المحاضرة الخامسة:

نظام الطاقة الهوائي

أهداف المحاضرة

- التعرف على **حساب التمثيل الغذائي القاعدي**
- **التعرف على نظام الطاقة الهوائى (الأكسجينى)**
- **التعرف على حساب التمثيل الغذائي القاعدي**
- **التعرف على التمثيل الغذائي الهوائي**
- **التعرف على تكيف التمثيل الغذائي بالجسم لتدريب التحمل اللاهوائي**
- **التعرف على تنمية التحمل اللاهوائي**

1- نظام الطاقة الهوائية (الأكسجينى):

يتميز هذا النظام عن النظامين السابقين لإنتاج الطاقة بأنه يعتمد اساسا على الاكسجين في انتاج الطاقة، أي انتاجه بالعضلة يطريقة هوائية كعامل فعال خلال التفاعلات الكيمائية لإعادة بناء ATP حيث يمكن استعادة بناء ٣٩ مول ATP في وجود الأكسجين بواسطة التكسير الكامل لأجزاء من الجلايكوجين ويكسر إلى ثاني أكسيد الكربون وماء ، وتعتبر هذه اكبر كمية لإعادة بناء ATP ومثل هذا يتطلب مئات التفاعلات ا لكيمائية ومئات من النظم الإنزيمية التي تزيد في تعقيدها بدرجة كبيرة عن إنتاج الطاقة اللاهوائى في النظاميين السابقين ويتم نظام الأكسجين في داخل الخلية العضلية، ولكن في حيز محدود هو الميتوكوندريا Mitochondria .

ويعتمد هذا النظام على تحويل الطاقة إلى ثلاثة مصادر لإعادة بناء الـ ATP عن طريق أكسدة المواد الكاربوهيدراتية والدهون والبروتين، ونظرا لتوافر متطلبات هدا النظام من الأكسجين في الهواء الجوي ومصادر الطاقة المخزونة في الجسم فإنه يتميز بمقدرته على تحويل قدر كبير من الطاقة ولفترة طويلة، ولذلك فهو يعتبر النظام السائد في الأنشطة البدنية التي تستمر لفترة طويلة وهي أنشطة التحمل، كما أنه أيضا يعتبر قاعدة أساسية لأنشطة القوة والسرعة اللاهوائية لكونه عاملا مساعدا على الاستشفاء خلال فترات الراحة البينية، كما تعتمد الأنشطة البدنية اليومية على هذا النظام، ويصل معدل الاستهلاك إلى مستواه الأقصى خلال بضعة دقائق، ويرتبط النظام الهوائي بعمل وكفاءة الأجهزة الأخرى المسئولة على توفر الأكسجين مثل الجهاز الدوري والجهاز التنفسي والدم، لذلك أصبح الاهتمام بتدريبات بالنظام الهوائي لا تقتصر على الرياضيين فقط بل اصبحت اساس برامج الممارسة الرياضية لحفظ الصحة وتحسين وظائف القلب والأوعية الدموية والجهاز التنفسي والمحافظة على الوزن الصحي، يعود كل ذلك لشدة الحمل المنخفضة المستعملة في التدريب بالنظام الطاقوي الهوائي. وبمقارنة النظام الهوائي بالنظام اللاهوائي نجد أن سرعة انتاج الطاقة في النظام الأكسجيني نجدها في الانشطة الرياضية التي تتطلب زمن طويل في الممارسة مثل سباقات العدو كلم و10 كلم ويعتبر النظام الهوائي كذلك قاعدة للممارسة الرياضية المختلفة.

تتحول المواد الكربوهيدراتية خلال الهضم إلى سكر غلوكوز يمتصه الدم، حيث يحول معظمه إلى الكبد الذي يقوم بالتعامل معه وفقا لما يلي:

- تحول لالغلوكوز إلى شكل أكثر تركيبا وهو الجلايكوجين لتخزينه في الكبد.
- أكسدة السكر لإعادة بناء ATP لوظائف الكبد ذاته.
- إعادة تحويل الجلايكوجين إلى غلوكوز لنقله في الدم إلى العضلات عند الحاجة إليه
- تخويل الجلايكوجين الزائد عند التخزين تخويل الجلايكوجين الزائد عند التخزين إلى أحماض دهنية لنقلها من خلال الدم في الخلايا الدهنية.
- أما الغلوكوز الذي ينقله الدم إلى العضلات فيمكن تحويله مباشرة إلى غلوكوز سداسي الفسفور الذي يستخدم في عملية الجلكزة في حالة الحاجة إلى الطاقة أو يحول إلى جلايكوجين في العضلة في حالة عدم الحاجة أليه، وخلال التدريب وعند ما تحتاج خلايا العضلة إلى المزيد من الطاقة يقوم الكبد بتحويل الجلايكوجين المخزون به إلى غلوكوز لنقله إلى الأنسجة التي تحتاج إليه، والجلايكوجين هو عديد التسكر يتم بناؤه في الخلايا عن طريق ارتباط جزيئات الغلوكوز معا، لذلك فإن جزيء الغليكوجين أكبر حجما ويتكون من مئات أو الآلاف من جزيئات الغلوكوزوخلال التدريب يتم تحويل الجلايكوجين إلى غلوكوز، وتسمى هذه العملية الجلايكوجينوليز، حيث يستخدم الغلوكوز كمصدر للطاقة ويتم تخزين الجلايكوجين في الكبد والعضلات ، بصفة عامة يوجد الجلايكوجين في الجسم بصفة قليلة، حيث ينفذ في بضع ساعات خلال التدريب لذلك تعمل عمليات الاستشفاء على سرعة إعادة تخزين الجلايكوجين عن طريق أخذ وجبات غنية بالكربوهيدرات.
- يتم اكسدة الكؤبوهيدرات بواسطة كل من: الجلكزة، دورة كريبس و سلسلة نقل الالكترون.

يلعب الجلايكوجين دورا هاما في العمل العضلي الهوائي المستمر لفترة طويلة، حيث تزداد السعة الهوائية كلما يزداد مخزون العضلات من الجلايكوجين بنسبة تفوق 50% وهناك علاقة ارتباطية بين مستوى تخزين الجلايكوجين في العضلات والقدرة على الاستمرار في الاداء لفترة طويلة، وعند أداء الحمل البدني بشدة 60إلى 80% من مستوى الحد الاقصى لاستهلاك الأكسوجين فإن مصدر الطاقة أثاء ذلك يعتمد على استخدام جلايكوجين العضلة بنسبة 50إلى 85% وكلما زاد استهلاك مخزون الجلايكوجين بالعضلة تزداد نسبة الاعتماد على استهلاك غلوكوز الدم والتي تبلغ حوالي 10 إلى 15% في بداية العمل وتصل إلى 50% في حالة زيادة التعب، نعني بذلك ظهور دور الجلاكوجين المخزن في الكبد في حلات التعب .

الجلكزة glycolyse :

وهي أول سلسلة تفاعلات تشارك في تكسير الجلايكوجين هوائيا ويتم تحويله إلى ثاني أكسيد الكربون والماء، و تتم عملية الجلكزة للكربوهيدرات في بدايتها دون الاكسوجين وهي الجلكزة اللاهوائية والتي تنتهي بتكوين حامض اللاكتيك وينتج عن هذه العملية 3 مليمول من ATP، وفي حالة توافر الأكسجين يتم عدم استكمال سلسلة التفاعلات الكميائية وهي الجلكزة الهوائية عندما يتكون حامص البيروفيك وهو التفاعل رقم 11 في سلسلة تفاعلات الجلكزة اللاهوائية التي تنتهي بالتفاعل رقم 12 وحو حامض اللاكتيك، وتتم عملية الجلكزة الهزائية داخل الميتاكندريا كما يلي:

- يتحول حامض اللاكتيك بوجود الأكسجين إلى حامض البسروفيك بمساعدة أنزيم لكتيكودي هدروجين.
- يتحول حامض البايروفيك إلى استيل مرافق انزيم A ((acetyl coenzymeA) .

- يدخل استيل مرافق انزيم A إلى دورة كريبس، فبناء على ما سبق يتضح ان وجود الاكسجين يثبط تجمع حامض اللاكتيك ولكن لايعيك بناء ATP.

القدرة الهوائية القصوى

دورة كريبس cycle de Krebs

- أين تحدث هذه العملية ؟ كيف تحدث ؟ وماهي النواتج النهائية لها ؟ الغاية منها : تحرير الطاقة , واطلاق CO2، إلتمام عملية التنفس الخلوي , تكوين شوارد الهيدروجين ,والبروتونات واللكترونات . والتي تحمل على نواقل الكترونية هي FAD, NAD والتي تنتقل الى السلسلة التنفسية بعد انتاجها من حلقة كربس , والهدف منها المناقلة والتبسيط وهو عدم تحرير الطاقة بشكل مفاجئ مما يسبب اذية للخلية , بل تحريرها على عدة مراحل .

اكسدة البروفيت.

يدخل البيروفيت في دورة كربس أولا عن طريق أكسدته إلى الأستيل CoA- ويحدث هذا التفاعل في الميتوكندريا وفي هذا التفاعل تفقد مجموعة كبروكسيل على شكل ثاني اكسي الكربون تفاعل

(نزع الكربوكسيل التأكسدي) عن طريق أنزيم البيروفيت ديهيدروجينيز. حيث ان عملية هدم الكربوهيدرات تحت الظروف اللاهوائية تنتهي بانتاج حامض البيروفيك من خلال مسلك(EMP فاذا توفر O2 بدرجة كافية تحدث لحامض البيروفيك عملية اكسدة ونزع مجموعة الكاربوكسيل ليعطي Coenzyme acetylوهذا التفاعل معقد ويحتاج الى توفر خمس عوامل أساسية حتى يتم وهي:

2- (T PP)Thiamin pyrophosphate
3- أيونات المغنسيوم
4- NADP
5- CO-A enzyme
6- الليبوريك حامضLipoic acid
7- تنظيم عمل انزيم بيروفات ديهايدروجينيز
8- طالما ان التفاعل غير انعكاسي اذا فالإنزيم يخضع لتنظيم دقيق فدورة كربس مستمرة لا تتوقف
9- (تتسرع وتتباطأ ولكن لا تتوقف)والذي حدد السرعة التي تسير بها الدورة هو هذا التفاعل .

والانزيم له شكلان:

10- A -غير مفسفر فعال
11- Bمفسفر خامل

ثانيا ينشط التفاعل عند ارتفاع COA (عدم وجود الكثير من جذور الاستيل)، ارتفاع ADP AMP,NADايضا من المنشطات ارتفاع ايون الكالسيوم حيث يزداد تركيزه عند التقلص العضلي، حيث يحتاج التقلص الى طاقة . ان تنشيط انزيم الفوسفاتيز الذي يحول الانزيم من الشكل المفسفر الخامل الى اللا مفسفرة الفعال (الفوسفاتيز يسحب الفوسفات) . يثبط الانزيم زيادة ATP وزيادة Acetyl وزيادة NADH+H وعندها يسير التفاعل بالسرعة الدنيا لعمله. هناك حالة مرضية غير شائعة وهي غير عوز أنزيم نازع هيدروجين البير وفات وعندها تتضرر عملية انتاج الطاقة خاصة بالنسبة للدماغ

(اعتماده الاساسي من الطاقة من أكسدة البيروفات) ففي هذه الحالة البيروفات بأغلبيتها تخضع للاكسدة لاهوائي مما يؤدي الى تكوين اللكتيك اسيد.

- مركب ألاسيتيل CoA -يمكن الحصول عليه من الاحماض الدهنية و الأمينية ومن اكسدة البيروفيت الناتج من الجليكوليز(مصادر الاستيلCoA)
- جزيء واحد من الاستيل CoA -يتحلل في دورة كربس الى جزيئين , CO2 و طاقه على شكل ذرات هيدروجين)عن طريق اختزال مركباتNAD الىNADH (ثلاث جزيئات طاقه) FAD الى FADH(جزي واحد من الطاقة) ينتج كذلك جزيء من GTP

في التفاعل الاول: تنقل مجموعة الاستيل من الاستيل-CoA (2C) الى الاكسالواستيت (C4) لتكوين الستريت (C6)

- يحتاج تفاعل غير عكسي الى جزيء ماء لكسر الرابطه بين مجموعة الاستيل و CoA بالتالي يتحرر CoA
- في التفاعل الثاني: تفاعل غير عكسي و تتحول الستريت الى أيزوسيتريت .
- في التفاعل الثالث: توكسد أأليزوسيتريت ال ألفاكيتوجلوتريت (مركب من 5 ذرات الكربون) عن طريق انزيم ألايزوسيتريت ديهيدروجينيز. تفاعل غير عكسي
- يفقد مجموعة كربوكسيل على شكل ثاني اكسيد الكربون التي تحتاج الى ايون مغنيز كعامل مساعد. يتم نزع هيدروجين واختزالNAD الى NADH
- التفاعل الرابع :تؤكسد الفاكيتوجلوتاريت الى سكسينيل CoA (4كربون)عن طريق الانزيم الفاكيتوجلوتاريت ديهيدروجينيز. تفاعل غير عكسي , يفقد مجموعة كربوكسيل على شكل ثاني اكسيد الكربون التي تحتاج الى ايون مغنيز كعامل مساعد، يتم نزع هيدروجين واختزالNAD الى NADH يحتاج التفاعل الى .CoA
- التفاعل الخامس :يتحلل السكسينيل CoA -الى السكسنيت و CoA عن طريق انزيم سكسنيت ثيوكينيز. ينتجGTP المركب عالي الطاقة
- تنتقل الطاقة من GTP الىATP
- GTP+ADP→GDP+ ATP
- **التفاعل السادس** :تفاعل اكسده واختزال. يتأكسد السكسنيت الى فيوماريت عن طريق انزيم السكسنيت ديهيدروجينيز. يتم نزع هيدروجين واختزال FAD الىFADH
- **التفاعل السابع** :يتحول الفيوميريت الى ماليت بإضافة ماء عن طريق أألنزيم فيومريز
- **التفاعل الثامن :**تكتمل دورة كربس بهذا التفاعل, تفاعل اكسدة واختزال
- تؤكسد الماليت الى االكسالواستيت عن طريق انزيم ماليت ديهيدروجينيز
- يتم نزع هيدروجين واختزال جزيNAD الىNADH
- 1ATP - 1FADH2 - 3NADH
- اي ان نواتج اكسدة جزيئة كلوكوز واحدة تعطي 38 ATP ؟
- المواد الداخلة في الدورة - H2O, FAD,3NAD. Acetyl Co
- الموادة الناتجة من الدورة 2CO2، FADH, Co-A, 3NAD+3H,
- ان دورة كربس ليس فقط لإلنتاج الطاقة (هدم) بل هي تربط بين الهدم والبناء.

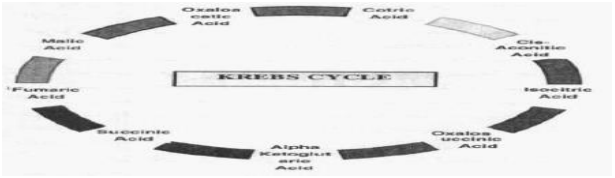
- في تسير في مجال الهدم لتحطيم Acetyl CoA وجميع المواد القادمة من المغذيات ولكن بنفس الوقت نقطة بداية لتشكيل العديد من المركبات الحيوية الهامة في الجسم وسيرد الحقا المركبات التي تبنى عن طريق المركبات الناتجة من دورة كربس

12- الدور الذي تلعبه دورة كربس في عمليات البناء للخلية

- -تساهم في أنتاج الطاقة الالزمة لعمليات البناء المختلفة

13- المساهمة في بناء الأحماض الأمينة فمثال يتكون الكلوتاميك من الفاكيتوكلوتاريك واالسبارتيك من الاوكسالوخليك.

- يدخل acetyl A-CO في التحوالت الغذائية للدهون –
- حامض الفيورمايك يدخل في التحوالت الغذائية للنتروجين
- Succinyl -COA -يدخل في التحوالت الغذائية للدهون كمايدخل في بناء مركبات البورفيرين والتي تتكون منها الكلور فيالت , الستيوكروم , وبعض االنزيمات الاخرى .



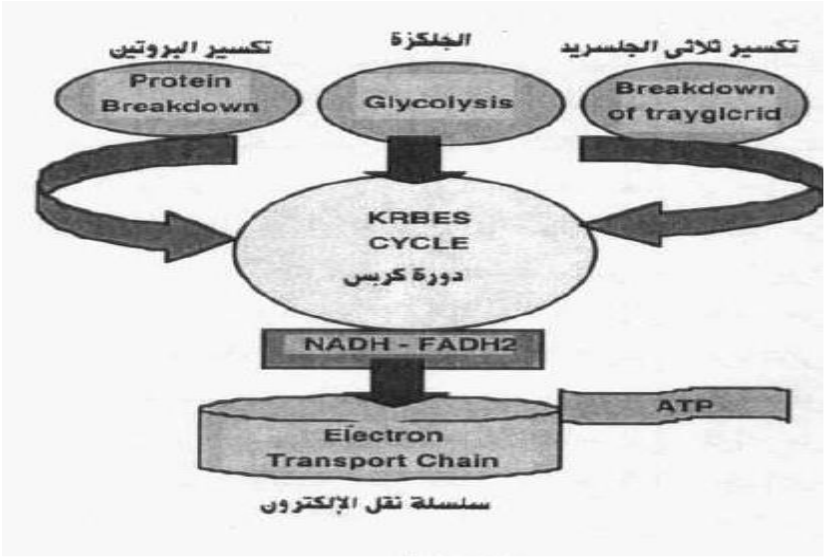
شكل رقم 07 دورة كريبس

سلسلة نقل الالكترون : يتم تكسير الجلايكوجين ويخرج ثاني أكسيد الكربون ويتكون الماء من آيونات الهيدروجين والالكترونات المنفصلة من دورة كربس والاكسجين الذي نتنفسه، كما يزيد انفصال الهيدروجين بكمية كبيرة خلال عملية الجلكزة لتحويل الغلوكوز إلى بيروفيك وكذلك خلال دورة كربس ، فإذا استمرت هذه الزيادة في تجمع الهيدروجين تزداد درجة الحموضة داخل الخلية العضلية، لذلك لا بد من التخلص من هذا الهيدروجين ، وفي هذه الحالة تقوم سلسلة نقل الالكترون بسلسلة تفاعلات كميائية ترتبط بدورة كربس كما يلي

- يتحد الهيدروجين الناتج عن الجلكزة ودورة كربس مع اثنين من الكوانزيم هما
  - **nicotinamide adénine dinucléotide (NAD)**
  - **flavine adénine dinucléotide** (FAD)

وهما يحملان ذرات الهيدروجين إلى سلسلة نقل الإلكترون ، حيث ينفصلان إلى بروتونات وإلكترونات

- وفي نهاية السلسلة يتحد الهيدروجين مع الأكسجين ليكونا معا الماء ، بهذا الشكل يتم حماية الخلية من الحموضة
- تمر الالكترونات المنفصلة من الهيدروجين خلال سلسلة نقل الالكترون لتوفير طاقة تستخدم لاعادة بناء ATP من المركب ADP



شكل رقم 8 مصادر الطاقة الهوائية

توجد الدهون في الجسم في أشكال مختلفة، ولكنها جميعا تحتوي على الأحماض الدهنية التي تعتبر البناء الاساسي للدهون .

الفسفوليبيدات : تقوم الفسفوليبيدات بدور تركيب الغشاء الخلوي وبلازما الدم.

الليبوبروتينات ـ تقوم بدور الناقلات للدهون من الأمعاء الدقيقة إلى الكبد ومن الكبد إلى الخلاياالدهنية، ويقوم بهذه العملية نوعان من الليبوبروتيدات وهما الليوبروتين منخفص الكثافة والليبوبروتين منخفض الكثافة جدا، وهما يمثلان عامل خطورة لامراض القلب التاجية، ويقوم الليبوبروتين مرتفع الكثافة بالمشاركة في تكسير الكولستيرول، ولذلك أثبتت الدراسات العلمية الحديثة أن زيادة مستويات الليبوبروتين مرتفع الكثافة تقي من أمراض القلب، ;تساهم الممارسة الرياضية في زيادة كميته في الدم .

الثلاثي غليسيريد:

ثلاثي الغليسريد هو نوع من المواد الدهنية المتكونة في الجسم، يخزن الجسم الدهون لتعطيه الطاقة وتحافظ على أداء أعضاء الجسم وظائفها. ويختزنها الجسم في هيئة ثلاثي الغليسريد، الذي يختزنه بصفة رئيسية في الخلايا الدهنية .أثناء الأيض ، أي هضم المواد الغذائية المختلفة، يحولها الجسم إلى ثلاثي غليسريدات ؛ يستهلك بعضها أثناء الحركة ويختزن في العضلات جزءا منها، أما معظم الثلاثي غليسريدات فتختزن في الخلايا الدهنية حيثما يحتاجه الإنسان للجري أو أداء عمل حركي . الغليسريدات لها وظائف متعددة يستفيد منها الجسم.

يهتم الأطباء عند قيامهم بتحليل دم شخص أو مريض بسبب معاناته من مرض قلبي أو تصلب الشرايين أو نقص عمل الكلى على تعيين نسبة ثلاثي الغليسريد، وذلك إلى جانب نسبة الكولسترول الذي يتكوّن في نوعين :بروتين دهني منخفض الكثافة LDL وهو ضار للصحة إذا زاد عن الحد، فهو يضيق الشرايين وربما يسدها ـ فتكون كارثة ـ ، وبروتين دهني مرتفع الكثافة وهو ما يسمى «بالكلسترول الطيب HDL «؛ ويقال أنه طيب لأنه يحمل الكوليسترول السيء ويرسله إلى الكبد للاستفادة منه (يصنع الكبد منه عصارة المرارة) . هذه الثلاثة مواد التي تنتمي إلى عائلة الدهنيات (ثلاثي الغليسريد، والكوليسترول LDL والكوليسترول (HDL ونسبتها في الدم تحدد مدى احتمال شخص للإصابة بذبحة صدرية أو سكتة دماغية، إذ أن حدوث تلك الإصابات المرضيه تنشأ من نسب مرتفعة من تلك الدهنيات في دم المريض إذا اجتمعت مع اعراض أخرى مثل السكري وضغط الدم ، وزيادة الوزن.

لماذا نقول ثلاثي غليسريد و ثلاثي غليسريدات ، لأن جزيء ثلاثي الغليسريد عبارة عن جليسرين ومرتبط به ثلاثة أحماض دهنية ، فباختلاف الأحماض الدهنية المرتبطة يختلف ثلاثي الغليسريد عن الآخر. ومن الأحماض الدهنية سلاسل لا حصر لها يمكن أن ترتبط بجزيء الغليسريد.

اكسدة البروتينات

تتكوّن البروتينات proteins من وحداتٍ تسمى الأحماض الأمينيةamino acids ، وهي تجتمع معًا في تشكيلاتٍ معقَّدة.ونتيجةً لتكوُّن البروتينات من جزيئات معقدة، فإنَّ الجسم يستغرق وقتًا أطول لتفكيكها.ولذلك، فهي مصدر طاقة أبطأ وأطول بكثير من الكربوهيدرات.

يبلغ عدد الأحماض الأمينية 20 حمضًا.يقوم الجسمُ بتصنيع بعضها من مُكَوِّنات داخل الجسم، لكنه لا يستطيع تصنيع 9 منها - وتُسمّى الأحماض الأمينية الأساسية، التي يجب أن يحتوي عليها النظام الغذائي، يحتاج الجسم إلى 8 من هذه الأحماض الأمينية: إيزولوسين isoleucine وليوسين leucine وليزين lysine وميثيونين methionine وفينيل ألانين phenylalanine وثريونين threonine وتربتوفان tryptophan وفالين.valine كما يحتاج الرُّضَّع إلى الحمض الأميني التاسع وهو الهستيدين histidine.

تختلف النسبةُ المئوية لبروتينات الجسم التي يمكن استعمالها في تصنيع الأحماض الأمينيَّة الأساسيَّة من بروتين لآخر.يمكن للجسم استخدام 100٪ من بروتينات البيض ونسبة مرتفعة من بروتينات الحليب واللحوم.كما يمكن للجسم استخدام أقل بقليل من نصف بروتينات معظم الخضروات والحبوب.

يحتاج الجسمُ إلى البروتين لصيانة الأنسجة وتعويضها حتى تقوم بعملها وتنمو، لا تستعمل البروتينات من أجل الحصول على الطاقة عادةً إلَّا في عدم حصول الجسم على ما يكفي من السُّعرات الحرارية من المُغذِّيات الأخرى أو من الدهون المخزنة، يستدعي استعمال البروتينات للحصول على الطاقة، إذا حدث تناول كمية كبيرة من البروتين، فيقوم الجسم بتفكيك الكمية الفائضة من البروتين ويُخزن مُكَوِّناتها على شكل دهون.

يحتوي الجسمُ على كميات كبيرة من البروتين؛حيث يُعدُّ البروتين اللَّبِنَة الرئيسية في الجسم، فهو المُكوِّن الأساسي لمعظم الخلايا؛فمثلًا، تكون بنية العضلات والأنسجة الضامة والجلد من البروتين.

يحتاج البالغون إلى تناول حَوالى 60 غرامًا من البروتين يوميًّا (0.8 غرام لكل كيلوغرام من الوزن أو 10 إلى 15٪ من إجمالي السُّعرات الحرارية).ويحتاج البالغون الذين يحاولون بناءَ العضلات إلى أكثر من تلك الكميَّة بقليل.كما يحتاج الأطفالُ إلى كميَّة أكبر من البروتينات لأنَّهم في مرحلة النُّمو.ويحتاج الأشخاصُ الذين يُخفِّضون عدد السُّعرات الحرارية المُتناولة لإنقاص الوزن إلى كمية أكبر من البروتينات عادةً لتفادي فقدان العضلات خلال هذه الفترة.

كمية البروتين التي يحتاجها الرياضي:

يختلف احتياج الرياضيين للبروتين قليلاً عن غيرهم، إذ يُوصى بتناول ما يقارب 1.2 - 1.4 غرام لكلّ كيلوغرامٍ من وزن الجسم للرياضيين الذين يمارسون تدريبات التحمل أمّا الذين يمارسون تدريبات القوة فيتراوح احتياجهم ما بين 1.4-1.8 غرام لكلّ كيلوغرامٍ من وزن الجسم يومياً، في حين تُعدّ الكميّة اليوميّة الموصى بها للشخص البالغ 0.8 غرام لكلّ كيلوغرامٍ من وزن الجسم، ومن الجدير بالذكر أنّ الرياضيين يستخدمون البروتين بشكلٍ أساسيّ لإعادة بناء العضلات المُتضررة أثناء ممارسة التمارين، وإصلاحها، والمساهمة في تخزين أكبر كميّة من الكربوهيدرات على شكل جلايكوجين (بالإنجليزية :

(Glycogen، كما يمكن استخدام البروتين كمصدرٍ للطاقة عند عدم الحصول على ما يكفي من الكربوهيدرات من الغذاء، ولكنّ ذلك يُعيق عمله في إصلاح أنسجة وعضلات الجسم

معدل الأيض في الراحة :

وهو الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للمحافظة على العمليات الحيوية داخل الجسم أثناء الراحة. ويشكل من 60-70% من الطاقة المصروفة من الجسم يومياً، يقياس معدل الأيض في الراحة من خلال قياس استهلاك الأكسجين لمدة 30 دقيقة أثناء الاستلقاء على السرير باسترخاء تام، يسبقها 12 ساعة صيام و8 ساعات نوم، أي في الصباح بعد الاستيقاظ مباشرة من النوم. ويختلف معدل الأيض في الراحة عن معدل الأيض القاعدي في أن في الثاني يلزم المفحوص أن ينام في مكان القياس (في المختبر أو في المستشفى مثلاً).

والمعروف أن معدل الأيض في الراحة يرتبط بكتلة الجسم غير الشحمية (خاصة كتلة العضلات) فكلما كانت هذه الكتلة كبيرة كلما ازداد معدل الأيض في الراحة، كما أن مساحة سطح الجسم (BSA) تؤثر على معدل الأيض في الراحة، فكلما ازدادت مساحة سطح الجسم نسبة إلى كتلة الجسم ازداد معدل الأيض في الراحة، وذلك من أجل المحافظة على درجة حرارة الجسم. وتؤثر عوامل أخرى أيضاً على معدل الأيض في الراحة مثل درجة الحرارة الخارجية، ونشاط الغدة الدرقية، كما أن معدل الأيض في الراحة يرتبط ارتباطاً عكسياً بعمر الإنسان، حيث يكون المعدل بالكيلو جول لكل متر مربع من مساحة سطح الجسم أعلى في الصغر ويتناقص تدريجياً مع التقدم في العمر.

2- التمثيل الغذائي

إذا أمضى الشخص يومًا كاملاً في السرير ولم يقم بأي نشاط ، فإنه لا يزال بحاجة إلى السعرات الحرارية حتى تعمل أعضائه. وهذا ما يسمى معدل الأيض الأساسي أو MBR ، والذي يستخدم للوظائف الأساسية مثل إمدادات الدم ، والتنفس ، وإنتاج الخلايا ، وهضم وامتصاص الطعام ، وإنتاج البروتين ، ونقل الأيونات. إذا كنت تحاول إنقاص الوزن أو اكتساب العضلات أو الحفاظ على وزنك ، فإن معرفة هذا الرقم سيساعدك على معرفة عدد السعرات الحرارية التي تحتاجها واتخاذ قرارات أفضل بشأن نظامك الغذائي وبرنامج التمرين. ولتعرف على طريقة حساب التمثيل الغذائي الأساسي والتخطيط بمساعدتها.

ما هو التمثيل الغذائي القاعدي؟

يعتبر بعض الخبراء أن مصطلح معدل الأيض أثناء الراحة ومعدل الأيض أثناء الراحة متماثلان. هذان المصطلحان لهما العديد من أوجه التشابه ، لكن من الجيد معرفة الاختلافات بينهما أيضًا.

- التمثيل الغذائي الأساسي يحسب كمية السعرات الحرارية اللازمة لأهم وظائف الجسم الأساسية مثل التنفس والدورة الدموية وإنتاج الخلايا. يتم الحصول على النتيجة الأكثر دقة لحساب معدل الأيض الأساسي في ظروف المختبر.
- استراحة التمثيل الغذائي يقيس السعرات الحرارية التي يحرقها الجسم أثناء الراحة. عادة ما يتم قياس التمثيل الغذائي للراحة في الصباح قبل الأكل أو ممارسة الرياضة وبعد نوم كامل ليلاً.

كما ترون ، فإن تعريف التمثيل الغذائي الأساسي وعملية الأيض أثناء الراحة متماثلان تقريبًا. في الواقع ، يمكن أيضًا استخدام معدل الأيض أثناء الراحة لتقدير معدل الأيض الأساسي. نظرًا لأن هذين المفهومين متشابهان جدًا ، فإن بعض خبراء فقدان الوزن واللياقة البدنية يعتبرهم أنهما متماثلان ويستخدمهما نفس الشيء.

3- حساب التمثيل الغذائي القاعدي

إذا كنت ترغب في الوصول إلى الوزن المطلوب أو الحفاظ على لياقتك الحالية ، فيمكن أن يساعدك حساب معدل الأيض الأساسي. يمكنك حساب هذا الرقم باستخدام صيغة صممها العلماء أو الذهاب إلى المختبر. لا توجد طريقة دقيقة تمامًا ، ولكن الاختبار يمكن أن يمنحك التقدير الأكثر دقة.
بالطبع ، يمكن أن يكون الاختبار مكلفًا ، لذلك يستخدم معظم الأشخاص معادلة السعرات الحرارية الأساسية لحساب ما يحرقونه خلال اليوم.

صيغة حساب التمثيل الغذائي القاعدية

تقدير معدل الأيض في الراحة(RMR)

يمكن تقدير معدل الأيض في الراحة بدرجة مقبولة من خلال استخدام العديد من المعادلات التنبؤية التي تعتمد غالباً على بيانات وزن الجسم والطول والعمر، ونستعرض فيما يلي بعض من أهم تلك المعادلات:

أ- باستخدام معادلة هاريس وبنيديكت:(Harris-Benedict) (Flood, 1996)

معدل الأيض في الراحة بالكيلو سعر حراري في اليوم خلال 24 ساعة:

للرجال: 66.47 + (13.75 × وزن الجسم بالكجم) + (5.003 × الطول بالسم) – (6.755 × العمر بالسنوات).

للنساء: 655.096 + (9.563 × الوزن بالكجم) + (1.85 × الطول بالسم) – (4.676× العمر بالسنوات).

ب- باستخدام معادلة هاريس وبنيديكت المنقحة:(Roza & Shizgal, 1984)

للرجال = 88.362 + (13.397 × الوزن بالكجم) + (4.799 × الطول بالسم) – (5.677 × العمر السنوات).

للنساء = 447.362 + (9.247 × الوزن بالكجم) + (3.098 × الطول بالسم) – (4.33× العمر بالسنوات).

ج- باستخدام معادلة منظمة الصحة العالمية:(WHO, 1985)

-1باستخدام الوزن فقط:

معدل الأيض في الراحة (كيلو سعر حراري/ 24 ساعة=

للرجال: 17.5 × وزن الجسم (بالكجم) + 651

للنساء: 14.7 × وزن الجسم (بالكجم) + 496

-2باستخدام الوزن والطول:

معدل الأيض في الراحة (بالكيلو جول في اليوم) =

للرجال: 64.4 × وزن الجسم بالكجم – [113× طول الجسم بالمتر] + 3000.

للنساء: 55.0 × وزن الجسم بالكجم + [1397.4× طول الجسم بالمتر] + 146.

د – معادلة معهد الصحة القومي(Tataranmi & Ravussin, 1993) :

معدل الأيض بالراحة (كيلو سعر حراري/ يوم):

للنساء = 795 + (7.18 × الوزن بالكجم).

استخدام التمثيل الغذائي القاعدي لفقدان الوزن

إذا كان لديك فهم جيد لمعدل الأيض الأساسي وتقدير هذا الرقم جيدًا ، يمكنك استخدامه للوصول إلى الوزن المطلوب. يمكنك محاولة زيادة التمثيل الغذائي الخاص بك للوصول إلى الوزن المطلوب عن طريق زيادة السعرات الحرارية التي تحرقها على مدار اليوم. فيما يلي نشرح طرق إنقاص الوزن باستخدام التمثيل الغذائي الأساسي.

1تغيير التمثيل الغذائي القاعدي.

تؤثر مجموعة من العوامل المختلفة على التمثيل الغذائي الأساسي لكل شخص. تلعب العوامل الوراثية والعمر والجنس وتكوين مواد الجسم دورًا مهمًا في هذا العدد. لا يمكنك تغيير جيناتك أو عمرك أو

جنسك على وجه التحديد ، ولكن يمكنك زيادة التمثيل الغذائي عن طريق تغيير نسبة الدهون إلى العضلات في جسمك.
هل تعرف كيف تغير تركيبة الجسم؟ أفضل طريقة للقيام بذلك هي بناء العضلات. بهذه الطريقة ، حتى لو كان جسمك مستريحًا ، تحرق العضلات الخالية من الدهون سعرات حرارية أكثر من الدهون. ليس عليك أن تكون لاعب كمال أجسام لتحقيق التمثيل الغذائي بشكل أسرع. الأشخاص الذين يمارسون تمارين التحمل يزيدون أيضًا من التمثيل الغذائي للراحة بنسبة 5٪.

2 زيادة السعرات الحرارية اليومية.

يرتبط العدد الإجمالي للسعرات الحرارية التي تحرقها على مدار اليوم بعلاقة مهمة مع التمثيل الغذائي الأساسي. يمكنك استهلاك المزيد من السعرات الحرارية خلال اليوم عن طريق تغيير نظامك الغذائي أو مستوى نشاطك. يقدر معدل الأيض الأساسي الخاص بك ، إلى جانب عاملين آخرين ، عدد السعرات الحرارية التي تحرقها في اليوم.

التمثيل الغذائي الأساسي :حوالي 60-75٪ من السعرات الحرارية التي تحرقها خلال اليوم تكون من خلال معدل الأيض الأساسي. لزيادة هذا العدد ، يمكنك زيادة حجم عضلاتك.

أنشطة توليد الحرارة (التوليد الحراري :(الأنشطة الرياضية وغير الرياضية التي تستهلك 15-30٪ من إجمالي السعرات الحرارية المطلوبة ليوم واحد.

خصائص توليد الحرارة للغذاء10 :٪ من السعرات الحرارية التي يتم حرقها في يوم واحد يتم حرقها في عملية البلع والهضم. يساهم اتباع نظام غذائي صحي غني بالبروتين في زيادة طفيفة في هذا العدد.

إذا كانت السعرات الحرارية التي تحرقها أكثر من السعرات الحرارية التي تستهلكها ، فإنك تخلق عجزًا أو توازن طاقة سلبيًا ، وإذا كانت السعرات الحرارية التي تحرقها أقل من السعرات الحرارية التي تستهلكها ، فإنك تخلق توازنًا إيجابيًا للطاقة وتكتسب وزناً.

إذا كان النقص في السعرات الحرارية هو 500 إلى 1000 سعرة حرارية في اليوم ، فسيؤدي ذلك إلى فقدان 0.5 إلى 1 كيلو من الوزن في الأسبوع. السعرات الحرارية الزائدة بنفس المقدار ستؤدي إلى زيادة الوزن من 0.5 إلى 1 كجم.

4- التمثيل الغذائي الهوائي- :Metabolisme Aerobie

-1إذا ما كان هناك أسلوبان لا هوائيان لإنتاج (ATP) اللازم لإنقباض العضلي فهناك نظام واحد فقط هوائي لإنتاجه ما يطلق عليه نظام التمثيل الغذائي أو نظام أكسدة الكربوهيدرات . إنه نظام يعمل و تتم آلياته في وجود الأكسجين.

-2آلية هذا النظام تتم من خلال تحول الجليكوجين في وجود الأكسجين إلي ثاني أكسيد الكربون والماء, و تتحرر خلال ذلك طاقة لتبني كمية , (ATP) إن هذه الطاقة المولدة تتطلب العديد من التفاعلات الكيميائية في وجود الإنزيمات الأكثر تعقيداً من تلك المستخدمة في النظامين السابقين.

-3للنظام الهوائي ثلاث آليات فرعية متسلسلة هي الجلكزة الهوائية و دائرة كربس ونظام النقل الإلكتروني.

شـــدة الحـــمل = 30 : 50 % (مثـل الجري أو الدراجات أو السباحة) بسرعات متوسطة ضد المقاومـــة

زمـــــن الأداء = الاستمرار لزمــن طويــل أولا لأزمنــة (فـترات) طويـلة نسبـيا

-2تكيف التمثيل الغذائي بالجسم لتدريب التحمل الهوائي
-التأثير في الألباف العضلية البطيئة الانقباض أكثر من الألياف العضلية سريعة الانقباض
-زيادة عدد الشعيرات الدموية التي تمد كل ليفة عضلية
-زيادة كل من عدد وحجم الميتوكوندريا) mitochondria خلايا حمل المواد الغذائية(
-تحسن كفاءة العديد من إنزيمات الأكسدةoxidative Enzymes
-تحسن في كفاءة نظم توصيل الاوكسجين والذي يؤدي إلي تحسن نظام الأكسدة وتحسن التحمل
يزيد من مخزون الجليكوجين والدهون لألياف العضلات المدربة أكثر من العضلات غير المدربة
-زبادة في نظام الانزيمات المشارك في اكسدة الدهون مما يجعل مستوي تحليل الأحماض الدهنية
-يزداد من مخزون , وهو ما يؤدي إلي استخدام الدهون كأي مصدر من مصادر إنتاج الطاقة, وبعتير احتياطيا للجليكوجين
التحمل الهوائي يجب أن يتضمنه المكونات التالية:
-شدة قليلة من الحمل (مثل الجري أو الدراجات أو السباحة بسرعات متوسطة)
-استمرار الأداء لفترة طويلة أو قد يتم علي مراحل طوياة نسيبا
-الأداء ضد مقاومة (مرتفعات أو مقاومة الماء أو مقاومات أخري)
-بينما يتطور التحمل الهوائي , يستطيع المدرب العمل علي زيادته أو زيادة المسافة أو شدة الجهد المبذول ، ولكن يجب مراعاة أن الشدة لا يجب أن تصل باللاعب إلي انتاج الطاقة بالنظام اللا هوائي
-علي المدرب مراعاة استخدام مبادئ التدريب الرياضي التي تم شرحها سابقا
-من الاهمية بدء التدريب ببطء ، ثم الزيادة التدريجية في درجات الحمل ثم بعد ذلك استخدام مبدأ التحميل الزائد مع مراعاة البدء بزيادة المسافة ثم الشدة.
-علي المدرب مراعاة العمل علي تموج حمل وحدات التدريب اليومية المستخدمة مع مراعاة الراحة الكافية والنوم الجيد
-مراعاة مبدأ التنوع مع عدم إهمال مبدأ خصوصية التدريب
-عند التدريب لتطوير نظام إنتاج الطاقة الهوائي يجب تذكر أن اللاعبين البالغين حتي إذا ما كان مستواهم مرتفعا فإن قدراتهم غير مكتملة وأقل مقدرة علي مقاومة الصمود مع درجات الحرارة المرتفعة الناتجة من النشاط الحركي الذي يؤدونه لذا فالتدريب الرياضي المكثف يمكن أن يشكل خطورة بالنسبة لهم خاصة في الجو الحار ، إن الحذر يمتد حتي وصولهم لمرحلة المراهقة
-3 -تطوير حد العتبة اللا هوائية الفارقة
-تطوير حد العتبة اللاهوائية يأتي مباشرة بعد تطوير التحمل الهوائي.
-العتبة اللاهوائية تعني العتبة اللكتيكي أي بدء تكوين حامض اللاكتيك في الدم
تحسن الإمكانات الهوائية (أي تحسن الحد الأقصي لأستهلاك الأوكسجين وقصر فترة استهلاكه وسرعة انتاج الطاقة.
يؤدي أخر ظهور حامض اللاكتيك في الدم (ظهور العتبة اللاهوائية)
-تبدأ العتبة اللاهوائية تعتبر الحد الفاصل بين العمل من خلال إنتاج الطاقة هوائيا وبين انتاجها لا هوائيا في عضلات اللاعب، العتبة اللاهوائية تعتبر الحد الفاصل بين العمل من خلال إنتاج الطاقة هوائيا وبين إنتاجها لا هوائيا
-التمرينات التتي تجاوز متطلبات العتبة اللاهوائية لدي اللاعبين من خلال اتباع الارشادات التالية:

يمكن رفع مستوي العتبة اللاهوائية لدي اللاعبين من خلال اتباع الارشادات التالية
من 4 : 6 فترات أداء لزمن لا يقل عن دقتيتن تحت مستوي (العتبة الهوائية) تماما تمرينات الفارتلك (الجري متغير السرعة فوق أرضية ملعب طبيعية)، الجري الثابت السرعة لمسافة أو الزمن، يستطيع اللاعب التعرف علي انه قريب من الوصول إلي العتبة اللاهوائية من خلال ما يلي:
عند صعوبة تنفس اللاعب والبدء في بذل جهد اكبر من المعتاد وذلك لتنفيذ أداء رياضي معين إن هذه المظاهر تعتبر إشارات أكيدة تدل علي بدء حلول العتبة اللا هوائية . وهذه الطريقة تعتبر اكثر الطرق عملية والتي يجب أن يعلمها المدرب للاعبين بيقاس معدل ضربات القلب حيث تتحدد عادة " العتبة اللاهوائية بحوالي 85 : 95 % من اقصي معدل لضربات القلب = 220 – العمر بالسنوات
باستخدام جهاز التريدميل Treadmill وهي الطريقة الاكثر دقة لكنها مكلفة في نفس الوقت وتستخدم في المعمل فقط حيث يتم استكشاف مدn تركيز حامض اللاكتيك في الدم.
من الاهمية أن يعلم المدرب واللاعبين اسلوبا او اثنين من اساليب التعرف علي حلول العتبة اللاهوائية السابقة اذا إنهم إذا ما تعرفوا عليها يمكنهم العمل بأنفسهم علي تأخير ظهورها من خلا تنفيذ الارشادات السابق شرحها ، فعلي المدرب ملاحظة أن تمرينات رفع مستوي العتبة اللاهوائية تؤدي إلي تعب اللاعبين وبالتالي إلي فقد المتعة خلال الوحدة.
تمرينات رفع مستوي العتبة اللاهوائية من التمرينات الصعة علي اللاعبين وخاصة في مرحلة ما قبل المراهقة حيث يكونون أقل قدر علي الاستفادة من جليكوجين العضلات وإنتاج حامض اللاكتيك وعلي المدرب التأكد من أن هذه التمرينات تكون محدودة القيم بالنسبة لهم

5- تنمية التحمل اللاهوائي:

تكيف التمثيل الغذائي بالجسم لتدريب التحمل اللاهوائي

- التدريب اللاهوائي يزيد نظام إنتاج الطاقة الفوسفاجيني أو النظام اللاكتيكي ولكن ليس له أي تأثير علي انزيمات الاكسدة والعكس إذ إن التدريب الهوائي يؤدي الي زيادة الاكسدة وليس له تأثير علي نظام إنتاج الطاقة الفوسفاجيني أو النظام اللاكتيكي.
- تعمل تدريبات التحمل اللاهوائي على تحسين سعة الانظمة العضلية، ويعمل التدريب الهوائي على تحسين السعة العضلية لتحمل الانشطة الرياضية التي تتميز بالانطلاق.
- التدريب اللاهوائي يحدث تحسنا في الاداء ولكن هذا التحسن ناتج أكثر من تحصيل القوة العضلية، اكثر منه تحسنا في وظائف العمل داخل نظام إنتاج الطاقة اللاهوائي، ويحسن التدريب اللاهوائي كفاءة الحركات، وتحتاج فاعلية الحركة الافضل الي بذل طاقة أقل.
- تعتبر تمرينات الانطلاق تدريبا لا هوائيا، كما إن جزءا من الطاقة يستخدم خلال قطع المسافات الأطول والذي يحدث نتيجة الاكسدة ومن هنا فإن السعة الهوائية يمكن أن تتحسن أيضا في هذا النوع من التدريب. يسمح التدريب اللاهوائي والذي بمستويات عالية من الكفاءة العضلية ومستويالت افضل من حامض اللكتيك والذي يسمح للأوكسجين بالتحرر من حامض اللكتيك.

شروط تنمية التحمل اللاهوائي

لتطوير التحمل اللاهوائي لابد من توافر عدد من الشروطوهي مالتالي:

- استخدام تمرينات ذات الشدة العالية.
- الوصول لحالة الحمل الزائد.
- استمرار التمرينات لفترة قصيرة.

يتحسن التحمل اللاهوائي بزيادة السرعة تدريجيا في الوقت الذي تقل فيه المسافة تدريجياّ، وتطبق المواصفات السابقة علي طريقة التدريب الفتري interval training وهيكلها هو تمرينات لفترة زمنية محددة يتلوها راحة إيجابية مثل الهرولة والتي من شأنها إحداث انقباضات خفيفة تسهم في ازالة الفضلات مما يؤدي الي سرعة استعادة الشفاء. يؤثر التدريب اللاهوائي (اللاكتيكي) بصفة جيدة على البالغين، أما في مرحلة ما قبل المراهقة فتكون فائدته قليلة، وتكون القدرات اللاهوائية وفاعلية الانزيمات اللاهوائية وتخزين الجليكوجين ومستوي حامض اللاكتيك أقل مستوي في مرحلة ما قبل المراهقة عنها عند البالغين، كما لا يساعد التدريب اللاهوائي علي تطوير الأداء المهاري الذي يتطلب تضافر جهود العضلات والجهاز العصبي وكذلك الكفاءة الميكانيكة، وتعتمد تنمية التحمل بشكل عام علي العناصر التالية:

-مستوي عال من الحد الأقصى لأستهلاك الأوكسجين VO2 MAX

-درجة عالية من الاقتصاد في الجهد أو انخفاض في حجم الأوكسجين لنفس معدل الأداء

- -نسبة عالية من الالياف العضلية بطيئة الانقباض

جدول رقم 4 التالي يوضح ساعات تدريب نظم إنتاج الطاقة المطلوبة أسبوعيا للتحمل في الأنشطة الرياضية Matrense 1995

العمر والمستوى	فترة الاعداد	فترة المناسبات	فترة الانتقال والترويح	الساعات خلال العام التدريبي
تحت 15 سنة	6: 77	4; 5	5: 6	3000: 2000
15-17نسة	9: 10	7; 8	8; 79: 8	4000: 3000
17- 21سنة	12: 14	8: 9	9; 912	5000: 4000
المستوى العالي		10: 11	10: 13	7000: 5000

ملحوظة هامة : تذكر بأن تطوير القدرات والوظائف الهوائية يجب أن يتم قبل البدء في التدريب المكثف .

مستويات القدرة الهوائية: تختلف مستويات القدرة الهوائية ما بين الحد الأقصى لها وما يقل عن ذلك المستوى، حيث يطلق مصطلح الحد الأقصى لاستهلاك الاكسجين كمقياس للقدرة الهوائية القصوى، ويعبر ذلك عن أقصى مقدار من الصفة الهوائية التي يستطيع الفرد انتاجها خلال الدقيقة الواحدة، غير ان القدرة القصوى ليست هي الاساس الرئيسي لأداء معظم الانشطة الرياضية حيث أن الكثير من تلك الانشطة يؤدى عند مستويات أقل من الحد الاقصى لاستهلاك الاكسجين في حدود ما يقل عن 80% منه، ولذلك يطلق على هذه القدرة العتبة الفارقة اللاهوائية.