الجمهوريـة الـجزائـرية الديمقراطية الشعبـية
وزارة التـعليم العالي و البحث العـلمي
جامعة وهران للعلوم و التكنولوجيا "محمد بوضياف"
معهد التربية البدنية والرياضية

الأمـــــالي المـــطبوعـــة

Polycopie

فسيولوجيا الجهد البدني

من إعداد:

د.لوح هشام أستاذ محاضر قسم (أ)
د. عسلي حسين أستاذ محاضر قسم (ب)

لطلبة السنة الثانية شعبة النشاط البدني الرياضي
تخصص التربية وعلم الحركة
ميدان علوم وتكنولوجيا النشاطات البدنية والرياضية

السنة الجامعية 2018/2017

قائمة المحتويات

مقدمة 05

الفصل الأول:مفاهيم ومصطلحات

1-علم فسيولوجيا التدريب الرياضي.....07
2-فسيولوجيا الجهد البدني(التمرينات).....07
3-حمل التدريب الرياضي.....07
4-الدفع القلبي.....08
4-1- الحجم السيستولي.....08
5-الحد الأقصى للإستهلاك الكسجيني.....10
6-نبض القلب المستهدف ومعادلة كارفونين.....12
6-1- احتياطي معدل القلب.....12
6-2- معادلة كارفونين.....13

الفصل الثاني:وحدة قياس الجهد البدني في النظام العالمي

1-الشغل.....16
2- القوة.....16
3- الكتلة 16
4- القدرة.....17
5- الطاقة.....17
6- قياس وتقنين الجهد البدني.....18
.أولا: الدراجة الأرجومترية.....18
ثانيا: السير المتحرك.....20
ثالثا: صندوق الخطوة.....22

الفصل الثالث:التغذية والطاقة

1- مصادر الطاقة.....25
2-أغذية الطاقة.....26
2-1- الكربوهيدرات.....26
2-2- دور الكربوهيدرات في الجسم.....29
2-3- توازن الكربوهيدرات خلال الجهد البدني.....31
2-4- نظام التعبئة الجليكوجينية (التحميل بالكربوهيدرات).....32

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

3-الدهون.....34
3-1- تصنيف الدهون 35
3-2- دور الدهون في الجسم..... 36
4- البروتينات والجهد البدني.....37
5-الكربوهيدرات والدهون والبروتينات كمصدر للطاقة.....38
6- الماء وأهميته في أداء الجهد البدني.....39
7-
الفيتامينات.....40

الفصل الرابع:التمثيل الغذائي(الكالوريمتري)

1. قياس التمثيل الغذائي(الكالوريمترية).....43
2- طرق قياس استهلاك الطاقة.....43
2-1- قياس الطاقة بالطريقة الغير المباشرة.....43
2-2- قياس الطاقة بالطريقة الغير المباشرة.....44
3. تحديد السعرات الحرارية للمواد الغذائية التي يتناولها الإنسان.....46
4. المردود الحركي والمصروف الطاقوي.....49
5. التمثيل الغذائي والتدريب الرياضي.....51
6. الأيض الخلوي.....52
7. تحول الطاقة خلال التفاعلات الكيميائية.....53
8. نظم تجديد الATP في العضلة.....56
أولا: النظام اللاهوائي اللالكتيكي.....57
ثانيا: النظام اللاهوائي اللكتيكي.....58
1. حامض اللكتيك عامل محدد للمستوى.....60
2- تركيز حامض اللاكتيك كمقياس للقدرة الاهوائية.....60
3- التخلص من حامض اللاكتيك في الدم.....62
ثالثا: النظام الهوائي.....62
9. التفاعل بين نظم انتاج الطاقة خلال المجهود البني.....64
10. إسهامات نظم الطاقة خلال الأداء حسب القدرة والإستطاعة.....65
11. التفاعل بين نظم انتاج الطاقة خلال الفعاليات الرياضية.....67
12. اختلافات نسبة مساهمة نظم الطاقة أثناء النشاط البدني.....67
13. الإستهلاك الأكسجيني خلال الشغل البدني.....69

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

14. الدين الأكسجيني كمقياس للقدرة اللاهوائية.....70
15. استعادة استشفاء مصادر الطاقة.....72

الفصل الخامس اختبارات القدرة اللاهوائية والهوائية

1. تقييم القدرة اللاهوائية اللالكتيكية.....75
1-1. اختبار الوثب العمودي.....75
2.1. اختبار الدرج لمارجريا.....75
3.1اختبار القوة – السرعة على الدراجة الأرجومترية.....76
2. تقييم القدرة الاهوائية اللكتيكية.....76
2-1- تركيز حمض اللبن.....77
2.2اختبار وينجات.....77
3- الحد الإقصى لإستهلاك الأكسجين.....79
3-1-أعراض VO2max.....80
2.3. العوامل المحددة للقدرة الهوائية.....81
3.3. وزن الجسم والVO2max.....82
3-4. أهمية قياس الVO2max.....82
4. قياس الـ VO2max.....83
4-1- الطريقة المباشرة.....83
4-2. الطريقة الغير المباشرة.....84
أولا: اختبارات الحد الأقصى.....84
ثانيا: اختبارات الحد الأقل من الأقصى.....85
1-الإختبارت الميدانية لقياس القدرة الهوائية Tests VMA.....87

الفصل السادس تمارين تطبيقية

التمرين الأل: القدرة اللاهوائية اللالكتيكية.....91
التمرين الثاني: معامل التنفس.....91
التمرين الثالث: العجز الأكسجيني الأقصى.....92
التمرين الرابع: قياس الطاقة.....94
التمرين الخامس: المردود الحركي على الدراجة الأرجومترية.....96
التمرين السادس : قياس VO2max بالطريقة الغير مباشرة.....98
المصادر والمراجع.....**99**

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

مقدمة

هذه المحاضرات المطبوعة في مجال فيسيولوجيا الجهد البدني تقدم للطالب السنة الثانية ليسانس دمجا مبسطا للمعلومات والحقائق النظرية والتطبيقية لفسيولوجية الجهد البدني من خلال عرض بعض الطرق وافجراءات المعملية لفحوص فسيولوجيا الرياضة التي يستطيع أن يجربها الباحث المتخصص في هذا المجال ،ويستطيع الطالب وخريجي ميدان علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية أن يقوموا بتطبيقها في المدارس والندية ومراكز الشباب يمكنهم من الوقوف على جانب كبير من مؤشرات اللياقة الفسيولوجية.

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

الفصل الأول
مفاهيم ومصطلحات

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

1 -علم فسيولوجيا التدريب الرياضي:

هو العلم الذي يوظف الحقائق العلمية المتوصل اليها من خلال فسيولوجية التمرين البدني (الإستجابات الفسيولوجية) في عملية تطوير الوظائف الحيوية للجسم وتقنين حمل التدريب حتى يصبح ملائما لمقدرة الجسم على تحمله والإستفادة من تأثيراته الإجابية وتجنب التأثيرات السلبية على الحالة الوظيفية والصحية للجسم وعليه فهو العلم الذي يعطي وصفا وتفيسرا للتغيرات التي تحدث للجسم نتيجة تكرار أداء الجهد البدني لعدة مرات .

2 -فسيولوجيا الجهد البدني(التمرينات):

وهو العلم الذي يهتم بدراسة الإستجابات الوظيفية المباشرة التي تحدتها الحركة (التمرين البدني) على الوظائف الحيوية لأجهزة الجسم وهذ العلم يمدنا بمعلومات عن الإسجابات المختلفة للجسم تحت تأثير أنواع الأحمال البدنية وطبيعتها والتي يمكن الإستفدة منها خلال عملية التدريب الرياضي ،حيث أن قياس و تقنين الجهد البدني أثناء الأداء يعطي فرصا جيدة لملاحظة المختبر والتعرف على قدراته واستعدداته بطريقة علمية،مما يجعل عمليات القياس والتقويم أكثر واقعية واكثر صدقا .وعليه فسيولوجية الجهد البدني هو العلم الذي يعطي وصفا وتفسيرا للتغيرات الوظيفية التي تحدث للجسم نتيجة التعرض لحمل التدريب (عبء جهدي) مقنن ومتحكم فيه مسبقا سواء كان في المخبر أو في الميدان .

3 -حمل التدريب الرياضي:

هو مجمل الأنشطة والمجهودات البدنية والعصبية التي يقوم بها اللاعب خلال عمليات التدريب أو المنافسة ،وحجم التأشرات الفسيولوجية والبدنية والمورفولوجية الحادثة بالجسم نتيجة ذلك.

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

كما يمكن أن نعرف الحمل البدني بأنه الجهد أو العبء الذي يقع على أجهزة الجسم المختلفة خلال أداء اللاعب لجرعات تدريبية مقننة ،ومقدار ما يتطلبه ذلك الجهد من طاقات فسيولوجية وبدنية وعصبية.

وينقسم حمل التدريب الى نوعين هما:

حمل التدريب الداخلي: ويقصد به التأثيرات الفسيولوجية والنفسية الواقعة على أجهزة الجسم الداخلية لأداء الجهد المبذول.

حمل التدريب الخارجي: هو جهد العمل او الأداء المتمثل في التدريبات البدنية او المهارية أو الخططية وهذا الحمل يشتمل على ثلاثة مكونات هي :

أ- **شدة الحمل:** وتعني مستوى القوة أو السرعة أو الصعوبة المميزة للأداء.

ب - حجم الحمل : هو طول فترة أداء الحمل مقاسا بالزمن أو طول المسافة مقاسا بالمتر أو الكيلوكتر،كما يتضمن أيضا عدد مرات تكرار التمرين، أو عدد الكيلوغرامات التي يمكن رفعها في تدريبات الأثقال مثلا ،وعموما يمكن تمييز مكونين لحجم الحمل هما :فترة دوام الحمل وتكرار الحمل.

ت - كثافة الحمل: وهي تعني العلاقة بين فترات الراحة البينية وشدة الحمل أو بين الحمل والراحة خلال أداء الجرعة التدريبية أو خلال وحدة التدريب ككل

4 -الدفع القلبي:

هو كمية الدم الذي يضخه القلب خلال واحد دقيقة وهو حاصل ضرب حجم الدم السيستولي (volume systolique) مع عدد ضربات القلب في الدقيقة .

Début Cardiaque ($L.min^{-1}$)= Volume systolique ($ml.bat^{-1}$) × Fréquence cardiaque ($battement.min^{-1}$)

4-1- الحجم السيستولي: volume systolique

هو كمية الدم الذي يضخة البطين الأيسر خلال المرحلة السيستولية ،أي كمية الدم الذي يضخه القلب خلال الضربة الواحدة ويتم قياسه بـ المليلتر / ضربة .

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

تمرين:

نريد مقارنة الدفع القلبي لفردين أحدهما رياضي يمارس رياضة التحمل والآخر غير رياضي فقمنا بحساب المؤشرات التالية في وقت الراحة:

الرياضي:

الحجم السيستولي (VS) = 90 $ml.bat^{-1}$

عدد ضربات القلب = 55$bat.\ min^{-1}$

الغير الرياضي:

الحجم السيستولي (VS) = 70 $ml.bat^{-1}$

عدد ضربات القلب = 75$bat.\ min^{-1}$

الحل:

Début Cardiaque ($L.min^{-1}$)= VS ($ml.bat^{-1}$) × FC (battement.min^{-1})

بالنسبة للرياضي:

Début Cardiaque ($L.min^{-1}$)= 90$ml.bat^{-1}$ × 55 $bat.\ min^{-1}$

QC ($L.min^{-1}$)= 4950 $ml.min^{-1}$ ≈ 5$L.min^{-1}$

بالنسبة للغير الرياضي:

Début Cardiaque ($L.min^{-1}$)= 70$ml.bat^{-1}$ × 70 $bat.\ min^{-1}$

QC ($L.min^{-1}$)= 4900 $ml.min^{-1}$ ≈ 5$L.min^{-1}$

المقارنة:

من خلال هذه النتائج يتضح لنا أن كلا الفردين لهما نفس الدفع القلبي (5L.min-1) مع العلم أن حجم الدم في الجسم هو تقريبا 5L.min-1 وهو ثابت عند كل الإفراد هذا يعني أن خلال واحد دقيقة يدور الجسم دورة واحدة في كل الجسم سواء عند الرياضي وعند غير الرياضي ،ولكن الإختلاف بينهما أن الغير الرياضي يدور الدم في الجسم دورة واحدة بـ 70 bat. min-1 أما الرياضي فيدور الدم في الجسم دورة واحدة بـ 55 bat. min-1 الفرق بينمها في عدد ضربات القلب هو 15 bat. min-1 أي أن قلب الرياضي يقتصد في الجهد عن الغير الرياضي ولكن هذا على حساب الحجم السيستولي الذي قدر عند الرياضي بـ 90ml.bat-1 بينما الغير الرياضي هو 70ml.bat-

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

1 ،فسيولوجيا يعني هذا أن حجم قلب الرياضي أكبر من حجم قلب الغير الرياضي وهذا الذي انعكس على الزيادة في الحجم السيستولي (VS) .

كما يمكن حساب الحجم السيستولي من خلال معادلة ستارStarr التي اوردها أبو العلا عبد الفتاح ومحمد صبحي حسنين 1997 عن ستار وآخرين 1954 كالتالي:

حجم الضربة(سم^3) = 100+[0.5(ضغط الدم السيستولي – ضغط الدم الإنبساطي)] - [0.6(الضغط الديستولي)- 0.6(العمر بالسنوات)]

مثال:

لاعب عمره 25 سنة معدل النبض لديه في حالة الراحة 85ن/د أجريت له قياسات ضغط الدم فكانت (80/120 مم.زئبق)فكيف يمكن تقدير حجم الدفع القلبي بالنسبة للاعب من خلال هذه البيانات؟

الحل:

نطبق المعادلة التالية:

حجم الضربة(سم^3) = 100+[0.5(ضغط الدم السيستولي – ضغط الدم الإنبساطي)] - [0.6(الضغط الديستولي)- 0.6(العمر بالسنوات)]

حجم الضربة(سم^3) = 100+(0.5×40)-[(0.6×80)-(0.6×25)]

حجم الضربة(سم^3) = 87مليلتر

وعليه حجم الدفع القلبي = حجم الضربة × معدل النبض

= 87 × 58 = 5046مليلتر= 5لتر

5 -الحد الأقصى للإستهلاك الكسجيني:

كما هو معروف لدى علماء فسيولوجيا الجهد البدني أن الأكسجين هو مكافئ طاقوي يعني من أجل أكسدة الغذاء (الأيض الخلوي) يجب توفر الأكسجين وعليه كلما زادت كمية الأكسجين المستعملة في عملية الأكسدة هذه زادت كمية الطاقة التي حرقها من أجل إنتاج الشغل الميكانيكي أي التحول من الطاقة الكيميائية الى الطاقة الميكانيكية وعليه هذا المؤشر يعبير من المؤشرات الهامة في مجال فسيولوجيا الجهد البدني التي يجب معرفتها وقياسها لأنها تختلف بين

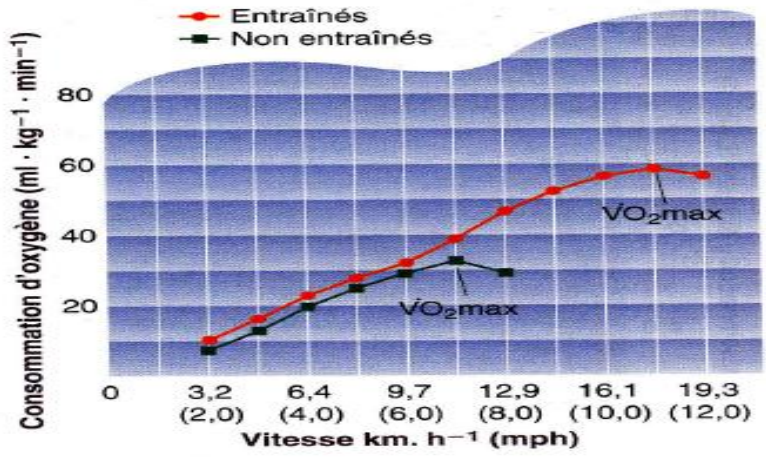
الأفراد وتتأثر بالتدريب الرياضي وفي بعض الأحيان يطلق عليها التحمل الهوائي أو اللياقة الدورية التنفسية .

ويشير الحد الأقصى لإستهلاك الأكسجين VO_2max الى أقصى كمية من الأكسجين يمكن أن يستهلكها الفرد خلال أداء مجهود بدني حيث هذه الكفاءة مرتبطة بنشاط وحيوية ثلاثة أجهزة حيوية في الجسم انطلاقا من الجهاز التنفسي الذي لديه الدور الكبير في تثبيت الأكسجين في الرئتين ،ثم يأتي بعده الجهاز الدوري القلبي الذي يعمل على نقل هذا الأكسجين وضخه لجميع أجزاء الجسم وفي الأخير الجهاز العضلي الذي له دور استخدام هذا الأكسجين من اجل في انتاج الشغل الميكانيكي وبالتالي فإن قياس الـVO_2max هو في حقيقة الأمر قياس لكفاءة هذه الأجهزة الثلاثة والذي يطلق عليه اللياقة الهوائية.

ويرمز للحد الأقصى لإستهلاك الأكسجين بالرمز VO_2max ويعبر عنه إما بقياس مطلق التر في الدقيقة ($l.min^{-1}$) ،أو نسبي عند المقارنة بين الأفراد بـ الملليلتر لكل واحد كيلوغرام في الدقيقة ($ml.kg.min^{-1}$)

ولأجل قياس الـVO_2max يتم استخدام إما الطريقة المباشرة في المخبر بلإستعمل جهاز تحليل الغازات ،أو الطريقة الغير المباشرة اعتمادا إما على نبض القلب أو سرعة الجري والذي سوف يتم الرجوع الى طرق قياسالـ VO_2max بالتفصيل لاحقا.

د.لوح هشام
د. عسلي حسين



Relation entre l'intensité de l'exercice (vitesse) et la consommation d'oxygène, mettant en évidence le plateau de $\dot{V}O_2$ max chez des hommes entraînés et non entraînés.

المنحنى التالي يوضح مقارنة في تغييرات في الـVO_2max بدلالة شدة التمرين البدني(سرعة الجري) عند رياضي وغير الرياضي

جدول يبن القيمة المطلقة والنسبية للـVO2max حسب ويلمور 1984 حسب التخصصات الرياضية

الإختصاص	لدى الرجال		لدى النساء	
	ل/د	مل/كغ.د	ل/د	مل/كغ.د
سباق الجري على المسافات الطويلة	4,67	71	3,10	58
سباق الدرجات	5,13	70	3,13	54
السباق على الجليد	5,01	66	3,10	49
التجديف	5,84	66	3,10	60
السباحة	4,52	59	4,10	50
كرة اليد	4,78	59	2,52	-
كرة القدم	4,41	58	-	-
كرة الطائرة	4,78	56	-	-
الجمباز	3,84	46	2,92	44
الغير الرياضيين			الغير الرياضيات	
3,14ل/د (42مل/كغ.د)			2,18ل/د (38مل/كغ.د)	

6 -نبض القلب المستهدف ومعادلة كارفونين : Formule de Karvonen

نبض القلب المستهدف يشير الى الحد الأقصى الذي تحدث عنه الإستجابة الفسيولوجية للجهاز القلبي الوعائي وبالتالي الفائدة المرجوة ، فكثيرا ما يعبر

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

عنها بالنسبة المئوية للإستهلاك الأقصى الأكسجيني($\%VO_2max$) ،حيث توصل كارفونين أنه توجد علاقة خطية بين النسبة المئوية للإستهلاك الأقصى الأكسجيني($\%VO_2max$) وإحتياطي معدل القلب .

6-1- احتياطي معدل القلب:

هو مصطلح يشير الى الفرق بين الحد الأقصى لمعدل لاالقلب ومعدل القلب أثناء الراحة وقد توصل كارفونين الى معادلته الشهيرة التي تستعمل على نطاق واسع في تقدير الشدة المناسبة لتدريب الحمل البدني الذي يعطي الفائدة المرجوة وكذلك تحديد الإستهلاك الأقصى الأكسجيني VO_2max يالطريقة الغير المباشرة ومعادلته هي كالتالي:احتياطي معدل القلب = الحد الأقصى لمعدل القلب - معدل القلب أثناء الراحة

$$RFC\ (bat.min^{-1}) = FC_{max}\ (bat.min^{-1}) - FC_{rep}\ (bat.min^{-1})$$

ومن أجل إيجاد الحد الأقصى لمعدل القلب نستخدم معادلة العمر الزمني التالية:

الحد الأقصى لمعدل القلب = 220 - العمر الزمني بالسنوات .

6-2- معادلة كارفونين:

المعادلة التي وضعها كارفونين والتي لها أهمية كبيرة في تقدير نبض القلب المستهدف وكذا تقدير VO_2max هي الكالتالي:

$$FC_{exercice} = \%VO_2max \cdot RFC + FC_{REPOS}$$

حيث:

$FC_{exercice}$: نبض القلب المستهدف خلال التمرين البدني

$\%VO_2max$: النسبة المئوية للإستهلاك الأقصى الأكسجيني

RFC : احتياطي معدل القلب

FC_{REPOS} : نبض القلب في وقت الراحة

تمرين:

من أجل تحديد العتبة التربية (نبض القلب المستهدف) لأحد الرياضيين على الدراجة الأرجومترية ،حدد نبض القلب المستهدف الذي يوافق الشدات التالية لحمل التدريب 50% و 80% و 90% من VO_2max مع العلم نبض القلب لديه

في وقت الراحة هو 55 نبضة في الدقيقة والحد الأقصى لمعدل قلبه هو 195 نبضة في الدقيقة بعد استخدام معادلة العمر الزمني .

الحل:

1 -ايجاد احتياطي معدل القلب :

احتياطي معدل القلب = الحد الأقصى لمعدل القلب - معدل القلب أثناء الراحة

$$\mathbf{RFC\ (bat.min^{-1}) = FC_{max}\ (bat.min^{-1}) - FC_{rep}\ (bat.min^{-1})}$$

$$\mathbf{RFC\ (bat.min^{-1}) = 195 - 55 = 140\ bat.min^{-1}}$$

2 -إيجاد نبض القلب المستهدف عند شدة 50% و 80% و 90% من VO_2max

نطبق **معادلة كارفونين:**

$$\mathbf{FC_{exercice} = \%VO_2max\ .\ RFC + FC_{REPOS}}$$

$$FC_{exercice(50\%\ VO_2max)} = 50\ \% \times 140 + 55$$

$$\mathbf{FC_{exercice(50\%\ VO_2max)} = 125\ bat.min^{-1}}$$

- نفس الشيئ يطبق مع 80% و 100% من VO_2max:

$$\mathbf{FC_{exercice(80\%\ VO_2max)} = 80\% \times 140 + 55 = 176\ bat.min^{-1}}$$

$$\mathbf{FC_{exercice(100\%\ VO_2max)} = 90\% \times 140 + 55 = 181 bat.min^{-1}}$$

نبض القبل المستهدف عند هذا الرياضي عند الشدات لحمل التدريب 50% و 80% و 90% من VO_2max هو على التوالي **125 bat.min^{-1} ، 176 bat.min^{-1} ، 181bat.min^{-1} .**

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

الفصل الثاني
وحدات قياس الجهد البدني في النظام العالمي

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

من أجل إعطاء الصفة الكمية لقياس الجهد البدني في مجال فسيولوجيا الجهد البدني يجب على الطالب فهم مجموعة من وحدات قياس الجهد الخاصة وكيف يتعامل معها وهي:

1 -الشغل:

في النظام العالمي وحدة الشغل هي الجول (J) ويعرف الشغل أنه هو تطبيق قوة 1نيوتن لتحريك جسم مسافة 1 متر في اتجاه القوة وعليه يمكن القول أم وحدة الشغل مشفة من وحدة القوة (F) و المساقة (D) وولهذا يمكن تمييز وحدة الشغل بـ Kg.mأو N.m ولكن لفهم أكتر لمصطلح الشغل يجب التمييز بين عنصوين أساسيين وهما :

2 -القوة :

وهي عبارة عن فعل يؤدي الى تغيير في وضع جسم ما من حالة السكون الى الحركة ،وتعتير وحدة النيوتن (N) هي الوحدة الأساسية لقياس القوة في النظام العالمي ووفقا لتعريف نيوتن للقوة يتبين أنها القوة التي تحرك واحد كيلوغرام من الكتلة بسرعة واحد متر في الثانية مربع $1\ N= 1kg\ .\ m.s^{-1}$

3 -الكتلة:

هي كمية المادة ،الوحدة الأساسية لقياس الكتلة هو الكيلوغرام kg وهي تكافئ الثقل وفق الجاذبية الأرضية حيث :

الثقل poid= الكتلة * الجاذبية الأرضية (9.81)

ولكن في مجال فيسيولوجيا الجهد البدني يمكن استخدام الكيلوغرام كوحدة لقياس القوة (F) وذلك وفق الحالتين التاليتين:

1 -عند قياس القوة اللازمة لرفع وزن الجسم مثلا عند العمل على صندوق الخطوة أو السير المتحرك أو خلال رفع الأثقال في هذه الحالات الوحدة المعبرة عنها للقوة هي الكيلوغرام .

2 -عند قياس القوة اللازمة لتدوير بدال الدراجة الأرجومترية (Bicyclette ergométrique) .

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

وفي مجال فسيولوجيا الجهد البدني الشغل فإنه يعبر عن تطبيق قوة على جسم ما لمسافة معينة ومعادلته هي :

الشغل = القوة * المسافة travail= force * masse

ولكن حسب الكلية الأمريكية للطب الرياضي (ACSM) يمكن تصنيف الشغل الى شغل إيجابي عندما تستخدم القوة للعمل ضد الجاذبية الأرضية كما هو الحال خلال أداء جهد بدني على الدراجة الأرجومترية و السير المتحرك أي ان التقلص العضلي في هذه الحالة يكون مركزي(CONTRACTION MUSCULAIRE CONCENTRIQUE) ، أما الشغل السلبي وهو الشغل الذي نجده خلال العمل على صندوق الخطوة حيث يغلب عليه التقلص العضلي اللامركزي (CONTRACTION MUSCULAIRE EXONTRIQUE)

وحسب ناجل 1986Nagel ان الشغل السلبي يساوي ثلث الشغل الإيجابي .

4-القدرة: puissance

هو مصطلح يشير الى المعدل الذي يتم به الشغل بالنسبة للزمن (t) ،فعلى سبيل المثال إذا تم رفع 1 kg لمسافة 1m في زمن قدره 1s في هذه الحالة : p= 1kg.m/s

وفي النظام العالمي الوحدة الأساسية لقياس القدرة هي الواط Watts ويرمز لها بالرمز w

1w----------$1J.s^{-1}$----------$60J.min^{-1}$----------0.0143 $Kcal.min^{-1}$

5-الطاقة: Energie

وهي مصطلح تعبر عن كمية الطاقة التي يستهلكها الرياضي أثناء أي جهد بدني ،وتعتبر وحدة الكيلوكلوري (kilocalorie) هي الوحدة القياس الأكثر انتشارا في العالم ويعبر عنها بـ(Kcal) ، وفي مجال فيسيولوجيا الجهد البدني يعبر علماء

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

الفيسيولوجيا الحركة عن الطاقة بمعدل استهلاك الأكسجيني بإعتباره مكافئ طاقوي على النحو التالي ($L .m^{-1}$) إذا كان مطلق وبـ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) في شكل وحدات قياس نسبية ، أو بالميتس Mets وهو مصطلح يشير الى معدل الطاقة التي يستخدمها الفرد أثناء العمل منسوبة الى معدل الطاقة التي يستهلكها الفرد أثناء الراحة .

1MET----------3 .5 $mlO_2 .kg^{-1} .min^{-1}$

1Ld' $O_2.min^{-1}$----------5Kcal.min^{-1}-------21.1KJ.min^{-1}--------350W

1Kcal----------4.185 J----------427kg.m

6 -قياس وتقنين الجهد البدني :

من اجل معرفة الإستجابات الفسيولوجية لأي جهد بدني يجب التعبير عن هذا الأخير بأحمال بدنية يتم تقنينها بدقة حيث يستلزم أن يتم التحكم في الأداء البدني المبذول والذي نعبر عنه بالقدرة الميكانيكية puissance mécanique حتى يصبح قابلا للقياس وعليه يمكن من جهة التعبير كمي للإستجابات الفسيولوجية ومن جهة أخرى استخدام النتائج المستخلصة لعقد المقارنات المختلفة بين الرياضيين.

ومن بين الأجهزة المعروفة على المستوى العالمي لقياس الجهد البدني وتقنينه نجد :1- الدراجة الأرجومترية.

2- السير المتحرك.

3- صندوق الخطوة.

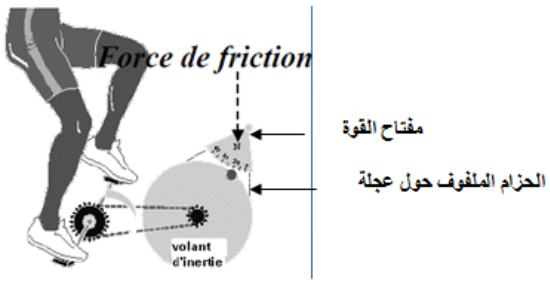
أولا: الدراجة الأرجومترية: Bicyclette ergométrique

ويمكن تصنيف الدراجات الأرجومترية وفقا لأغراض أُستخدام الى الدراجة الأرجومترية المنزلية تستعمل بهدف إكتساب الصحة واللياقة ،ونجد الدراجة الأرجومترية للتدريب حيث نجدها تمتاز بالمتانة والقوة وهي مصممة للتدريب العالي الشدة .

و في الأخير نجد الدراجة الأرجومترية المصممة للقياسات العلمية حيث نجدها فقط في المخابر العلمية حيث يمكن دعمها ببعض الأجهزة العلمية كالسبيرومتر او جهاز التخطيط الكهربائي لعضلة القلب Electrocardiographe ، ومن بين الأنواع الدرجات الأرجومترية اللمعروفة في العالم التي تستخدم لقياس القدرة الميكانيكة نجد دراجة مونارك (Monaek)وهي الأكثر انتشارا في العالم، حيث تستخدم المقاومة الناشئة عن إحتكاك الحزام الملفوف حول العجلة لإنتاج قوة تقاس بالكيلوغرام يتم تقديرها سلفا وبالتالي يمكن حساب القدرة الميكانيكية عن طريق تحديد القوة بواسطة مفتاح الكبح (الحزام الملفوف) أنظر شكل رقم 1

وسرعة التبديل على البدال (pédale) أي عدد اللفات في الدقيقة وفق المعادلة التالية: **القدرة الميكانيكية = القوة * سرعة التبديل**

Puissance mécanique = force (kg) × vitesse de pédalage (tours/min)



تمرين رقم 01:

قام أحد الرياضيين بالقيام بجهد بدني على دراجة مونارك بمعدل تبديل 60 دورة في الدقيقة ضد قوة كبح 2 kg .

المطلوب:

1 -ايجاد القدرة الميكانيكة بـ $kg.m.s^{-1}$ ، $J.s^{-1}$ ، W

2 -ما هو الإستهلاك الأكسجيني لهذا الرياضي بـ $Ld' O_2.min^{-1}$

الحل:

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

1- P= f(kg) × V(tours/min)

Sachant que :

1tour de pédalage sur bicyclette ergométrique = distance de 6m

P = 2kg × 60 tours/min

P= 2kg × 60 tours × 6 m/min

P= 720 $kg.m.min^{-1}$

P= 12 $kg.m.s^{-1}$

1watts = 1Newton.$m.s^{-1}$ = 1$j.s^{-1}$

P = 120 N .$m.s^{-1}$ = 120 w = 120$j.s^{-1}$

2- On a :

1w----------1$J.s^{-1}$---------60$J.min^{-1}$---------0.0143 $Kcal.min^{-1}$

120w = 120 $J.s^{-1}$ = 7200 $J.min^{-1}$ = 1.716 $Kcal.min^{-1}$

Sachant que l'équivalent énergétique du litre d'oxygéne est égal à 5$Kcal.min^{-1}$

Donc :

Volume d'oxygène consommé VO_2 = 1.716 $Kcal.min^{-1}$ /5$Kcal.min^{-1}$

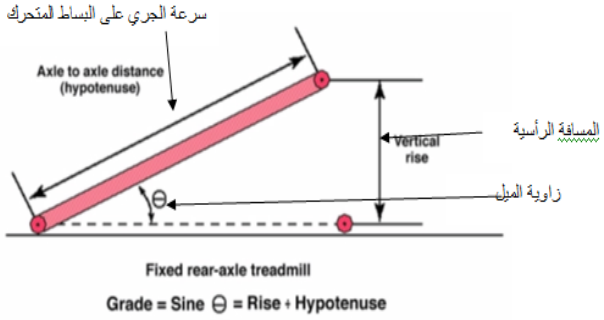
VO_2 = 0.343 ld' $O_2.min^{-1}$

ثانيا : السير المتحرك: Tapis Roulant

يتم تقنين الجهد البدني على السير المتحرك وفق سرعة الجري وكذلك درجة ميل الجهاز يعبر عنها بوحدات للإرتفاع منسوبة الى 100 وحدة عمودية حيث يعبر عنها بنسب مئوية حيث جدول رقم 01 يتضمن عدد من زوايا ومقابلاتها من الدرجة المئوية نقلا عن (FOX ,e.l.,and Mathews,D.K.1981)

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

درجة الزاوية	الدرجة المئوية%	جيب الزاوية	درجة الزاوية	الدرجة المئوية%	جيب الزاوية
1	1.75	0.0175	6	10.15	0.1045
2	3.49	0.0349	7	12.28	0.1219
3	5.24	0.0524	8	14.05	0.1392
4	6.99	0.0698	9	15.48	0.1594
5	8.75	0.0872	10	17.63	0.1736



ولحساب القدرة الميكانيكية على السير المتحرك نستخدم المعادلة التي وضعها فوكس وماتيوز 1981 وهي كالتالي:

P= masse corporelle(kg) × élévation verticale

P= mg (kg) × h حيث: Mg : كتلة الفرد h : المسافة الرأسية

ولكن المسافة الرأسية بتطبيق قوانين المثلثات هي عبارة عن :

H = v × sin Θ حيث :

v: هي سرعة الجري على السير المتحرك sin Θ : هي جيب الزاوية Θ

تمرين:

قام احد المختبرين بالجري على السير المتحرك لمدة 30 دقيقة بمعدل سرعة يساوي 10كلم/الساعة ،وبزاوية ميل 3درجة (5.24%) .المطلوب حساب مقدار

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

القدرة الميكانيكية الذي بذله هذا المختبر إذا كان وزنه يساوي 75 كيلوغرام بـ

$J.S^{-1}$ ، w ، $kg.m.s^{-1}$

الحل:

P= masse corporelle(kg) × élévation verticale

P= mg (kg) × h

P= mg (kg) × v ($m.min^{-1}$) × sin Θ

On a v= 10 $km.h^{-1}$ = 166.66$m.min^{-1}$

Donc: p= 70 (kg) × 166.66($m.min^{-1}$) × 0.0524

P = 611.33 $kg.m.min^{-1}$

P= 10 $kg.m.s^{-1}$ = 100$N.m.s^{-1}$ = 100 w = 100$J.S^{-1}$

ثالثا: صندوق الخطوة: Benche Step

في مثل هده الإختبارت يتم استخدام مقاعد مختلفة الإرتفاعات ليتم الخطو عليها لإنتاج الحمل البدني حيث على المختبر رفع وزن جسمه للصعود فوق مقعد لمقدار ارتفاع محدد ثم النزول ويتكرر هذا الأداء وفقا للمعدل المحدد في الدقيقة لكل اختبار .

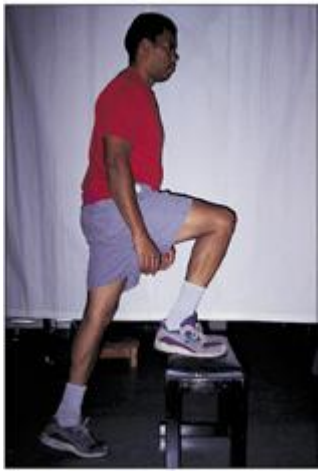
يتم حساب القدرة الميكانيكية في اختبارات الخطوة وفق المعادلة التالية:

P= masse corporelle(kg) ×hauteur de benche (m) × $pas.min^{-1}$

بحيث: masse corporelle: وزن المختبر

hauteur de benche (m) : ارتفاع الصندوق بالمتر

$pas.min^{-1}$: عدد الخطوات في الدقيقة.



تمرين:

نفترض أن أحد المختبرين قام بجهد بدني على صندوق الخطوة

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

بمعدل 10 دورة في الدقيقة ،ارتفاع الصندوق 30سم وكان وزن المختبر 65 كغ المطلوب ايجاد القدرة الميكانيكية لهذا المختبر بـ $kg.m.s^{-1}$ ، w ، $J.S^{-1}$,

الحل:

P= masse corporelle(kg) ×hauteur de benche (m) × pas.min^{-1}

مع العلم ان كل دورة تعني أربع خطوات على الشكل التالي :فوق واحد،فوق اثنين،تحت واحد،تحت اثنين وعليه:

1Tour = 4×pas

Donc : 10 tours.min^{-1} = 40 pas.min^{-1}

P= 65(kg) × 0.030 (m).pas^{-1} × 40 (pas.min^{-1})

P= 78kg . m .min^{-1} = 780N.m.s^{-1} = 780 w = 780J.S^{-1}

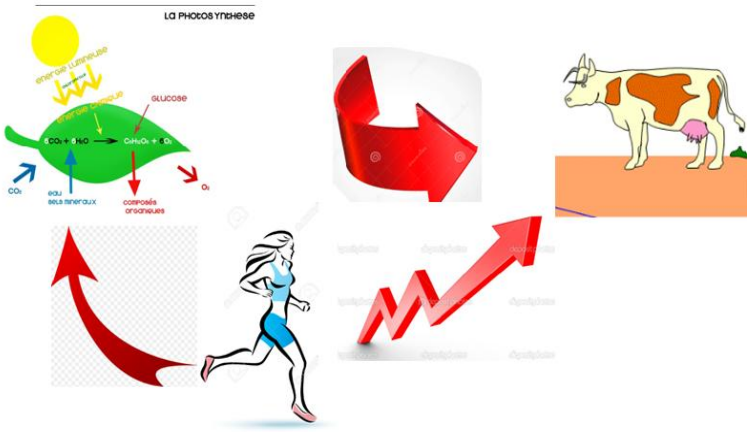
د.لوح هشام
د. عسلي حسين

الفصل الثالث
التغذية و الطاقة

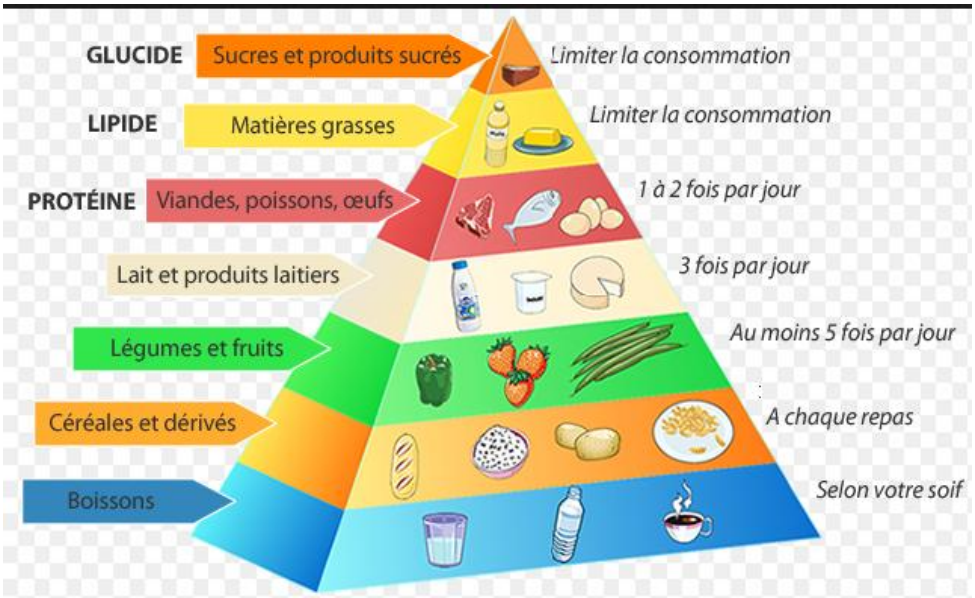
د.لوح هشام
د. عسلي حسين

1 -مصادر الطاقة:

ان المصدر الأساسي للطاقة في الكون هو الشمس والتي تنتقل الى النباتات عن طريق التركيب الضوئي وبدورها هذه الطاقة تنتقل الى الحيوان الذي يتغدى على النبات نوبإعتبار ان الإنسان يتغدى على النبات والحيوان فهذه تنتقل من هذين الأخيرين الى الإنسان (أنظر شكل)



وهذه الحلقة تشكل ما يطلق عليه الهرم الغذائي حيث نجد في قمته المواد الأكثر أهمية لغداء الإنسان وفي قاعدته المواد الأقل أهمية (أنظر شكل)



د.لوح هشام
د. عسلي حسين

ومن خلال هذا الهرم الغذائي يتشكل لنا ثلاثة مجموعة من الغذاء هما:

أ ـ **أغذية الطاقة:** وتشمل الحبوب ،الدرنات،السكريات،الدهون،الزيوت،ووظيفة هذه المجموعة هي امداد الجسم بالطاقة اللازمة له.

ب ـ **أغذية البناء:** وتشمل البروتينات ـالكالسيوم ـ الحديد ،وبعض المعادن الأخرى ووظيفة هذه المجموعة هي بناء وتجديد خلايا الجسم والأنسجة.

ج ـ **أغذية الوقاية:** وتشمل الخضروات ،الفاكهة وهي تمد الجسم بالفيتامينات ،والأملاح المعدنية تساعد على وقايته من الأمراض.

2 -أغذية الطاقة:

2-1- الكربوهيدرات:

الكربوهيدرات هي تلك المواد الغنية بالماء والكربون حيث نجد ذرات الكربون والهيدروجين وأكسجين مترابطة بينها على المنوال التالي CH_2O وتتراوح عدد ذرات الكربون من 3الى 7 مع روابط بسيطة بين الهيدرجين والأكسجين .

ويعتبر الجليكوز($C_6H_{12}O_6$) أحسن مثال على ذلك وهو سكر أحادي لا ،كما نجد من بين السكريات البسيطة الفريكتوز والجلكتوز والذين لهما نفس التركيبة الكمائية للجليكوز مع بعض الإختلافات الطفيفة .

وتقسم الكربوهيدرات إلى عدد من الأنواع حسب تعقيد تركيبها فهنالك السكريات البسيطة والسكريات الثنائية والسكريات المعقدة وتشكل جميعها المصدر الأساسي للطاقة لكنّها تختلف في سرعة الهضم فالسكريات البسيطة تقسم إلى الجلوكوز (C6H12O6) والذي يعد أبسط أنواع الكربوهيدرات ويتم الحصول عليه من النشويات كالأرزوالمعكرونة ،وهو الذي يتم تزويده للمرضى في الدّم في حال عدم القدرة على تناول الطعام لسهولة امتصاصه من الجسم فهو لا يحتاج الى عمليات هضم وانما يمتص كما هو وينتج من أكسدته ماء وثاني أكسيد الكربون وطاقة ،.

أمّا الأنواع الأخرى من السكريات البسيطة فهو الفركتوز fructose الموجود في

الفواكه والعسل ويتمتع بالمذاق الأكثر حلاوة ما بين أنواع السكريات المختلفة، أمّا النوع الآخر فهو الجلكتوز galactose وهو النوع الموجود في الحليب ويمكن تحويل هذين النوعين في داخل جسم الإنسان إلى الجلوكوز، أما زلال البيض فيحتوي على نوع آخر من السكريات البسيطة يسمى المانوز. أما النوع الآخر من السكريات فهو السكريات الثنائية والذي ينتج من اندماج نوعين من السكريات البسيطة يكون الجلوكوز أحدهما، ومن أهم هذه السكريات هو السكروزsacarose الموجود في قصب السكر والناتج عن اتحاد الجلوكوز مع الفركتوز، كما نجد اللاكتوزlactose الذي يعتبر أقلّ أنواع السكريات حلاوة وينتج من تحاد الجلوكوز والجلكتوز ويوجد في الحليب، أمّا النوع الآخر من السكريات الثنائية هو المالتوز maltose الموجود في الشعير وينتج من اتحاد الجلوكوز مع نفسه ويتحلل في داخل الأمعاء.

أولا:**السكريات من أصل نباتي polysaccharides végétaux :**

1- النشا : ويوجد في الأجزاء التي يتم هضمها من النبات وتوجد في الذرة والحبوب ومختلف مشتقات القمح والأرز والبطاطا والمعكرونة وجذور النباتات وكذلك الخضار والفواكه. وقد أثبت ساكس للمرة الأولى 1864 ان الاوراق المعرضة للضوء تركب المادة العضوية وذلك بوزن الاوراق في بداية النهار ونهايته بعد تجفيفها، فلاحظ ان كتلة الاوراق تكون أكبر في نهاية النهار، وتم التعرف على هذه المادة العضوية : وهي النشاء.

ينتمي النشاء إلى مجموعة السكريات المعقدة وصيغته العامة (n(C6 H12 O6 حيث n تتراوح بين 2000 إلى 3000 وحدة الغلوكوز. يتلون النشاء مع الماء اليودي بالأزرق البنفسجي القاتم. يتراكم النشاء في النهار في البرانشيم الورقي اما في الليل فيتفكك، ويتحول إلى سكريات مذابة في الماء (غلوكوز-سكاروز) وتنتقل إلى اعضاء التخزين والنمو في النبات،وعند العديد من النباتات (سكر القصب،

الذرة) يكون ناتج التركيب الضوئي هو السكاروز. وبشكل عام فان السكريات تعتبر أولى المركبات العضوية المتشكلة أثناء التركيب الضوئي.

2- السيليلوز :وهو المادة التي تشكل الألياف وسيقان النباتات كما يوجد في أوراق النباتات والساق والجذور وقشور الحبوب والفواكه والخضراوات وكذلك في النسيج الضام للحوم. وحيث أن هذا الجزء من الكربوهيدرات لا يتم هضمه في الجسم فإن دوره الرئيسي هو إعطاء المواد الغذائية التي يحتوي عليها حجما كبيرا وبذلك يشعر الشخص بالامتلاء في المعدة والأمعاء وبذلك لا يشعر بالجوع، لهذا فإن هذا النوع يساعد في علاج السمنة لأنه مثبط للجوع، في نفس الوقت فإن الألياف أو السليولوز تساعد الجهاز الهضمي حيث يتحد بالماء وكذلك بالكولسترول وأي مواد أخرى لا يحتاجها الجسم، وبسبب حجمه واتحاده بالماء فإنه يسهل حركة الأمعاء وبالتالي يسهل التخلص منه ومن المواد التي يتحد بها، وبذلك يقي الجسم من التهابات الأمعاء وانتفاخها خاصة القولون، وأخيرا، تقوم الألياف بحفز الأمعاء لتنشيط عملية تكاثر أحد أنواع بكتيريا الأمعاء والتي تساعد في إنتاج فيتامين (ك) والذي له دورا هاما في تخثر الدم.

ثانيا:النشا الحيوانيpolysaccharides animaux

الجليكوجين :glycogéne

الجليكوجين كمصدر من مصادر انتاج الطاقة في الجسم يولى له اهتمام كبير في مجال فسيولوجيا الجهد البدني فهو يتكون من وحدات متكررة من سكر الجلوكوز ،فعند امتصاص السكريات الأحادية الجلوكوز – الفركتوز – الجلاكوز عن طريق الشعيرات الدموية بخملاء الأمعاء الى الدورة البابية بالكبد فإنه يتم تخزين هذه السكريات الأولية في الكبد بعد تحويلها الى جليكوجين ،الى حين حاجة الجسم اليها حيث يتحلل الجليكوجين مرة أخرى الى سكر جلوكوز بسرعة تعادل سرعة احتياج الجسم اليه.

إن جسم الإنسان يستهلك تقريبا من 375 الى 475 غرام من الكربوهيدرات ، يخزن منها على شكل جليكوجين عضلي حوالي 325 غرام (أكبر مخزون) أما جليكوجين الكبد من 90 الى 110 غرام (أكبر تركيز للجليكوجين في الجسم بيحث هذه النسبة تشمل من 3الى 7% من كثلة الكبد) وجليكوز الدم في حدود 5غرام ، مع أن كل غرام من الجليكوجين تعطي طاقة كميتها 4Kcal ،هذا يعني أن كمية الطاقة الكامنة لهذا الشخص من 1500Kcal الى 2000Kcal هذه الطاقة مناسبة جدا لجري مكسافة 30كم

الشكل التالي يلخص أنواع السكريات

2-2- دور الكربوهيدرات في الجسم:

1 -المصدر الأساسي للطاقة :

إن الدور الأساسي للكربوهيدرات في جسم الإنسان هو أهميتها في انتاج الطاقة كما سبق ذكره حيث الطاقة التي يمكن استخلاصها من تحلل الجليكوز التي تستعمل مباشرة خلال العمل العضلي والوظائف الحيوية الأخرى.

هذا بالإضافة إلى ان علماء التغذية ينصحون بإستهلاك الكربوهيدرات بشكل يومي خاصة بالنسبة للرياضيين حيث تساهم بشكل فعلي في زيادة المخزون من الجليكوجين

2 -الحفاظ على بروتين الجسم:

عندما تنقص كمية الكربوهيدرات في الجسم وبشكل خاص جليكوز الدم فإن مخزون الكبد من الجليكوجين يستخدم لتعويض النقص ،وإذا استنفدت كمية الجليوجين المخزونة في الكبد وهي في حدود 90 الى 110 غرام ،لإن الجسم يلجأ الى تكسير البروتين من العضلات وغيرها من أجزاء الجسم المحتوية على البروتين وذلك لتحليله وتحويله الى جليكوز هذه العملية يطلق عليها procédé de gluconéogenèse وهي خاصية أيضية تسمح بالحفاظ على الحد الأدنى من تركيز الجليكوز في الدم بغرض توفيره للجهاز العصبي المركزي وعليه فإن نقص الجليكوجين والمواد الكربوهيدرية عموما في الجسم يسهم بشكل فعال في استخدام البروتين لتلبية احتياجات الجسم الحيوية خاصة بالنسبة للرياضيين الذين يمارسون الالنشاط الرياضي لفترة زمنية طويلة نسبيا.

3 -تسهيل عمليات الأيض الخلوي:

الكربوهيدرات غالبا ما تساعد في عمليات الأيضية لحرق الدهون حيث بعض التفاعلات الكيميائية للكربوهيدرات يجب أن تكون حاضرة لأجل التمثيل الأيضي للدهون ،ففي حالات استنزاف الكربوهيدرات خلال النشاط البدني لفترات طويلة أو خلال مرضى السكري الجسم سوف يلجئ الى الدهون لإنتاج الطاقة ،ولكن الأكسدة الغير الكاملة للدهون سوف يؤدي تراكم أجسام كيتونية corps cétonique ما ينتج عنه تركيز فوق الحامضي لسوائل الجسم وهذا ما يشكل خطورة لصحة الجسم ويمكن أن تسبب الوفاة .

4 -مصدر الطاقة للجهاز العصبي المركزي:

لكي يستطيع الدماغ وبقية أجزاء الجهاز العصبي المركزي القيام بوظائفه في تنظيم الجسم، لا بد من توفر الجلوكوز لأنه مصدر الطاقة الرئيسي لهذا الجهاز الهام، إن الحفاظ على تركيز الجليكوز في الدم glycémie في المستوى العادي أي في حدود

100 ملي غرام لكل واحد لتر من دم تقع تحت مسؤولية جليكوجين الكبد ، وفي حالة استنفاد الجليكوجين واستعمال الجليكوز المكثف من طرف العضلة خلال النشاط العضلي يؤدي الى نقص تركيز الجليكوز عن المستوى العادي في الدم (hypoglycémie) هذا بدوره يؤدي إلى ضعف عمليات التفكير والتركيز الذهني والتعب وفي بعض الأحيان الدوران .

2-3- توازن الكربوهيدرات خلال الجهد البدني:

يمكن إعتبار الكربوهيدرات المصدر الأساسي لإنتاج الطاقة اتناء المجهود البدني حيث تساهم 80%من إجمالي الطاقة اللازمة للأداء وخاصة في المجهود البدني التي يستمر لفترة طويلة،ويستفيد من ذلك بشكل كبير لاعبو المسافات الطويلة كالماراتون والدراجات واختراق الضاحية والسباحة وغيرها.

إن الشخص صحي غير رياضي يزن 70 كغ الإستهلاك اليومي لديه من الكربوهيدرات 300 غرام في اليوم ، وبالنسبة للأشخاص الذين يمارسون النشاط البدني يجب توفير ما قيمته 400 الى 600 غرام من الكربوهيدرات في اليوم وخاصة الكربوهيدرات الغنية بالألياف التي يمكن ايجادها في الفواكه والخضروات.وإذا كان إذا كان الهدف من تناول الكربوهيدرات هو محاولة إعادة تخزين الجليكوجين فيجب تناولها قبل أداء النشاط البدني بأكثر من ساعتين ونصف.

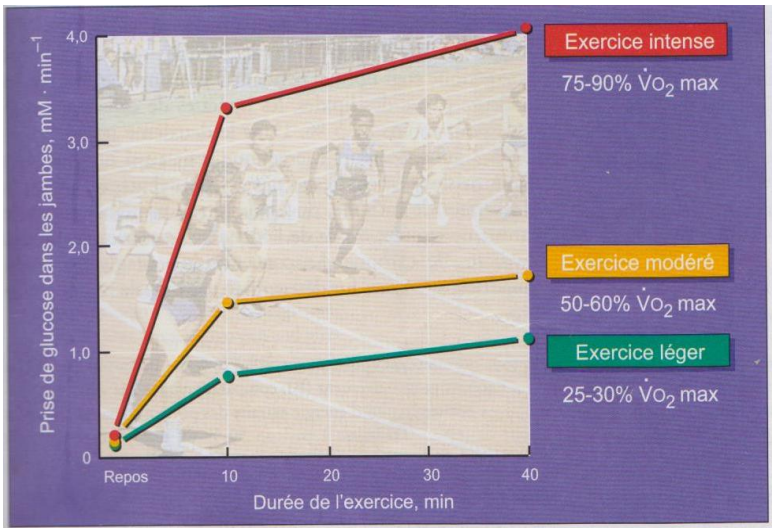


FIGURE 1.4
La durée et l'intensité de l'exercice conditionnent la consommation de glucose dans les muscles des membres inférieurs. L'intensité de l'effort est ici relative au $\dot{V}O_2$ max de l'individu (De Felig, P. et Wahren, J. : Fuel homeostasis in exercise. *N. Engl. J. Med.*, 293 : 1078, 1975).

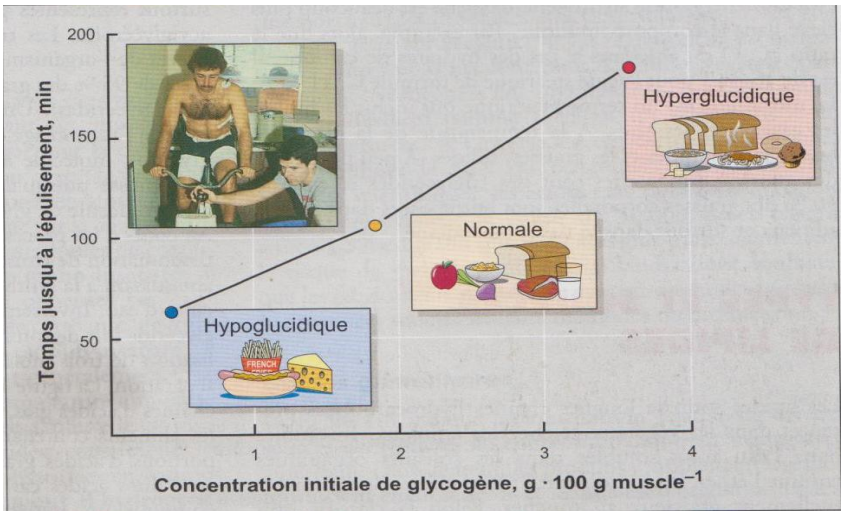
د.لوح هشام
د. عسلي حسين

من خلال المنحني البياني الذي يوضح تغيرات استهلاك الجليكوز في العضلة بدلالة زمن التمرين الرياضي تحت تأثير شدات مختلفة لحمل التدريب (الشدة العالية- الشدة المتوسطة- الشدة المنخفظة) يتضح أنه كلما كانت شدة التمرين الرياضي عالية زاد استخدام الجليكوجين العضلةو الكبد بنسبة تفوق 55% من المخزون الطاقوي ،بينما نسبة استهلاك اجليكوز الدم فقط نسبة 30% فقط وكلما زادت فترة دوام العمل العضلي بهذه الشدة يمكن أن يستنفد مخزون الجليكوجين الكبد والعضلة في نفس الوقت ، في حين كلما انخفضت شدة الحمل وزادت فترة دوامه اتجه الجسم الى استخدام جليكوجين الموجود في العضلة والكبد بنسبة تصل الى 40-50% منه خلال الدقائق الأولى أما بقية الطاقة تأتي من الدهون ومع استمرار أداء المجهود البدني مخزون الجليكوجين يقل ويصبح الدهون مع الجليكوز الدم هو المصدر الاسي للطاقة وبع 90 دقيقة من النشاط البدني كمية جليكوز الدم يصبح في أدني قيمة له في الدم hypoglycémie حيث يقارب تركيزه 45مليغرام لكل 100مللتر دم $45mg.Ml^{-1}$.

2-4- نظام التعبئة الجليكوجينية (التحميل بالكربوهيدرات):

وفقا لما أوصت به نتائج دراسات عدد كبير من الباحثين،يستخدم أخصائيو التغذية والمدربون طريقة غذائية مهمة بالنسبة للاعبي التحمل،تركز تكثيف تناول اللاعب للكاربوهيدرات وإستخدام نظاما معينا لتركيز الجليكوجين وتخزينه في الكبد والعضلات بكميات كبيرة قبل المنافسة للإستفادة من ذلك أثناء سباقات التحمل وخلال دراسة أنجزت تكونت من ثلاثة عينات من الرياضيين حيث تم اعطاء العينة الأول غداء عادي (Normale)خلال ثلاثة أيام ، المجموعة الثانية تناولت غذاء فقير من الكربوهيدرات 5% ولكن غني من الدهون(Hypoglucidique) فقط كذلك لمدة ثلاثة أيام ، أما المجموعة الثالثة أعطيت لها غذاء غني من الكربوهيدرات 82% (Hyperglucidique) مدة ثلاثة أيام ، بعده تم تطبيق

تمرين بدني على الدراجة اللأرجومترية حتى مرحلة الأستنزاف (التعب) وفي كل نقوم بعملية أخد عينة من العضلة الرباعية ومعايرة تركيز الجليكوجين بالغرام لكل 100 غرام من وزن العضلة النتائج المتوصل اليها كانت كالتالي: نتائج هذه بالدراسة نلخصها في المنحنى البياني التالي:



من خلال هذا المنحنى يتضح لنا مايلي:

بالنسبة للعينة التي تناولت غذاء يحتوي على كمية عادية من الكربوهيدرات ومع تمرين بدني منخفض استطاعت أن تستمر بالشغل البدني الى غاية 114 دقيقة ، في حين العينة التي تناولت غذاء فقير من الكربوهيدرات وغني بالدهون استمرت لمدة 57 دقيقة فقط ، أما العينة التي تناولت غداء غني بالكربوهيدرات استطاعت أن تحافظ على استمرار الداء ثلاثة مرات أكثر من العينة الثانية.

وعليه يمكن ان نستنتج أن عملية تحميل بالكربوهيدرات تزيد من المخزون الطاقوي للجليكوجين في العضلة والكبد حيث يستطيع الرياضي من المحافظة على مستوى عال من الفعالية خلال الحمل البدني ذات الشدة العالية والحمل البدني الأقل من الأقصى ولمدة فترة زمنية طويلة.

ويتضح تأثير إستخدام نظام التعبئة الجليكوجينية خلال النصف الثاني أو خلال الربع الأخير من سباقات الماراثون أو سباقات دراجات الطريق وكذا سباقات

القوارب والتجديف لمسافات طويلة حيث يستفيد الجسم من حجم الجليوكجين المخزون مما يدعم كفاءة استمرار اللاعب في مواصلة الجهد وإحراز التفوق في مثل هذه السباقات .

وبصفة عامة لا يفضل تناول الكربوهيدرات قبل الإشتراك في المنافسات التي يقل زمن أدائها عن 40د، حيث لن يتم الإستفادة من تناولها قبل امتصاصها بالدم وإتمام عمليات التمثيل الغذائي الخاص بها،وتحتاج هذه العمليات إلى فترة من الوقت.كما يمكن أن تفيد الكربوهيدرات لا عبي سباقات التحمل التي تستمر لمدة طويلة كالمراثون وإختراق الضاحية وإذا تم إستخدامها قبل النشاط البدني مباشرة.

في حالة الجو الحار يحتاج الجسم الى الماء بشكل أكبر من حاجته الى الكربوهيدرات ،لذا يفضل إعطاء الكربوهيدرات في شكل محلول نسبة تركيزه 5%(5غرمات سكر لكل 100مللتر ماء) بينما يمكن زيادة تركيز المحلول بالسكر في حالة الجو البارد لتصل إلى 20% وينبغي ألا تزيد النسبة عن ذلك تؤثر سلبيا في عملية الإمتصاص أو تحدث بعض الإرتباك في المعدة والأمعاء.

3 -الدهون:Les lipides

تعتبر الدهون المصدر الثاني من مصادر الطاقة في الجسم بعد المواد الكربوهيدرية، وتتكون الدهون من سلاسل من الكربون تحتوي على أربع ذرات منها أو على عشرين ذرة على الأكثر والدهون لها نفس تركيب الكربوهيدرات إلا أن عدد الروابط التي تربط ذرات الهيدروجين مع الأكسجين تكون أكثر فمثلا في الكربوهيدرات الربابطة H : O هي 2 :1 في حين نجده في حمض الستريك C57H110O6 18 :1، لا تدوب الدهون عادة في الماء ولكنها تنتشر في بروتوبلازم الخلايا على هيئة قطرات صغيرة جدا، وقد يذوب بعضها في سوائل الخلية عند اتحاده بجزيئات أخرى تربطها بالماء،والدهون تحمل كذلك بعض الفيتامينات التي تذوب فيها وهي تسهل امتصاصها في الجسم.

تتكون الدهون الطبيعية أساسا من الغليسرول glycérole والأحماض الدهنية acide gras وتعرف بعض الأحماض الدهنية بالأحماض الدهنية الأساسية وهي ضرورية في نمو الجسم والمحافظة عليه، إذ لا يملك الجسم أن يصنع أحماضاً دهنية أساسية مما يستدعي وجودها في الغذاء، حيث تكون الأحماض الدهنية الأساسية الوحدات البنائية للأغشية التي تُكَّون الحواف الخارجية في أية خلية من خلايا الجسم و جزءاً رئيسياً من أغشية الشبكية أي الجزء من العين الذي يحول الضوء إلى نبض عصبي، وكما نجده في المشابك التي تمثل نقاط الالتقاء بين الخلايا العصبية وما يطلق عليه غمد شوان.

3-1- تصنيف الدهون:

هناك عدت تصنيفات للدهون، حيث يمكن تصنيفها حسب مصدرها أو حسب قطبيتها أو تعادلها أو حسب تركيبها الكيميائي إلى عدة أصناف، ونورد في مايلي التصنيف الأكثر شيوعا وهو التصنيف حسب التركيب الكيميائي :

1 - الدهون البسيطة :Lipides simples

الجليسيريدات الثلاثية :Triglycérides هي الأسترات الثلاثية المتكونة من اتحاد كحول ثلاثي الوظيفة جليسيرول وأحماض دهنية قد تكون نفسها(R1 =R2=R3) ، وتسمى في هذه الحالة بالجليسيريدات المتجانسة مثل ثلاثي الاوليين ؛ أو تكون مختلفة أي غير متجانسة عند احتوائها على نوعين أو ثلاثة أنواع من الأحماض الدهنية، والجليسيريدات الثلاثية هو الشكل السائد في الطبيعة برغم من وجود الكليسيريدات الأحادية والثنائية.ويطلق عليها حمض لإحتوائها على الحمض العضوي في تركيبها العضوي (COOH)

كما نجد ضمن الدهون البيسطة الشموع cires

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

2 -الدهون المركبة :Lipides complexes

الدهون المركبة فهي عبارة عن دهون بسيطة مرتبطة مع جزء غير دهني، ومن أهم الدهون المركبة الفوسفوليبيدات phospholipides التي تحتوي على جزيء من حمض الفوسفوريك ومن الدهون المركبة أيضا الدهون السكرية (Glycolipides) التي تحتوي على جزء من الكربوهيدرات والدهون البروتينية (Lipoprotéines) التي تحتوي على البروتينات .

3 -الدهون المشتقة:Lipides dérivés

عبارة عن نواتج تحلل الدهون وتشمل الأحماض الدهنية الطليقة الكحولات طويلة السلسلة أو الحلقية التي من أمثلتها الستيرولات وفيتامين A والكاروتينويدات كما تلحق بهذه المجموعة الفيتامينات الذائبة هي الدهون (K. D. H) والجدول التالي يوضح التصنيف العام للدهون حسب تركيبها الكيميائي

Types de lipides	Exemple
1. Lipides simples	
Graisses neutres	Triglycérides (triacylglycérole)
cires	Cire d'abeille
2. Lipides complexes	
Phospholipides	Lécithine,céphaline,lipositol
Glycolipides	Cérébrosides,gangliosides
Lipoprotéines	Chylomiicrons,VLDL,LDL,HDL
3. Lipides dérivés	
Acides gras	Acide palmitique acide oléique acide stéarique acide linoléique
Stéroïdes	Cholestérole, ergostérole Cortisole, acides biliares, Vitamine D ,oetrogènes, Progéstérone,androgènes
Hydrocarbones	Terpènes

3-2- دور الدهون في الجسم:

يمكن أن ينتج واحد غرام من من الدهون 9 كليلوكلوري ويمكن لها أن تشكل من 60 % من الطاقة الأساسية خلال أداء تمرين بدني منخفض الشدة الى

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

متوسط ولفترة زمنية طويلة إذا استمر زمن الأداء الرياضي أكثر من ساعة حيث يسود النظام الهوائي في انتاج الطاقة ،مصدر الطاقة يكون الأحماض الدهنية المحررة من مخزون الجليسيريدات الثلاثيةTriglycérides في العضلة .

4 -البروتينات والجهد البدني: protéines

تتحول المواد البروتينية بعد عمليات الهضم الى احماض أمينية صالحة للإمتصاص والتمثيل الغذائي داخل الجسم ،وهي تتضمن 20 نوع ،ثمانية منها تسمى الأحماض الأمينية الأساسية التي تستلزم أن يتناولها الشخص بشكل مباشر في غذائه وبقية الأنواع الأخرى تسمى الأحماض الأمينية غير الأساسية ويقوم الجسم بصنعها تلقائيا من المواد الغذائية الأخرى ،ويعطي 1غ من المواد البروتينية مقدار من الطاقة حوالي 4,1سعر حراري.

ويحتاج الإنسان العادي الى 1غ من البروتين يوميا لكل 1كغ من وزن الجسم،بينما يحتاج الرياضيين كمية أكبر تتراوح ما بين 1غ - 1,5غ لكل 1كغ من وزن الشخص يوميا.

ولا يحتاج الرياضي الى البروتين كمصدر لإنتاج الطاقة أثناء الجهد البدني حيث أن وظيفة البروتين الأساسية هي البناء ولا تزيد فاعلية البروتين في انتاج الطاقة لأكثر من 1-2 % أثناء الجهد البدني الذي يستمر لفترة طويلة ،واستهلاك البروتين كمصدر لإنتاج الطاقة يؤثر سلبا في البنية الأساسية للجسم لذا ينصح بأن يتناول اللاعب كمية كافية من الكربوهيدرات مما يساعد على احتفاظ الجسم بالبروتين للقيام بوظيفته،وتزداد أهمية تناول البروتين خلال فترة الإستشفاء عقب الجهد البدني لتعويض التالف من الأنسجة خلال المجهودات الشاقة وبناءا عليه فإنه ليس من الضروري تناول البروتينات قبل الأداء حيث أن الأهم منه في هذه الحالة هو زيادة تناول الكربوهيدرات.

5 -الكربوهيدرات والدهون والبروتينات كمصدر للطاقة:

عند قيام الرياضي بمجهود ما فإن الطاقة اللازمة للإنقباض تأتي من مركبين مختزنين في العضلة ومستعدان للإستخدام هذان المركبان هما ثلاثي أدينوزين الفوسفات ATP وكرياتين الفوسفات CP وهذان المصدران يستمران حتى 10توان الأولى من بداية المجهود البدني،وبعدها تبدأ العضلة في استخدام الجليكوجين لإنتاج مزيد من ATP وفي هذا الوقت تقريبا وأثناء عملية تكسير الجليكوجين ينتج مركب ثانوي هو حامض اللاكتيك ويبدأ في الظهور فى خلايا العضلة ولسوء الحظ فإن النواتج الحمضية يمكنها أن تحد من إنتاج الطاقة، وبالرغم من أن الرأتين والقلب يزيدان من انتاجهما تدريجيا الا أن الأمر يستغرق حوالي دقيقتين حتى تحصل العضلات العاملة على احتياجاتها من الأكسجين وعندها فقط يمكن للألياف العضلية انتاج الطاقة بكفاءة ،ومع استمرار المجهود البدني فإن نسبة استخدام الكربوهيدرات إلى الدهون تتغير وفقا لشدة التمرينات ،فعندما تزيد السرعة أو عند التدريب بأوزان ثقيلة بشدة متوسطة يستخدم الجسم نسبة أكبر من الكربوهيدرات ،ولكن عندما تقل السرعة أو عند التدريب بالأثقال بشدة منخفضة فإن الجسم يستخدم نسبة أقل من الكربوهيدرات وعندما يتدرب اللاعب بسرعة قصوى أو عند التدريب بالأثقال بشدة عالية فإن العضلات تتحول تماما للكربوهيدرات لإنتاج الطاقة، وعند الاستمرار في التدريب فإن جليكوجين العضلة يتناقص كمورد للطاقة ،ويبدأ الجسم في استخدام مصدر جديد من الكربوهيدرات هذا المصدر هو جلوكوز الدم(سكر الدم) وهذا المصدر يستمر لفترة ولكنه محدود كما أنه مطلوب لأن الجهاز العصبي يحتاجه مما يتطلب استخدام مخزون الكربوهيدرات في الكبد، وبعد أن ينفذ لا يتبقى سوى مصدر الدهون، والدهون بالرغم من أنها المصادر الغنية بالطاقة إلا أنها لا يمكنها إنتاج طاقة بسرعة كافية ،ولهذا فإن الرياضي يمكنه المشي أو الجري البطيء بإستخدام

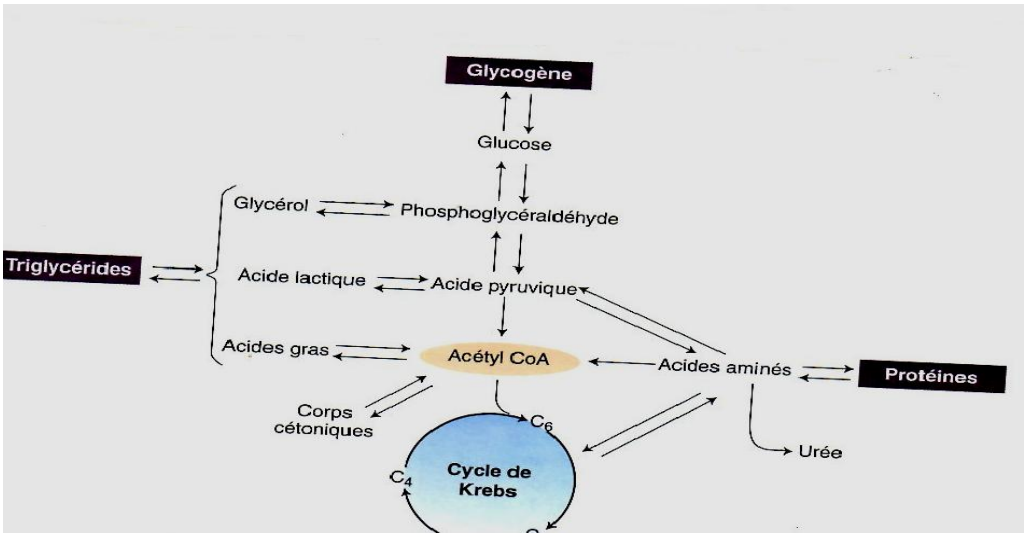
الدهون ولكنه لا يستطيع العدو السريع أو أداء تمرينات بالأثقال بشدة عالية ،ولكن نتساءل ماذا عن البروتين كمصدر للطاقة؟ والبروتين لا يستخدم كثيرا كوقود إلا إذا كان اللاعب يستخدم وجبات ذات سعرات حرارية منخفضة فالجسم يعمل على استخدام مصادر الطاقة الأخرى ويحتفظ بالبروتين لتجديد الأنسجة والأنزيمات والمكونات الهامة الأخرى .

المخطط التالي يبنملتقى اشتراك كل من البرتينات والدهون والكربوهيدرات حين يتخذ كل منهما مسار لتفكيك جزيئاته وفي الأخير يلتقيان في مركب يطلق عليه Acétyle CoA بعدها يصبح لهما نفس المسار ثم حلقة كرابس.

وبصفة عامة الكربوهيدرات كمصدر للطاقة تفضل عن الدهون خلال المجهود البدني على الرغم من إنتاج الدهون لكمية أكبر من الطاقة ويرجع ذلك إلى سببين أساسيين هما:

1 -تميز الكاربوهيدرات بسرعة إنتاج الطاقة عن الدهون.

2 -إحتياج الكربوهيدرات على كمية أقل من الأكسجين في إنتاج الطاقة.



6 -الماء وأهميته في أداء الجهد البدني:

يعتبر الماء أحد المكونات االأساسية لأنسجة الجسم حيث تبلغ نسبته حوالي 50-65%من وزن الجسم،ويقوم الماء بدوره الهام بإعتباره السائل الذي يشتمل على

الكثير من المواد الكيميائية اللازمة للجسم،وعند التدريب في الجو الحار يزداد معدل افراز العرق للتخلص من الحرارة الزائدة بالجسم،كما يزداد إفراز العرق من خلال المباريات، وخاصة عند ارتفاع درجة الحرارة الجو مع ارتفاع نسبة الرطوبة، ويحتاج الجسم إلى حوالي 23-36 ساعة لتعويض الماء المفقود اللذي يؤدي الى نقص ما بين 4-7.5 %من وزن الجسم.

ويؤدي فقد الماء من الجسم عن طريق العرق دون تعويضه الى اختلال التوازن المائي بالجسم ،مما يؤدي الى أضرار كثيرة مثل سرعة التعب والإجهاد وإصابات الحرارة، وإذا فقد اللاعب نسبة في حدود 4-5%من وزن جسمه عم طريق الماء فإن ذلك سوف يؤثر سلبا في أدائه لأنشطة التحمل بنسبة 20-30% وتؤدي الزيادة الكبيرة لفقد الماء بالجسم إلى جفاف الأنسجة وقد تصل الحالة إلى الوفاة ،و لا يعتبر الإحساس بالعطش هو المؤشر لحاجة الجسم إلى الماء إذ أن فقدان السوائل يكون قد بدأ بالفعل قبل إحساس اللاعب للعطش،وفي حالة التمرين الشديد وظروف الحرارة العالية عادة ما يتجاوز فقدان الماء المعدل الذي يمتص منه الجسم،ولذا ينصح كإجراء وقائي بأن يتناول اللاعب الماء حتى وإن كان لا يشعر بالعطش خلال الأداء في الأجواء الحارة.

7 -الفيتامينات:les vitamines

الفيتامينات عبارة عن مجموعة من المركبات الكيميائية التي يحتاج إليها الجسم بمقادير محددة، فإذا قل مقدار ما يحصل عليه الجسم منها أو زاد عن المعدل المحدد أصيب الجسم بالضرر.

تلعب الفيتامينات دوراً فاعلاً في الجسم، فهي المسئولة عن تحويل الغذاء الداخل للجسم إلى طاقة، ويختص كل نوع من الفيتامينات بوظائف محددة ولا يمكن أن يحل محله أي فيتامين آخر كما أنّ النقص الذي يحصل في أي نوع من الأنواع يؤدي إلى الإضرار ببقية الفيتامينات وقد يعيق عمل بعضها ويسبب الأمراض للجسم.

8- أنواع الفيتامينات:

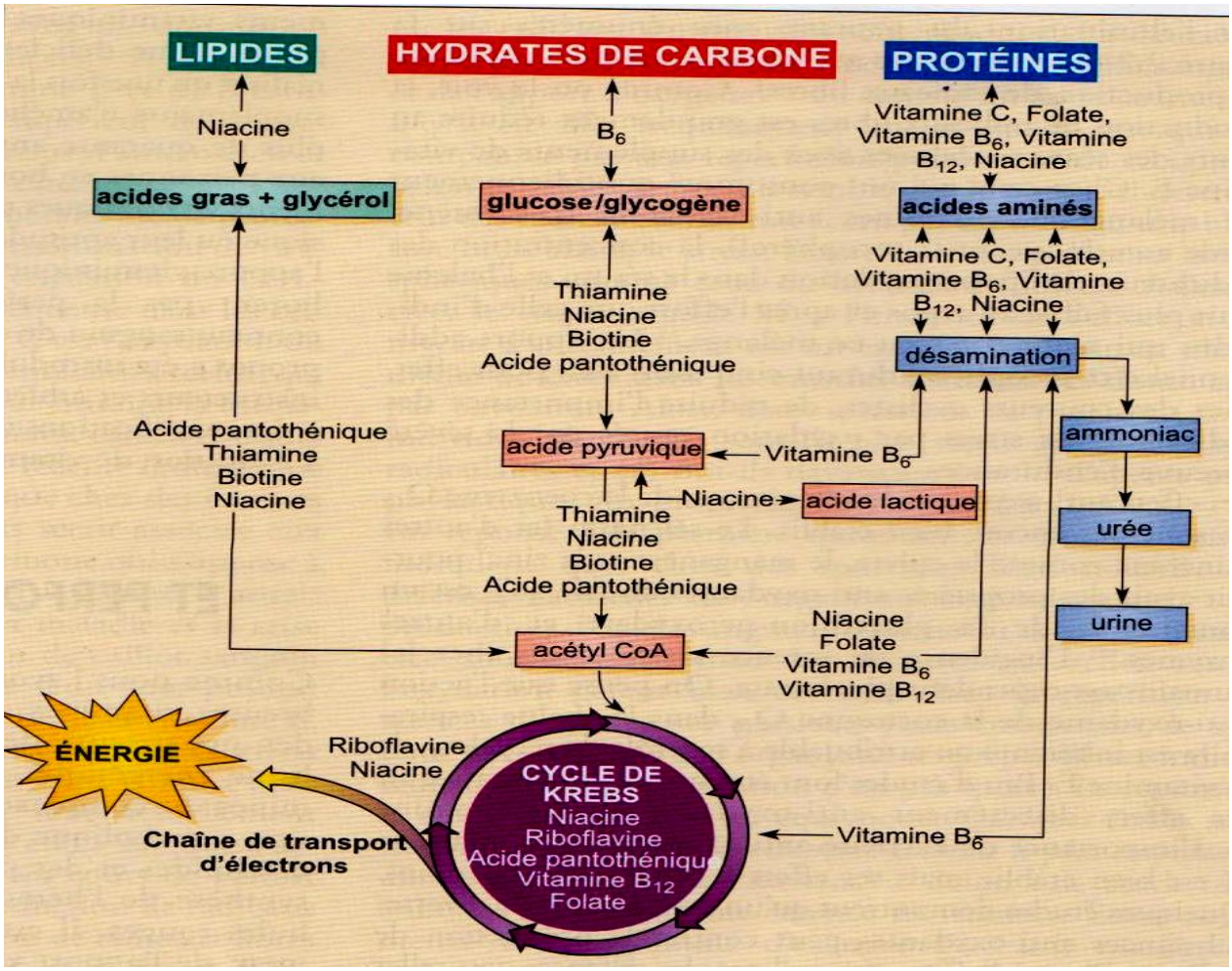
استطاع العلماء اكتشاف ثلاثة عشر نوعاً من الفيتامينات والتي تنقسم إلى مجموعتين:

1 -**الفيتامينات الذائبة في الماء vitamines Hydrosolbles:** وهي الفيتامينات التي لا يمكن للجسم تخزينها، فهي تذوب في الماء، وتفرز بسهولة من الجسم، لذلك عليه تعويضها باستمرار من خلال الغذاء، والمكملات الغذائية، وهي: فيتامين

ب المركب، وفيتامين ج.

2- الفيتامينات الذائبة في الدهون vitamines Liposolubles:

وهي الفيتامينات التي يمكن للجسم تخزينها داخل الدهون لمدة تصل إلى ستة أشهر حيث تمتصها الأمعاء، ومنها A، D، E،K.



د.لوح هشام
د. عسلي حسين

الفصل الرابع
قياس التمثيل الغذائي
(الكالوريمتري)

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

1 -قياس التمثيل الغذائي(الكالوريمترية):

يقوم الجسم بإستهلاك الطاقة بصفة مستمرة طوال الحياة،حيث تصرف الطاقة على مختلف الأنشطة الوظيفية في الجسم وعلى أداء الشغل الخارجي ودرجة حرارة الجسم ومعنى هذا استمرار الحياة لا تتم الا بإستمرارية استكمال مصادر الطاقة في الجسم عن طريق الغذاء،ويطلق على العلاقة بين كمية الطاقة التي يحصل عليها الجسم وما يستهلكه من هذه الطاقة مصطلح التوازن الطاقي فإذا زادت كمية الغذاء تختزن مصادر الطاقة في الجسم وفي حالة عدم كفاية الطعام فإنها تقل.

2 -طرق قياس استهلاك الطاقة:

من المعروف أن التمثيل الغذائي لانتاج الطاقة في الجسم يقاس بالكالوريمتري ويعتبر الكيلوكلوري(Kcal) الوحدة الأساسية لها ويتحدد ذلك بواسطة ثلاثة طرق:

1 -قياس الحرارة الناتجة عن الجسم(القياس الكالوري متري المباشر).

2 -قياس استهلاك الجسم للأكسجين وتخلصه من ثاني أكسيد الكربون.

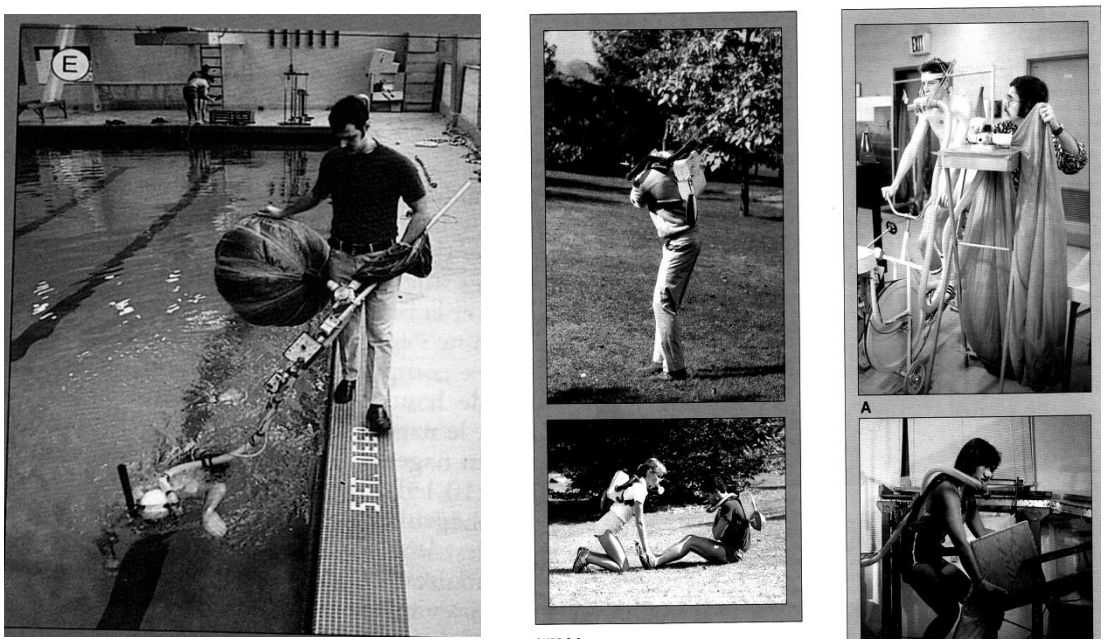
3 -تحديد السعرات الحرارية للمواد الغذائية التي يتناولها الإنسان (القياس الكالوري المتري للعناصر الغذائية).

2-1- قياس الطاقة بالطريقة الغير المباشرة:

وقد بدأ استخدام الطرقة المباشرة لقياس الطاقة على الحيوانات في نهاية القرن السابع عشر، وبدا استخدامها لأول مرة مع الإنسان في نهاية القرن التاسع عشرة ويستخدم ذلك حجرة محكمة الغلق لها حوائط مزدوجة لمنع تسرب الحرارة وبها مواسير يمر بها الماء حيث تقوم الحرارة الناتجة من الإنسان أو الحيوان برفع درجة حرارة الماء ودرجة حرارته يمكن تحديد كمية الحرارة التي خرجت من الإنسان،وتعتبر هذه الطريقة من أدق طرق القياس استهلاك الطاقة الا أنها تحتاج الى وقت طويل من الملاحظة ويصعب استخدامها عمليا في الأنشطة المهنية أو الرياضية للإنسان.

2-2- قياس الطاقة بالطريقة الغير المباشرة:

تعتبر هذه الطريقة التنفسية الغير المباشرة لقياس الطاقة أكثر سهولة من طريقة قياس الحرارة،وقد استخدمت في البداية على الحيوانات في نهاية القرن السابع عشر ثم بعد ذلك انتشر استخدامها في دراسات استهلاك الطاقة في الظروف المهنية والأنشطة الرياضية.



وقد ساعد في قياس الطاقة عن طريق قياس الاستهلاك الأكسجيني بعد اختراع السبيرومتر المتنقل بعد الحرب العالمية الثانية حيث من خلاله تمكن العلماء من قياس نسبة الأكسجين المستهلكة ونسبة أكسيد الكربون المطروحة كمؤشر عن كمية الطاقة المستهلكة. (أنظر الصور أعلاه)

ويعد استخدام التحليل الكيميائي لهواء الزفير بواسطة السبيرومتر لتحديد مقادير مكوناته وبذلك يتم تحديد الأكسجين المستهلك وثاني أكسيد الكاربون الخارج وبناءا عليه يمكن حساب الطاقة المستهلكة بالكيلوكلوري.

ومن المعروف أن الجسم إذا استهلك طاقة أكبر احتاج الى استهلاك O2 واخراج CO2 بدرجة أكبر ولذا فإنه يمكن الحكم على مقدار الطاقة المستهلكة هنا ليس

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

بمقدار الحرارة كما في الطريقة المباشرة ولكن بمقدار استهلاك O2 وخروج CO2 حيث يؤدي اللتر الواحد من O2 إلى أكسدة مقدار معين من مواد الطاقة بالجسم وبناء على ذلك تتحرر كمية كبيرة من الطاقة ترجع الى مدى ما يمكن أن ينتجه اللتر الواحد من O2 من نوع معين من مصادر الطاقة فمثلا يحتاج أكسدة 1غ من الكربوهيدرات 0.8 لتر من O2 ويتحرر مقابل ذلك 4.1 Kcal وبناءا على ذلك 1لتر من O2 يستطيع أكسدة 1.26غ من الكاربوهيدرات للحصول على 5.05 Kcal ،وتختلف هذه العلاقة عند أكسدة الدهون حيث يستطيع 1 لتر من O2 أكسدة 0.5 غ من الدهون وعند ذلك يتحرر 4.7 Kcal.

ويطلق على كمية الطاقة التي تتحرر نتيجة استخدام 1لتر من O2 التعادل الكالوري وهو عند أكسدة الكاربوهيدرات يبلغ 5.05 Kcal وعند أكسدة الدهون 4.7 Kcal وعند أكسدة البروتنينات يتحرر 4.85 Kcal ، وعادة ما يتم أكسدة خليط من المواد الغذائية في الجسم ولذلك فإن التعادل الكالوري عادة يتراوح ما بين 4.7 و 5.05 سعر حراري ،ومع زيادة الإعتماد على الكاربوهيدرات يرتفع التعادل الكالوي، بينما ينخفض فى حالة الإعتماد على الدهون بمعنى أن الدهون تحتاج الى قدر أكبر من O2.

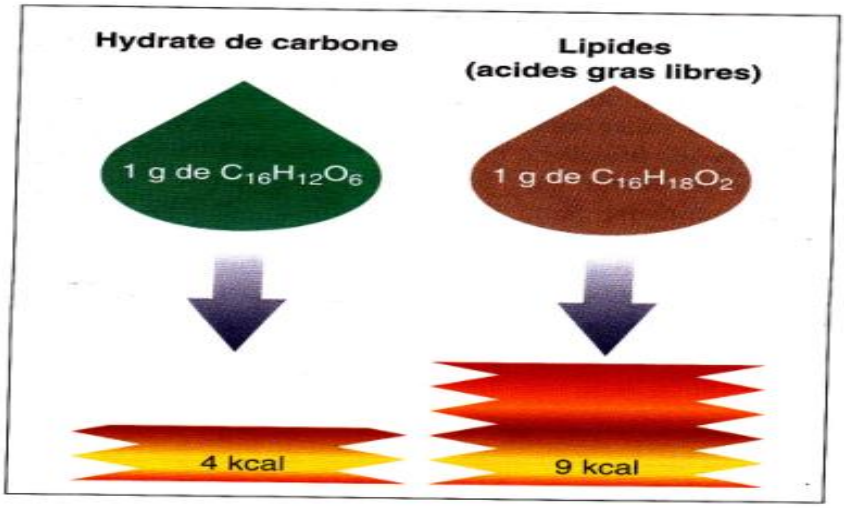


Figure 4.1 : Valeur énergétique d'1 g d'hydrates de carbone et d'1 g de lipides. 1 g de lipides produit 2,25 fois plus d'énergie qu'1 g d'hydrates de carbone. Il nécessite également plus d'oxygène.

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

3- تحديد السعرات الحرارية للمواد الغذائية التي يتناولها الإنسان (القياس الكالوري المتري للعناصر الغذائية):

في هذه الطريقة يتم تقدير الطاقة سلفا من خلال تحليل الغداء وما يحتويه من مواد كربوهيدرية ودهون والبرتينات وبتطبيق المعادلات السابقة الذكر يمكن معرفة كمية الطاقة. مثلا 100 غرام من الكريمة يتم استنتاج كمية الطاقة التي يشكله في الجدول التالي:

Composition			
Aliment : crème glacée vanille Masse : 100g	protéines	Lipides	Hydrate de carbone
Pourcentage Quantité totale en g Quantité par g Energie par g (kcal)	4% 4 0 .04g 0.16	13% 13 0.13g 1.17	21% 21 0.21g 0.84
(0.04☒4.0)+(0.13☒9.0)+(0.21☒4.0) Contenu énergétique par g : 0.16+1.17+0.84 = 2.17 Kcal Contenu énergétique par 100 g : 2.17 ☒ 100 = 217 Kcal			

حيث يتم تقدير الطاقة كما يلي:

البروتينات :

النسبة المئوية للبروتين هي 4% والتعادل الكالوري له هو Kcal4 وعلية كمية الطاقة من البروتين يتم حسابها كالتالي:

$$4 \times 0.04 (\%4) = 0.16 \text{ Kcal}$$

الدهون:

النسبة المئوية للدهون هي 13% والتعادل الكالوري له هو Kcal 9 وعلية كمية الطاقة من الدهون يتم حسابها كالتالي:

$$9 \times 0.13 (\%13) = 1.17 \text{ Kcal}$$

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

الكربوهيدرات:

النسبة المئوية للكربوهيدرات هي 21% والتعادل الكالوري له هو 4 Kcal وعلية كمية الطاقة من الكربوهيدرات يتم حسابها كالتالي:

$$9 \times 0.13 (\%13) = 1.17 \text{ Kcal}$$

وعليه كمية الطاقة لواحد غرام من الكريمة هي :

Contenu énergétique par g : 0.16+1.17+0.84 = 2.17 Kcal

والبنسبة ل100 غرام هي :

Contenu énergétique par 100 g : 2.17 ☒ 100 = 217 Kcal

4 -المعامل اللتنفسي الكالوري: Le quotient respiratoire

يمكن الحكم على مقدار التعادل الكالوري بمعرفة مقدار معامل التنفس وهو نسبة حجم CO2 المطروح على حجمO2 المستهلك ويرمز له بالرمز QR حيث :

$QR = VCO_2 / VO_2$ وهذا المقدار مرتبط بمكونات المواد التي تم أكسدتها.

فمثلا **الجلوكوز :(C6H12O6)**

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + 38\ ATP$$

معامل التنفسي للجلوكوز يتم حسابه على الشكل التالي:

$QR = VCO_2 / VO_2 = 6/6 = 1.0$

- حمض البالمتيك $(C_{15}H_{31}COOH)$ l'acide palmitate

$$C_{15}H_{31}COOH + 23\ O_2 \longrightarrow 16\ CO_2 + 16H_2O + 129\ ATP$$

معامل التنفسي للدهون يتم حسابه على الشكل التالي:

QR : VCO2 / V02: 16CO2/23O2 = o,7o

والجدول التالي يوضح ممعامل التنفسي حسب النسبة المئوية لكل من الكربوهيدرات والدهون وكمية الطاقة معبر عنها بالـ $Kcal.L^{-1}$ O_2

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

QR	Énergie	% kcal	
	kcal.L^{-1} O_2	hydrates de carbone	lipides
0,71	4,69	0	100
0,75	4,74	15,6	84,4
0,80	4,80	33,4	66,6
0,85	4,86	50,7	49,3
0,90	4,92	67,5	32,5
0,95	4,99	84,0	16,0
1,00	5,05	100	0

حيث أنه معامل التنفسي محصور بين 1و0.7 فعند الواحد يعني أن المصدر الأساسي للطاقة هو الكربوهيدرات حيث التعادل الكالوري يكون 5.05 Kcal.L^{-1} O_2 بينما عند 0.7 فالمصدر الأساسي للطاقة هو الدهون والتعادل الكالوري هو 4.69 Kcal.L^{-1} O_2 .

ولتوضيح ذلك نفترض أن التهوية الرئوية أثناء ممارسة النشاط الرياضي بلغت 70 لتر ويحتوي هواء الزفير على 16.31% أكسجين و 4.35% ثاني أكسيد الكربون وبالتالي فإن الجسم يكون قد استهلك 4.59% O2 وهو ناتج(20.9% هو نسبة O2 في الهواء الجوي - 16.31% في هواء الزفير= 4.59%) ويتم حساب CO2 من الأكسدة أيضا بخصم CO2 في الهواء الجوي 0.03% من CO2 في هواء الزفير4.35% فيكون الناتج هو 4.32% .

وعند تحويل هذه المقادير الى المليلتر فإن حجم الأكسجين يبلغ 3200 مللتر وثاني أكسيد الكربون يبلغ 3020مللتر وبتطبيق المعادلة لإستخراد معامل التنفس بقسمة مقدار **QR = VCO2 / VO2** في هذه الحالة هو 0.95 وهذ الرقم لمعامل التنفس يقابله في الجدول 4.99 Kcal لـ1لتر من O2 في عدد اللترات المستهلكة لهذا الشخص في الدقيقة وهو 3.2لتر وهي تساوي 15.93 Kcal في الدقيقة وبناءا على ذلك فليس من الصعب حساب الإستهلاك الكلي للطاقة في حالة معرفة الزمن الكلي لإستمرار العمل البدني.

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

4- المردود الحركي والمصروف الطاقوي:

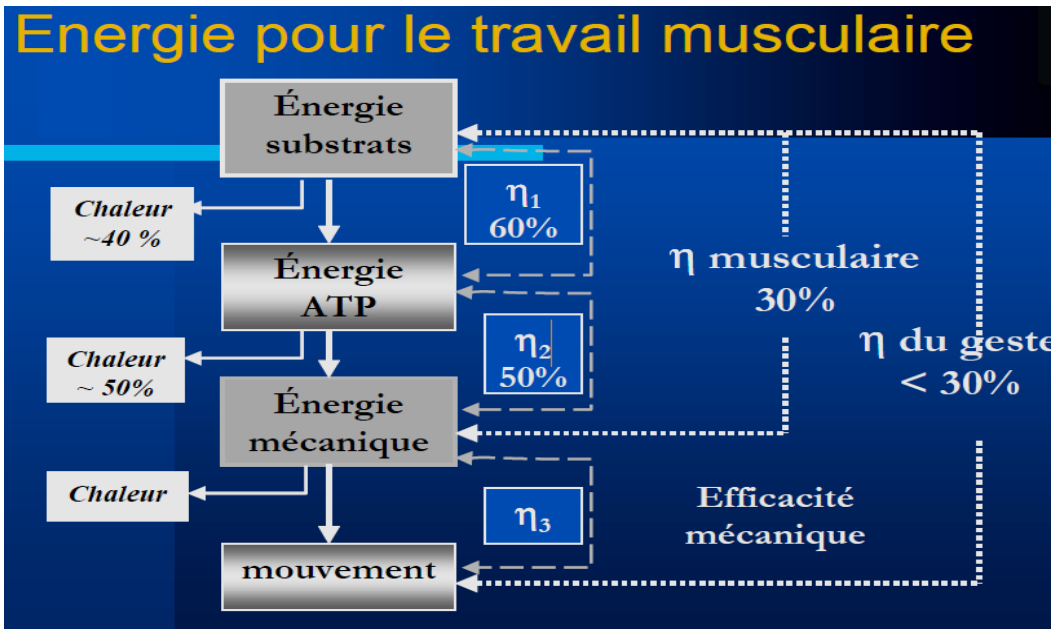
يعتبر من بين أهم المصطلحات الأساسية التي يجب فهمها في فسيولوجيا الجهد البدني ،والمردود الحركي يعكس الطاقة المطلوبة لإنتاج القدرة الميكانيكية (التقلص العضلي) مقارنة مع الطاقة الكامنة المتوفرة خلال الأيض الخلوي.
وعليه يمكن التعبير عن المردود الحركي بالمعادلة التالية:

$$\eta_{Musc}(\%) = \text{Travail mécanique (J)} \ . \ \text{Energie consommée}^{-1}$$

يوجد طريقتين لقياس المردود الحركي إما عن حساب مباشرة كمية الحرارة الناتجة من الربط بين اشغل الميكانيكي وحرارة الجسم نفسه ولكن هذه الطريقة لا يمكن تطبيقها في المجال الرياضي ،علماء الفسيولوجيا الجهد البدني يلجئون الى قياس القدرة الميكانيكية على الدراجة الأرجومترية أما الإستهلاك الأكسجيني فيتم قياسه عن طريق جهاز قياس الغازات، وبإعتبار أن الأكسجين مكافئ طاقوي فهو يعكس مباشرة كمية الطاقة الناتجة لأداء العمل العضلي.
وعليه قدر علماء الفيسيولوجي الجهد البدني أن أكسدة لـ 1 لتر من الأكسجين إذا كان مصدر الطاقة هو الكربوهيدرات هو 21.1كيلوجول ،وإذا كان من الدهون فهو 19.6 كيلوجول .

Un litre d'oxygène consommé correspond à 21.1KJ d'énergie chimique dégradée ,Lorsque des lipides sont oxydés ,Un litre d'oxygène consommé correspond à 19.6 KJ.

د.لوح هشام
د. عسلي حسين



الشكل التالي يوضح المبادئ الأساسية للمردود الحركي بحيث يعكس كمية الطاقة الضائعة على شكل حرارة انطلاقا من الطاقة المحصلة من الغذاء الى غاية التقلص العضلي ومن خلال هذا الشكل يتضح أن ففقدان الطاقة يحدث على مستويين هما:

1 -خلال تركيب الـ ATP بالنظام الهوائي 40% من الطاقة تفقد على شكل حرارة وعليه $\eta_1 = 0,6$.

2 -خلال تفكيك الـ ATP واستعمال الطاقة الناتجة في الشغل الميكانيكي نلاحظ فقد الطاقة ب50% وعليه $\eta_2 = 0,5$.

وعليه فإن كمية الطاقة الكلية المتاحة من خلال التحول من الطاقة الكيميائية الى الطاقة الميكانيكة هي فقط 30% ($\eta_{Musc} = \eta_1 \times \eta_2 = 0,6 \times 0,5 = 0.3$) **وهذة النسبة من الطاقة** 30% في مجال فسيولوجيا الجهد البدني يستثنى منها نسبة 5% تتعلق بالأداء المهاري وتأثير القوى، يبقى فقط ما بين 20- 25% من الطاقة الكلية المتاحة (100%) تستعمل خلال التحول من الطاقة الكيميائية الى الطاقة الميكانيكية(الشغل الميكانيكي) .

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

5- التمثيل الغذائي والتدريب الرياضي:

يحتل التمثيل الغذائي أهمية خاصة نظرا لإرتباطه بإنتاج الطاقة المحركة للعضلات سواء ا كانت هوائية أو لا هوائية ،ويعتبر مقدار الطاقة المنتجة من الوسائل الهامة لتقويم درجة حمل التدريب حيث أن العمل العضلي يرتبط بإستهلاك الطاقة الكيلوكلوري والجدول التالي يبين تصنيف شدة الحمل البدني تبعا لإستهلاك الطاقة بالـ: $Kcal\ .min^{-1}$ ، $L\ .min^{-1}$ ، $mL.kg^{-1}.min^{-1}$ ، METS الرجال والنساء

شدة الحمل	Kcal .min^{-1}) (1	* L .min^{-1}	** mL.kg^{-1}.min^{-1}	METS
الرجال				
المنخفض(léger)	4.9-2.0	0.99-0.40	15.2-6.1	3.9-1.6
معتدل(modéré)	7.4-5.0	1.49-1.00	22.9-15.3	5.9-4.0
مرتفع(intense)	9.9-7.5	1.99-1.50	30.6-23.0	7.9-6.0
مرتفع جدا(très intense)	12.4-10.0	2.49-2.00	38.3-30.7	9.9-8.9
الأقصى(excessif)	12.5-	2.50-	38.4-	10.0-
النساء				
المنخفض(léger)	3.4-1.5	0.69-0.30	12.5-5.4	2.7-1.2
معتدل(modéré)	5.4-3.5	1.09-0.70	19.8-12.6	4.3-2.8
مرتفع(intense)	7.4-5.5	1.49-1.10	27.1-19.9	5.9-4.4
مرتفع جدا(très intense)	9.4-7.5	1.89-1.50	34.4-27.2	7.5-6.0
الأقصىexcessif)	9.5 -	1.90-	34.5-	7.6-

*القيمة المطلقة لـVO_2($L\ .min^{-1}$) تناسب التعادل الكالوري (1L=5Kcal)

** الإستهلاك النسبي لـVO2 ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$) أخذ حسب وزن التالي:الرجال65كغ النساء 55كغ

قيمة METS متعلقة بقيمة الأستهلاك الكسجيني في وقت الراحة

كما هو معلوم في الخلية العضلية لا تستخدم الغذاء مباشرة لإنتاج الطاقة وإنما تستخدم مركب كيميائي غني بالطاقة يطلق عليه الـATP الناتج من عملية التمثيل الأيضي métabolisme

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

6- الأيض الخلوي: Métabolisme

هو مصطلح يشير الى التغيرات الكيميائية (الإستجابة) التي تحدث في الجسم أثناء انتاج الطاقة للشغل أو العمل، فمن المعروف ان الطعام الذي يتناوله الإنسان لا يستخدم مباشرة في انتاج الطاقة ،لكن انتاج الطاقة يحدث نتيجة تجزئة الطعام الذي يتحول الى مكونات كيميائية تكون المصدر المباشر لإنتاج الطاقة مثل **ثلاثي أدينوزين الفسفات adénosine triphosphate (ATP) .**

وهي تشمل عمليتين أساسيتين متعاكستين تدثان بعض الهضم و الإمتصاص هما:

أولا: الأنابوليزم (البناء) ANABOLISME:

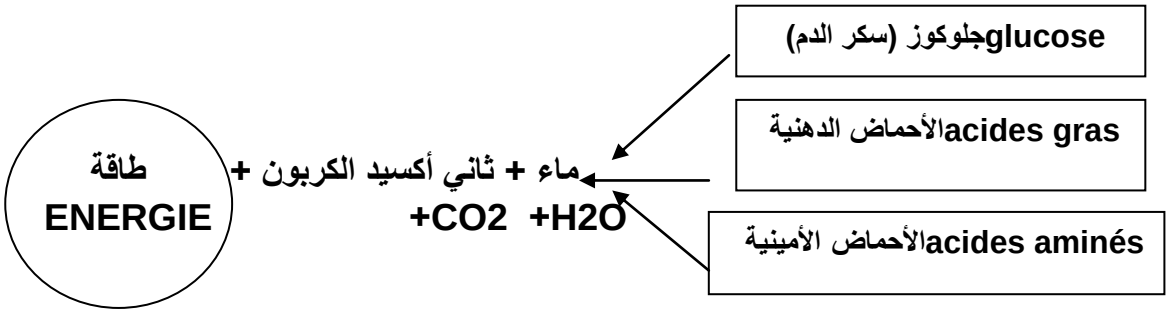
وهي عملية تصنيع أو تخليق المركبات الكيميائية المعقدة من مركبات بسيطة le processus de construction معنى هذا أن عملية الأنابوليزم تشمل التحول الذي يحدث لعناصر الغذاء البسيطة التركيب الى مواد معقدة التركيب تدخل ضمن تركيب الجسم ،وهي تتم كالتالي:

سكر الجلوكوز glucose ←	جلايكوجين يخزن في الكبد والعضلات
الأحماض الدهنية acides gras ←	دهون تخزن تحت الجلد في مناطق مختلفة من الجسم
الأحماض الأمينية acides aminés ←	مواد بروتينية تضاف الى بروتين الجسم

ثانيا: الكتابوليزم CATABOLISME:

ويقصد بها تفكيك أو تحلل المركبا ت الكيميائية المعقدة التركيب الى صور بسيطةprocessus de dégradation مثال ذلك التحلل الكيميائي للدهون والكربوهيدرات لإنتاج الطاقة .

د.لوح هشام
د. عسلي حسين



وعليه يمكن أن نستنتج انمه إذا زادت عملية البناء على عملية الهدم فإن ذلك يسبب زيادة في وزن الجسم ،وإذا حدث العكس ينقص وزن الشخص ،واذا تساوت العمليتين فإن وزن الشخص يبقى ثابتا.

7- تحول الطاقة خلال التفاعلات الكيميائية:

إن المبدأ الأساسي في القياس الكالوريمتري أن الطاقة في الجسم تتحول من صوزرة كيميائية الى صورة ميكانيكيية والعلم الذي يدرس تحول الطاقة في الكائنات الحية يطلق عليه bioénergétique وكل التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الجسم تنقسم الى تفاعلات كيمائية تحرر طاقة نتيجة لتكسر الراوبط الكيميائية بين مركباتها ويطلق عليها **réaction exothermiques** ،هذه الطاقة المحررة تستخدم في تركيب **(synthése)** روابط كيميائية أخرى يطلق عليها **. réaction endothermique**

L'énergie libérée par la réaction éxothermique A ⟶ B peut être utilisée pour assurer la réaction d'un processus endothermique B ⟶ C

تحول الطاقة في الجسم دائما يكون مصحوب بفقد للحرارة يعني الطاقة المتاحة لا تستعمل بنسبة 100% : **A + B ⟶ B + C (+ CHALEUR)**

وكثير ما يحدث في جسم الإنسان يوجد وسيط بين هذين التفاعلين (I):

A + B ⟶ I ⟶ B + C (+ CHALEUR)

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

مثلا الطاقة التي يتم تحريرها من تكسر رابطة كيميائية واحدة ~ بين مجموعات الفوسفات الثلاثة في مركب ATP (exothermiques) وبوجود الماء H2O يتحول الـATP لى(ADP) وفوسفات pi وبرتون H+ وطاقة وفق المعادلة التالية: $ATP + H_2O \longrightarrow ADP + Pi + H^+ + énergie\ (29.3\ KJ.mol^{-1})$

مع العلم أن هذه الطاقة يمكن أن تكون كافية لأجل أداء شغل ميكانيكي (travail musculaire) وجزء مناها يفقد على شكل حرارة . كما أن هذه المعادلة تكون في إتجاهين يعني يمكن تصنيع الـ ATP إنطلاقا من الـADP وPi ولكن يتطلب هذا التصنيع نفس طاقة التي تم تحريرها في تصنيع مركب ATP(29.3 Kj.mol-1) وفق المعادلة التالية : $ADP + Pi + H^+ + énergie \longrightarrow ATP + H_2O$

ماهية مركب ثلاثي أدينوزين الفسفات adénosine triphosphate (ATP) :

عبارة عن مركب كيميائي غني بالمواد الطاقوية وهو أحد مصادر الطاقة المباشرة في الخلايا الحية،وتكمن الطاقة المختزنة في مركب ATP في الروابط الكيمائية التي تربط جزيئات هذا المركب بعضها البعض ،وعند تفكيك هذه الروابط تنطلق طاقة كيميائية كبيرة يستخدمها الجسم أثناء الحاجة.

ويتركب ATP من جزيء أدنين adénine جزيء ريبوزribose والإثنين يسمان الأدينوزين ،ويتحد الأدينوزين مع ثلاث مجموعات الفوسفات trois phosphates بحيث تتكون كل مجموعة من هذه المجموعات الثلاثة من ذرات من الفسفور والأوكسجين (po3) .

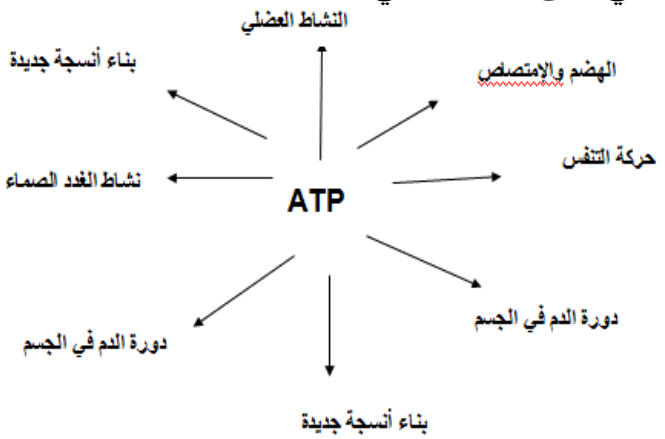
لأدينوزين ـــ م فوسفات ~ م فوسفات ~ م فوسفات ~ ⟵ ثلاثي ادينوزين الفوسفات
طاقة طاقة

ويلاحظ ان كمية الطاقة في ATP توجد مختزنة في الرابطتين الكيميائيتين التي تربط مجاميع الفوسفات مع بعضهما والذي يعبر عنها بالرمز ~ وتسمى كل رابطة فسفورية ذات محتوى عال من الطاقة تعادل **$29.3\ KJ.mol^{-1}$**

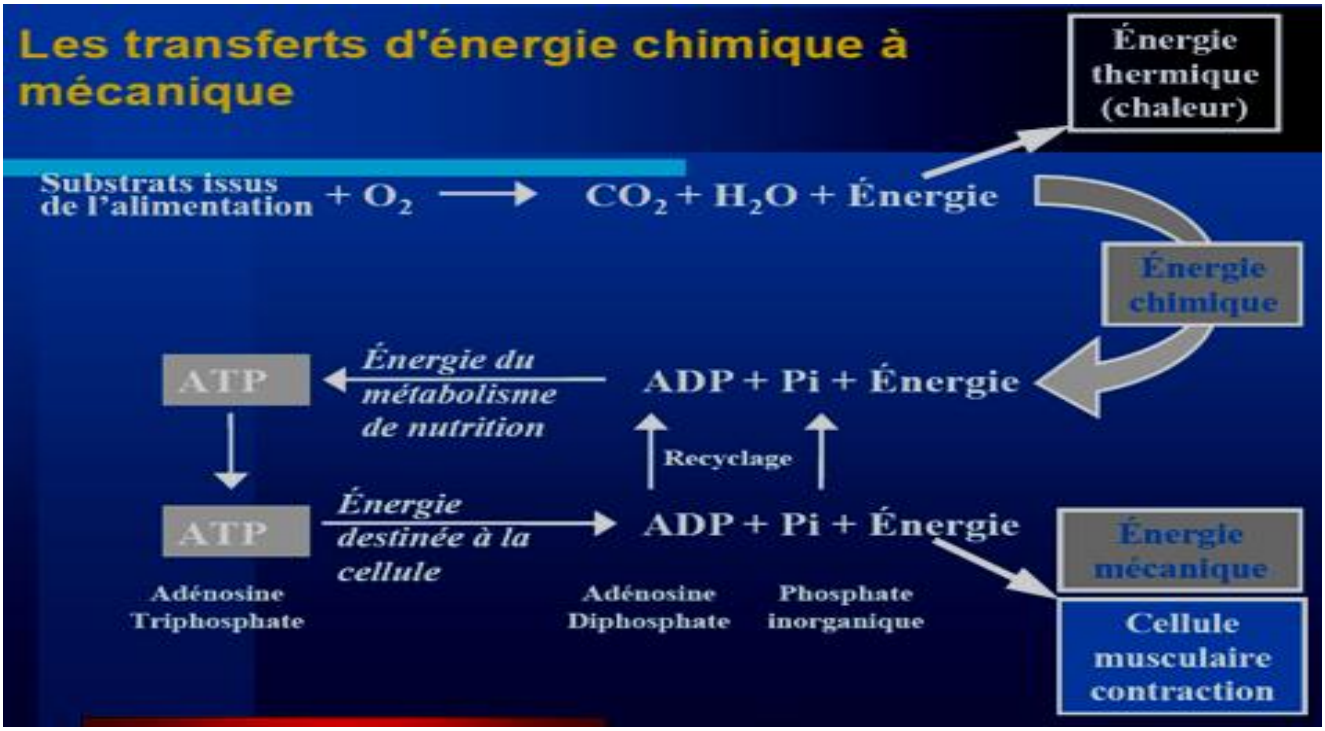
د.لوح هشام
د. عسلي حسين

1 - أهمية ATP كمصدر للطاقة:

يعتبر الATP المصدر المباشر لإنتاج الطاقة في الجسم وهذه الطاقة تستخدم في العمل البيولوجي على النحو التالي:



مخطط تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية :



المخطط أعلاه يلخص ما سبق ذكره حيث أن الطاقة المتحصل عليه عن طريق الغذاء (Substrats issus de l'alimentation) تساهم في إعادة تصنيع الـATP

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

جزء منها يفقد على شكل حرارة ، كما يلاحظ أن الطاقة المحررة من تفكيك هذا الأخير هي التي تستعمل في العمل العضلي .

8- نظم تجديد الـATP في العضلة:

كما هو معروف أن مخزون الـATP في الخلية العضلية قليل جدا يكفي لأداء تمرين بدني لثواني قليلة جدا كالوثب العمودي مثلا ،ومن أجل اعادة تخليق هذا المركب الكيميائي يتطلب وجود مصادر مصادر للطاقة حيث في نفس الوقت الذي يتم في تفكيك هذا المركب يتم تصنيعه حسب متطلبات الجسم وكدا العمل العضلي المطلوب من حيث شدته وفترة دوامه وعدد التكرارات اللازمة لهذا المجهود البني. مثلا أن جزئ من الطاقة التي تتحرر من تكسر رابطة واحدة من مركب الـATP، كافية لأجل تمرين بدني كالوثب العمودي ،لذلك فإن كمية الطاقة الناتجة عنه تكون محدودة جدا ،ومع ذلك فهي تستخدم بصورة مباشرة في النشاط العضلي مثل: مسابقات العدو، أنشطة الوثب، أنشطة الرمي،رفع الأثقال وجميع الأنشطة الرياضية التي يتم فيها حبس النفس أثناء الداء في السباحة أو في رفع الأثقال وعلى الرغم من أن مخزون الـ ATP في العضلات قليل جدا ،إلا أن قيمته الحقيقية تكمن في الآتي :

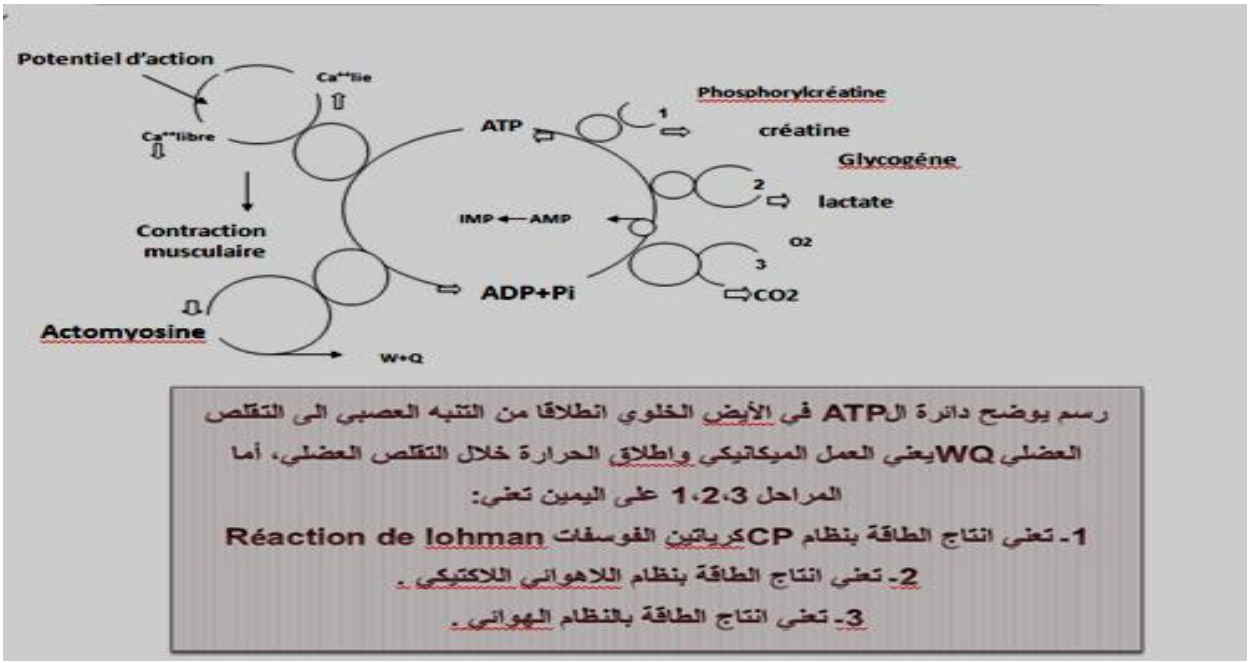
- إنتاج طاقة كبيرة وسريعة.
- لا يحتاج توليد هذه الطاقة إلى أكسجين الهواء الجوي.
- يعتبر من مصادر الطاقة الأساسية في الأنشطة الرياضية التي يستغرق أداءها ثواني قليلة .

وبصفة يوجد ثلاثة نظم أساسية لإعادة تصنيع الـ ATP هما :

- **نظام اللاهوائي اللالكتيكي . Filière anaérobie alactique**
- **نظام اللاهوائي اللاكتيكي . Filière anaérobie lactique**
- **النظام الهوائي Filière Aèrobie**

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

والشكل التالي يلخص مشاركة هذه الأنظمة على التوالي في إعادة تجديد الـ ATP انطلاقا من التنبيه العصبي الى غاية التقلص العضلي .



رسم يوضح دائرة الATP في الأيض الخلوي انطلاقا من التنبه العصبي الى التقلص العضلي WQيعني العمل الميكانيكي واطلاق الحرارة خلال التقلص العضلي، أما المراحل 1،2،3 على اليمين تعني:

1- تعني انتاج الطاقة بنظام CPكرياتين الفوسفات Réaction de lohman

2- تعني انتاج الطاقة بنظام اللاهوائي اللاكتيكي .

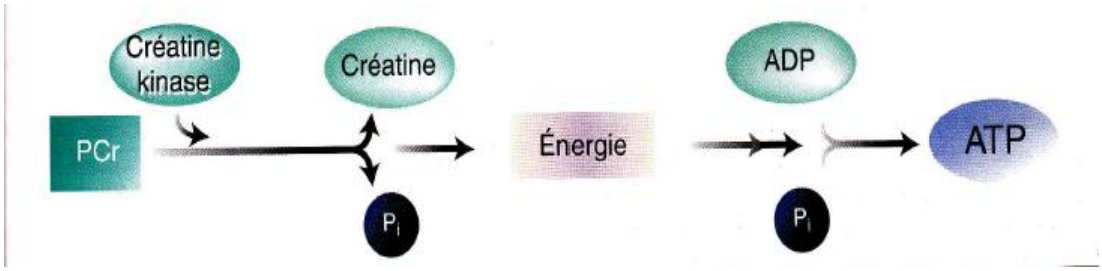
3- تعني انتاج الطاقة بالنظام الهوائي .

أولا: النظام اللاهوائي اللالكتيكي Filière anaérobie alactique :

ويطلق عليه كذلك نظام فوسفات الكرياتين - ثلاثي الأدينوزين الفوسفات(système ATP- CP) حيث أن كمية الATP في خلايا الجسم محدودة فهي تبلغ حوالي 3مول وهذه الكمية يستنفدها الجسم عندما يعدوا الفرد مسافة لثواني معدودة بأقصى سرعة له ،ولهذا نجد أن الجسم في حاجة الى تخليق واعادة تركيب ال ATPمن جديد وذلك لإمداد الجسم بصفة مستمرة بالطاقة.ولإعادة تصنيع الـATP يلزم وجود طاقة هذه الطاقة تستمد من انقسام فوسفات الكرياتين phosphocrèatine (PCr) وهو مركب فوسفاتي غني بالطاقة ،وهو يوجد في الخلايا العضلية ،وهو يشبه الATP في خاصة واحدة وهي:أن الطاقة المختزنة في كليهما توجد في الروابط الكيميائية الخاصة بهما.

CP ⟶ C ~ Pi ~ énergie

ويتم ذلك وفق مايلي :



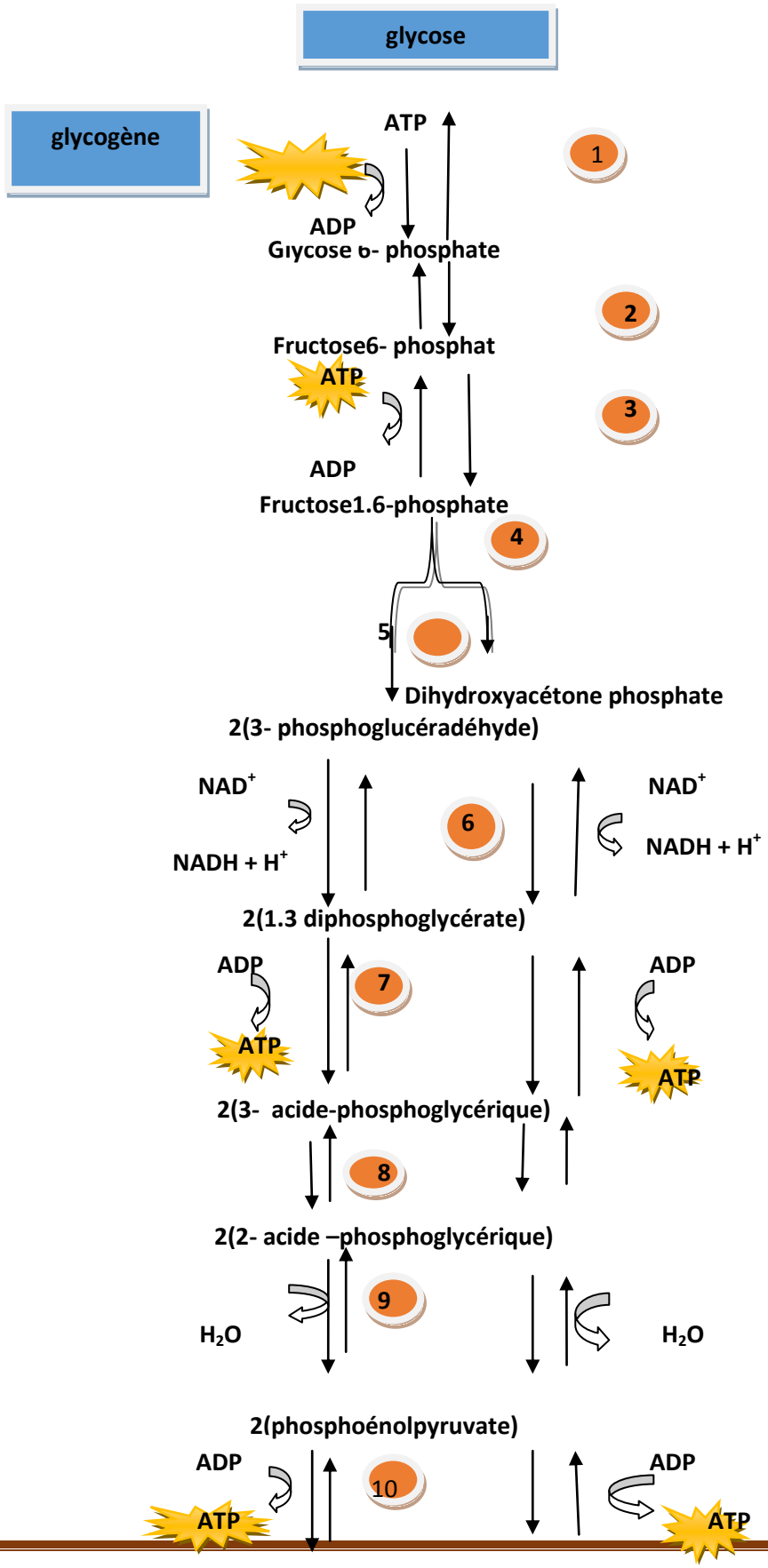
د.لوح هشام
د. عسلي حسين

فمن المعروف ان الكميات المخزنة في العضلات من مركبي ATP و PCr تعد قليلة جدا لذلك فإن الطاقة المستخلصة من هذا النظام تعتبر طاقة محدودة تماما للغاية،فإذا قام الفرد بعدو 100م بأقصى سرعة فإن مخزون الفوسفات في الATPو CP سوف ينتهي في نهاية العدو، ولكن القيمة الحقيقية للفوسفات في هذين المركبين تكمن في سرعة انتاج الطاقة وذلك بالرغم من عدم توافر هذا المركب بكميات كبيرة في العضلات،لذلك يعتبر هذين المركبين من مصادر الطاقة في الأنشطة الرياضية التي تتطلب الأداء لمدة ثوان قليلة مثل:أنشطة العدو،والوثب،ورفع الأثقال،والسباحة لمسافات قصيرة...

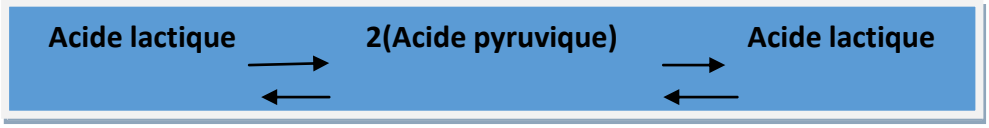
ثانيا: النظام اللاهوائي اللكتيكي : Filière anaérobie lactique

ويطلق عليه نظام نظام حامض اللاكتيك Métabolisme anaérobie lactique بسبب تراكم حمض اللبن (acide lactique في الجسم بعد اطلاق الطاقة عكس النظام الأول PCr وعملية اطلاق الطاقة بهذا النظام يطلق عليه الجلكزة اللاهوائية Glycolise anaèrobie لأنها تحدث في غياب الأكسجين على مستوى السيتوبلازم الخلية وهي تمر عبر عشر مراحل انطلاقا من الجليكوز glycose C6H12O6 الذي يصل الى العضلات عن طريق الدم أو يأتيها عن طريق الجليكوجين المخزون بالعضلة او في الكبد ليعطي في الأخير 2 مول من اللاكتات و2 مول من الـATP ،وعملية تحول الجليكوز انطلاقا من الجلايكوجين المخزن في الكبد أو في العضلات يطلق عليها الجلايكوجينيلوز glycogénolyse يحدث هذا النظام عندما يكون أكسجين الهواء الجوي الواصل الى العضلة غير كاف في الأنشطة عالية الشدة التي تستغرق وقتا طويل مثل الجري 800م .

المخطط التالي يبين المراحل العشرة للـجلكزة اللاهوائية :



د.لوح هشام
د. عسلي حسين



$$\text{Glycose} + 2\,\text{ADP} + \text{Pi} \longrightarrow 2\,\text{Lactates} + 2\,\text{ATP} + H_2O$$

أهميته هذا النظام تكمل في إنتاج طاقة كبيرة و سريعة ولا يحتاج توليد هذه الطاقة إلى أكسجين الهواء الجوي،كما يعتبر من مصادر الطاقة الأساسية في الأنشطة الرياضية ذات الشدة العالية والتي يستغرق أداءها حتى 30 ثانية ، ولكن الشيئ الذي يعيب عليه هو تراكم حمض اللاكتيك في العضلة وفي الدم ويصل الى مستوى عال ينتج عن ذلك تعب وقتي،ويعتبر ذلك عائقا محدودا بسبب التعب العضلي.

1- حامض اللكتيك عامل محدد للمستوى:

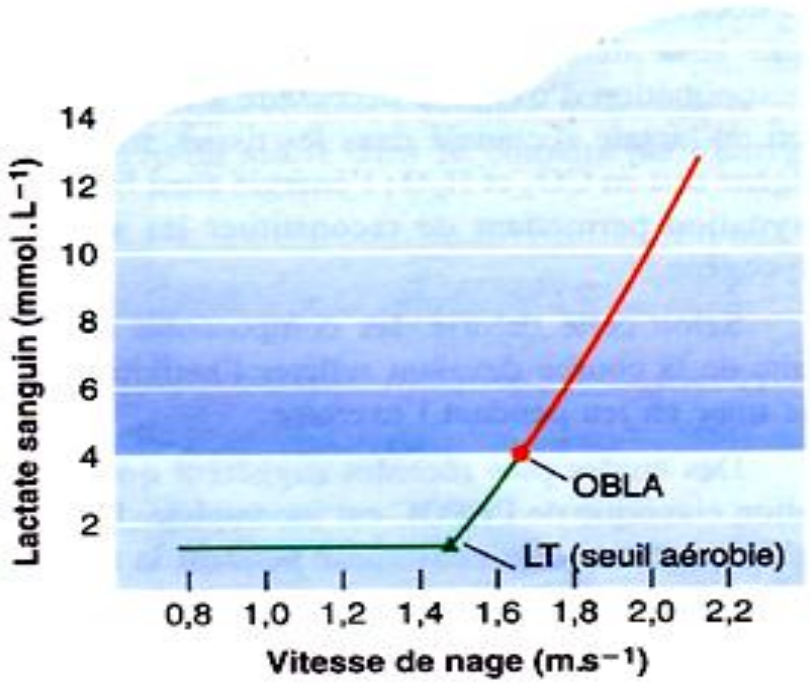
الجلكزة الاهوائية التي تحدث على مستوى سيتوبلازم الخلية العضلية تأدي الى تراكم حمض اللبن acide lactique نتيجة تراكم أيونات الهيدروجين H+ بسبب ظاهرة الإرجاع (فقدان أيونات H+) لمركب الـATP وهذا مايعطي الوسط الحامضي على مستوى السيتوبلازم الذي بدوره سوف ينتقل الى الدم فيصبح PH الدم حامضي الشيئ الذي يؤثر على الجهاز العصبي وبالتالي يعتبر من بين أهم الأسباب التي تؤدي توقف عن الإستمرار بأداء المجهود البدني في ظل هذه الظروف بالنسبة للرياضيين المبتدئين أما بالنسبة للرياضيين ذات المستوى العالي فعليهم المقاومة ومواصلة الأداء بالرغم من التركيز العالي لحمض اللبن في الدم.

2- تركيز حامض اللاكتيك كمقياس للقدرة الاهوائية:

فكثيرا ما يعبر علماء فسيولوجيا الجهد البدني عن النقطة الإنكسار الأولي التي ينكسر فيها محنى تراكم حمض اللبن بدلالة زيادة الشدة البدنية والتي يعبر عنها بالنسبة المئوية للـVO_2max حيث تدل على زيادة تركيزه حمض اللبن في الدم

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

عنه في وقت الراحة والتي يطلق عليها العتبة الهوائية seuil aérobie (أنظر المنحنى البياني)



هذا المنحني يوضح التغير في تركيز حمض اللبن(lactatémie) في الدم بـالميليمول لكل واحد لتر دم بدلالة التغير في سرعة أحد السباحين بالنتر في الثانية ،حيث فكل مرة يتم زيادة سرعة السباح نقوم بتحليل قطرة دمه لمعرفة تركيز حمض اللبن ،حيث من خلال هذا المنحنى نلاحظ أن تركيز حمض اللبن يبقى ثابتا أقل من $2mm.L^{-1}$ بين السرعة 0.8 و1.4 $m.s^{-1}$ ، وبمجرد تجاوز السباح سرعة $1.4m.s^{-1}$ يحدث الإنكسار في المنحنى والذي يعبر عن العتبة اللاهوائية أي النقطة التي يتم فيها الإنتقال من النظام الهوائي الى النظام اللاهوائي ،ثم يستمر تركيز حمض اللبن في الإرتفاع الى غاية وصوله الى $4mmol.L^{-1}$ والتي يطلق عليها تراكم حمض اللبن والتي يعبر عنها بالمصطلح العلمي OBLA

(onset of blood lactat acumulation) وهي تعكس النقطة التي يتم فيها تراكم حمض اللبن في الدم أكثر من التخلص ومحافظة الرياضي على سرعته في

هذه النقطة تعتبر محدد أساسية للمستوى العالي ،كما دلت النتائج العلمية أنه هناك ارتباط قوي بين المستوى القدرة الهوائية سوف يتم شرحها لاحقا وبين العتبة الهوائية يعني أن كلما تأخر ظهورها بزيادة الشدة البدنية كلما كان ذلك مؤشر ايجابي عن المستوى العالي.

3- التخلص من حامض اللاكتيك في الدم:

ومن العوامل المهمة التي تزيد من سرعة التخلص من حامض اللاكتيك بعد التدريبات ذات الشدة القصوى هو أداء تمرينات خفيفة خلال فترة الإستشفاء تكون عند مستوى 50-65% من V02max .وبالنسبة لمصير حامض اللاكتيك الذي يتم التخلص منه فهناك عدة طرق كالتالي:

أ- التحول الى جليكوز أو جليكوجين:ويحدث ذلك في الكبد ،وفي العضلات يتحول الى جليكوجين للمساعدة في امداد الطاقة مع العلم أن تحويله هذا يتم بطريقة بطيئة ولذا الكمية التي يتم تحويلها تمثل جزء بسيط من الكمية الكلية لحمض اللاكتيك.

ب - تحول حامض اللاكتيك الى بروتين:يمكن تحوله الى بروتين مباشرة في الفترة الأولى من الإستشفاء.

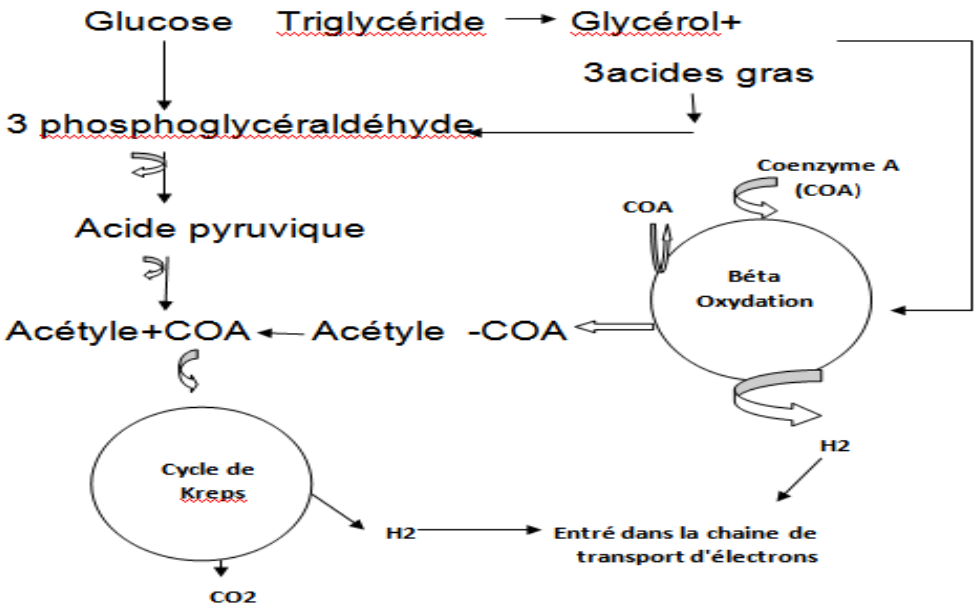
ج - أكسدة حامض اللاكتيك:وتحويله الى ثاني أكسيد الكربون والماء لإستخدامه كوقود لنظام انتاج الطاقة الهوائي ويتم ذلك بواسطة العضلات الهيكلية الا أن أنسجة القلب والمخ والكبد والكلى تشترك أيضا في هذه الوظيفة، ففي وجود الأكسجين يتحول حامض اللاكتيك أولا الى حامض البيروفيك ثم الى ثاني أكسيد الكربون والماء من خلال دائرة كرابس ونظام النقل الإلكتروني على التوالي ،ويمثل هذا الجزء الأكبر للتخلص من حامض اللاكتيك.

ثالثا: النظام الهوائي Filière Aèrobie

تحدث خلال هذا النظام انتاج الطاقة بوجود الأكسجين وينتج عن هذه العملية غاز ثاني أكسيد الكاربون والماء انطلاقا من الجلوكوز أو الجليكوجين ،كما يمكن أكسدة

بعض الحوامض الذهنية والأحماض الأمينية لتعطي طاقة وثاني أكسيد الكاربون والماء . وتستخدم خلايا الجسم الطاقة المستخلصة من المواد الغذائية (الكربوهيدرات ،الذهون ،البروتينات) لغرض هام ورئيسي وهو أعادة تصنيع ال ATPالذي يستخدم كمركب غني بالطاقة في العمليات البيولوجية المختلفة .

كما أن جميع العمليات الكيميائية للتمثيل الهوائي للمواد الغذائية يحدث على مستوى الميتوكوندرية وما يطلق عليها بيوت الطاقة ،المخطط التالي يلخص النظام الهوائي انطلاقا من الكربوهيدرات (الجليكوز) أو الدهون (الأحماض الدهنية) الى غاية حلقة كرابس والإنتقال الإلكتروني على مستوى الميتوكندرية.



رسم يوضح تحلل الجلوكوز والأحماض الذهنية

طاقوية مهمة جزئ واحد من الجليكوز يعطي ATP 38 ،والمخطط التالي يوضح الحصيلة الطاقوية لحرق جزيئ من الجليكوز وجزيئ من حمض البالميك

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

Glucides	Lipides

Exemple :oxydation d'un molécule de :

Glucose	palmitate
$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38ADP + 38Pi$	$C15H31COOH + 23O_2 + 129ADP + 129Pi$
$\longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38\ ATP$	$\longrightarrow 16CO_2 + 16H_2O + 129\ ATP$

Bilan énergétique

38 TP pour $6O_2$ soit 6.3ATP/ O_2	**129ATP pour 23 O_2 soit 5.6ATP/ O_2**

9- التفاعل بين نظم انتاج الطاقة خلال المجهود البني:

تتفاعل نظم انتاج الطاقة في جسم الإنسان فيما بينها ولكن سيادة أي نظام على الآخر يتوقف على التغيرات التي تحدث في قوة وسرعة الأداء والمسافة والزمن فمن الملاحظ أن الكمية الكلية من الATP اللازمة لأداء 100م يمكن أن تشير الى الحدود النهائية لسعة النظام الفوسفاتي (PCr) في الجسم، بينما يشير المعدل التي يتم به استخدام مخزون الATP أثناء الأداء الى القدرة اللاهوائية ،في حين تشير مصطلح السعة اللاهوائية الى الكمية الكلية من الATP اللازمة أثناء أداء الأنشطة والمسابقات المختلفة.

وبصفة عندما نحاول تقويم الأداء البدني وفقا للنظم المختلفة لإنتاج الطاقة يلزم التمييز بين مصطلحين أساسيين هما السعة(capacité) والقدرة(puissance)،حيث تشير السعة الى كمية الطاقة الكلية المتاحة التي يقوم

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

بإنتاجها نظام طاقي فعال لإنجاز شغل بدني في حين تشير القدرة الى أقصى كمية يمكن إنتاجها من الطاقة أثناء بذل أقصى جهد منسوب إلى زمن الأداء.

وتشير القدرة اللاهوائية الى أعلى معدل لإنتاج الطاقة بالنظام اللاهوائي فقط.

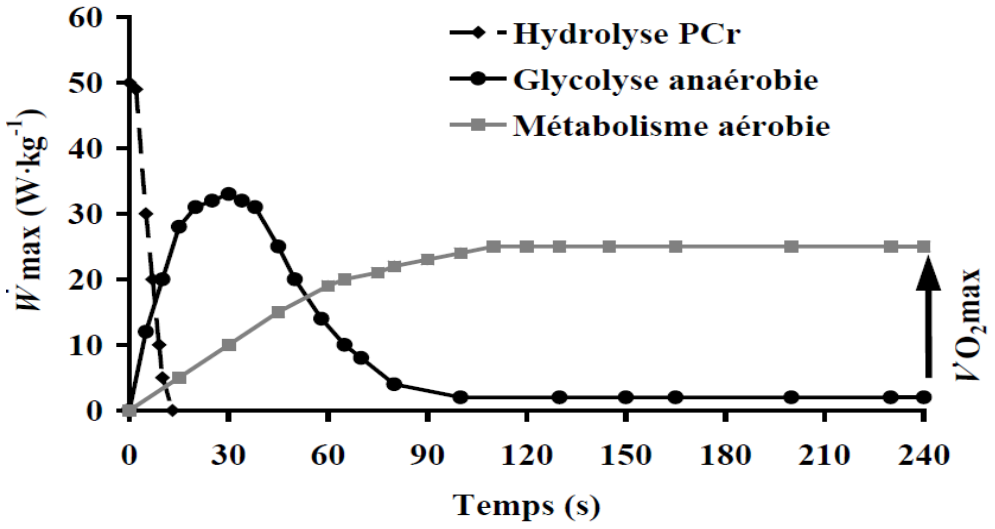
Puissance anaérobie : débit maximal d'*énergie* assuré par les seuls processus anaérobies .

في حين تشير السعة اللاهوائية الى كمية الطاقة القصوى التي يمكن ضمانها بفعل النظام اللاهوائي فقط

Capacité anaérobie : quantité maximale d'*énergie* mobilisée à partir du métabolisme anaérobie .

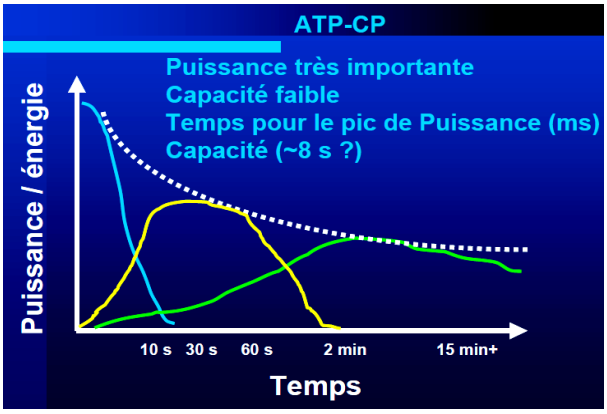
10- إسهامات نظم الطاقة خلال الأداء حسب القدرة والإستطاعة :

تسهم نظم الطاقة المختلفة خلال زمن الأداء بقيم تتوقف على الزمن الذي يستغرقه الأداء وكذا حسب القدرة والإستطاعة ففي حالة القيام بشغل بدني لفترات زمنية أقل من 2دقيقة يكون مصدر الطاقة في الحالة لاهوائيا ،وعندما يطول زمن الأداء فإن مصدر الطاقة بالنظام الهوائي هو الذي يسود.



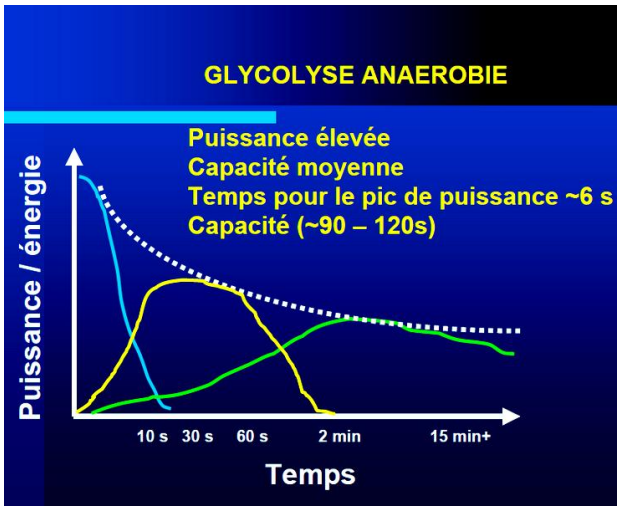
د.لوح هشام
د. عسلي حسين

المخطط أعلاه يبين مساهمة نظم انتاج الطاقة الثلاثة لأحد الرياضيين وفق زمن الأداء بدلالة القدرة الميكانيكية القصوى معبر عنها بالواط لكل واحد كيلوغرام من وزن الرياضي ($W.kg^{-1}$) ، وما يمكن استنتجه من هذا المنحنى ما يلي:



1 -بالنسبة لنظام **système ATP- CP** :

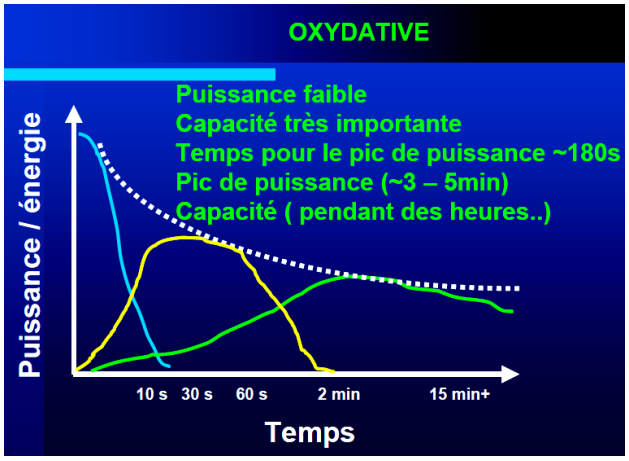
- يمتاز بقدرة عالية جدا
- السعة اللاهوائية قصيرة
- القدرة القمة خلال الثانية الأولى
- فترة دوام الشغل البدني حتى 8 ثواني



2 -بالنسبة لنظام الجلكزة اللاهوائية :

GLYCOLYSE ANAEROBIE

- يمتاز بقدرة القدرة عالية
- السعة اللاهوائية متوسطة
- القدرة القمة عند الثانية ≈6s
- فترة دوام الشغل البدني حتى(≈90-120s)



3 -بالنسبة للنظام الهوائي:

Système oxydative

- يمتاز بقدرة ضعيفة
- السعة الهوائية طويلة جدا
- القدرة القمة عند الثانية ≈180s
- فترة دوام الشغل البدني لساعات

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

وعليه يمكن الإستفادة من الهذه الخصائص الفسيولوجية لكل هذه الأنظمة الثلاثة في عمليات القياس حيث يمكن تصنيف اختبارات الجهد البدني وفقا لنظم انتاج الطاقة الى ثلاثة أنماط من الإختبارات كالتالي :

1 -اختبارات تقيس القدرة اللاهوائية اللالكتيكية.
2 -اختبارات تقيس القدرة اللاهوائية اللكتيكية .
3 -اختبارات قياس الـV02max كمحدد للقدرة الهوائية .

والتي سوف يتم الرجوع اليها لاحقا.

11- التفاعل بين نظم انتاج الطاقة خلال الفعاليات الرياضية:

نظم انتاج الطاقة	زمن الأداء	الأنشطة البدنية
نظام الـATPوCP	أقل من 20 ثانية	دفع الجلة- 100م - الإرسال في أنشطة الكرة- التصويب في كرة القدم
نظام الـATPوCP والجلكزة اللاهوائية (حامض اللاكتيك)	من 30ثا الى 90ثا	200م -400م -100م سباحة
الجلكزة اللاهوائية (حامض اللكتيك) والنظام الهوائي	من 90ثا الى عدد من الدقائق	800م جري - مسابقات الجمباز - الملاكمة 3د في الجولة - المصارعة2د مباريات كرة القدم
النظام الهوائي	أكثر من عدد الدقائق	المارثون - العدو الريفي - المشي ....

من خلال الجدول اعلام يتضح العلاقة بين النظم المختلفة لإنتاج الطاقة حيث يلاحظ ترابط هذه النظم وتعاقبها ،حيث يلاحظ كلما كانت سرعة الأداء عالية ولفترة زمنية قصيرة كان النظام السائد هو الفوسفاتي وكلما قلة سرعة الأداء ويزيد الزمن أو المسافة فإن نظام الطاقة الرئيسي يتحول الى نظام حامض اللكتيك ،في حين نجد نظام حامض اللكتيك مع النظام الأكسجيني يسودان كمصدر للطاقة في مسابقة 800 متر و1500متر ،بينما في مسابقات المارتون والعدو الريفي نجد أن النظام السائد هو النظام الهوائي.

12- اختلافات نسبة مساهمة نظم الطاقة أثناء النشاط البدني:

يعتمد العمل العضلي على كلا النظامين الهوائي واللاهوائي ،الا ان زيادة نسبة الإعتماد على أي منهما ترتبط ببعض العوامل المختلفة مثل نوع وشدة ودوام

الحمل البدني فعند العمل العضلي لفترة طويلة مع الشدة المنخفضة فإن أكبر جزء من الطاقة يأتي نتيجة أكسدة الكربوهيدرات والدهون بينما على العكس من ذلك في أداء الحمل البدني لفترة قصيرة مع ارتفاع الشدة حيث يتم على حساب عمليات انتاج الطاقة اللاهوائية ،وينتج استهلاك 1ل من الأكسجين كمية من السعرات الحرارية تتروح من 4,8 الى 5 kcal ،لذا فإن الحد الأقصى لإستهلاك الأكسجين يعبر عن أكبر مدى للسعرات الحرارية الناتجة من العمليات الهوائية في وحدة زمنية معينة ، وفي حالة الحمل البدني المرتفع الشدة والقصير المدى فإن معظم الطاقة يكون مصدرها ATP-CP إلا أنه في الوقت الحالي يعد من الصعب القياس المباشر والدقيق للطاقة اللاهوائية ولذا فإنه من الصعب تحديد نسبة مساهمة عمليات انتاج الطاقة الهوائية واللاهوائية بالنسبة الى مجموع الطاقة الكلية الناتجة.

الا أنه من الممكن حساب كمية الطاقة الهوائية واللاهوائية (بالـ $kcal.min^{-1}$) عن طريق حساب محتويات ثلاثي الأدينوزين الفوسفات والفوسفوكرياتين وحامض اللاكتيك في العضلة عند أداء الحمل البدني وبناء على نتائج كارلسون1981 فإن أقصى معدل للطاقة اللاهوائية يبلغ حوالي 40 $Kcal.min^{-1}$.

والجدول التالي يوضح كيمة الطاقة بـ $kcal.min^{-1}$ المتاحة لكل من النظام اللاهوائي والهوائي حسب كل من القدرة والسعة.

Système	Puissance Max ($kcal \bullet min^{-1}$)	Capacité max (kcal)
PCr	36	11
Glycolyse	16	15
Aérobie	10	illimité

حيث نجد أن معدل انتاج الطاقة في الدقيقة بالنسبة لنظام ATP-CP هي 36 $kcal.min^{-1}$ بينما كمية الطاقة المتاحة (السعة) هي 11 kcal ، بينما معدل انتاج الطاقة في النظام الجليوجيني هو 16 $kcal.min^{-1}$ بينما السعة هي 15 kcal

،وفي الأخير معدل انتاج الطاقة في النظام العوائي هو 10 $kcal.min^{-1}$ بينما السعة غير محدودة.

13- الإستهلاك الأكسجيني خلال الشغل البدني:

consomation d'oxygéne durant l'exercice physique

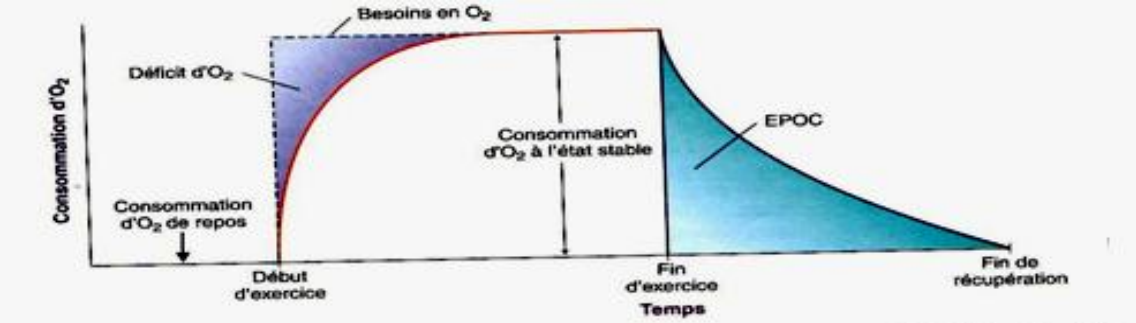


Figure 4.13 : Les besoins en oxygene à l'exercice et pendant la récupération. Illustration du déficit d'oxygène et de l'excès de consommation d'oxygène post-exercice (EPOC).

هذا المنحنى يبين الإستهلاك الأكسجين بالملليلتر لكل واحدكيلوغرام من وزن الجسم لكل واحد دقيقية ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$) لشخصين واحد رياضي والآخر غير رياضي بدلالة كل دقيقة من الجري بسرعة منخفضة لمدة 10 دقيقة .

يلاحظ أنه خلال الدقائق الأولى من الجري زيادة في إستهلاك O2 إلى غاية الوصول إلى حالة الاستقرار حيث يبقى ثابت عند الدقيقة الرابعة تقريبا هذا الإستقرار هو انعكاس للتوازن الحادث بين كمية الطاقة المطلوبة وكمية انتاج الـ ATP بالنظام الهوائي حيث يمكن المحافظة على حالة الإستقرار هذه لفترة طويلة ، ولكن قبل الوصول إلى حالة الاستقرار المنطقة باللون الأزرق خاصة في الدقائق الأولى من الجري تدل على كمية الأكسجين التي كان يحتاجها الرياضي ولكن لم يتم توفيرها يطلق عليها بالعجز الأكسجيني

Déficite maximal d' oxygène accumulé(DMOA) حيث يلاحظ أن قيمتها عند غير الرياضي أعلى منها عند الرياضي أي أن عند الرياضي وصل الى حالة الإستقرار عند الدقيقة الثانية تقريبا في حين عند الفرد الغير الرياضي وصل الى حالة الإستقرار عند الدقيقة الرابعة تقريبا، وفي كثير من الأحيان يعتبر علماء

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

فيسيولوجيا الجهد البدني أن حالة الإستقرار هذه تدل على الكفاءة العالية للرياضي خاصة مسابقي المارتون الذين يمكن لهم من انهاء سباق مسافة 42 كيلومتر حيث يقطعون واحد كيلومتر كل 3 دقائق فهذا يعكس كفاءتهم العالية في تثبيت ونقل واستعمال الأكسجين.

بعدها وبالرغم من التوقف من الجري إلا أن الإستهلاك الأكسجيني يبقى مستقر ثم يبدأ في النقصان تدريجيا حتى يتم تعوض مخازن الطاقة خلال مرحلة العجز الأكسجيني أي في الدقائق الأولى من الجري حيث الجسم من أجل أن يلبي احتياجاته من الطاقة سوف يستخدم النظام اللاهوائي في إنتاج الطاقة يعني انتاج الطاقة في غياب الأكسجين والذي أصبح ما يطلق عليه الدين الأكسجيني déficit d'oxygène ليقوم الجسم بعد ذلك بتعويضه خلال فترة الراحة، وهذا ما يفسر استمرار استهلاك الأكسجين بعد الإنتهاء من الجري وانخفاظه تدريجيا.

14- الدين الأكسجيني كمقياس للقدرة اللاهوائية:

الدين الأكسجيني هو اسم يطلق على كمية الأكسجين التي تستهلك خلال فتر الإستشفاء وهذا الأكسجين يزيد عن حجم O2المستهلك أثناء الراحة،وقد استخدم هذا المصطلح لأول مرة من طرف العالم الإنجليزي هيل Hill 1966 ،ويستخدم أساسا لإعادة مخزون الطاقة في الجسم للحالة التي كان عليها قبل أداء النشاط البدني.ولتفسير الدين الأكسجيني فلابد من فهم طبيعة العلاقة بين شدة النشاط البدني ومقدار الطاقة اللازمة لأداء هذا النشاط البدني وكذلك حجم الأكسجين المطلوب لإنتاج هذه الطاقة،وهناك نوعان من O2 المطلوب:

السعة:الحجم الكلي للـO2 المطلوب لأداء النشاط البدني كله.
القدرة:حجم O2 المطلوب في الدقيقة.

وكلما زادت شدة الحمل كلما زادت الحاجة الى زيادة حجم O2 المطلوب في الدقيقة، ومثال على ذلك جري مسافة 800 متر يؤدي بسرعة تزيد عن جري سباق

المارثون 42.2 كيلومتر ،ولذا فإن الفرق في O2 المطلوب في كلا الحالتين يختلف ففي الوقت الذي يزيد حجم O2 المطلوب في الدقيقة في حالة الجري 800متر حيث يبلغ 12-15 لتر/د ،الا أن سباق 800متر جري لا يستمر لفترة زمنية طويلة،لذا فإن الصورة تنعكس في حالة O2 الكلي الذي يزيد مع زيادة فترة العمل فيكون حوالي 25-30 لتر في حالة الجري 800متر ،بينما يزيد عن ذلك بكثير جدا في حالة المارثون حيث يبلغ 450لتر-500لتر، بينما يحتاج رياضي المارتون الى استهلاك O2 في الدقيقة يقدر بحوالي 6لتر في الدقيقة .

وفي بعض الأحيان حينما تزيد شدة الحمل البدني لدرجة عالية يبلغ حجم O2 المطلوب في الدقيقة 15-20لتر/د إلا أن جسم الإنسان عادة لا يمكنه الوصول الى هذا المستوى في استهلاك O2 حيث لا يزيد أقصى استهلاك لل V02max O2 6لتر/د بالنسبة للاعبي المستويات العالية.

ومن خلال هذه المقارنة بين رياضي الذي يجري مسافة 800متر أنه من المستحيل ان يوفر هذه الكمية من الـO2 (12-15 لتر/د) وبالتالي سوف يلجأ الى النظام اللاهوائي اللكتيكي أي أنه سوف ينتج طاقة في غياب الأكسجين ليلبي احتياجاته من الطاقة وهذا ما يؤدي الى تراكم حمض اللبن بنسبة كبيرة و الذي يعتبر المصدر الأساسي للتعب والألم العضلي كما سبق ذكره فيما سبق ولكن هذه الطاقة التي تم انتاجها في غياب الأكسجين نتيجة العجز الأكسجيني سوف يتم تعويضها لاحقا وهذا ما يطلق عليه الدين الأكسجيني حيث يوجد نوعين من تعويض الدين الأكسجيني منه ما يتم تعويضه مباشرة بعد الإنتهاء من السباق ومنه ما يتم تعويضه خلال الـ48 ساعة اللاحقة وهذه المدة كذلك تتوقف على نوع الغداء الذي يتناوله الرياضي خلال فترة الإسترجاع .

أما في حالة رياضي المارتون ومن خلال احتياجاته للـO2 في الدقيقة حوالي 6لتر/د مع العلم أن الـ V02max لدى هذا الرياضي هو 6لتر/د يعني أنه له امكانية كبيرة ليلبي احتياجاته من الطاقة في هذه الفعالية يعني أنه سوف يصل الى حالة الإستقرار في وقت قصير ويحافظ عليها طول فترة السباق ماعدا لديه في بداية المارتون في نهايته سوف يكون لديه عجز أكسجيني الذي يمكن تداركه بسرعة بالنسبة للرياضيين ذات المستوى العالي.

15- استعادة استشفاء مصادر الطاقة :

ويقصد بها اعادة تجديد مؤشرات الحالة الفسيولوجية للفرد بعد تعرضها لضغوط أو مؤثرات شديدة(الجهد البدني) وهي عملية لا تقل أهمية عن برامج تطوير لياقته واعداده البدني بل هي جزء لا يتجزأ من هذه البرامج ،ويعتبر المام المدرب ودرايته بالفترات الزمنية اللازمة لإستعادة الجسم لمصادر الطاقة المستهلكة نتيجة التدريب عملية في غاية الأهمية ،بحيث على ضوء ذلك يتم التخطيط الجيد للبرنامج التدريبي.والجدول التالي يبين الفترة الزمنية(الحد الأدنى والأقصى) لإعادة الإستشاف وتعويض مصادر الطاقة لكل نظام من انظمة انتاج الطاقة ،حيث يلاحظ هناك مايمكن تعوضه مباشرة بعد الإنتهاء من الجهد البدني كنظام (ATP-CP) ومنه ما يبقى لعدة ساعات تصل حتى 72 ساعة من أجل تعويض مخزون الطاقة من جليكوجين الكبد glycogène hépatique والذي بدوره يعتمد على التعبة بالكربوهيدرات كما سبق وأن تم ذكره.

Processus de récupération	Délai minimum de récupération	Délai maximum de récupération
Restauration des réserves intramusculaires (ATP-CP)	2minutes	5 minutes
Restauration des glycogène	10heures(après un exercice	46 heures

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

intramusculaire	**continu concentrique).** **5heures (après un exercice intermittent)**	**24 heures**
Restauration des glycogènes hépatiques	**48 heures (après un exercice a régime de contraction musculaire excentrique)**	**72 heures**
Diminution de la concentration sanguine et musculaire d'acide lactique	**Nom connu**	**12-24 heures**
	Pour la concentration: 30 minutes avec un exercice de récupération active à 50-60% de VO2max	**1 heure**
	Pour la concentration intramusculaire: 1 heure avec une récupération passive	**2 heures**
Restauration des réserves d'oxygène	**10-15 secondes**	**1 minute**

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

الفصل الخامس
اختبارات القدرة اللاهوائية والهوائية

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

1 -تقييم القدرة اللاهوائية اللالكتيكية:

Evaluation de la puissance du métabolisme anaérobie alactique

من بين أهم الإختبارات التي تستخدم لقياس القدرة اللاهوائية اللالكتيكية نجد ما يلي:

1 -1- اختبار الوثب العمودي:

ويسمى كذلك بإختبار سارجنت test de Sargent في هذا الإختبار يقوم الرياضي بوثب عمودي الى الأعلى من وضع ثني الركبتين بزاوية قائمة 90^0 للوصول بالجسم الى أقصى ارتفاع ممكن ، بحي ثيقوم بوضع علامة على هذا الإرتفاع بقلم أو بشيئ آخر على الحائط ،مع العلم أنه قبل عملية الوثب يحدد أقصى علامة يمكن أن يصل اليها بعد مد الذراعين عاليا على الحائط أين سوف يتم بالوثب.

ويمكن استخدام معادلة لويس LEWIS من أجل تحويل ارتفاع الوثب الى قدرة كالتالي: $W = 21.7 \times m \times \sqrt{h}$

حيث: W : القدرة بالواط،m : وزن الفرد، $\sqrt{h}$: الجدر التربيعي للإرتفاع الوثب.

1 2 - اختبار الدرج لمارجريا test de Margaria

ويطلق عليه كذلك اختبار التسارع test de célérométrie وقد صمم هذا الإختبار لقياس القدرة اللاهوائية القصيرة بإستخدام القدرة العضلية للرجلين وذلك من خلال الصعود على درج escalier بأقصى سرعة ،الدرج به 15 درجة إرتفاع كل درجة بـ 17.5 سم ،البداية تكون على بعد 6 متر من الدرج بحيث عند اعطاء اشارة البداية يقوم المختبر بالجري بأقصى سرعة من خط البداية (6متر من الدرج) اتجاه الدرج محاولا الصعود بأقصى سرعة ممكنة يحبث يتخطى في كل خطوة 3 درجات المدرج .في هذا الإختبار يحتاج الى جهاز

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

الكترونيphotoélectrique لحساب الزمن يتم توصيله بمفتحين،الأول يتم وضعه على الدرجة الثالثة(تشغيل) والثاني ويضع على الدرجة التاسعة (ايقاف).

يتم حساب القدرة اللاهوائية القصيرة وفق المعادلة التالية:

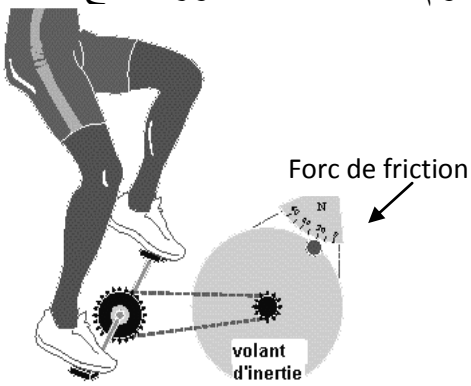
$$W = 10.3 \times m \times t^{-1}$$

بحيث : W : القدرة بالواط ، m : وزن الفرد(kg) ،

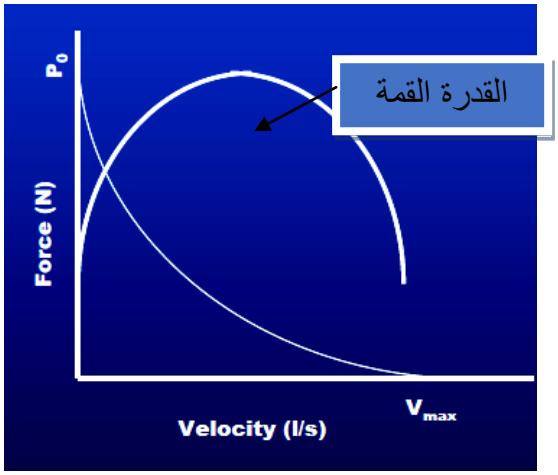
t: زمن بين الدرجة الثالثة والدرجة التاسعة (s)

1 3 - اختبار القوة – السرعة على الدراجة الأرجومترية test force-vitesse

هذه الإختبارات تتم على الدرجة الأرجومترية بحيث يقوم المختبر بالتبديل بأقصى سرعة على الدراجة الأرجومترية ضد مقاومة كبح (القوة) لمدة 6 ثواني بحث في كل مرة يتم الزيادة في قوة الكبح وعن طريق جهاز يقوم بحساب عدد الدورات مع اعطاء فترات راحة بعد كل محاولة .



المبدأ الأساسي لهذا الإختبار يمكل في أنه توجد علاقة عكسية بين الزيادة في القوة والسرعة التدوير أي كلما زادت قوة الكبح تقل سرعة التدوير،وبإعتبار أن القدرة هي حاصل ضرب القوة في السرعة هذا يعني أنه كلما زادت قوة الكبح يزيد القدرة الى غاية الوصول الى أقصى قدرة يمكن توضحيها في المنحنى التالي ،

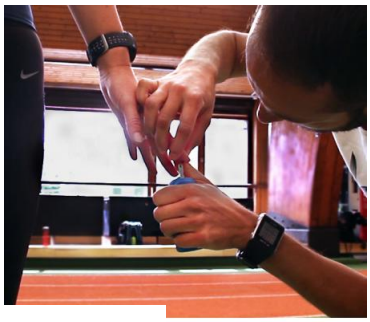


هذه الأخيرة تعبر عن القدرة اللاهوائية القصيرة.

2 -تقييم القدرة الاهوائية اللكتيكية:

Evaluation de la puissance du Métabolisme anaérobie Lactique

د.لوح هشام
د. عسلي حسين



2-1- تركيز حمض اللبن:Lactatémie maximale

يمكن تقييم القدرة اللاهوائية اللكتيكية عن طريق تركيز حمض اللبن خلال النشاط البدني وهي تمثل الطريقة المباشرة لتقييم القدرة اللاهوائية

ويتم ذلك عن طريق جهاز خاص لذلك (أنظر الصورة)

2 2 - اختبار وينجات Teste de Wingate

يعتبر من بين اهم الإختبارات المستعملة من أجل قياس القدرة اللاهوائية اللكتيكية في العالم ،يتم اجراء هذا الإختبار على الدراجة الأرجومترية موند (سبق شرحها) ،مدة الإختبار 30 ثانية حيث يتطلب على المختبر التبديل على الدراجة الأرجومترية بأقصى سرعة لمدة 30 ثانية ضد مقاومة كبح حددت بـ 75 غرام لكل 1كغ من وزن المختبر(يعني 6كغ لمختبر وزنه 80 كغ) .

ويمكن استخدام المعادلة التالية **f = 0.075 × m (kg) masse corporelle**

هذا الإختبار يحتاج الى عداد من أجل حساب عدد الدورات خلال كل مرحلة من مراحل الإختبار لمدة 30 ثانية.

قبل البدأ في الإختبار أي التبديل لمدة 30 ثانية على الدراجة الرجومترية مونارك يتطلب من المختبر اجراء عملية تسخين لمدة 5 دقائق على الدراجة بعدها 1 دقيقة للراحة ثم تأتي فترة تزايد في القوة الى غاية الوصول الى القوة المناسبة مدتها 4 ثواني .

عندما يعطى مقدار القوة المحددة للإختبار يقوم الميقاتي بتشغيل الزمن حيث يتم يحدد عدد اللفات لكل 5 ثواني لغاية افتهاء من الزمن الكلي للإختبار 30 ثانية

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

فيتم تسجيل ذلك (يتم استخدام حبكة اعلامية في ذلك) وفي هذا الإختبار يمكن حساب ما يلي :

1 -القدرة اللاهوائية القمة (5 ثواني):

La puissance est exprimée en kilogramme×mètre par minute (kg-m /min) ou watts (1 watt = **6,12** kg×m / min)
6 m : distance parcourue volant pour un tour de pédale
W(pic) = N tours/(5s) x 6 m x F (kg)

حيث:

W(pic): القدرة اللاهوائية القمة (5 ثواني) بالـ الكيلوغرام في المتر لكل واحد دقيقة أو بالواط

Ntours/5(s): عدد الدورات خلال 5 ثواني

6 m : المسافة التي تقطعها الدراجة الرجومترية تساوي 6 متر لكل دورة.

F (kg): القوة

2 -السعة اللاهوائية :Capacité anaérobie sur 30 s

Capacité anaérobie sur 30 s = N tours/(30s) x 6 m x F (kg)

حيث :

Capacité anaérobie sur 30 s: السعة اللاهوائية القصوى بالـ kg×m / min، watt

N tours/(30s): عدد الدورات خلال الـ 30 ثانية

6 m : المسافة التي تقطعها الدراجة الرجومترية تساوي 6 متر لكل دورة.

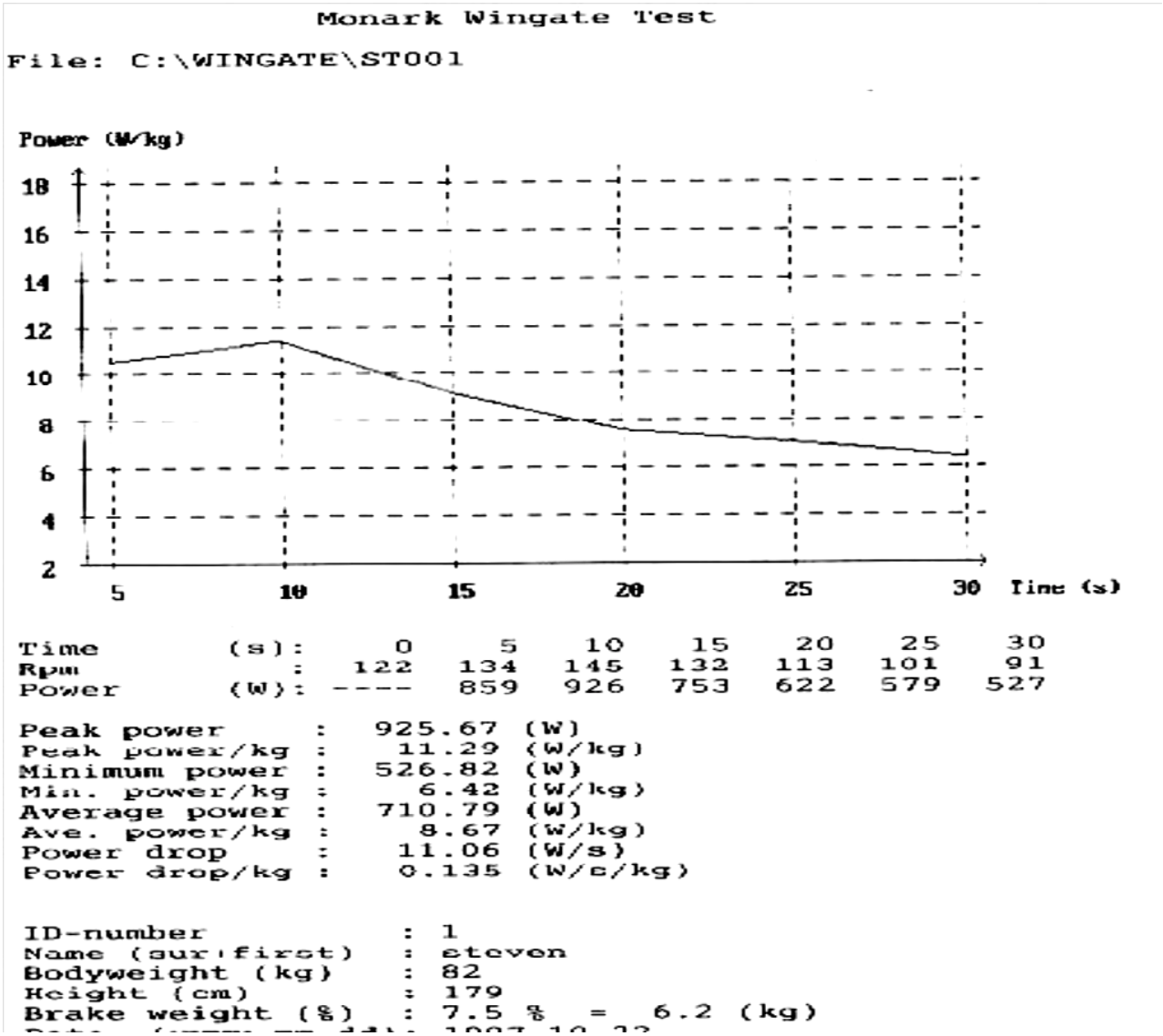
F (kg): القوة

3 -مؤشر التعب: L'indice de fatigue anaérobie

ويشير الى الفرق بين ناتج القدرة اللاهوائية القمة وأقل ناتج للقدرة اللاهوائية في خمس ثواني مقسوم على ناتج القدرة اللاهوائية القمة ،ثم يضرب في 100 حيث يتم التعبير على ذلك بالمعادلة التالية:

Indice de fatigue = (puissance maximale en watts(5s) – puissance minimale en watts (5s))/puissance maximale en watts X 100

وفي اختبار وينجات يمكن عرض جميع النتائج في منحنى بياني كما توضحه الصورة التالية:



3 - الحد الإقصى لإستهلاك الأكسجين:

من المبادئ الأساسية المتفق عليها بالنسبة لمعظم أشكال الداء البدني أنه إذا زاد الأداء عن 3د الى 4د فإن الإستمرارية في الأداء تتطلب كفاءة القلب والرئتين ودورة الدم في نقل الـ O2 الى العضلات العاملة حيث تعرف هذه الخاصية بإسم

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

اللياقة الدورية التنفسية أو التحمل الهوائي ،وأكبر استهلاك أكسجيني من طرف الجسم أثناء عمل عضلي (أي شامل على كمية كبيرة من العضلات تعادل أو تفوق 50%من مجموع العضلات) يصادف VO2max .

ويختلف VO2max عند الأشخاص حسب السن،الجنس،إذا كان رياضي أم لا وحسب الإختصاص الرياضي وحتى في نفس الإختصاص حسب مدة الممارسة الرياضية.

لدى الأطفال 7-9سنوات يقدر بـ 1.78ل/د ،قبل سن المراهقة لا يوجد فروق محسوسة بين الأولاد والبنات في القدرة الهوائية ،بعد هذه المرحلة يبدأ الفرق بين الرجال والنساء حيث قيمة الـVO2max للفئة الخيرة تنقص بـ25%الى 30% عن الرجال.

بالنسبة للجنسين أعلى قيمة VO2maxتكون في السن 18-20سنة وبعد هذا السن تبدأفي النزول حتى تصل في السن 60-70سنة حوالي 70%من القينة التي كانت في السنة 20-30 سنة .

عند الأشخاص الغير الرياضيين نجد الـVO2max عند الرجال ذوي العمر20-30 سنة حوالي 3-3.5ل/د ،أما عند النساء 2-2.5ل/د .

أما عند الرياضيين قيمة الـVO2max تختلف حسب الإختصاص الرياضي ومن بين أعلى قيمة نجدها عند ممارسي السباق على الثلج للمسافات الطويلة حيث VO2max يصل الى 5-6ل/د عند الرجال وحوالي 4ل/د .

3 -1 - أعراض VO2max:

1- بزيادة في قوة العمل بحوالي 25واط وأكثر استهلاك الأكسجين لا يفوق 100ملل في الدقيقة.

2- يرتفع نبض القلب ليصل الى 180-185 ض/د وأكثر.

3- المؤثر التنفسي يكون أكثر من 1.1.

4- كثافة حمض اللبن في الدم ترتفع الى 80-100ملع%.

5- PH الدم يصبح حامض ويكون أقل من 7.1 .

3 2 - العوامل المحددة للقدرة الهوائية:

يبين أستراند ورواهل 1970 العوامل المحددة للياقة الهوائية للفرد كالتالي:

1- محتوى الكسجين في هواء الشهيق الداخل الى الرئتين.

2- التهوية الرئوية .

3- نفاذ الأكسجين من الحويصلات الهوائية الى هيموجلوبين الدم.

4- محتوى الهيموجلوبين في الدم.

5- حجم الدم.

6- قدرة القلب على دفع الدم.

7- مقدرة الأوعية الدموية على تحويل سريان الدم من الأنسجة غير العاملة الى الأنسجة العاملة.

8- قدرة انسجة العضلة على استقبال الدم.

9- نفاذ الدم من الشعيرات الدموية الى الخلايا العضلية القائمة بالعمل.

10- الدم الوريدي العائد الى القلب .

11- كفاءة الميتاكوندرية في تحويل الطاقة الهوائية الى طاقة كيميائية متمثلة في مركبي الـATPوADP.

وعلى هذا الأساس فإن مستوى VO2max يرتكز على القدرات القصوى لجهازين وظيفيين :جهاز نقل الكسجين وجهاز استعمال الأكسجين .

3 3 - وزن الجسم والـVO2max :

ونظرا لأن الكسجين تستخدمه كل الخلايا وأنسجة الجسم،لذا نجد أن الأفراد كبار الحجم يستخدمون كميات من الأكسجين تفوق الكميات التي تستخدمها الأفراد الأقل في الحجم في وقت الراحة وأثناء المجهود البدني ،وبناءا على ذلك تتم المقارنة بين الأفراد في الـVO2max على أساس وزن الجسم حيث يتم التعبير عن ذلك بمصطلح (مللتر.كيلوغرام/دقيقة) فالشخص الذي يزن 70كغ والـVO2max هو 2,8ل/د فإنه يلزم التعبير عن هذه النتيجة بأن نقول أن الحد الأقصى لإستهلاك الأكسجين VO2max لهذا الشخص هو (2,8*1000)/70 = 40 مللتر . كغ/د

كما تسجل درجات الحد الإقصى لإستهلاك الأكسجين بالجسم بطريقتين هما :

ـ لتر في الدقيقة ل/د

ـ مللتر لكل 1كغ من وزن الجسم في الدقيقة مللتر/كغ.د

3 4 - أهمية قياس الـVO2max :

يستخدم الـVO2max لتحديد مستوى التدريب البدني المناسب للفرد حيث يشير الى الحد الأقصى لإستطاعة الفرد على العمل البدني ،ومن ناحية اخرى يشير الى كمية الكسجين التي يستطيع الفرد استخدامها لإنتاج الطاقة عندما يعمل لإقصى استطاعته ،وبمعرفة الـVO2max يمكن تحديد شدة التدريب البدني حيث تقدر شدة النسبية للتدريب بناءا على الحالة الراهنة للياقة البدنية والصحية للفرد .

ولما كان العمل الرئيسي للجهازين الدوري والتنفسي هو نقل الـO2 الى أنسجة الجسم المختلفة وبخاصة أثناء المجهود البدني لذا نجد أن سعة (كفاءة) هذين الجهازين يمكن أن تقاس بإختبارات الـVO2max حيث يشير في هذه الحالة الى الكمية الفعلية التي يستخدمها الجسم في مدة دقيقة أثناء الجهد البدني عال الشدة.

مستويات القدرة الأوكسجينية القصوى:

أن القدرة الأوكسجينية القصوى لنقل وإستيعاب وإستهلاك الأوكسجين

(VO2max)هي الطريقة العلمية الفسيولوجية الأكثر قبولاً لقياس مستوى كفاءة ولياقة جهاز القلب والدوران ومستوى القدرة الهوائية القصوى لجسم الرياضي

أن مستوى قيم هذه القدرة الفسيولوجية لدى الرجال أعلى بحوالي 40 – 60 % منها لدى النساء , كما أن معدل قيم هذه القدرة لدى الشباب من غير المدربين تبلغ حوالي 3,5 لتر/دقيقة , وحوالي 45 ملتر/كغم/دقيقة , وأن معدل قيم هذه القدرة لدى السيدات من غير المدربات تبلغ حوالي 2 لتر/دقيقة , أي حوالي 38 ملتر/كغم/دقيقة ويمكن لهذه القيم المحسوبة أن تتغير كثيراً عن معدلاتها , فتزداد وتتحسن كثيراً بالتدريب , وتقل مع تقدم العمر , كما أن معدلات التغيير التي تحصل أثناء التدريب تختلف بين نوع وآخر , حيث تتضاعف قيم هذة القدرة لدى بعض الرياضيي حيث بلغت قيم القدرة الأوكسجينية القصوى (VO2max) مستويات عاليه جدا عند بعض رياضي التحمل في السباقات فقد سجل بطل سباق التزحلق على الجليد 96 ملتر/كغم/دقيقة .

4 - **قياس الـ** VO2max :

يتم قياس VO2max وفق طريقتين رئيسستين هما :

- الطريقة المباشرة Méthode directes
- الطريقة الغير مباشرةMéthode directes

4 -1 - الطريقة المباشرة Méthode directes

هذا النوع من الإختبارات تتم في المخابر العلمية , الأجهزة العلمية حيث يتطلب العمل على الدراجة الأرجومترية مونارك أو السير المتحرك أو الخطو على المقعد أو أرجومتر التجديف أو السباحة في القناة الصناعية وغيرها ، ويصاحب العمل على هذه الأدوات استخدام نظام تحليل الغازات Des changes gazeux Analyse للتعرف على مقدار الأكسجين الذي تم استهلاكه.

وفي هذه الإختبارات يتم زيادة التدريجية في القدرة الميكانيكية للرياضي كالزيادة في القدرة 30 واط لكل 3 دقائق ويكون إما مستمر أو متقطع أي مع وجود فترات الراحة من 3 ثانية الى واحد دقيقة الى غاية الوصول بالمختبر الى مرحلة التعب الشديد او الحد الأقل من الأقصى .

ويستلزم القياس المباشر استخدام إختبارات متصاعدة الشدة بالأجهزة السابقة الذكر حيث نستطيع أن نصل إلى القدرة الأوكسجينية القصوى للجسم عندما نصل إلى حالة الثبات ويمكن لهذه الإختبارات أن تصبح خطرة عندما نرفع شدة الأداء الى المستوى الأقصى لعمل الجهاز القلبي التنفسي لذا فأن جميع مثل هذه الإختبارات تتطلب وجود طبيب.

4 2 - الطريقة الغير المباشرة:

يمكن قياس الـVO2max عن طريق القياس الغير المباشر إما عن طريق السرعة الهوائية القصوى أو عن طريق نبض القلب وفي هذه الحالة في بعض المصطلحات يطلق عليها التنبؤ بالحد الأقصى الإستهلاك الأكسجين فخلال هذه الإختبرات لا يصل فيها المختبر الى الحد الأقصى أما الطريقة الأولى أي عن طريق السرعة الهوائية القصوى فيصل فيها المختبر الى الحد الأقصى من الأداء، وعليه تصنف إختبارات التي تقيس القدرة الهوائية الى اختبارت الحد الأقصى واختبارات الحد الأقل من الأقصى.

أولا: اختبارات الحد الأقصى:

تستهدف هذه الإختبارات تحفيز وتوصيل جسم المختبر إلى عمل وفق نظام تجهيز الطاقة الهوائية المطلوبة عن طريق الزيادة التدريجية في شدة الحمل البدني إما عن طريق الزيادة في القدرة الميكانيكية على الدراجة الأرجومترية أو الزيادة في سرعة الجري على السير المتحرك أو على مضمار ألعاب القوى وهو ما يطلق

عليه السرعة النهائية لآخر مرحلة DERNIER PALIER ويمكن حسابها على النحو التالي:

- على الدراجة الأرجومترية : القدرة الميكانيكية (P) بالواط يتم حسابها عن طريق المقاومة الكبح (F) وسرعة التدوير نستخدم معادلة أسترند ورمينغ Astrand et Ryming :

$$VO_{2max}\,(l.min^{-1}) = 0.0135 \times p(w) + 0.1$$

- على السير المتحرك درجة الميل منعدمة أو على مضمار السباق : سرعة الجري (V en $km.h^{-1}$). حسب ليجر ومارسيي Léger et Mercier:

$$VO_{2max}\,(ml.min^{-1}.kg^{-1}) = 1.353+3.163\times V+0.0122586\times V^2$$

صورتها البسيطة:

$$VO_{2max}\,(ml.min^{-1}.kg^{-1}) = v \times 3.5$$

وللأطفال نستخدم المعادلة التالية:

$$VO_{2max}\,(ml.min^{-1}.kg^{-1}) = 22.859+1.913\times V-0.8664\times age+0.0667\times age\times v$$

ثانيا: اختبارات الحد الأقل من الأقصى:

نعتمد على نبض القلب في هذه الإختبارات للتنبؤ بالحد الأقصى الأكسجيني وتستهدف اعطاء حمل بدني أقل من الأقصى على الدراجة الأرجومترية ،فقد توصل كارفونين أنه يوجد علاقة خطية بين النسبية المئوية للإستهلاك الأقصى الأكسجيني%VO_{2max} واحتياطي معدل القلب (الفرق بين معدل القلب الأقصى ومعدل القلب في وقت الراحة) والمعادلة التالية تلخص هذه العلاقة:

$$FC_{exercice} = \%VO_{2max} \times (FC_{max} - FC_{repos}) + FC_{repos}$$

$$FC_{exercice} = \%VO_{2max} \times RFC + FC_{repos} \rightarrow \textbf{formule de Karvonen}$$

$$\%VO_{2max} = (FC_{exercice} - FC_{repos}) \times RFC^{-1}$$

حيث: $\%VO_{2max}$ النسبة المئوية للإستهلاك الأكسجيني الأقصى

$FC_{exercice}$ - FC_{repos} الفرق بين نبض القلب المستهدف (بعد التوقف من التمرين البدني) وبين نبض القلب في وقت الراحة.

RFC : احتياطي معدل القلب.

وقام **استرند وريمنغر Astrand et Ryming** بإستخلاص المعادلة التالية :

$$\%VO_{2max} = (1\times RFC^{-1})\times FC_{exercice} - (FC_{repos}\times RFC^{-1})$$

حيث : $(1\times RFC^{-1})$ يساوي رقم ثابت هو 0.0077.

$(FC_{repos}\times RFC^{-1})$ متعلق بالجنس عند الرجال هو 0.486 فتصبح المعادلة عند الرجال كالتالي:

$$\%VO_{2max} = 0.0077\times FC_{exercice} - 0.486$$

أما عند النساء $(FC_{repos}\times RFC^{-1})$ **هو 0.563** فتصبح المعادلة عند النساء كالتالي:

$$\%VO_{2max} = 0.0077\times FC_{exercice} - 0.563$$

مثال :

على الدراجة الأرجومترية من أجل قدرة ميكانيكية (p) 150 واط لأحد الرياضيين مع نبض قلب (FC) 160 نبضة في الدقيقة ، النسبة المئوية النسبية المئوية % للإستهلاك الأقصى الأكسجيني VO_{2max} هو:

$$\%VO_{2max} = 0.0077\times FC_{exercice} - 0.486$$

$$\%VO_{2max} = 0.0077\times 160 - 0.486 = 0.743(74.3\%)$$

ومن اجل الحصول على الإستهلاك الأكسجيني الأقصى عند هذه القدرة الميكانيكية نطبق معادلة Astrand et Ryming :

$$VO_{2max}(l.min^{-1}) = 0.0135 \times p(w) + 0.1$$

$$VO_{2max}(l.min^{-1}) = 0.0135 \times 160 + 0.1 = 2.26\ l.min^{-1}$$

وعليه فإن الإستهلاك الكسجيني الأقصى لهذا الرياضي هو:

$$VO_{2max}\,(l.min^{-1}) = 2.26 \times 0.743^{-1} = 3.04\ l.min^{-1}$$

وعليه أمكن التنبؤ بالإستهلاك الأقصى الأكسجيني لهذا الرياضي انطلاقا من نبض القلب بعد الإنتهاء من الحمل البدني على الدراجة الأرجومترية وكذالك من خلال القدرة الميكانيكية.

1 -الإختبارت الميدانية لقياس القدرة الهوائية Tests VMA:

في بعض المصادر يطلق عليه اختبارات السرعة الهوائية القصوىVMA لأنها تعتمد بشكل أساسي على السرعة القصوى التي يمكن أن يصل اليها الرياضي ، وهذه الإختبارات تتم في الميدان إما وفق مضمار سباق ألعاب القوى أو وفق منطقة فضاء تحدد مسافته مسبقا ،وهي متنوعة يمكن حساب القدرة الهوائية إما عن طريق المسافة التي يقطعها الرياضي كإختبار كوبرcooper جري مدة 12 دقيقة بحيث في الأخير نستخدم المسافة التي يقطعها الرياضي لأجل تقدير VO_{2max} ، أو استخدام السرعة مثلا إختبار المراحل les palier حيث يتم التدرج في السرعة الرياضي عبر مراحل الى غاية أن لا يستطيع الرياضي الإستمرار في مواصلة تتبع ايقاع الجري تحسب السرعة النهائية التي توقف عندها الرياضي في تقدير الـ VO_{2max} ، وفي الأخير يمكن حساب VO_{2max} من خلال حساب الزمن الذي يستغرقه الرياضي في جري مسافة معينة وفيما يلي سوف نشرح أحد النواع من هذه الإختبارات فيما يلي يستعمل بكثرة على مضمار سباق ألعاب القوى.

وفيما يلي سوف نذكر كل نوع من هذه الإختبارات بالتفصيل:

إختبار جري 1600 متر:

يطلب من الرياضي جري مسافة 1600 متر على مضمار سباق ألعاب القوى (4 دورات) في جو يكون معتدل بعد ساعتين من آخر وجبة غدائية ،يتم حساب VO_{2max} عن طريق المعادلة التالية:

$$VO_{2max} = A - [(temps \times 3.2839)+(FC_{exercice} \times 0.1565)+(aga \times 0.3877)+ (masse \times 0.0769)]$$

حيث: A= 132.85 بالنسبة للنساء ، **A= 139.17** للرجال

Temps: الزمن الذي يقطعه الرياضي في جري مسافة 1600 متر بالدقائق

Aga : عمر الرياضي

Masse: وزن الرياضي

مثال: احد الأفراد عمره 42 سنة وزنه 75 كيلوغرام قطع مسافة 1600 متر على مضمار سباق ألعاب القوى في زمن قدره 14.33دقيقة مع نبض قلب 128 نبضة خلال نهاية الجري مباشرة ، الإستهلاك الأقصى الأكسجيني لهذا الفرد هو :

$$VO_{2max} = A - [(temps \times 3.2839)+(FC_{exercice} \times 0.1565)+(aga \times 0.3877)+ (masse \times 0.0769)]$$

$$VO_{2max} = 139.17 - [(14.33 \times 3.2839)+(128\times 0.1565)+(42 \times 0.3877)+ (75\times 0.0769)]$$

$$VO_{2max} = 50\ ml.min^{-1}kg^{-1}$$

ـ اختبار جري 12دقيقة لكوبر:

يستهدف هذا الإختبار الجري لمدة 12 دقيقة على مضمار سباق القوى من أجل قطع أكبر مسافة ممكنة خلال هذا الزمن ،وذلك مند اعطاء إشارة بدء الإختبار وحتى لحظة اعلان الميقاتي انتهاء الزمن المقرر للإختبار، ولأجل حساب VO_{2max} في اختبار كوبر نستخدم المعادلة التالية:

$$VO_{2Max} = 22,351 \times D – 11,288$$

حيث: D: المسافة التي يقطعها الرياضي في 12 دقيقة بالكيلومتر

VO_{2max}:يحسب بـ $ml.min^{-1}kg^{-1}$

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

وقد توصل كوبر أن قيمة VO_{2max} التي تساوي $43\ ml.min^{-1}kg^{-1}$ تعتبر مؤشرا معقولة لمستوى اللياقة بالنسبة للرجال في سن 20-29سنة ،يقابلها **القيمة التي** تساوي $31ml.min^{-1}kg^{-1}$ بالنسبة للسيدات من نفس السن.

- اختبار جري ذهاب -إياب 20 متر مراحل لـ لوك ليجرTest navette Luc Léger

يستخدم هذا الإختبار بكثرة لدى الأطفال والمراهقين من سن 8 سنوات حتى 18 سنة ،حيث يطلب من المختبر جري دهاب وإياب مسافة 20 متر بسرعة متدرجة في الزيادة عبر مراحل الإختبار ،ولتسهيل اجراءات الإختبار يتطلب استخدام ايقاع صوتي يعلن عن كل مرحلة والسرعة التي توافقها

حيث تحدد السرعة في المرحلة الأولى من 7-8 كلم في الساعة وفي كل مرحلة يزيد ايقاع الجري بـ0.5 كلم في الساعة الى غاية المرحلة 24 أين تصبح سرعة الجري 25 كيلومتر في الساعة ،فمعلى المختبر اتباع ايقاع الجري الى غاية وصوله الى الحد الذي لا يستطيع بعده مواصلة الجري والتوقف ،المرحلة التي يتوقف عندها الجري مؤشر على السرعة الهوائية القصوى والتي يمكن استخدامه في معادلة حساب الـ VO_{2max} كالتالي:

$$VO_{2max} = 14{,}49 - 2{,}143\ x + 0{,}00324x^2$$

حيث x: هي السرعة الهوائية القصوى VMA
VO_{2max}:يحسب بـ $ml.min^{-1}kg^{-1}$

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

الفصل السادس
تمارين تطبيقية

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

تمارين تطبيقية:

التمرين الأل: القدرة اللاهوائية اللالكتيكية

أحد الأفراد حقق قفزة بـ 60 cm خلال الوتب العمودي لسارجنت ،ونفس الفررد حقق زمن قدره 0.6 s في اختبار الدرج لمارجريا ، مع العلم أن وزنه هو 70 kg ماهي القدرة اللاهوائية له ؟

الإجابة :

نستخدم معادلة لويس lewis :

$$W = 21.7 \times m \times \sqrt{h}$$

$$W = 21.7 \times 70 \times \sqrt{0.6} = \mathbf{1176\ w}$$

اختبار مارجريا:

$$W = 10.3 \times m \times t^{-1}$$

$$W = 10.3 \times 70 \times 0.6^{-1} = \mathbf{1200w}$$

التمرين الثاني: معامل التنفس

أحسب حجم أكسيد الكربون المطروح VCO_2 باللتر في الدقيقة ($l.min^{-1}$) لشخص وزنه 72kg في الوقت الراحة مع العلم :

1- معامل التنفس QR هو الفرق بين حجم أكسيد الكربون المطروح مع حجم الأكسجين المستهلك ($QR=VCO_2 . VO_2^{-1}$)

وهذا المقدار مرتبط بمكونات المواد التي تم أكسدتها.

الجلوكوز : $6\ CO_2 + 6\ H_2O + 38\ ATP \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$

- حمض البالمتيك $C_{15}H_{31}COOH+23O_2 \longrightarrow 16CO_2 +16H_2O+129\ ATP$

2- في الوقت الراحة نستهلك ثلث كربوهيدرات(3/1) وثلثين دهون (3/2)

3- الإستهلاك الأكسجيني في وقت الراحة$V0_2$ هو $3.5ml.min^{-1}.kg^{-1}$

الإجابة:

في وقت الراحة نستهلك مرتين أكثر من الكربوهيدرات

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

معامل التنفس للكربوهيدرات QRهو1(6/6)أما بالنسبة لدهون هو 0.7(23/16)

وعليه معامل التنفس في حده المتوسط في وقت الراحة هو :

$$QR= (2\times0.7 + 1\times1)/3= 0.8$$

نعلم أن الإستهلاك الأكسجيني في وقت الراحة هو 3.5 مليليتر لكل واحد كيلوغرام من وزن الشخص في الدقيقة إذا كان وزنه هو 72 كيلوغرام فإن:

$$V0_{2REPOS} = 3.5(ml.min^{-1}.kg^{-1}) \times 72\ (kg)= \mathbf{250\ ml.min^{-1}}$$

وبما أن : $QR=VCO_2 .VO_2^{-1} \Longrightarrow VCO_2= QR\times VO_2$

$$\mathbf{VCO_2 = 0.8 \times 250 = 200ml.min^{-1} = 2\ l.min^{-1}}$$

التمرين الثالث: العجز الأكسجيني الأقصى

تم اجراء اختبار المراحل intensité progressive لمدة ثلاثة دقائق لأحد الرياضيين وزنه 75 كيلوغرام حيث حددت القدرة الميكانيكية للمرحلة الأخيرة بـ 400 واط.

1 -أحسب الإستهلاك الأكسجيني لهذا الرياضي في هذه المرحلة.

1 -أحسب العجز الأكسجيني لهذا الرياضي DMOA عند شدة الحمل البدني 120% من VO_{2max} مع العلم أنه تم قياس الإستهلاك الأكسجين لهذا الرياضي كل 15 ثانية خلال مراحل الإختبار حسب الجدول التالي:

Temps(s)	VO_2moyenne($ml.min^{-1}.kg^{-1}$) pendant les 15s		Temps(s)	VO_2moyenne($ml.min^{-1}.kg^{-1}$) pendant les 15s
15	35		75	70
30	50		90	72
45	60		105	73.5
60	66.5			

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

الإجابة:

1 -من أجل حساب الإستهلاك الأسجيني عند شدة الحمل البدني 400 واط نطبق معادلة معادلة أسترند ورمينغ Astrand et Ryming :

$$VO_{2max}\,(l.min^{-1}) = 0.0135 \times p(w) + 0.1$$

$$VO_{2max}\,(l.min^{-1}) = 0.0135 \times 400 + 0.1 = 5.5\ l.min^{-1}$$

مع العلم أن وزن الرياضي 75 كيلوغرام فإن:

$$VO_{2max}\,(ml.min^{-1}.kg^{-1}) = 5.5\ l.min^{-1}\ (\times 1000) / 75 = 73.33 (ml.min^{-1}.kg^{-1})$$

2 -شدة الحمل البدني 120% من VO_{2max} ،وبإعتبار أن 400 واط تمثل شدة الحمل البدني 100% من VO_{2max} فإن:

$$120\%de\ VO_{2max} = 120 \times 400W / 100 = 480W$$

نطبق معادلة أسترند ورمينغ Astrand et Ryming من أجل حساب الإستهلاك الأسجيني عند هذه الشدة VO_2 :

$$VO_{2(480W)}\,l.min^{-1} = 0.0135 \times 480W + 0.1$$

$$VO_{2(480W)} = 88\ ml.min^{-1}.kg^{-1}$$

من أجل حساب العجز الأكسجين لهذا الرياضي لهذا الإختبار المراحل لثلاثة دقائق يجب أن نعلم أنه هذا الرياضي عند وصوله الى الحد الأقصى الكسجيني VO_{2max} ($73.33ml.min^{-1}.kg^{-1}$) بقي ثابت حتى نهاية الإختبار بالرغم من زيادة شدة الحمل البدني (المرحلة الثابتة).

ولأجل الحصول على العجز الأكسجيني لهذا الرياضي يجب أن نستخرج الإستهلاك الأكسجيني لكل 15 ثواني وعليه نستخدم المعطيات المدونة في الجدول أعلاه ،ناخذ على سبيل المثال خلال 15 ثانية الأولى لدينا :

$$VO_2 = 35\ ml.min^{-1}.kg^{-1}\ (\times 15/60) = 8.75\ ml.15S^{-1}.kg^{-1}$$

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

ونفس الطريقة تطبق مع كل القيم الأخرى نتوصل الى الجدول التالي:

Temps(s)	VO_2 (ml.min^{-1}.kg^{-1})	VO_2 (ml.15S^{-1}.kg^{-1})	Temps(s)	VO_2 (ml.min^{-1}.kg^{-1})	VO_2 (ml.15S^{-1}.kg^{-1})
15	35	8.75	105	73.5	18.73
30	50	12.5	120	73.5	18.73
45	60	15	135	73.5	18.73
60	66.5	16.65	150	73.5	18.73
75	70	17.5	165	73.5	18.73
90	27	18	180	73.5	18.73
				Total :198.65 ml. kg^{-1}	

وعليه العجز الأكسجيني **DMOA** لهذا الرياضي هو الفرق بين الإستهلاك الأكسجيني الذي يوافق الشدة 120% من VO_{2max} مضروب في ثلاثة دقائق مع مجموع الإستهلاك الأكسجيني لكل 15 ثانية من الجدول، ويحسب كالتالي:

DMOA = (88 ml.min^{-1}.kg^{-1})× 3 min - 198.65 ml. kg^{-1}

DMOA = 56.4 ml. kg^{-1}

التمرين الرابع: قياس الطاقة

ما هو المصروف الطاقوي القاعدي في الساعة لأحد الأشخاص وزنه 72 كيلوغرام ،مع العلم :

1 -التعادل الكلوري لـ1 لتر من الأكسجين إذا كان من الكربوهيدرات يعطي شغل قدره 21.1 كيلوجول وإذا كان من الدهون هو 19.6 كيلوجول.

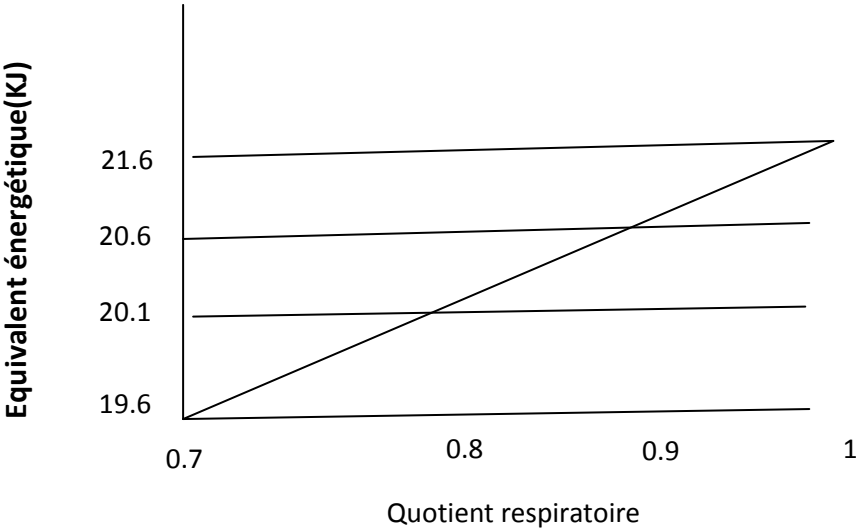
2 -توجد علاقة خطية بين التعادل الكالوري لـ 1لتر من الأكسجين ومعامل التنفس الذي هو ما بين 0.7 و1 (انظر المنحنى)

3 -معامل التنفس لهذا الشخص في وقت الراحة هو 0.8

د.لوح هشام
د. عسلي حسين

4 -الإستهلاك الأكسجيني في وقت الراحة هو 3.5 مليليتر لكل واحد كيلوغرام من وزن الشخص في الدقيقة إذا كان وزنه هو 72 كيلوغرام فإن:

$$V0_{2REPOS} = 3.5(ml.min^{-1}.kg^{-1}) \times 72\ (kg) = \mathbf{250\ ml.min^{-1}}$$



منحنى يوضح العلاقة بين التعادل الكالوري لـ 1 لتر من الأكسجين من الشغل المنتج مع معامل التنفس المتعلق بمصدر الغداء الذي تم حرقه لإنتاج الطاقة.

الإجابة:

يجب أن نعرف أن التعادل الكالوري لـ1لتر(EEO_2) من الاكسجين يتعلق أساسا بمصدر الطاقة بالدرجة الأولى إذا كان مصدر الطاقة كربوهيدرات أم دهون والذي يمكن معرفته من خلال معامل التنفس الذي يكون محصور بين 0.7 و1 بينما الشغل المنتج يكون محصور بين 19.6 و21.1 (انظر المنحنى)

ولأجل استخراج التعادل الكالوري (EEO_2) نستخدم المعادلة التالية:

$$\mathbf{(EEO_2) = 5 \times (QR - 0.7) + 19.6}$$

حيث : 5 هو رقم ثابت يتم حسابه بالطريقة التالية:

$$\mathbf{(21.1\text{-}19.6) \times (1\text{-}0.7) = 5}$$

المصروف الطاقوي القاعدي لهذا الرياضي في الساعة مرتبط بالإستهلاك الأكسجيني في وقت الراحة وهو يحسب بالمعادلة التالية:

Dépence énergétique = $\mathbf{V0_{2REPOS}(l.h^{-1}) \times EEO_2}$

. لدينا :

$$\mathbf{(EEO_2)= 5 \times (QR - 0.7) + 19.6}$$

$$\mathbf{EEO_2 = 5 \times (0.8 - 0.7) + 19.6 = 20.1\ kJ}$$

كذلك:

$$\mathbf{V0_{2REPOS}} = [3.5(ml.min^{-1}.kg^{-1}) \times 72\ (kg) = \mathbf{0.25l.min^{-1}}] \times \mathbf{60\ min}$$

$$\mathbf{V0_{2REPOS} = 15l.h^{-1}}$$

وعليه:

$$\mathbf{Dépense}\ énergétique = V0_{2REPOS}(l.h^{-1}) \times EEO_2$$

$$\mathbf{Dépense\ énergétique = 15 \times 20.1 = 301\ KJ.h^{-1}}$$

التمرين الخامس: المردود الحركي على الدراجة الأرجومترية

خلال اختبار بدني لهذا الرياضي على الدراجة الأرجومترية بشدة متدرجة 100 واط الى 250 واط ، حيث قدرة القدرة الميكانيكية من 1.43كيلوكلوري في الدقيقة و 3.58 كيلوكلوري في الدقيقة .

إذا كانت الإستهلاك الأكسجيني لهذا الرياضي والتي تم قياسها عن طريق جهاز تحليل الغازات على التوالي 1.6 لتر في الدقيقة و 3.1 لتر في الدقيقة ، ومعامل التنفس (QR) هو 0.83 .

ما هو المردود الحركي لهذا الرياضي؟

الإجابة:

والمردود الحركي يعكس الطاقة المطلوبة لإنتاج القدرة الميكانيكية(التقلص العضلي) مقارنة مع الطاقة الكامنة المتوفرة خلال الأيض الخلوي.

وعليه يمكن التعبير عن المردود الحركي بالمعادلة التالية:

$$\eta_{Musc}(\%) = \text{Travail mécanique} \times \text{Energie consommé}^{-1}$$

وكما سبق في التمرين السابق التعادل الكالوري لـ1لتر من الأكسجين لمعامل التتنفس عند القيمة 0.83 يحسب كالتالي:

$$(EEO_2) = 5 \times (QR - 0.7) + 19.6 = 20.25kJ$$

وبإعتبار أن المصروق الطاقوي مرتبط أساسا بالإستهلاك الأكسجيني إذا:

1 -عند الشدة 100 واط

$$\text{Dépense énergétique} = V0_2\ (l.min^{-1}) \times EEO_2$$

Dépense énergétique=1.6 $l.min^{-1}$ × 20.25Kj= **$32.4kJ.min^{-1}$**

2 -عند الشدة 250 واط:

$$\text{Dépense énergétique} = V0_2\ (l.min^{-1}) \times EEO_2$$

Dépense énergétique=3.1 $l.min^{-1}$ × 20.25Kj= **$62.77kJ.min^{-1}$**

الطاقة المستهلكة Energie consommée هي الفرق بين المصروف الطاقوي عند الشدة 100 واط والشدة 250 واط وهي كالتالي:

Energie consommé=62.77$kJ.min^{-1}$ - 32.4$kJ.min^{-1}$= **$30.37kJ.min^{-1}$**

الإختلاف في القدرة بين الشدة الأولى والشدة الثانية هو :

3.58 – 1.43 $kcal.min^{-1}$= 2.15 $kcal.min^{-1}$

يجب تحويل الكيلوكلوري الى الكيلوجول ، لديان:

0.239 Kcal =1 KJ

2.15 $kcal.min^{-1}$ = 9 $kJ.min^{-1}$

وعليه هذه القيمة تمثل القدرة الميكانيكية أي:

Travail mécanique= 9 $kJ.min^{-1}$

وبما أن قمنا بحساب القدرة الميكانيكي(**Travail mécanique**) و الطاقة المستهلكة (**Energie consommé**) بالكيلوجول في الدقيقة يمكن حساب المردود الحركي وفق المعادلة التالية:

$$\eta_{Musc}(\%) = \text{Travail mécanique} \times \text{Energie consommé}^{-1}$$

$$\eta_{Musc}(\%) = 9\ kJ.min^{-1} \ / \ 30.37 kJ.min^{-1}$$

$$\eta_{Musc}(\%) = 0.296$$

$$\eta = 29.6\ \%$$

وعليه المردود الحركي لهذا الرياضي هو في حدود 29.6%

التمرين السادس : قياس VO_{2max} بالطريقة الغير مباشرة:

أحد الأفراد سنه 50 سنة حقق في اختبار الحد الأقل من الأقصى على الدراجة الأرجومترية نبض قلب بـ 141 نبضة في الدقيقة عند الشدة (القدرة الميكانيكية) 170 واط .

أحسب VO_{2max} بإستخدام معادلة أسترند وريمنغ مع العلم أن نبض القلب لهذا الشخص في وقت الراحة هو 70 نبضة في الدقيقة و الحد الأقصى لنبض قلبه هو 170 نبضة في الدقيقة.

الإجابة:

$$\%VO_{2max} = (1 \times RFC^{-1}) \times FC_{exercice} - (FC_{repos} \times RFC^{-1})$$

$$\%VO_{2max} = [1 \times (170-70)^{-1}] \times 141 - [70 \times (170-70)^{-1}]$$

$$\%VO_{2max} = 0.71 \Longrightarrow VO_{2max} = 70\%$$

هذا يعني أنVO_{2max} هو في حدود 70% من قيمة VO_{2max} النظرية حيث نقوم بحساب قيمة VO_{2max} نظريا عند الشدة 170 واط بإستخدام معادلة أسترند ورمينغ Astrand et Ryming التالية:

$$VO_{2max}(l.min^{-1}) = 0.0135 \times p(w) + 0.1$$

$$VO_{2max}(l.min^{-1}) = 0.0135 \times 170 + 0.1 = \mathbf{2.4\ l.min^{-1}}$$

وعليه قيمة VO_{2max} نظريا هو 2.4 لتر في الدقيقة عند الشدة 170 واط

إذا:

$$VO_{2max}(l.min^{-1}) = 2.4/0.7 = \mathbf{3.4\ l.min^{-1}}$$

المصادر والمراجع:

1- أبو العلاء أحمد عبد الفتاح ومحمد صبحي حسنين.1997. فسيولوجيا ومرفولوجيا الرياضة وطرق القياس والتقويم .القاهرة : الطبعة الأولى، دار الفكر العربي.

2- أحمد نصر الديين سيد.2003.فسيولوجيا الرياضة.القاهرة. الطبعة الأولى، دار الفكر العربي.

3- نصر الدين رضوان.1998.طرق قياس الجهد البدني في الرياضة. القاهرة:الطبعة الأولى،مركز الكتاب للنشر.

4 –محمد نصر الدين رضوان .2003. فزيولوجية الرياضة نظريات وتطبيقات. القاهرة:ط1، دار الفكر العربي .

5- السيد عبد المقصود .1997.نظريات التدريب الرياضي تدريب وفسيولوجيا القوة. القاهرة: الطبعة الأولى،مركز الكتاب للنشر.

6- **Astrand P . O . et Rodahl .K. 1980. Précis de physiologie de l'exercice musculaire. Paris :Masson.**

7- **Véronique Billat2003: Physiologie et méthodologie de l'entrainement . Bruxelles :2eme édition, De Boeck Université.**

8- **Véronique Aurélie. 2007. Les connaissances de physiologie de l'enfant au service de l'enseignement de l'eps a l'école primaire.Document UM médecine du sport, UF recherches cliniques,exercice-santé, France, Univ Grenoble ,13 nouvembre.**

9- **W.McARDLE-F.KATCH-V.KATCH.2001.PHYSIOLOGIE DE L'ACTIVITé PHYSIQUE . 4eme édition.édition Maloine.paris.**

10- **Guillaume Meillet et Stéphane Perrey.2005.Physiologie de l'éxercice musculaire.éllipses édition.paris.**

11- **Jack H.Wilmore et David L.Costill .2002. Physiologie du sport et de l'exercice . paris: 2 édition, De Boeck Université.**