المحاضرة السادسة: أهم المؤشرات والمعادلات البيومترية

تُعد المعادلات والمؤشرات البيومترية أدوات علمية أساسية في المجال الرياضي، حيث تساهم في تقييم الحالة البدنية والصحية للرياضيين بدقة، من خلال تقدير مكونات الجسم مثل نسبة الدهون، الكتلة العضلية، ومؤشر كتلة الجسم (BMI). تساعد هذه المؤشرات على تصنيف الرياضيين حسب البنية الجسدية المناسبة لكل تخصص رياضي، وتوجيه برامج التدريب والتغذية بشكل فردي وفعّال. كما تُستخدم في متابعة تطور الأداء البدني، وضبط الأحمال التدريبية، والوقاية من الإصابات الناتجة عن الإرهاق أو الحمل الزائد. إلى جانب ذلك، تتيح هذه المعادلات للمدربين وأخصائيي الصحة تحديد الاحتياجات الغذائية والطاقوية للرياضيين، مما يجعلها أداة استراتيجية لتحسين الأداء وتحقيق الإنجاز الرياضي.

1.مساحة الجسم

تعرف من خلال قياس وزن وطول الجسم، ويمكن الحصول عليها أيضا من خلال معادلة Izakson (1958). يقاس طول الجسم عن طريق الانتروبومتر أما الوزن فيقاس بميزان دقته تصل إلى (± 50 غ). ولأجل حساب مساحة الجسم استعملت معادلة صيغتها على النحو التالي :

م ج = 100 + الوزن + (الطول – 160) / 100 .

حيث يعطى الوزن بالكلغ والطول بالسم، ووحدة المساحة هي ($م^2$)

في المجال الرياضي كلما كانت المساحة الجسمية كبيرة، إلا وعبرت عن مستوى جيد للتطور البدني والرياضي. في المستويات العالية تكون مساحة الجسم أكبر أو تساوي (2 $م^2$).

2.الكتلة العضلية

الكتلة العضلية تشير إلى كمية الأنسجة العضلية في الجسم، وتشمل جميع العضلات الهيكلية التي تشارك في الحركة والدعم الجسدي. وهي تختلف عن الكتلة الدهنية أو الأنسجة الأخرى كالعظام والأعضاء. تعتبر الكتلة العضلية مكونًا أساسيًا من مكونات الجسم وتُقاس عادة ضمن ما يعرف بتركيب الجسم (Body Composition). تحسب بواسطة معادلة ماتيكا MATEIKA

$$M=L \times R^2 \times K/1000$$

M: الكتلة العضلية (كغ).

L :طول الجسم (سم). K

K: ثابت = 6.5

R^2 يحسب كالتالي :

$$R= \frac{\text{مجموع المحيطات (للذارع ، الساعد، الفخذ، الساق)}}{25.12} - \frac{\text{مجموع سمك الكتل الشحمية للذارع (من الأمام والخلف)، الساعد، الفخذ، الساق}}{80}$$

3.الكتلة الدهنية (La Masse Graisseuse)

رغم الاعتقاد السائد لدى العامة بأن المركبات الدهنية هي مركبات عضوية غير ضرورية في الجسم إلا أن الأبحاث والدراسات العلمسة تشير إلى أن الدهون أحد مصادر الطاقة الرئيسية للجسم، خاصة أثناء الراحة والجهد المعتدل. وتساعد في حماية الأعضاء الداخلية من الصدمات وتنظيم درجة حرارة الجسم: حيث تعمل كعازل حراري يحافظ على حرارة الجسم. كما أن الدهون ضرورية لإنتاج بعض الهرمونات، وامتصاص الفيتامينات الذائبة في الدهون (A, D, E, K).

إن الكتلة الدهنية هي كمية الدهون الموجودة في جسم الإنسان، وتشمل الدهون الأساسية (الضرورية لوظائف الجسم) والدهون المخزنة (التي تُستخدم كمصدر للطاقة). تُعبر الكتلة الدهنية عادة كنسبة مئوية من وزن الجسم الكلي وتُعرف بـ نسبة الدهون في الجسم (Body Fat Percentage). ويتم قياسها وفق ونحتسب الكتلة الشحمية بواسطة معادلتة " ماتيكا " MATEIKA

D = d x s x k

D : الكتلة الشحمية الموجودة في الجلد (كلغ).

d : معدل سمك الطبقة الشحمية الجلدية (مم).

s : مساحة الجسم ($م^2$).

K : تابت 1.3.

d = (d1+ d2 + d3 + d4+ d5 + d6 + d7)/2x7

تحسب بالإعتماد على قياسات جسمية يؤخذ بواسطة جهاز كاليبر (سمك ثناية الجلد) من بعض مناطق الجسم:

- على الظهر تحت الزاوية السفلية للكتف (تحت لوح الكتف): d1.
- على البطن بالقرب من الصرة من الجهة اليمنى: d2.
- على الظهر على الطرف التحت الإبط :d3.
- على الجهة الأمامية الذارع، على العضلة العضدية ذات الأرسين في وسطها الذارع: 'd4.
- على جهة الخلفية للذارع، على العضلة ذات ثلاثة رؤوس في وسط الذارع: "d4 .

- .d4 = (d4' + d4")/2
- على الجهة العليا لليد في وسط العظم الثالث: d5.
- على الجهة الأمامية للفخذ نوعا ما تحت الأربطة.
- على جهة الخلفية للساق على العضلة التوأمية :d6.
- على الساعد في الثلث العلوي (وضعية الانبساط: 'd7 وضعية الانقباض: "d7.)
- .d7 = (d7' + d7")/2

كما أن هناك طريقة أخرى غير مباشرة لقياس الكتلة الدهنية تعتمد أساس على قياس كثافة الجسم أولا وذلك وفق الخطوات التالية

% الدهون = (495/كثافة الجسم) – 450

كثافة الجسم= العمر×0.0002574–(ΣSF)2×0.0000016+ΣSF×0.0008267–1.10938

ΣSF= مجموع الثنيات الجلدية الثلاثة (الصدر، البطن والفخذ)

4.الكتلة العضمية

الكتلة العظمية (Bone Mass) تشير إلى كمية أو وزن العظام في جسم الإنسان، وغالبًا ما تُقاس بالكيلوغرامات أو كنسبة مئوية من وزن الجسم الكلي. وهي تمثل الجزء الهيكلي الصلب الذي يدعم الجسم ويحمي الأعضاء الحيوية، ويشكل الهيكل العظمي الدعامة الأساسية للحركة.

كما أن الكتلة العظمية تشكل الإطار العام للجسم الذي ترتكز عليه العضلات والأربطة. والتي تحمي الأعضاء الحيوية مثل الدماغ (الجمجمة) والرئتين والقلب (القفص

الصدري). كما أن لها دور في تخزين المعادن: مثل الكالسيوم والفوسفور الضروريين لوظائف الجسم الحيوية. كما أنها تقوم بإنتاج خلايا الدم: من خلال نخاع العظم (Bone Marrow). وتحسب بواسطة معادلة ماتيكا (MATEIKA) : $O = L \times C^2 \times K/1000$

O : الكتلة العظمية (كجم).

L : طول الجسم (سم).

C^2 :مربع معدل أقطار الذارع، الساعد، الفخذ، الساق.

K : ثابت 1.2.

كما أن العالم ROCHA قد استخدم معادلة تقريبية لحساب كتلة العضام، حيث تعتمد هذه المعادلة على الطول ومحيط الرسغ وذلك وفق القانون التالي:

كتلة العضام= k × (محيط الرسغ^2 × الطول)

حيث k ثابت يساوي 0.004

5.معامل الإنفاق الطاقوي (SP)

يُعطي هذا المعامل درجة الإنفاق الطاقوي لدى الرياضي بناءً على المساحة الحقيقية لكتلته الجسمية. فكلما كان هذا المعامل صغيرًا، دلّ ذلك على قوة بُنية (صلابة) أفضل لدى الرياضي .يُعبَّر عن هذا المعامل بالصيغة التالية:

$$P/Sa=SP$$

حيث:

معامل الإنفاق الطاقوي، ويُعبَّر عنه بـ **سم²/كغ**

- **Sa**:المساحة المطلقة للجسم، وتُقاس بـ **سم²**

- **P**:الكتلة الجسمية، وتُقاس بـ **كغ**

هذا المؤشر يُستخدم لتقدير كفاءة التمثيل الطاقوي بالنسبة لبنية الرياضي، ويساعد في تقييم مدى ملاءمة البنية الجسمانية للمتطلبات البدنية لممارسة رياضات مختلفة.

6.مؤشر Schreider (IR) (1953)

يُستخدم هذا المعامل لتحديد درجة متانة أو صلابة البنية الجسمانية للفرد .وكلما زادت قيمة هذا المؤشر، دلّ ذلك على أن الرياضي يتمتع ببنية جسدية أكثر صلابة وقوة . ويُحسب هذا المعامل باستخدام الصيغة التالية:

IR= الوزن(P)/المساحة المطلقة للجسم (Sa)

حيث:

- IR : معامل المتانة (الروبوستية)، ويُعبَّر عنه بـ كلغ/م²
- P : الكتلة الجسمية للفرد، بوحدة الكيلوغرام(kg)
- Sa : المساحة المطلقة للجسم، بوحدة المتر المربع(m^2)

يمكّن هذا المؤشر من تقييم مدى تكيف البنية الجسمانية للرياضي مع متطلبات النشاط البدني، وهو مفيد بشكل خاص في عمليات الانتقاء الرياضي وتصنيف الرياضيين حسب نوع النشاط أو الاختصاص.

7.مؤشر معامل كيتليه لتقدير التطور البدني(Indice de Quetelet, 1869)

يُستخدم هذا المؤشر لتقييم مستوى التطور البدني لدى الرياضيين .وكلما كانت قيمة هذا المؤشر مرتفعة، دلّ ذلك على نمو جسمي أفضل .يُحسب معامل كيتليه وفقًا للصيغة التالية:

Q=الوزن (غ)/الطول (سم)

حيث:

- **Q** : معامل كيتليه، ويُعبَّر عنه بـ **غرام/سم**
- **P** : الكتلة الجسمية، وتُقاس بـ **الغرام(g)**
- **T** : القامة (الطول)، وتُقاس بـ **السنتيمتر(cm)**

يُعد هذا المؤشر من أوائل المؤشرات المستخدمة في تقييم الحالة البدنية العامة، وقد شكّل الأساس لاحقًا لتطوير مؤشرات أكثر دقة، مثل مؤشر كتلة الجسم (IMC/BMI) ويستخدم خاصة في دراسة التوازن بين الطول والوزن لدى الرياضيين لتحديد مدى انسجام الجسم وتطوره.

8.مؤشـــر كاوب (Kaup, 1921) أو "مؤشر بنية الجسم لـ"Davenport "

يُستخدم مؤشر Kaup لتقدير درجة صلابة أو متانة الجسم لدى الأفراد، ويُحسب حسب العلاقة التالية:

$IK=P(\text{الوزن})/\text{الطول}^2$

حيث:

- **IK** : مؤشر كاوب
- **P** : الكتلة الجسمية بوحدة **الغرام(g)**
- **T** : القامة (الطول) بوحدة **السنتيمتر(cm)**

كلما زادت قيمة هذا المؤشر، دلّ ذلك على أن الرياضي أكثر متانة وصلابة من الناحية الجسمانية.

جدول رقم (12):مقياس التفسير حسب Davenport (Vandervael, F., 1980)

قيمة مؤشر كاوب(IK)	فئة البنية
1.40 إلى 1.80	نحيف جدًا
1.81 إلى 2.14	نحيف
2.15 إلى 2.56	متوسط
2.57 إلى 3.05	ممتلئ
3.06 فأكثر	سمين

كما يتشابه مؤشر كاوب كثيرًا مع **مؤشر كتلة الجسم (IMC)** المعتمد حاليًا لتقييم العلاقة بين الوزن والطول، والذي يُحسب باستخدام الصيغة:

$$IMC=P/T^2$$

-IMC: مؤشر كتلة الجسم.

-P: الوزن (كغ)

-T: الطول(م)

تتراوح قيم IMC عادة بين 14و40، ويُرفق بمقياس صحي يُستخدم لتحديد الحالة الجسمانية (نحافة – وزن طبيعي – زيادة وزن – سمنة....)

جدول رقم (13):تصنيف قيم مؤشر كتلة الجسم

CLASSIFICATION OF OVERWEIGHT AND OBESITY BY BMI		
	Obesity class	BMI (kg/m²)
Underweight		<18.5
Normal		18.5–24.9
Overweight		25.0–29.9
Obesity	I	30.0–34.9
	II	35.0–39.9
Extreme obesity	III	≥40

National Institutes of Health 1998.

9.مؤشـــر شيلدون(Sheldon Index)

يستخدم مؤشر شيلدون لتقدير مدى خطية **أو** استطالة شكل الجسم عند الرياضي، أي العلاقة بين الطول والوزن ومدى انسيابية البنية الجسمانية. يُحسب هذا المؤشر عادةً وفقًا للصيغة التالية:

$$IS = P / \sqrt[3]{T}$$

حيث:

- **IS** : مؤشر شيلدون(Sheldon Index)
- **T** : القامة أو الطول بالسنتيمتر (cm)
- **P** : الكتلة الجسمية بالكيلوغرام(kg)

وكلما زادت قيمة هذا المؤشر، دلّ ذلك على أن الجسم يتسم بقدر أكبر من الخطية والانسيابية، وهو أمر شائع بين الرياضيين ذوي التكوين النحيف أو الذين ينتمون إلى النمط الجسمي الإكتومورفي (Ectomorphe)، مثل العدّائين، لاعبي كرة السلة، أو المتسلقين. وفي المقابل، انخفاض هذا المؤشر يشير إلى جسم أكثر امتلاءً وأقل استطالة، مما يدل على نمط جسمي ميزومورفي أو إندومورفي.

10.المؤشر الهيكيلي (Indice de Skele)

يُستخدم هذا المؤشر لتقييم النسبة بين طول الأطراف السفلية (الساقين)الجزء العلوي من الجسم (الجذع)، مما يساعد على تحديد نمط البنية الهيكلية للرياضي.وفق العلاقة التالية:

$$ISK = LJ / B \times 100$$

حيث:

- **ISk** : المؤشر الهيكلي(Indice Skele)
- **LJ** : طول الأطراف السفلية (Longueur des Jambes) =الطول الإجمالي – ارتفاع الجذع (أو الطول جالسًا)
- **B** : ارتفاع الجذع أو الجذع الجالس(Hauteur du Buste)
- يتم ضرب الناتج في 100 للحصول على النسبة المئوية.

يُستخدم هذا المؤشر لتصنيف الأفراد وفقًا لطول أطرافهم السفلية (الساقين) نسبةً إلى الطول أثناء الجلوس (الجذع). ويُمكِّننا من التمييز بين ثلاثة أنماط هيكلية رئيسية:

- **ماكروسكيلي (Macroskèle)**: أفراد يمتازون بأطراف سفلية طويلة نسبيًا.
- **ميزاتيسكيلي (Mésatiskèles)** :أفراد يمتلكون أطرافًا سفلية متوسطة الطول.
- **براشيسكيلي (Brachyskèles)**: أفراد لديهم أطراف سفلية قصيرة مقارنةً بالجذع.

هذا التصنيف مفيد جدًا في مجال **الانتقاء الرياضي** لأنه يربط بين النمط البنيوي للفرد ومتطلبات التخصص الرياضي الذي يمكن أن يبدع فيه

جدول رقم (14): مقياس تصنيفي لتقدير النمط الهيكلي بناءً على مؤشر Skele

قيمة مؤشر Skèle	فئة البنية
أقل من 83.79	أطراف قصيرة جدا (Brachyskèles)
83.79 إلى 87.92	أطراف قصيرة (Sous – brachyskèles)
87.93 إلى 92.06	أطراف متوسطة (Mésatiskèles)
92.07 إلى 96.20	أطراف طويلة (Sous – macroskèles)
96.21 فأكثر	أطراف طويلة جدا (Macroskèles)