فهم الضغوط الثابتة على العمود الفقري والمفاصل.

2. الميكانيكا الحيوية الحركية (Dynamics Biomechanics)

تُعنى بدراسة الأجسام المتحركة وتحليل القوى التي تسبب الحركة أو تؤثر عليها.

وتشمل قسمين فرعيين:

أ) السينماتيك (Kinematics):

تهتم بوصف الحركة من حيث السرعة، التسارع، الزوايا والمسافات، دون النظر إلى مسبباتها.

مثال: قياس سرعة ذراع اللاعب أثناء التصويب في كرة السلة.

ب) الكينتيك (Kinetics):

تدرس القوى التي تسبب الحركة مثل قوة العضلات، الجاذبية، والاحتكاك.

مثال: تحليل القوة الناتجة عن الدفع بالأرجل عند القفز.

■ **التكامل بين السينماتيك والكينتيك:**

يسمح بفهم شامل للحركة — ليس فقط كيف تحدث، بل لماذا تحدث بهذه الكيفية.

3. الميكانيكا الحيوية التطبيقية (Applied Biomechanics)

تركّز على استخدام المبادئ الميكانيكية في الميدان الرياضي واللياقة البدنية. أي تحويل المفاهيم النظرية إلى أساليب عملية تُطبّق في التدريب اليومي.

- **أمثلة على التطبيقات:**
  - تحسين تقنية الجري من خلال تعديل زاوية الميل الأمامي.
  - تحليل حركة السباحة لزيادة الانسيابية وتقليل مقاومة الماء.
  - تعديل أوضاع الرفع في تمارين المقاومة لتقليل الضغط على المفاصل.

ثالثاً: علاقة الميكانيكا الحيوية بالعلوم الأخرى

الميكانيكا الحيوية علم تطبيقي متداخل مع عدد من العلوم التي تساهم جميعها في تطوير الأداء الرياضي. هذه العلاقات المتبادلة تجعل منها محورًا رئيسيًا في أي دراسة احترافية للتدريب واللياقة.

1. العلاقة مع علم التشريح (Anatomy)

التشريح يصف بنية الجسم، بينما الميكانيكا الحيوية تفسر كيف تعمل هذه البنية أثناء الحركة.

- **مثال:**

من خلال دراسة تشريح مفصل الركبة، نعرف كيف تتفاعل العضلات والأربطة أثناء ثني الساق أو مدّها. تُكمل الميكانيكا الحيوية هذه المعرفة بتحديد القوى والعزوم التي تؤثر على الركبة أثناء التمرين.

- **التكامل:**

التشريح يقدّم "الخريطة"، والميكانيكا الحيوية تشرح "كيفية التحرك داخلها".

2. العلاقة مع علم وظائف الأعضاء (Physiology)

الفيزيولوجيا تدرس كيف تعمل أجهزة الجسم أثناء الجهد البدني — مثل الجهاز العضلي والعصبي والقلبي. أما الميكانيكا الحيوية فتركّز على نتيجة هذا العمل في صورة حركة فعلية.

- **مثال:**

عندما يزداد نشاط العضلات أثناء الجري، تفسر الفيزيولوجيا ذلك بزيادة ضخ الدم والأوكسجين، بينما تشرح الميكانيكا الحيوية كيف تؤدي هذه الطاقة إلى تسارع حركة الجسم.

- **الفائدة المشتركة:**

فهم التفاعل بين الجوانب الميكانيكية والوظيفية يؤدي إلى أداء أفضل وتحمل أعلى.

3. العلاقة مع علم التدريب الرياضي (Sports Training Science)

الميكانيكا الحيوية هي الأداة التي يستخدمها المدرب لتحليل وتطوير التكنيك الحركي.
فمن خلال دراسة زوايا الحركة، السرعة، واتجاه القوة، يمكن للمدرب تصميم برنامج تدريب دقيق يتناسب مع الهدف.

- **مثال:**

عند تدريب لاعب رفع الأثقال، يستخدم المدرب مبادئ الميكانيكا الحيوية لضبط وضعية الظهر، توزيع الوزن، ومسار الرفع لتقليل الإجهاد وزيادة الكفاءة.

▪ العلاقة الجوهرية:

علم التدريب يضع "الخطة"، والميكانيكا الحيوية تضمن أن تنفيذها يتم بأمان وفعالية علمية.

الخاتمة

الميكانيكا الحيوية ليست مجرد مادة علمية بل لغة علمية للحركة، فهي تُمكّن المدرب والرياضي من فهم ما يحدث داخل الجسم أثناء الأداء، وتحويل الملاحظة إلى تحليل، والتحليل إلى تطوير مستمر. من خلال إدراك العلاقة الوثيقة بين الميكانيكا الحيوية، التشريح، الفيزيولوجيا، وعلم التدريب، نصل إلى مرحلة التدريب العلمي الحديث القائم على التحليل الدقيق والأداء الذكي، حيث يصبح كل تمرين خطوة محسوبة نحو الأداء الأمثل والصحة المثلى.

الفصل الثالث:

مبادئ الحركة في جســم الإنسان
(Principles of Human Movement)

الفصل الثالث: مبادئ الحركة في جسم الإنسان (Principles of Human Movement)

الحركة في جسم الإنسان ليست عشوائية، بل تخضع لمجموعة من القوانين والمبادئ البيولوجية والميكانيكية التي تحدد كيفية إنتاج القوة، توجيهها، وتوزيعها عبر العظام والمفاصل والعضلات. فهم هذه المبادئ يمكّن المدرب من تصميم برامج تدريبية أكثر أمانًا وفاعلية، ويتيح للمتدرب تحسين الأداء الرياضي وتقليل خطر الإصابات.

في هذا الفصل، سنستعرض الأسس العلمية للحركة البشرية، بدءًا من الهيكل العظمي ووظائف المفاصل، مرورًا بأنواع العضلات وانقباضها، وانتهاءً بمفاهيم القوة، العزم، وسلسلة الحركة.

أولاً: الهيكل العظمي كإطار للحركة (Skeletal System as a Framework for Motion)

الهيكل العظمي هو الدعامة الأساسية لجسم الإنسان، حيث يوفر:

- الدعم (Support): يحافظ على شكل الجسم واستقامته.
- الحماية (Protection): يحمي الأعضاء الحيوية مثل الدماغ والرئتين والقلب.
- الرافعات للحركة (Levers for Motion): تعمل العظام كمجموعة من الروافع التي تتحرك حول المفاصل لتوليد الحركة.

أهم المفاهيم:

1. **العظام الطويلة (Long Bones):** مثل عظم الفخذ والعضد، وهي توفر القوة والدفع للعضلات.
2. **العظام القصيرة (Short Bones):** مثل عظام الرسغ والكاحل، وهي توفر الاستقرار والقدرة على التحمل.
3. **العظام المسطحة (Flat Bones):** مثل الجمجمة والكتف، توفر حماية للعضلات والأعضاء الحيوية.
4. **العظام غير المنتظمة (Irregular Bones):** مثل الفقرات، توفر دعمًا وحماية للنخاع الشوكي.

أهمية الهيكل العظمي في التدريب:

- معرفة موقع وطول العظام يساعد في تصميم التمارين المناسبة لكل متدرب.
- فهم طبيعة العظام يساهم في منع الإصابات الناتجة عن التحميل الخاطئ أو الإفراط في التدريب.

ثانياً: المفاصل وأنواعها ودورها في الحركة (Joints and Their Role in Motion)

المفاصل هي نقاط اتصال العظام، وتحدد مدى الحركة ومرونتها.

يمكن تصنيف المفاصل حسب درجة الحركة كالآتي:

1. **المفاصل الثابتة (Fibrous Joints):** لا تتحرك، مثل المفاصل بين عظام الجمجمة.
2. **المفاصل نصف المتحركة (Cartilaginous Joints):** تسمح بحركة محدودة، مثل فقرات العمود الفقري.
3. **المفاصل المتحركة (Synovial Joints):** تسمح بحرية الحركة، وهي الأكثر أهمية في التدريب الرياضي.

أنواع المفاصل المتحركة:

- المفصل الكروي (Ball-and-Socket): مثل الكتف والورك، يسمح بحركة دائرية واسعة.
- المفصل المفصلي (Hinge): مثل المرفق والركبة، يسمح بحركة انثناء وامتداد.
- المفصل المحوري (Pivot): مثل عنق الكتف أو الكوع، يسمح بالحركة الدورانية حول محور.
- المفصل السرج (Saddle): مثل مفصل الإبهام، يسمح بحركة متعددة الاتجاهات.

أهمية المفاصل في التدريب:

- تصميم التمارين يجب أن يأخذ بعين الاعتبار نوع المفصل وزاوية الحركة الممكنة.
- التدريب الخاطئ أو الحمل الزائد على المفاصل قد يؤدي إلى إصابات خطيرة مثل التمزق أو الالتهاب.

ثالثاً: العضلات وأنماط الانقباض (Muscles and Types of Contraction)

العضلات هي المصدر الأساسي للقوة في الحركة البشرية.

عندما تتلقى العضلة الإشارة العصبية، تنقبض لإحداث الحركة.

هناك ثلاثة أنواع رئيسية للانقباض العضلي:

1. **الانقباض المتقصّر (Concentric Contraction):**

العضلة تقصر أثناء الحركة، مثل رفع الأثقال في تمرين العضلة ذات الرأسين.

2. **الانقباض الممدّد (Eccentric Contraction):**

العضلة تطول أثناء توليد القوة، مثل خفض الوزن ببطء بعد رفعه.

هذا النوع مهم لتقوية العضلات ومنع الإصابات.

3. **الانقباض الثابت (Isometric Contraction):**

العضلة تولّد قوة بدون تغيير طولها، مثل تمرين اللوح الخشبي (Plank).

أهمية فهم العضلات:

- معرفة أنواع الانقباضات تساعد المدرب في اختيار التمارين المناسبة لكل هدف: قوة، تحمل، أو مرونة.
- تسمح بفهم توازن العضلات لتقليل خطر الإصابة وتحسين الأداء.

رابعاً: مفهوم القوة والعزم (Force and Torque)

1. القوة (Force)

القوة هي المؤثر الذي يحرك الجسم أو يغير حالته. تنتج القوة في جسم الإنسان من الانقباض العضلي، وتُقاس بوحدات النيوتن (N).

أنواع القوة في التدريب:

- قوة دافعة (Push Force) مثل تمرين الضغط.
- قوة سحبية (Pull Force) مثل تمرين العقلة (Pull-up).

2. العزم (Torque)

العزم هو قدرة القوة على إحداث دوران حول محور.

- الصيغة: العزم = القوة × ذراع القوة (Torque = Force × Lever Arm)
- مثال: عند رفع الدمبل باستخدام الذراع، يزيد العزم كلما ابتعدت اليد عن محور الكوع.

أهمية فهم العزم:

- يسمح بتحليل أفضل للحركة الدورانية.
- يساعد في تصميم تمارين تقلل الضغط على المفاصل وتزيد كفاءة الأداء.

خامساً: السلسلة الحركية (Kinetic Chain)

السلسلة الحركية هي تسلسل العضلات والمفاصل التي تعمل معًا لإنتاج حركة متكاملة.

تصنف إلى:

1. **سلسلة مفتوحة (Open Kinetic Chain):** الطرف الحر يتحرك بحرية، مثل تمرين تمديد الساق (Leg Extension).
2. **سلسلة مغلقة (Closed Kinetic Chain):** الطرف الثابت على الأرض، مثل تمرين القرفصاء (Squat).

أهمية السلسلة الحركية:

- تساعد المدرب على تصميم تمارين أكثر أمانًا وفعالية.
- تقوي التناسق بين مجموعات العضلات المختلفة.
- تقلل من ضغط المفاصل وتوزع القوى بشكل مناسب.

سادساً: التوازن والاستقرار (Balance and Stability)

التوازن هو القدرة على الحفاظ على وضعية الجسم أثناء الثبات أو الحركة.

يتأثر بعدة عوامل:

- مركز الثقل (Center of Gravity)
- قاعدة الدعم (Base of Support)
- التوافق الحركي بين العضلات والمفاصل

أمثلة تطبيقية:

- الوقوف على قدم واحدة أثناء التدريب الوظيفي (Functional Training).
- تمارين التوازن باستخدام كرة الاستقرار (Stability Ball).

أهمية التوازن:

- يمنع الإصابات.
- يعزز الأداء في الرياضات التي تتطلب تحكمًا دقيقًا في الحركة مثل كرة القدم والتنس.

الخاتمة

مبادئ الحركة في جسم الإنسان تُعد الأساس لفهم الأداء الرياضي وتحسينه، فمن خلال دراسة العظام، المفاصل، العضلات، القوة، العزم، والسلاسل الحركية، يمكن للمدرب تصميم برامج تدريبية متكاملة وآمنة، وزيادة فعالية الأداء الرياضي.

الفهم الدقيق لهذه المبادئ يضع المدرب والمتدرب على طريق الاحترافية العلمية، ويحول التمارين من مجرد أداء ميكانيكي إلى مهارة متقنة تجمع بين القوة والتقنية والتوازن.

المراجع

1. Alexander, R. M. (2003). Principles of animal locomotion. Princeton University Press.

2. Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2018). Periodization: Theory and methodology of training (6th ed.). Human Kinetics.

3. Enoka, R. M. (2015). Neuromechanics of human movement (5th ed.). Human Kinetics.

4. Floyd, R. (2012). Manual of structural kinesiology (18th ed.). McGraw-Hill.

5. Hall, S. J. (2018). Basic biomechanics (8th ed.). McGraw-Hill.

6. Hamill, J., & Knutzen, K. (2015). Biomechanical basis of human movement (4th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

7. Levangie, P., & Norkin, C. C. (2011). Joint structure and function: A comprehensive analysis (5th ed.). F.A. Davis.

8. McGinnis, P. M. (2020). Biomechanics of sport and exercise (4th ed.). Human Kinetics.

9. Siff, M. C. (2004). Supertraining (6th ed.). Supertraining Institute.

10. Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2017). Principles of anatomy and physiology (15th ed.). Wiley.

11. Winter, D. A. (2009). Biomechanics and motor control of human movement (4th ed.). Wiley.

12. Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). Science and practice of strength training (2nd ed.). Human Kinetics.

SWEDISH ACADEMY
OF SPORT TRAINING

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة للأكاديمية السويدية للتدريب الرياضي 2026