المقدمة

إن الظواهر التي ظهرت في القرون الماضية والتي يشهدها عالمنا الحالي والتي كان من ابرزها العولمة والخصصة والتكتلات الاقتصادية للدول الكبرى والتي تحاول السيطرة على الاسواق العالمية فضلاً عن سيطرة الحواسيب والانترنيت والتكنولوجيا والجودة والنوعية وفي موضوع التخصص ..... والسمنة وكيفية السيطرة عليها والتغذية كل هذا له انعكاسات على المؤسسات التعليمية ومراكز البحث العلمي والتي فرضت علينا الاستجابة لتلك التحديات كمراكز متعلقة بالبحث العلمي. من هنا برزت اهمية البحث العلمي لما ينتجه البحث العلمي من انتاج المعرفة والملاحظة التي ذكرها العالم الاقتصادي (الفرد مارشال) في مقولته والتي مفادها "ان المعرفة هي اكثر ادوات الانتاج قوة" هي ملاحظة لاتقبل الشك ومازالت مصداقيتها قائمة حتى يومنا هذا.

ويأتي هذا الكتاب (التغذية والتدريب الرياضي) في زمانه ومكانه فمن حيث الزمان يعالج هذا الكتاب اهمية العناصر الغذائية المهمة التي تحتاجها الرياضي والانسان العادي لتعويض النقص الحاصل في جسمه بهد الجهد المبذول، اما من حيث المكان فإن مجتمعنا الرياضي يواجه العديد من التحديات والاشكاليات من ضمنها مراكز التدريب والرشاقة وبناء الجسم واعتماد اغلب الرياضيين على المكملات الغذائية المصنعة والتي اصبحت تجارتها ..... بشكل غير طبيعي ولا سبيل للتغلب عليها والوصول الى افضل الحقائق الا بالاعتماد على البحث العلمي لمواجهة تلك التحديات.

الإهداء

الى كل من زرع فينا بذرة العلم والمعرفة

والى روح من توفى منهم الرحمة والغفران

المؤلفون

فهرست

المقدمة 1

الإهداء 2

فهرست 3

الفصل الأول 6

التغذية: 6

العناصر الغذائية الاساسية: 7

أولاً: الكربوهيـــدرات: 9

أهميتة الكربوهيدرات في مجال الرياضة: 13

وظائف الكربوهيدرات: 15

ثانياً : الدهـــون (اللبيدات): 21

مكونات الليبيدات: 22

أهمية الدهون: 23

وظائف الليبيدات: 25

الأحماض الدهنية: 26

التمثيل الغذائي للكربوهيدرات أثناء التدريب البدني: 27

النقص أو العجز الأوكسجيني: 40

ثالثاً: البروتينات 41

تقسم البروتينات على أساس تكوين البروتين وذوبانيته إلى: 44

حاجة الرياضي للبروتين: 45

شروط تغذية الرياضيين:..... 46
الفصل الثاني 50
مصادر الطاقة 50
أنظمة و مصادر الطاقة أثناء النشاط الرياضي:..... 50
اولاً: النظام اللاهوائي (الفوسفاجيني):..... 51
ثانياً: نظام الكلايكوجين (حامض اللاكتيك): 52
ثالثاً: النظام الهوائي (الأوكسجيني): 53
مصدر الطاقة في العضلة:..... 55
طرق اعادة بناء ثلاث فوسفات الادنوسين: 58
منظومات اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسين (أنظمة الطاقة): 58
النشاط العضلي ومصدر الطاقة:..... 70
الفصل الثالث 74
حامض اللبنيك: Lactic Acid (LA):..... 74
استخدام حامض اللاكتيك كمصدر للطاقة:..... 76
بداية تراكم حامض اللاكتيك في الدم:..... 77
إزالة حامض اللبنيك:..... 78
التأثيرات السلبية لتجمع حامض اللبنيك: 80
حمض اللاكتيك والتدريب الرياضي: 81
علاقة حامض اللاكتيك بضربات القلب:..... 84
الفصل الرابع 86

الطاقة ووقت الراحة:..... 86
طرق بناء وتجديد بروتين : 88
الفصل الخامس 94
التغيرات التي تحصل في العضلة: 94
قاعدة فوق التعويض:..... 96
المتغيرات الناسقية للاعضاء الداخلية والجهاز العصبـي: 99
الفصل السادس..... 102
التكيف: 102
أنواع التكيف : 103
العوامل المؤثرة في درجة التكيف: 103
العلاقة بين الحمل والتكيف:..... 104
علاقة التكيف بدرجات الحمل : والذي تحكمها ثلاثة قوانين أساسية في التدريب: 105
بعض العوامل المؤثرة في عمليات التكيف:..... 105
التكيف في العضلات:..... 107
التكيفات التي تؤثر على مصادر الطاقة: 112
تكيف الجهاز التنفسي للتدريب: 119
تدريب النظام الهوائي:..... 122
التكيف مع التمارين اللاهوائية:..... 123
تكيف العضلات لممارسة التحمل:..... 125

الفصل الأول

التغذية:

علم التغذية: هو العلم الذي يدرس الغذاء وكيفية استعمال الجسم له والاستفادة منه .

يمكننا تعريفه أيضاً بأنها: جملة العمليات التي تحدث للغذاء من لحظة أكله إلى أخراجه مروراً بعمليات الهضم والامتصاص .

التغذية والغذاء هي عملية تحويل الطعام إلى طاقة لإمداد الجسم وأنسجته باحتياجاته، وتبدأ عملية التغذية بتناول الطعام وهي مهمة لجميع الكائنات الحية. إن النظام الغذائي المتوازن هو النظام الذي يتضمن العناصر الغذائية اللازمة بالكميات الصحيحة، وله فوائد عدّة بمساعدة الجسم للمحافظة على صحته ووقايته من الأمراض ويساعد أيضًا على بقائه نشيطًا وصحيًا سواء على المدى القصير أو للمستقبل.

يحتوي الغذاء علي العديد من العناصر الغذائية اللازمة لجسم الإنسان حيث تأخذ أجسامنا احتياجاتها من هذه العناصر الغذائية عن طريق الأكل، ومع ذلك فإن أغلب الناس لا تأكل لإيفاء أجسامها حاجاتها من هذه العناصر لكنها تأكل إطفاءً لحاسة جوع أو إشباعاً لشهية نحو طعام ما وأحياناً إرضاءً لبعض القواعد والأصول الاجتماعية وتمشياً معها.

من الأغذية ما يحتوي على عدد كبير من العناصر الغذائية (كالتفاحة مثلاً) ومنها ما يحتوي علي عدد قليل جداً (كقالب السكر) فكل عنصر غذائي له أهميته ووظيفته الخاصة به، فاحتياجات الإنسان من هذه العناصر تكون عادة محددة بكميات معينة ولكي نوفر لأجسامنا من هذه الاحتياجات الغذائية لابد إذاً من تحديد كمية المأكولات الواجب أكلها ونوعيتها. يمدنا الغذاء بالطاقة اللازمة لحركتنا وحركة الدم والعناصر اللازمة لنمو أنسجة وتجديد خلايا الجسم.

العناصر الغذائية الاساسية:

إن الطاقة التي نستمدها من الغذاء أساسية في تدعيم القدرة علي استمرار النشاط البدني، ويمكننا تقسيم الغذاء إلي ستة أنواع من العناصر الغذائية والتي يؤدي كل منها دوراً بارزاً في حياة الإنسان وهذه العناصر هي:

1- الكربوهيدرات
2- الدهون
3- البروتين
4- الفيتامينات
5- المعادن
6- الماء

الغذاء ضوروي لاستمرار الحياة، وتسمى المواد الموجودة فيه والتي لها دور أساسي في الحفاظ على حياة الانسان المغذيات أو العناصر الغذائية، وتمد هذه المغذيات (كاربوهيدرات، بروتين، دهون،

عناصر المعدنية، فيتامينات والماء) الانسان بالطاقة والمواد البنائية الضرورية لنموه وبقائه. وتعتمد الكيفية التي تصبح بها هذه المغذيات أجزاء أساسية في الجسم تساهم في وظيفته على عمليات فسيولوجية وكيمائية وحيوية تنظم عملها.

أساس الحركة وأساس العمل هو الطاقة، وأساس الطاقة هو المواد الغذائية وهي المطلوبة لاستمرار الحياة، وهي موجودة على شكل مواد غذائية. والتغذية المتوازنة ضرورية للاداء التفوق في الرياضة باختلاف انواعها، ومن المعروف ان ممارسة لعادات غذائية سيئة وغير صحية يقلل من قدرات الرياضيين ويؤثر مباشرة الى خفض مستواه بشكل عام. لذا تزايد اهتمام الرياضيين ومن كلا الجنسين بالتغذية الرياضية خلال العقود الماضية بحيث التغذية الرياضية في الوقت الحالي موضوع اهتمام مصانع الغذائية حول العالم ويتم من قبلهم توفير العديد من المنتجات الخاصة بالرياضيين.

نستطيع أن نؤكد بأن التغذية هي من الأسس الهامة لإعداد الرياضي وقد أعطيت أولوية عند الإعداد العام والخاص والإعداد المهاري والإعداد الخططي وهذا مما يدل على أهميتها للوصول إلى أعلى المستويات. والتغذية الرياضية مبنية على قواعد علمية بحتة واهم هذه القواعد اعتمادها على الكيف وليس على الكم وعلى نوع النشاط الرياضي فلكل رياضة تغذية تختلف عن الأخرى فنوع الغذاء لسباقات (المسافـــات الطويلة والتي تعتمد بالأساس على الكربوهيدرات) يختلف عن التغذية لسباقات (المسافات القصيرة

والتي تعتمد بالأساس على البروتين) أي أن التغذية لسباقات التحمل تختلف عن التغذية لسباقات السرعة. مما يؤكد على أن التغذية تعتمد على الكيف وليس على الكم هو مساهمة الكربوهيدرات والدهون والبروتين في نسب مختلفة لإنتاج الطاقة ولذلك يجب على الرياضي أن يتناول ما نسبته (55% إلى 60%) من الكربوهيدرات و (25% إلى 30%) من الدهون و (10% إلى 15%) من البروتين في غذائه.

إن مسؤولية التغذية الرياضية من واجب الطبيب المختص وأيضا تقع على عاتق المدرب وعلى اللاعب مسؤولية الأخذ في نصائح الطبيب المختص وتنفيذها وعلى المدرب متابعة اللاعب باستمرار وذلك لأنه إذا وقع خلل في التغذية فسوف تكون النتائج وخيمة وسوف يتعرض اللاعب للإصابات التي لا تحمد عقباها.

أولاً: الكربوهيـــدرات:

الكربوهيدرات تُعرَّف الكربوهيدرات بأنّها: مُركَّبات مُتعادلة الشُحنة، تتكوَّن من الكربون، والأكسجين، والهيدروجين، وهي واحدة من الأنواع الثلاثة الرئيسيَّة للمُغذِّيات التي تمدُّ الجسم بالطاقة، وهي تُوجَد على نوعَين: الكربوهيدرات البسيطة، كالسكَّريات، والكربوهيدرات المُعقَّدة، كالألياف، والنشويّات، حيث يُكسّر الجسم أغلب السكّريات، والنشويّات، ويُحوِّلها إلى جلوكوز؛ وهو سكَّر بسيط يستخدمه الجسم، لتغذيَة الخلايا، ومن الجدير بالذّكر أنَّ الكربوهيدرات المُعقَّدة تأتي من المصادر النباتيّة، ويمكن أن يُساعد

تناوُلها من هذه المصادر كبديل للدهون المُشبَعة على تقليل نسبة الكولسترول في الدم.

ومن المصادر الشائعة للكربوهيدرات الموجودة بشكل طبيعي:

1- الفواكه
2- الخضراوات
3- الحليب
4- المكسرات
5- الحبوب
6- البذور
7- البقوليات

أنواع الكربوهيدرات تُوجَد للكربوهيدرات عدَّة أنواع مُختلفة، وهي:

1- **السكّريات الأُحاديّة:**

تُعَدُّ السكّريات الأُحاديّة: Monosaccharides): أصغر وحدات السكّر، ومن الأمثلة عليها: الجلوكوز، والجالاكتوز، والفركتوز، ويُعَدُّ الجلوكوز مصدر الطاقة الرئيسيّ للخلايا، ويُمكن إيجاد الجالاكتوز في بعض المصادر الغذائيّة، كالحليب، ومُنتَجات الألبان، أمّا الفركتوز، فيوجَد في الفواكه،

2- **السكّريات الثنائيّة:**

تتكوَّن السكّريات الثنائيّة: Disaccharides): من جزءين مُرتبطَين من السكّريات الأُحاديّة، ومن الأمثلة عليه: اللاكتوز، والمالتوز، والسكروز؛ حيث يُوجَد اللاكتوز في الحليب، ويتكوَّن من ارتباط الجلوكوز مع الجالاكتوز، بينما يَنتُج السكروز الموجود في سُكّر المائدة عند ارتباط الجلوكوز مع الفركتوز

3- **السكّريات المُتعدِّدة (بالإنجليزيّة: Polysaccharides):** وتُعَدُّ سلسلة من نوعين، أو أكثر من السكّريات الأُحاديّة، وتُشكِّل هذه السكّريات مخازن للغذاء في الحيوانات، والنباتات، كما أنَّ لها دوراً بِنائيّاً في جدران الخلايا النباتيّة، وتقوية الهيكل الخارجيّ للحشرات، ومن أنواع السكّريات المُتعدِّدة: الجلايكوجين (بالإنجليزيّة: Glycogen)، والذي يُخزَّن في الكبد، والعضلات عند الإنسان، والحيوان، والنشوِيّات (بالإنجليزيّة: Starches)؛ وهي عبارة عن بوليمرات الجلوكوز التي تتكوَّن من الأميلوز (بالإنجليزيّة: Amylose)، والأميلوبكتين (بالإنجليزيّة: Amylopectin)، وتُوجَد النشوِيّات في الأرُز، والبطاطا، والقمح، ويستطيع الإنسان هَضمها بواسطة إنزيم الأميلاز (بالإنجليزيّة: Amylase)، كما يُعَدُّ السليولوز (بالإنجليزيّة: Cellulose) من السكّريات المُتعدِّدة، وهو من المُكوِّنات البنائيّة في النباتات، ويُوجَد في الخشب، والقُطن، والأوراق.

تتركب الكربوهيدرات من ثلاثة عناصر هي الكربون والأوكسجين والهيدروجين وتعتبر الكربوهيدرات من اكثر العناصر الغذائية استخداماً من قبل الإنسان وتصل تقريباً من 65% إلى 75% من الطاقة. الكربوهيدرات يجب أن لا تقل عن 50% إلى 55% من غذاء الإنسان الاعتيادي (من كمية السعرات الحرارية التي يصرفها الإنسان) وتزداد هذه النسبة لدى الرياضيين فتصل إلى 65% وكذلك تزداد في وقت البطولات والمسابقات وقد تصل من 70% إلى 80%.

أهميتة الكربوهيدرات في مجال الرياضة:

1- المصدر الأول للطاقة:

تعد الكربوهيدرات أهم مصدر لطاقة جسم اللاعب، فهي الوقود الرئيسي للعضلات، فمع الكربوهيدرات (وليس الدهون أو البروتينات) يمكن للرياضي الاستمرار لفترة زمنية أطول في أداء نشاط شاق باعتبارها الوقود الرئيسي، بينما يساعد التمرين على زيادة تحمل العضلات وتمددها، والاستفادة بكفاءة من الكربوهيدرات، و تبدأ العضلات باختزان الكربوهيدرات في صورة جلايكوجين، الذي يعد وقودا سريعا وجاهزا لأداء الأنشطة الرياضية. وكلما زاد نسبته في العضلات زادت قدرة الرياضي على بذل مزيد من النشاط. وحسب شدة ومدة المجهود الرياضي ويمكن أن تزود الدهون أيضاً بالطاقة، ويمكن تقسيم أنواع الطاقة المستهلكة وفقاً لنوع الرياضة فمثلاً: تعتبر الكربوهيدرات المخزنة في العضلات (الجلايكوجين) المصدر الرئيسي للطاقة في الأنشطة البدنية التي يبذل فيها الرياضي نشاطا متقطعا، وفي نفس الوقت عالي الشدة (مثل كرة الطائرة، العدو السريع، كرة التنس..). الرياضة البدنية التي تتطلب كلا من الشدة والقدرة على التحمل(مثل كرة القدم وكرة السلة) يستخدم الجسم في الغالب الكربوهيدرات المخزنة في العضلات (الجلايكوجين).

بينما في الأنشطة الرياضية الأقل شدة والأطول مدة والتي يطلق عليها القدرة على التحمل (أنشطة الإيروبيك) مثل الجري لمسافات طويلة أو مسابقات ركوب الدراجة لمسافات طويلة، يستخدم الجسم

قدرا أقل من الجلايكوجين في البداية ، ثم يعتمد غالبا على الدهون كمصدر للطاقة (لذلك تستخدم هذه الرياضات في تخفيف الوزن).

2- الوحيدة من بين العناصر الغذائية التي تتحلل أكسجينيا ولا أكسجينيا:

قد تسمع أحيانًا أن آلية الشهيق والزفير يُشار إليها بعملية التنفس. لكن من المهم ملاحظة أن هذه العملية تختلف عن التنفس الخلوي. تبادل الغازات هو العملية التي يتم فيها امتصاص الأكسجين وإطلاق ثاني أكسيد الكربون من الرئتين، أما التنفس الخلوي فهو عملية إطلاق الطاقة من الكربوهيدرات والجزيئات الحيوية الأخرى. يمكن أن تنقسم عملية التنفس الخلوي إلى أربع مراحل متتابعة رئيسية، هي: تحلُّل الجلوكوز، وتفاعل الربط، ودورة كربس (يُشار إليها أيضًا باسم دورة حمض الستريك)، والفسفرة التأكسدية (يُشار إليها أيضًا باسم سلسلة نقل الإلكترونات). يمكن أن يحدث التنفس الخلوي في وجود الأكسجين (التنفس الهوائي)، أو في غياب الأكسجين (التنفس اللاهوائي). يمثِّل تحلُّل الجلوكوز المرحلة الأولى التي تحدث في كل من التنفس الهوائي والتنفس اللاهوائي، وتحدث تفاعلات تحلُّل الجلوكوز في سايتوبلازم الخلية.

سهولة الحصول عليها وتوفرها بأثمان رخيصة:

تعد كاربوهيدرات من العناصر الغذائية التي من السهل الحصول عليها وذلك لكثرة انواعه واشكاله في اسواق، وعادة ماتكون ارخص الثمن مقارنة بالبروتين والدهول.

وظائف الكربوهيدرات:

1- أنها المصدر الأول والأساسي للطاقة، وهي تتميز بأنها سهلة الاحتراق. كما تتميز بأنها تحرق أكسجينيا ولا أكسجينيا فحرق (1 غم) من الكربوهيدرات يعطي (4) سعرات حرارية.
2- للكربوهيدرات وظيفة مهمة جداً حيث أن وجود الكربوهيدرات يمنع احتراق البروتين واستخدامه كطاقة، ولذلك يجب علينا في كافة البرامج التدريبية أن نضع في الحسبان على زيادة أماكن تخزين الجلايكوجين وهي (الكبد/ العضلات/ سكر الدم) من خلال غذاء كربوهيدراتي مركز في الأسبوع ما قبل البطولة، حيث أن استخدام البروتين كطاقة يؤدي إلى مشاكل خطيرة جداً على صحة الرياضي وخصوصاً أن أول بروتين يحرق هو بروتين العضلات.
3- أن وجود الكربوهيدرات ضروري لإكمال عملية أكسدة الدهون أكسدة كاملة.
4- تعتبر السكريات وبالذات الجلوكوز هو الغذاء الأساسي للخلية العصبية وبغياب أو نقص الجلوكوز فأن الجهاز العصبي لا يستطيع القيام بواجباته بالشكل الأمثل كما أن السكر يدخل في غذاء العضلة

القلبية، حيث أن جلايكوجين العضلة القلبية يعتبر الغذاء الاحتياطي لعمل العضلة القلبية.

التحميل الكربوهيدراتي (تعبئة الجسم بالكربوهيدرات):

على الرغم من إن الدراسات التي أجريت في أواخر الستينيات من أن التحوير (التحويل) في الغذاء والتمارين يؤدي إلى مضاعفات مخزون الكربوهيدرات (مخزون الجلايكوجين في العضلات) والمقاس لدى الأشخاص غير النشيطين , فان (هانس) وغيره هم الأوائل في التحوير في الغذاء الكربوهيدرات لتعزيز إنجاز التحمل وقد وجد هؤلاء أن الأشخاص الذين يقتادون غذاء كربوهيدرات مركز ولمدة ثلاثة أيام ينجزون أعمال عنيفة ولفترة زمنية هي ضعف الفترة الزمنية للأشخاص الذين يقتادون على غذاء غني بالدهون.

واستناداً إلى ذلك فقد اقترح العالم السويدي (اوسترند) خطة نموذجية للحصول على أعلى مخزون من الجلايكوجين (التحميل الكربوهيدراتي) عند التحضير لمنافسات التحمل وتقوم هذه الخطة على أن يقوم اللاعب أو الفريق بوحدة تدريبية منهكة قبل أسبوع من المباراة ويتبعها ثلاثة أيام من الغذاء الغني بالدهون والبروتين وهذا يؤدي إلى انخفاض مخزون جلايكوجين العضلات وبعد ذلك يستهلك اللاعب أو الرياضي غذاء غني بالكربوهيدرات للأيام التي يلي المباراة علماً من انه اقترح أن تكون شدة وكمية التدريب خلال ذلك الأسبوع تكون خفيفة للحد الذي نتجنب معها أي استهلك لجلايكوجين عضلي

إضافي وبالتالي السماح للعضلات بالحصول على مخزون جلايكوجين قصوي. وهذا البرنامج اثبت فعاليته في زيادة مخزون الجلايكوجين إلى حوالي 200 ملي مول / 1كغم وهذا أكثر من ضعفي الاعتيادي تقريباً والذي يبلغ من 80 إلى 100 ملي مول /1كغم.

إن التحميل الكربوهيدراتي في الغالب يؤدي إلى زيادة 1-2 كغم في وزن الجسم لان كل 1غم من الجلايكوجين يحتاج إلى 6 الى 2غرام من الماء، ولهذا فقد اقترحوا مراقبة وزن الجسم للاستدلال على التغير في مخزون الجلايكوجين. ولكن للآسف مثل تلك الزيادة في محتويات الجسم للماء قد يصاحبها تغيرات في دهن الجسم أو زيادة في الماء المتواجد خارج الخلايا وعلى أية حال فان الوزن في الصباح الباكر وبعد إفراغ المثانة وقبل الإفطار لربما يعطينا المدلول الأصح من تهيؤ الرياضي لتمارين المطاولة (التحمل). أن التحميل الكربوهيدراتي ذا منافع للرياضي وخصوصاً في الألعاب والفعاليات طويلة الأمد (أكثر من ساعة) والتي خلالهما يكون التعب والإنهاك الذي ترتب على الرياضي يكون جراء حاجة العضلة للجلايكوجين.

الكربوهيدرات: كيفية تضمين الكربوهيدرات في نظام غذائي صحي:

الكربوهيدرات ليست سيئة، ولكن قد يكون بعضها أفضل صحيًا من أنواع أخرى. تعرف على سبب أهمية الكربوهيدرات لصحتك وأي منها تختار. غالبًا ما ينظر للكربوهيدرات نظرة سلبية، ولا سيما فيما يتعلق بزيادة الوزن. ولكن الكربوهيدرات ليست سيئة

بمجملها. فلا بد أن يكون للكربوهيدرات مكانها الصحيح الذي تستحقه في نظامك الغذائي لما لها من فوائد جمة للصحة. يحتاج الجسم في الواقع إلى الكربوهيدرات ليؤدي وظائفه على النحو الصحيح. مع هذا، فقد تكون بعض الكربوهيدرات أكثر إفادة لك من غيرها. افهم المزيد عن الكربوهيدرات وكيف تختار الكربوهيدرات الصحية.

ما كمية الكربوهيدرات التي تحتاجها؟

توصي المبادئ التوجيهية للنظم الغذائية للأمريكيين بأن تُشكل الكربوهيدرات نسبة تتراوح بين 45 إلى 65 بالمائة من مجموع السعرات الحرارية اليومية. ولهذا إذا حصلت على 2000 سعر حراري في اليوم، فينبغي أن يكون بينها من 900 إلى 1300 سعر حراري من الكربوهيدرات. وهذا يعني حصولك على ما بين 225 إلى 325 جرامًا من الكربوهيدرات في اليوم.

يمكنك معرفة محتوى الكربوهيدرات في الطعام المعلب في ملصق حقائق التغذية. ويوضح الملصق إجمالي الكربوهيدرات وتتضمن النشا والألياف والكحوليات السكرية والسكر الموجود طبيعيًا والسكر المضاف. وقد يحتوي الملصق كذلك على قائمة منفصلة بإجمالي الألياف والألياف القابلة للذوبان والسكر.

الكربوهيدرات وصحتك:

برغم النظرة السلبية التي تُرى بها الكربوهيدرات، فإنها مهمة لصحتك لعدة أسباب منها:

1- الإمداد بالطاقة

الكربوهيدرات هي مصدر الوقود الأساسي للجسم. وأثناء عملية الهضم، تُكسر السكريات والنشويات إلى سكريات بسيطة. وبعد ذلك تُمتص في مجرى الدم، وتعرف حينها بسكر الدم (الكلوكوز). ومن هنا، يدخل الكلوكوز إلى خلايا الجسم بمساعدة الأنسولين. يستخدم الجسم الكلوكوز للحصول على الطاقة والوقود اللازم لأداء الأنشطة؛ سواء ممارسة رياضة الركض أو حتى مجرد التنفس. يخزن الغلوكوز الزائد في الكبد والعضلات وغيرها من الخلايا لاستخدامه لاحقًا أو تحويله إلى دهون.

2- الوقاية من الأمراض

تشير بعض الدلائل إلى أن الحبوب الكاملة والألياف الغذائية الموجودة في الحبوب الكاملة تساعد في تقليل احتمالية إصابتك بأمراض القلب والأوعية الدموية. قد تقي الألياف أيضًا من السِمنة وداء السكري من النوع الثاني. وهي كذلك ضرورية أيضًا لعملية الهضم الصحية المُثلى.

3- ضبط الوزن

أوضحت الشواهد أن تناول كميات وفيرة من الفاكهة والخضراوات والحبوب الكاملة يساعدك في التحكم في وزنك. حيث تساعد كتلتها ومحتواها من الألياف على التحكم في الوزن بجعلك تشعر بالشبع مع إدخال سعرات حرارية أقل. وعلى عكس ما يُدّعى عن الأنظمة الغذائية منخفضة الكربوهيدرات، فإن هناك دراسات قليلة

جدًا توضح أن الأنظمة الغذائية الغنية بالكربوهيدرات الصحية تؤدي إلى زيادة الوزن والبدانة.

كيفية دمج الكربوهيدرات الصحية في نظامك الغذائي المتوازن:

التركيز على الفواكه والخضراوات الغنية بالألياف. اختر الفاكهة والخضراوات الكاملة الطازجة والمجمدة والمعلبة الخالية من السكر المضاف. ومن الخيارات الأخرى عصير الفاكهة والفواكه المجففة، وهي من مصادر السكريات الطبيعية المركزة، أي أنها تحتوي على المزيد من السعر الحرارية. تحتوي الفاكهة والخضراوات الكاملة كذلك كميات من الألياف والماء واللحم، ما يجعلها تساعد في شعورك بالشبع رغم استهلاك عدد قليل من السعر الحرارية. اختيار الحبوب الكاملة. الحبوب الكاملة أفضل من الحبوب المكررة كمصدر للألياف وغيرها من العناصر المغذية المهمة مثل فيتامين B. فالحبوب المكررة تمر بعملية تُنزع فيها أجزاء من الحبة بالإضافة إلى بعض العناصر المغذية والألياف.

الالتزام بمشتقات الحليب قليلة الدسم. الحليب والجبن واللبن ومشتقات الحليب الأخرى مصادر جيدة للكالسيوم والبروتينات، إضافة إلى الكثير من الفيتامينات والمعادن الأخرى. ولكن تذكر اختيارها قليلة الدسم للمساعدة في تقليل السعر الحرارية والدهون المشبعة. واحذر من مشتقات الحليب ذات السكر المضاف.

تناوُل المزيد من البقوليات. البقوليات مثل الفاصوليا والبازلاء والعدس من أكثر الأطعمة تنوعًا وغنى بالعناصر المغذية. وتتميز عادة

بانخفاض محتواها من الدهون، وهي غنية بالفولات والبوتاسيوم والحديد والمغنسيوم، وتحتوي أيضًا على دهون وألياف مفيدة. تصنف البقوليات أيضًا كمصدر جيد للبروتين، ويمكن أن تعتبر بديلًا صحيًا للحوم التي تحتوي على الكثير من الدهون المشبعة والكوليسترول.

تقليل استهلاك السكريات المضافة. ربما لا تكون الكميات البسيطة من السكريات المضافة ضارة. إلا أنه لا توجد أية فوائد صحية لتناول أي كميات منها. توصي المبادئ التوجيهية للنظم الغذائية للأمريكيين بألا تتجاوز نسبة السعرات الحرارية المستمدة من السكر المضاف 10 بالمئة من مجمل السعرات المستهلكة يوميًا.

لذلك، اختر الكربوهيدرات التي تتناولها بعناية. قلل الأطعمة التي تحتوي على السكريات المضافة والحبوب المكررة مثل المشروبات السكرية والمأكولات الحلوة والحلوى التي تكون مليئة بالسعرات الحرارية لكنها فقيرة القيمة الغذائية. ولكن الجأ إلى تناول الفواكه والخضراوات والحبوب الكاملة.

ثانياً : الدهــون (اللبيدات):

تعريف: هي مجموعة من المركبات العضوية غير المتجانسة (Heterogeneous)

والموجودة في الغذاء والتي تتفق في خاصية عدم الذوبان في الماء ولكن تذوب في المذيبات العضوية الغير قطبية مثل الهكسان (Hexan) والايثير إيثيل (Diethyl ether) والكلوروفروم

(Chloroform) والاستون (Acetone). ولقد استخدمت خاصية عدم الذوبان في الماء كأساس لتمييز الليبيدات عن الكربوهيدرات أو البروتينات.

الليبيدات جزيئات تحتوي على الهيدروكربونات وتمثل حجر أساس لبناء ووظائف الخلايا الحية. وأمثلة على الليبيدات: الدهون و الزيوت و الشمع وأنواع محددة من الفيتاميناتمثل فيتامين A و D و KوE، وكذلك الهرمونات ومعظم أجزاء غشاء الخلية التي لا يدخل البروتين في تركيبها. لا تذوب الليبيدات في الماء بسبب عدم قطبيتها، وبالتالي تذوب في المذيبات غير القطبية مثل الكلوروفورم.

مكونات الليبيدات:

تتألف الليبيدات من الهيدروكربونات في أبسط أشكالها، ما يجعلها مخزنًا ممتازًا للطاقة، فحينما تتأكسد الهيدروكربونات -خلال عملية الأيض- تنطلق كمية كبيرة من الطاقة. والنوع الموجود في الخلايا الدهنية لهذا الغرض هو ثلاثي الغليسريد، وهو مجموعة إيستر تُصنَّع من الغليسرول وثلاثة أحماض دهنية.

تتركب الدهون كالكربوهيدرات من عناصر الهيدروجين والكربون والأكسجين وهي متوفرة في غذائنا اليومي على شكلين:

1- **الدهون المرئية:** ونقصد بالدهون المرئية هو ذلك النوع من الدهون الذي يكون بشكل واضح مثل أنوع الدهون الحيوانية والنباتية بشكلها الجامد والسائل وكذلك الزيوت بكافة أنوعها إضافة إلى الدهون أو الشحوم الموجودة في الماشية وكذلك الموجودة في الزبدة. وتشكل

هذه الدهون في حيتانا اليومية 30% إلى 40% من الدهون التي نتناولها يومياً.

2- **الدهون الغير مرئية:** وهي الدهون التي نتناولها يومياً في طعامنا ولكنها ذائبة في مواد أخرى، ولا تظهر كدهن ولكنها تدخل في تركيبات الأغذية الأخرى مثل الدهن الموجود في الحليب والبيض واللحم والمكسرات وتشكل في حياتنا اليومية 60% إلى 70% من أغذيتنا اليومية.

أهمية الدهون:

1- تعتبر الدهون عنصر مهم من عناصر الطاقة وتعد الاحتياطي الكبير للطاقة , حيث أن حرق 1غم من الدهون يعطي 9 سعرات حرارية.

2- تعتبر الدهون من العوامل التي تساعد على الحفاظ على درجة حرارة الجسم (تنظيم الحرارة).

3- تعتبر الدهون طبقة حامية للأعضاء المهمة في جسم الإنسان مثل القلب والدماغ وذلك من خلال امتصاص الصدمات الخارجية التي يتعرض لها الجسم.

4- تدخل الدهون في تركيب بعض الهرمونات المهمة في جسم الإنسان مثل الهرمونات الجنسية والمادة الصفراء.

كيفية تكوين الليبيدات في الجسم:

تتحول الكربوهيدرات الزائدة في الأطعمة إلى ثلاثي الغليسريد، والذي يدخل في عملية تصنيع الأحماض الدهنية من الأسيتيل CoA في عملية تسمى (تكوين الشحوم- lipogenesis).

ويحدث ذلك في الشبكة الهيولية الباطنة أو الشبكة الإندوبلازمية endoplasmic reticulum. يقوم بمعظم هذه العملية بروتين واحد متعدد الأدوار في الحيوانات والفطريات، في حين تستخدم البكتيريا إنزيمات عدة منفصلة. لا يمكن تصنيع بعض أنواع الأحماض الدهنية غير المشبعة في خلايا الثدييات، ويجب تناولها ضمن الطعام مثل أوميغا-٣. يدخل الأسيتيل CoA من ضمن (السبيل الميفالوناتي mevalonate pathway-) وهو مسؤول عن إنتاج مجموعة واسعة من (الإيزوبرينويدات isoprenoids-) والتي تتضمن ليبيدات مهمة مثل الكوليسترول والهرمونات الاسترويدية.

الليبيدات الذوابة في الماء وغير الذوابة:

الليبيدات التي تحتوي على المجموعة الوظيفية (الفعالة) الإيستر ذوابة في الماء. وتشمل الدهون الطبيعية والشمع والشحوم الفسفورية والشحوم السكرية. تتألف الدهون والزيوت من ثلاثي الغليسريد التي تتكون من الغليسرول (1,2,3-trihydroxypropane) وثلاثة أحماض دهنية مُشكّلة (إيستر ثلاثي triester-). وتوجد الغليسريدات في الدم وتُخزَّن في الخلايا الدهنية.

تنتج عن التحليل الكامل لـ (ثلاثي إيسيل الغليسرول - triacylglycerols) ثلاثة أحماض دهنية وجزيء غليسرول. وتفتقر الليبيدات غير الذوابة إلى هذه المجموعات الوظيفية، ومثل الاستيرويدات والفيتامينات الذوابة في الدهون مثل (A وD وE وK).

وظائف الليبيدات:

أ- وظائف الليبيدات الفسيولوجية:

1- مخزون جيد للطاقة.

2- مكونات أساسية في تركيب أغشية الخلية الحيوية.

3- ترتبط مع البروتينات مكونة الليبوبروتينات (Lipoproteins) وهي مكون مهم في الخلية ووسيلة لنقل الليبيدات في الدم.

4- مواد عازلة ومبطنة لكثير من أعضاء الجسم.

5- مواد أولية: للفيتامينات والهرمونات.

ب- وظائف الليبيدات في الأغذية:

1- تغذوية (Nutritional):

- مصدر غني للطاقة حوالي ضعف الطاقة التي تمدها البروتينات أو الكربوهيدرات.
- مصدر للأحماض الدهنية الأساسية اللينوليك واللينولينك (Ln&L).
- حاملة للفيتامينات الذائبة في الليبيدات (A, D, E & K).

2- الجودة الحسية (Organoleptic quality):

- الطعم: تسهم بالطعم الدهني أو الزيتي المرغوب في كثير من الأغذية.
- حامل لمركبات النكهة: معظم مركبات النكهة (الطعم والرائحة) تكون ذائبة في الليبيدات.
- مولدات للنكهة: بعض مركبات النكهة يكون مصدرها الليبيدات.
- تسهم في القوام والإحساس بالفم: تسهم في ليونة (طراوة) وقشدية المنتجات الغذائية.

3- تقنية (تصنعيه)

1- تستعمل كثير من الزيوت والدهون كوسط لعمليات القلي والتحمير والطبخ لكثير من الأغذية على المستوى التجاري أو المنزلي، بسبب أنها وسط ممتاز لانتقال الحرارة.

2- تدخل في إنتاج كثير من المنتجات الغذائية مثل زيوت الطبخ، السمن الصناعي، الزبد الصناعي، المايونيز، منتجات المخابز، منتجات اللحوم، الحلويات والمثلوجات.

الأحماض الدهنية:

الأحماض الدهنية سلسلة طويلة من (الأحماض الكربوكسيلية - carboxylic acids)، تتألف العادة من ١٦ ذرة من الكربون أو أكثر، وقد تحتوي أو لا تحتوي على روابط كربونية (كربون - كربون) مزدوجة. وتكاد عدد ذرات الكربون تكون متساوية وغير متفرعة دائمًا؛ (حمض الأوليك -Oleic acid) هو أكثر الأحماض الدهنية وفرة في الطبيعة.

وبناء على موقع ودور الغشاء في الجسم، تمثل الليبيدات ما بين ٢٠ الى ٨٠٪ من الغشاء، والباقي بروتينات. والكوليسترول الذي لا يوجد في الخلية النباتية نوع من الليبيدات يساهم في تقوية الغشاء.

الدهون المشبعة وغير المشبعة (الأحادية / المتعددة):

تُسمى الأحماض الدهنية التي لا تحتوي على الروابط الكربونية (كربون- كربون) المزدوجة بالدهون المشبعة. وتسمى تلك التي تحتوي على رابطتين مزدوجتين أو أكثر دهونًا غير مشبعة متعددة. ويعتبر حمض الأوليك غير مشبع أحادي، لاحتوائه على رابطة مزدوجة واحدة.

تكون الدهون المشبعة عادة صلبة وذات مصدر حيواني، بينما الدهون غير المشبعة سائلة وتُستخرج عادة من النباتات. تملك الدهون المشبعة نظامًا هندسيًا خاصًا يمنع جزيئاتها من التجمع كما تفعل الجزيئات المشبعة، فيؤدي ذلك إلى وجودها بالشكل السائل عوضًا عن الصلب. وبالتالي فإن نقطة غليان الدهون غير المشبعة أقل من الدهون المشبعة.

ويتضمن الدور الحيوي الأساسي للّيبيدات تخزين الطاقة، إذ تُكسر الليبيدات لإنتاج كميات طاقة كبيرة. وتشكل الليبيدات أيضًا المواد البنائية لأغشية الخلايا، وتُكوّن الجزيئات المراسلة والحاملة للإشارات في الجسم.

التمثيل الغذائي للكربوهيدرات أثناء التدريب البدني:

ان لكلايكوجين العضلة وكلوكوز الدم اهمية كبيرة في تكوين مايعرف بـATP اثناء الانقباض العضلي , وتفيد نتائج الدراسات الحديثة في هذا المجال اهمية كل منهما اثناء التدريبات البدنية الطويلة كما اشارت تلك الدراسات الى ان التعب العضلي غالباً ما يكون

مصحوباً بنقص في كلايكوجين االعضلة او كلوكوز الدم كما ان نقص أي منهما يؤدي الى نقص في حامض البايروفيك وهذا بدوره يؤثر على اسيتيل كوانزيم Acetyl CoA وكذلك تتأثر التفاعلات في تكوين مادة تراكربوكسيل TCA Tricarboxylic وكل ذلك يؤثر سلبياً في عمليات الالاكسدة الخاصة بالاحماض الحرة والاحماض الامينية .

توجد مادة بالعضلة تسمى اينوزين مونوفوسفات Inosine Monophosphate تبين انها تزداد عند نقطة التعب العضلي وهي مرتبطة بتكوين مادة ATP وقد وجد ان مستوى تركيز ATP بالعضلة يقل من 10-15% وقد تبين ان مستوى ATP بالعضلة لا يقل اثناء التمرينات الطويل او المستمرة وان امداد العضلات بالكربوهيدرات اثناء التدريب يتسبب في بقاء مستوى ATP ودورته بالدم وذلك يساعد على تقليل تراكم IMP بالعضلة.

تحلل الجلايكوجين واستهلاك الكلوكوز بالعضلات:

تستخدم القياسات البيوكيميائية والهيستوكيميائية في التعرف على نسبة تركيز الكلايكوجين في العضلات والارادية اثناء التدريبات البدنية المختلفة ويختلف تحلل الكلايكوجين بهذه اللعضلات تبعاً لشدة ودوام التدريبات وايضاً تبعاً لنوع الالياف العضلية وقد اهتم الكثير من الباحثين في هذا الموضوع بهدف التوصل الى معايير محددة لشدة التمرينات التي عندها يزداد او يقل تحلل كلايكوجين العضلات . ويؤدي الانقباض العضلي الى زيادة في

استهلاك الكلوكوز وكذلك زيادة افراز الانسولين الذي يساعد على تلك الزيادة .. واثبتت احدى الدراسات الهامة في هذا المجال انه في حالة الراحة تستهلك العضلات من 15 - 20 % من نسبة الكلوكوز بالدم بينما عند العمل على الدراجة الارجومترية بشدة من 55 - 60 % من الحد الاقصى لاستهلاك الاوكسجين تبين ان عضلات الرجلين المشتركة في العمل على الدراجة ادت الى زيادة في استهلاك الكلوكوز بلغت 8 -85% من مجموع الكلوكوز الموجود بالجسم .

العوامل المؤثرة في تمثيل كربوهيدرات العضلات اثناء التدريب البدني:

1- نوعية التمرين Exercise mode:

من المحتمل ان يكون استهلاك كلايكوجين العضلات اثناء الجري اكثر منه اثناء ركوب الدراجة ولكن قد يؤثر نوع الجري او مدة ركوب الدراجة على نسبة هذا الاستهلاك والعامل المهم في ذلك او في نوعية التمرين هو الاختلاف في شكل وايقاع حركة الرجلين في كل من الجري او ركوب الدراجة على الرغم من ان العضلات العاملة قد تكون متشابهة (العضلة الرباعية الامامية ، العضلات الخلفية ...) حيث التبادل في عمليات الانقباض والارتخاء تكون متشابهة ولكن قد يختلف ايقاع كل منهما على الاخر وبالتالي تزداد او تقل نسبة استهلاك كلايكوجين وكلوكوز العضلات , كما ان تمرين الذراع بواسطة اجهاد الذراعين يؤدي الى زيادة تحلل الكلايكوجين وتكوين اللاكتات بنسبة اكثر من تمرين الرجلين وبنفس درجة شدة التمرين وهذا يسبب تدفق

الدم الى كل منهما وافراز الهرمونات واذا ما تم العمل العضلي للرجلين والذراعين في نفس الوقت يلاحظ انه قد خدثت زيادة في نسبة تحلل الكلايكوجين وامتصاص الكلوكوز.

2- طريقة التدريب Training Method:

تؤثر طريقة التدريب في نسبة تمثيل الكربوهيدرات في الجهاز العضلي وعلى سبيل المثال تعتبر تدريبات التحمل من احسن طرق التدريب التي تساعد على زيادة تحلل الكلايكوجين واستهلاك الكلوكوز وزيادة عمليات الاكسدة كما انها تساعد على زيادة تحلل الدهون.

3- الغذاء Diet:

تناول الفرد الرياضي لكميات كبيرة من المواد الكربوهيدراتية يكون مصحوباً باكسدة لتلك المواد اثناء التدريب البدني وتزداد عمليات اكسدة العضلة للكلوكوز اما في حالة افتقار غذاء الرياضي للمواد الكربوهيدراتية فان ذلك يؤدي الى زيادة في تمثيل المواد الدهنية واستهلاكها وفي حالة نقص الغذاء يتضح تأثير فعل هرمون الانسولين والكلوكاجون والكاتيكولامين وهذا يؤدي الى تغير في كل من كلايكوجين العضلة وكلوكوز الدم والدهون الحرة في بلازما الدم كما ان كلايكوجين العضلات لا يتغير بصورة كبيرة في حالة الجوع او افتقار غذاء الرياضي للمواد الكربوهيدراتية

4- درجة حرارة البيئة المحيطة Environment:

زيادة درجة حرارة البيئة التي يمارس فيها التدريب تؤثر على تمثيل الكربوهيدرات حيث ان زيادة درجة الحرارة تزيد من تكسير وتحلل الكلايكوجين بالعضلة كما تزداد نسبة تركيز اللاكتات بالدم والعضلات ويصاحب ارتفاع درجة حرارة الجو ايضاً زيادة في نسبة كلوكوز الدم ويعتقد ان في كل ذلك نتيجة ردود افعال زيادة درجة حرارة الجو على عمليات التمثيل الحيوي للطاقة المتمثلة في الكربوهيدرات وهي مرتبطة بنقص في كمية الاوكسجين بالعضلات العاملة تحت ظروف العمل اللاهوائي ويصاحب هذه الحالة زيادة في افراز بعض هرمونات الدم مثل الادرينالين .

ان المصدر الثاني للطاقة في الجسم بعد الكاربوهيدرات هي الشحوم، وبعد عملية هضم وايض الشحوم يستفيد الجسم من خلال عملية تاكسد الشحوم لانتاج الطاقة، وان الشحوم هي المواد الوحيدة بين الدهون التي تستخدم كمصدر للطاقة، تلجا الخلايا الى الشحوم كمصدر للطاقة عند افتقار الغذاء الى الكاربوهيدرات واثناء الصيام وفي بعض الحالات المرضية مثل مرض السكر.

تؤكسد الشحوم بصورة كاملة الى ثاني اوكسيد الكاربون وماء وقبل ان تصبح الشحوم جاهزة للتنفس الخلوي يجب ان تحلل مائيا داخل الخلايا (ان لم تكن قد حللت قبلا في عملية الهضم) الى مكوناتها من الحوامض الشحمية والكليسترول (جزيئة الشحوم = 3

جزئات حوامض شحمية + جزيئة كليسترول) وتستطيع الخلايا حرق كلا من الحوامض الشحمية والكليسترول.

يتم حرق الحوامض الشحمية داخل المايتوكوندريا ولكن قبل ان يتم ذلك تتحد داخل السايتوبلام مع كوانزيم A لتكوين (اسيل - كوانزيم) A (acyl-COA) الذي يدخل المايتوكوندريا محمولا على بروتين يدعى (كارنيثين carnithine) يؤكسد اسيل كوانزيم A الى (استيل كوانزيم A) بتقطيعه تباعا من النهاية الكاربوكسيلية (المتحدة الان مع كوانزيم A) في عملية تدعى تاكسد بتا -B oxidation يدخل استيل كوانزيم بعدها الى دورة كريبس ليتجزأ الى جزتئين من CO_2 وعدد من ذرات الهيدروجين.

للحصول على أفضل النتائج عند القيام بأي نشاط رياضي، يجب توفر القدرات الفسيولوجية الخاصة واللازمة، ومنها توفير الطاقة اللازمة لعمل العضلات، إذ أن أداء العضلات أو مقدرتها على العمل يعتمد بشكل رئيسي على شكل الطاقة ومدى مصادرها، وتستخدم العضلة مصادر متنوعة للطاقة وتنتج جزءا منها.

كما أن نوع النشاط يحدد شكل الطاقة اللازمة وكميتها، فالطاقة اللازمة لرجل المسافات القصيرة للعدو بأقصى سرعة تختلف عن تلك اللازمة لسباق الماراثون، وفهمنا لأنظمة صرف الطاقة يساعد على تفادي الإرهاق أثناء التمرين، وعلى توفير شكل الطاقة المرغوب عن طريق تناول وجبات مناسبة. يخزن الجسم الطاقة بأشكال مختلفة مثل أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP وفوسفات الكرياتين

CP، وجلايكوجين العضلات، والدهن المخزون في االنسيج الدهني، وتستخدم الطاقة في انقباض العضلات وحركتها من خلال تفاعلات بيوكيميائية التي تحدث في العضلات.

كما نعلم فان أدينوسين ثلاثي الفوسفات هو مصدر الطاقة الجاهز والسريع لانقباض العضلات، وهو مركب غني بالطاقة التي تتحرر لتحلل الروابط الفسفورية، ويخزن في العضلات، ولكن مخزون الجسم من هذا المركب محدود جدا ويجب تعويضه بسرعة إذا استمر عمل العضلات، وفوسفات الكرياتين هو أيضا مركب غني بالطاقة ويخزن في الخلايا العضلية ويستخدم كمصدر سريع لإنتاج ATP، فعند نزع مجموعة الفوسفات منه تنتج طاقة تستخدم في تركيب ATP ، وينتج جزئ واحد من ATP عند تحلل جزئ واحد من PC.

ومخزون العضلات من هذين المركبين، أي أدينوسين ثلاثي الفوسفات وفوسفات الكرياتين ضئيل، ويقدر بنحو (0.3) جزئ عند الإناث و (0.6) جزئ عند الذكور، وهذا يعني أن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من هذا النظام محدودة جدا وتكفي لبضع ثوان فقط، فمثلا عند عدو مائة متر يحتمل نفاذ مخزون الجسم من هذين المركبين بنهاية النشاط، إلا أن أهمية هذا النشاط تكمن في سرعة أو جهوزية توفير الطاقة وليس كميتها، وهذا ضروري لأنواع الرياضة التي تتطلب بضع ثوان لإنهائها مثل القفز، وبما أن مولدات الفسفور سريعة النفاذ، فيجب أن يكون هناك بديل، وفي هذه الحالة يأتي دور مصادر الطاقة الأخرى.

وطريقة الفوسفوكريتين أو الفوسفاجن (ATP-PC) والفوسفوكريتين (PC) مادة كيماوية مخزونة داخل الألياف العضلية ومحتوية على طاقة عالية، تنتج بصورة سريعة جداً، لإعادة بناء وتكوين الـ ATP ، حيث يتم تحلل الـ PC وإنتاج طاقة تعيد بناء الـ ATP.

إن الـ ATP المشكل بهذا الأسلوب يمكن الاعتماد عليه لفترة زمنية قصيرة (حوالي 10 ثوان) وبالرغم من أن كمية الـ ATP المشكلة قليلة جداً إلا أن هذا النظام يعتبر مهماً جداً خاصة في السباقات والفعاليات الرياضية التي يحتاج أدائها إلى سرعة كبيرة مثل سباقات العدو ورفع الأثقال ورمي القرص، وبدون هذا النظام لا يمكن تأدية مثل هذه الأنشطة البدنية التي تحتاج إلى السرعة والقدرة، وهذا يتطلب توفر طاقة بصورة سريعة بدلاً من توفر هذه الطاقة بكميات عالية.

وعن نظام الفوسفوكريتين (PC) يعرف بالنظام الأسرع في إنتاج الطاقة، ويعتقد بعض الباحثين أن تنمية هذا النظام عن طريق التدريب عليه تساؤلات كبيرة، ويعود هذا الاعتقاد إلى أن صفة السرعة والتي هي عبارة عن تحريك أجزاء الجسم بسرعة عالية تعتمد على نوعية الألياف العضلية التي يمتلكها الرياضي، فكلما كانت نسبة الألياف العضلية السريعة (FT) أكبر من نسبة الألياف العضلية البطيئة (ST)، كلما كانت السرعة عالية، ونوعية الألياف هذه لها علاقة بالوراثة، ومن هنا فإن القول " لاعب السرعة يولد ولا يصنع "

قد يكون صحيحا وبالرغم من ذلك فإن التدريب لتنمية هذا النظام السريع في إنتاج الطاقة يجب أن يتم عندما لا يكون الرياضي مجهداً أو متعباً، وتشير بعض التقارير إلى أن رياضي المستويات العليا بحاجة إلى ما بين 24-36 ساعة راحة أو تدريب منخفض الشدة قبل أداء التدريبات السريعة وينصح أن يكون عدد مرات التكرار ما بين 4-5 ، وإعطاء فترة راحة ما بين التكرارات لا تقل عن 2-3 دقائق ، وفترة راحة ما بين المجموعات لا تقل عن 8-10 دقائق، وفترات الراحة هذه مهمة جداً لإعطاء الفرصة للخلايا لإعادة بناء كل من الـ ATP والـ PC كما وتشير بعض الدراسات العلمية إلى أن إعادة بناء الـ ATP والـ PC ، تتم بصورة سريعة ، وقد وجد أنه خلال 30 ثانية من فترة الاستشفاء يعاد بناء حوالي 50% من الـ PC ، وخلال دقيقة واحدة يعاد بناء 75% من الـ PC وخلال 1.5 دقيقة يعاد بناء 87% من الـ PC وخلال 3 دقائق يعاد بناء جوالي 98% من الـ 0 PC ومن هنا فإن إعطاء 2-3 دقائق راحة بين التكرارات ضرورية جداً للوصول إلى الاستشفاء، ولذلك فإنه لا يحبذ زيادة عدد مرات التكرار لأكثر من 4 مرات أو ما يعادل 600 م مجموع المسافة المقطوعة في كل وحدة تدريبية.

وان التحلل السكري اللا أوكسجيني أو نظام حامض اللاكتيك (Anaerobic Glycolysis) آلي الـATP تحدد نظام الطاقة المطلوب وبذلك فأن الالياف العضلية تتحول آلي نظام الطاقة اللائم والمناسب، وهذا يعتمد على تحلل ذرات السكر المخزنة في الألياف العضلية لإنتاج طاقة وحامض لاكتيك، وهذا الحامض مسؤول عن التعب والإرهاق الذي يظهر على اللاعبين بعد المسابقات والفعاليات

الرياضية التي تعتمد على هذا النظام، ويتحلل السكر المخزن بتفاعلات كيماوية لإعادة بناء الـATP.

عند تحلل السكر بسلسلة طويلة من التفاعلات الكيماوية يتم إنتاج ما يعادل تقريباً 3 ذرات ATP وكمية عالية من حامض اللاكتيك وبالرغم من قلة الـ ATP المشكلة بهذا الأسلوب، إلا أنه يعتبر مهماً جداً خاصة خلال الأنشطة البدنية التي يتطلب أداؤها شدة عالية ولفترة زمنية ما بين 1-3 دقائق مثل 400م و 800 م .

ولتنميته يقترح أن يكون عدد مرات التكرار ما بين 1-3 مرات وبشدة حمل عالية (عدد ضربات القلب أكثر من 180 نبضة لكل دقيقة) ولفترة زمنية تتراوح ما بين 40 ثانية - دقيقتين (300 - 600م مجموع المسافة المقطوعة)، ويجب التذكير إلى فترة الاستشفاء، إذ يجب أن تكون ما بين 20-30 دقيقة وهذه الفترة تكون مصحوبة بتمرينات تهدئة مستمرة (Exercise Recovery) مثل الجري الخفيف بشدة تتراوح ما بين 40-60% لأن ذلك يساعد على سرعة الاستشفاء والتخلص من حامض اللاكتيك المتراكم بسرعة وخلال 30 دقيقة تقريباً أما إذا كانت فترة الاستشفاء عبارة عن جلوس أو مشي أو استلقاء على الأرض (Rest – Recovery) فإن سرعة التخلص من حامض اللاكتيك (Lactic Acid) تنخفض وسوف تستغرق وقتاً طويلاً (1-2 ساعة) ،وهذا يؤدي إلى تأخير الاستشفاء والتخلص من التعب والإرهاق.

النظام الأوكسجيني (الهوائي) لا يستخدم مباشرة كمصدر لطاقة انقباض العضلات، ولكنه يوفر كميات كبيرة من ATP من مصادر الطاقة الأخرى، فبوجود الأكسجين يتحلل 180 جزيئا من ATP ، وتتم هذه التفاعلات في داخل الخلايا العضلية، ولا ينتج عن هذا التحلل أية مركبات تسبب الإرهاق، فثاني أكسيد الكربون يطرح خارج الجسم بعملية الزفير، بينما الماء الناتج يعتبر ضروريا للخلايا، كما أن هذا النظام لا يتطلب نوعا معينا من الأغذية لأنه يقتصر فقط على الجلايكوجين، بل يمكن الاستفادة من الدهون والبروتينات التي تدخل دورة كربس من نقاط عديدة، وبمعنى آخر فان مصادر ATP متعددة وتشمل جلايكوجين العضلات والكبد وسكر الدم والجلسريدات الثلاثية الموجودة في العضلات والأحماض الدهنية الحرة والجلسريدات الثلاثية الموجودة في الدم والجلسريدات الموجودة في النسيج الشحمي، إضافة إلى بروتين الجسم، وتدخل هذه المواد إلى الخلايا على شكل جلوكوز وأحماض دهنية حرة وأحماض أمينية، من خلال سلاسل معقدة من التفاعلات البيوكيميائية بوجود الأكسجين. والنظام الأكسجيني ضروري للأنشطة طويلة الأمد، فعلى سبيل المثال يتطلب سباق الماراثون، الذي يتطلب قطع مسافة 42كم حوالي 150 جزيئا من ATP خلال فترة سباق مدتها ساعتين ونصف، ويمكن إنتاج هذه الكمية من النظام الهوائي بوجود كميات كافية من الجلايكوجين والدهون والأكسجين، وهو لا يؤدي إلى إرهاق مبكر.

وكما تطرقنا سابقًا أن التفاعلات التي تساعد على إنتاج الطاقة نتيجة تحلل الكربوهيدرات (السكريات) وتنتج ثلاثي فوسفات الأدينوزين ATP بنسب قليلة تقدر 2-3 مول, حيث يوفر التمثيل الغذائي الهوائي ليتم نقل كل الطاقة تقريبًا عند استمرار التمرين بعد عدة دقائق. تحدث في الرئة وليس العضلات النشطة - خلال كل منهما دقيقة من الجري البطيء لمدة 10 دقائق. ارتفاع استهلاك الأكسجين أضعافا مضاعفة خلال الدقائق الأولى من التمرين (كمكون سريع من ممارسة استهلاك الأوكسجين) للوصول إلى هضبة التمثيل بين الدقيقتين الثالثة والرابعة. ثم يبقى نسبيا مستقر طوال مدة الجهد. مصطلح الحالة المستقرة (Steady state) أو المعدل الثابت، يصف عمومًا الجزء المسطح (للهضبة) في منحنى استهلاك الأوكسجين. المعدل الثابت يعكس التوازن بين الطاقة التي تتطلبها العضلات العاملة نتاج معدل ثابت يعكس التوازن بين الطاقة التي تتطلبها عضلات العاملة وإنتاج مركب الطاقة ATP الذي يستخدم في التمثيل الغذائي الهوائي. ضمن معدل ثابت المنطقة، وأن التفاعلات المستهلكة للأوكسجين تزود الطاقة لممارسة ذلك التمرين، أي أن الاكتات المنتج من تلك التفاعلات إما يتأكسد أو يتحول إلى الكلوكوز ثانية. أي سوف لن يحصل تراكم للاكتيك أسيد في مرحلة وحالة الحالة المستقرة لنظام الطاقة الهوائي، وبمجرد حدوث معدل ثابت من التمثيل الغذائي الهوائي أي الحالة المستقرة، يمكن للرياضي زيادة الأداء الرياضي، كما يمكنه نظريا التقدم بالأداء إلى أجل غير مسمى إذا كان الفرد يمتلك "الإرادة" للاستمرار. وهذا يفترض أن الثبات

الحالة بالأيض الهوائي يحدد بشكل فردي القدرة على الحفاظ على التمرين بالشدة دون الحد الأقصى للأوكسجين. فقدان السوائل ونضوب الشوارد غالبًا ما تشكل عوامل محددة، خاصة أثناء التمرين في الطقس الحار. الحفاظ على احتياطيات كافية من كلا الكبد الجليكوجين لوظيفة الجهاز العصبي المركزي والعضلات يأخذ الكليكوجين لممارسة القوة أهمية إضافية عند ارتفاع شدة الجهد الهوائي المطول. أما نضوب الكليكوجين يقلل بشكل كبير من القدرة على إستمرارالممارسة الرياضية.

يمتلك الأفراد العديد من مستويات إمكانيات التدريب الثابتة. بالنسبة للبعض يتراوح الإختلاف بين الجلوس ومشاهدة التلفزيون لدفع جزازة العشب لمدة 40 دقيقة فقط. بينما يمكن للرياضيين النخبة أن يحافظوا جري التحمل على معدل ثابت من التمثيل الغذائي الهوائي خلال 26.2 ميلا أي جري الماراثون، بمتوسط طفيف أقل من 5 دقائق لكل ميل، أو خلال 658 ميلًا في سباق الماراثون ، بمتوسط 118 ميلا في اليوم على مدى 5-6 أيام ! ويستطيع مثل هؤلاء إنجاز سباقات التحمل الاستثنائية نيجة إثنين من العوامل:

1- القدرة العالية للإستيعاب والنقل لتسليم الأوكسجين للعضلات العاملة.

2- القدرة العالية على لإستهلاك العضلات العاملة للأوكسجين.

النقص أو العجز الأوكسجيني:

ففي بداية كل تـمرين لا يرتقع منحنى استهلاك الأوكسجين على الفور إلى المعدل الثابت. وفي المرحلة الانتقالية الأولى لممارسة الحمل المستمر، يظل استهلاك الأوكسجين أقل من مستوى المعدل الثابت، حتى على الرغم من أن متطلبات الطاقة لم تتغير طوال الوقت لدى الممارسه الرياضه. والتأخر في استهلاك الأكسجين في وقت مبكر من التمرين لا ينبغي أن يكون مفاجئًا لأن الطاقة لتقلص العضلات تأتي مباشرة من التحطم اللاهوائي الفوري مركب الطاقة ATP. وحتى مع توفر الأوكسجين المتزايد تجريبيًا وزيادة تدرجات انتشار الأوكسجين في الأنسجة للمستوى الأدنى، تبقى الزيادة الأولية في استهلاك الأوكسجين ممارسة دائمًا أقل من معدل استهلاك الأكسجين الثابت بسبب تفاعل القصور الذاتي في التمثيل الغذائي الخلوي وتنشيط الإشارات والإنزيم والتباطؤ النسبـي من توصيل الأوكسجين إلى الميتوكوندريا، لكي تنتج الهيدروجين في التمثيل الغذائي للطاقة لا تتأكسد على الفور و تتحد مع الأوكسجين. ثم يزيد من استهلاك الأكسجين بسرعة، ومع ذلك، في تفاعلات نقل الطاقة اللاحقة عندما يتحد الأوكسجين مع الهيدروجين المتحرر من تحلل السكر، و أكسدة الأحماض الدهنية أو تفاعلات الهوائية في دورة حامض الستريك. بعد عدة دقائق من التمرين الخفيف، إنتاج الهيدروجين والأكسدة اللاحقة (والإنتاج ATP) يتناسب مع طاقة التمرين ومتطلباته. ففي هذه المرحلة يبلغ استهلاك الأوكسجين حالة التوازن إلى معدل ثابت بين متطلبات الطاقة ونقل الطاقة الهوائية.

ويعبر العجز الأوكسجيني عن الاختلاف كميًا بين إجمالي استهلاك الجسم للأوكسجين أثناء التمرين والإجمالي الذي سيتم استهلاكه لاحقاً والذي يحتوي على نسبة أوكسجين ثابتة الاستهلاك (كمؤشر على نقل الطاقة الهوائية)، الذي يتم تحقيقه منذ البداية. وأن هذا النقص بالأوكسجين في مرحلة مبكرة من بدء التمرين يمثل النقل الفوري للطاقة اللاهوائية من التحلل المائي للفوسفات العضلية عالية الطاقة وتحلل السكر حتى نقل الطاقة بمعدل ثابت يطابق متطلبات تلك الطاقة. أما الفوسفات عالية الطاقة استنفدت إلى حد كبير في التمرين الذي يولد حوالي 3 إلى 4 لتر من نقص الأكسجين. وبالتالي مزيد من التمرين يتقدم فقط على أساس "الدفع أولاً بأول". المستمر للاعبـي التنس المحترفين تحدث عملية إعادة التركيب إما من خلال التحلل اللاهوائي أو التحطم الهوائي للمغذيات من المصادر الأساسية الكبيرة. ومن المثير للاهتمام أن اللاكتات يبدأ في الزيادة في العضلات النشطة قبل فترة طويلة من الطاقة العالية يصل الفوسفات إلى أدنى مستوياته. هذا يدل على أن السرعة الحركية تساهم تحلل السكر أيضًا في الطاقة اللاهوائية في المراحل الأولية من التمارين القوية، قبل الاستخدام الكامل للطاقة العالية الفوسفات.

ثالثاً: البروتينات

تعتبر البروتينات من اهم مواد بناء الخلية الحيوانية والنباتية ولذا فهي من مكونات الغذاء الضرورية وتقوم البروتينات بالعديد من الوظائف الهامة في جسم الكائن الحي ومن اهم هذه الوظائف :-

1- مصادر للاحماض الامينية الضرورية التي تستخدم مع الاحماض الامينية الاخرى في تكوين بروتينات الجسم ومن ثم في بناء الخلايا والانسجة الجديدة او اصلاح الانسجة المستهلكة.
2- تدخل البروتينات في تركيب وبناء الانزيمات والهرمونات والاجسام المضادة والبروتينات النوويو وكذلك الهيموغلوبين.
3- تتحول البروتينات الى كربوهيدرات ودهون عند تمثيلها في الجسم.
4- تعتبر البروتينات مصدرا للكبريت العضوي حيث ان الجسم لايستطيع الاستفادة من الكبريت الغير العضوي.
5- تعتبر البروتينات مصادر للطاقة ولو ان ذلك امر غير مرغوب فيه اذ يفضل ان تستعمل البروتينات لاغراض البناء بينما تستعمل الدهون والكربوهيدرات للحصول على الطاقة.
6- تلعب البروتينات دورا مهما في تنظيم الضغط الازموزي.

تتكون جزيئة البروتين من الكاربون والهيدروجين والاوكسجين والنتروجين وتحتوي بعض البروتينات على الكبريت والفسفور ومعادن اخرى مثل الحديد والزنك والنحاس واليود وعلى الرغم من ان البروتينات موجودة في النباتات بكمية اقل من الكربوهيدرات لكنها تلعب دورا اساسيا فيها حيث انها الجزء الرئيس من البروتوبلازم ومهمة للحياة وتغذية الانسان والحيوان حيث تكون ضرورية لنمو وتجدد الانسجة , كما انها من المكونات الاساسية للانزيمات والمضادات وسوائل الجسم.

وتعد البروتينات مواد غروية ذات وزن جزيئي عالي وانها تتصلب بالحرارة وهي موجودة في كثير من الاغذية مثل البيض والجبن والحليب والبقوليات المجففة بنسبة 15-30% وفي الحبوب 5-18% اما في الفواكه والخضروات الطازجة 1-5% .

تتكون البروتينات من حوالي 20-22 حامض اميني، (8) منها اساسية وتسمى الاحماض الامينية الاساسية Essential amino acid لا يمكن تكوينها من قبل الجسم ويجب توفرها بمستوى كاف للمساعدة على النمو ودعم الصحة و ويجب ان تجهزمع الغذاء Phenylalanine و Valine و Tryptophan و Threonine Isoleucine و Methionine و Histidine و Leucine Lysine.

و اما الاحماض الامينية الباقية فهي مهمة للصحة ايضا وتسمى الاحماض الامينية غير الاساسية ويمكن تخليقها اوتركيبها داخل الجسم ولايعني هذا ان الجسم لايحتاج اليها بل انها مهمة بقدر اهمية الاحماض الامينية الاساسية . الجلايسين Glycine والبرولين Proline.

ان التغذية بمواد غير حاوية على الاحماض الامينية تسبب خللا في العمليات الحيوية كما تسبب في النهاية المرض وتوقف النموووفقدان الوزن . وعلى هذا الاساس تقسم البروتينات الى :-

1- **بروتينات كاملة القيمة الغذائية:-** ويعتمد عليها في النمو والمحافظة على الحياة مثل بروتين اللحم والاسماك والحليب.

2- **بروتينات ناقصة القيمة الغذائية جزئيا:-** وهذه يمكن ان تحافظ على الحياة ولكن لاتكفي من اجل النمو الطبيعي ومنها بعض البروتينات في القمح والشعير.

3- **بروتينات ناقصة القيمة الغذائية:-** وهذه لايمكن ان تحافظ على الحياة او النموعند تناولها بوصفها مصدرا وحيدا للبروتينات في الغذاء ومنها الجلاتين والذرة.

تقسم البروتينات على أساس تكوين البروتين وذوبانيته إلى:

1- بروتينات بسيطة Simple Proteins:

وهي كل بروتين يعطي عند تميؤه (تحلله) أحماض أمينية فقط من خصائصها إنها تذوب في الماء، مثل البروتين الموجود في بياض البيض وبروتين الالبيومين في الدم وبروتين الكراتين الموجود في الشعر والأظافر.

2- البروتينات المقترنة Conjugated Proteins:

وهى البروتينات التي تنتج عند تحللها أحماض أمينية و مكونات أخرى قد تكون عضوية أو غير عضوية منها:

1- البروتينات النووية (النيوكلوبروتين): وهى البروتينات المرتبطة بالأحماض النووية وموجودة في نواة الخلية والسيتوبلازم

2- البروتينات الفسفورية (الفوسفوبروتين): وهى البروتينات المرتبطة بحمض الفسفوريك وتوجد فى كازين اللبن

3- البروتينات الدهنية (الليبوبروتين): وهى البروتينات المرتبطة بالاحماض الدهنية وتوجد فى الاغشية الحيوية
4- الجليكوبروتين: بروتينات مرتبطة بالسكريات

3- بروتينات مشتقة Deriyed Proteins:

هو كل بروتين ينتج من عمليات فصل الارتباط في البروتينات المقترنة أو التميؤ الجزئي للبروتينات البسيطة أو تغير الطبيعة الأساسية لأي بروتين في عملية الإفساد Denaturation حيث تخرج عن حالتها الطبيعية وتنتج بفعل إنزيمي أو كيميائي مثل البيتونات peptones والبيتيدات peptides والتى تكون ذات اوزان جزيئية اقل من المركبات الاصلية.

حاجة الرياضي للبروتين:

يحتاج الرياض وخصوصاً خلال فترة البناء أو الأعداد إلى كميات متزايدة من البروتين ولكن يجب أن نضع في الحسبان أن الزيادة الغير مطلوبة في البروتين قد تكون غير نافعة وذلك لان قسم منها يحول إلى دهون تخزن تحت سطح الجلد وبالتالي فهي ضارة لأنها تؤدي إلى تعب في أنسجة الجسم المسؤولة عن عملية التمثيل الغذائي. توصي أكاديمية التغذية وعلم التغذية في كندا والكلية الأمريكية للطب الرياضي بما يتراوح بين 1.2 و 2.0 جرام من البروتين لكل كيلوغرام من وزن الجسم يوميًا للرياضيين، اعتمادًا على نوعية وشدة وفترة دوام التدريب ويجب أن يكون تناول البروتين متباعدًا طوال اليوم وبعد التدريبات.

شروط تغذية الرياضيين:

(الشروط التي يجب توفرها في تغذية الرياضيين).

وضع العالم (هارا) شروط تغذية الرياضيين في النقاط التالية:

1. التغذية الجيدة يجب أن تكون متكاملة كماً وكيفاً (المقدار والنوع).

2. التغذية الجيدة يجب أن تكون متنوعة من حيث المصدر والنوع.

3. التغذية الجيدة يجب أن تكون من مواد سهلة الهضم ولا يبالغ في كمياتها.

4. التغذية الجيدة يجب أن تكون تناسب مع ما يبذل من مجهود, حسب نوع الفعاليات المختلفة كما تتلاءم مع مواسم التدريب وكذلك المناخ من حيث الكم والنوع.

5. التغذية الجيدة يجب أن تكون تحتوي على كل من الدهون والكربوهيدرات والبروتينات والأملاح والفيتامينات والماء.

التغذية أيام السباقات:

1. قبل المنافسة.

2. خلال المنافسة.

3. بعد المنافسة.

أولا : قبل المنافســـة

يمكن أن يشكل تناول الغذاء قبل المنافسة (المباراة) معضلة لكثير من الرياضيين ويعتمد بالدرجة الأولى على الحالة النفسية

للاعب , حيث أن التفكير في السباق واحتمال الفوز والخسارة يجعل اللاعب مشدوداً نفسياً مما يؤدي إلى تناول اللاعب كميات كبيرة من الغذاء أو يتجنب تناول الغذاء بكميات كافية وفي كلتا الحالتين تكون النتيجة خطرة على اللاعبين من حيث النتيجة ولهذا يجب إتباع المؤشرات آلاتية:

1. يجب أن تكون آخر وجبة من الغذاء قبل ثلاث ساعات على الأقل قبل بدء المنافسة وخصوصاً في الأجواء الحارة لان الدم مباشرة بعد هضم الطعام يتحول في الجسم إلى الجهاز الهضمي مما يسبب سحب الدم وقلته في الجهاز العضلي مع شعور الرياضي بالفتور بعد تناول الغذاء بوجبة كبيرة فإذا استمر اللاعب بالتدريب يتسبب له آلام في المعدة وغثيان وتقيوء وغيرها من الأعراض التي تظهر على اللاعب.

2. تناول الغذاء يجب أن يكون بكميات كافية تتضمن عدم الشعور بالجوع أو الضعف نتيجة قلة الغذاء في أثناء السباق , ويجب أن تكون كمية الغذاء المتناولة بدرجة بحيث تكون المعدة والقسم الأعلى من الأمعاء الدقيقة خالية أثناء السباقات.

3. الغذاء والسوائل يجب أن يوفر حالة جيدة من الارتواء للجسم في أثناء وقت المباراة.

4. يجب أن تكون الأغذية من النوع المعتاد تناوله من قبل الرياضي.

5. عدم تناول المياه الغازية والمالحة قبل المباراة.

6. إن الوجبة الجيدة للرياضي قبل المباراة يجب أن تكون متكونة بالدرجة الأولى من الكربوهيدرات حيث أنها أسهل هضماً من البروتينات والدهون ويمكن تحويلها كلياً إلى طاقة لمجهود جسمي قليل وكذلك خزنها في الكبد والعضلات.

7. في السنين الأخيرة أصبح من المتعارف علية عند قسم من اللاعبين تناول وجبات سائلة بالكامل وخاصة الذين يعانون من اضطرابات في الجهاز الهضمي مما يجعلهم في راحة نفسية أثناء السباق أو المنافسة كما أن اللاعب خلال أجزاء معينة من السباق يتناول قليل من الغذاء على شكل سائل أثناء المباراة كما في سباقات الماراثون والتحمل , وهذه السوائل تحتوي على مادة الجلوكوز والتي تكون في الدم بنسبة تقترب إلى (3غم) وهذا ما يمنع حدوث هبوط في مستوى تركيز الجلوكوز في الدم والذي يسبب الدوران و التعرق الشديد وحالات الإغماء.

ثانياً : أثناء المنافســة

نلاحظ في الألعاب التي تحتاج إلى التحمل مثل الماراثون بأنه يسمح للاعب تناول السوائل عن طريق المحطات الموجودة في الطريق وذلك لسد احتياجات الجسم من الأملاح والمعادن وأيضاً في الأجواء الحارة والرطبة يأخذ اللاعبون بعض السوائل أثناء المباراة وفي فترات الراحة من اجل تعويض ما فقده الجسم من أملاح.

ثالثاً : بعد المنافســـة

يجب العمل على تعويض ما فقده الجسم من الكربوهيدرات ومن المواد الغذائية الأخرى بعد السباق (المنافسة أو الجهد البدني) وبخاصة في سباق التحمل حيث اخذ وجبة غذائية رئيسية بعد السباق بساعة واحدة على الأقل , أما إذا كان اللاعب مقبلاً على مسابقة أخرى في اليوم التالي فأن إعادة مخزون الطاقة إلى الكبد والألياف العضلية يجب أن يعتمد على تناول المواد الغذائية سهلة الهضم.

الفصل الثاني
الطاقة

مصادر الطاقة

أنظمة و مصادر الطاقة أثناء النشاط الرياضي:

تعتبر الطاقة في جسم الإنسان هي المصدر المحرك و هي مصدر الانقباض العضلي و مصدر الأداء الرياضي بشتى أنواعه. وليست الطاقة المطلوبة لكل انقباض عضلي أو لكل أداء رياضي متشابهة أو بشكل موحد ، فالطاقة اللازمة للانقباض العضلي السريع تختلف عن الطاقة اللازمة للانقباض العضلي المستمر لفترة طويلة ، حيث يشتمل الجسم علي نظم مختلفة لإنتاج الطاقة السريعة أو الطاقة البطيئة تبعا لاحتياجات العضلة وطبيعة الأداء الرياضي. من الضروري على المدرب أو المربي أن يحصن نفسه علميا في كيفية و معرفة عمل أنظمة الطاقة في جسم الإنسان الرياضي لكي يبني عليه العملية التدريبية ولذلك فإن تدريب نظم إنتاج الطاقة ورفع كفاءتها يعني رفع كفاءة الجسم في إنتاج الطاقة ، أي رفع كفاءة الجسم في الأداء الرياضي ، ولذلك أصبحت برامج التدريب كلها تقوم علي أسس تنمية و الفهم التطبيقي لنظم إنتاج الطاقة وأصبح إنتاج الطاقة وتنميتها هما لغة التدريب الرياضي الحديث والمدخل المباشر لرفع مستوي الأداء الرياضي دون إهدار للوقت والجهد الذي يبذل في اتجاهات تدريبية أخري بعيدة كل البعد عن نوعية الأداء الرياضي التخصصي.

يعتمد علم التدريب الرياضي على معرفة إنتاج الطاقة عند الرياضي وعلاقتها بنوع الحركة والنشاط الرياضي التخصصي، ويعد ثلاثي فوسفات الادنوسين " ATP" المصدر الأساسي لإنتاج الطاقة في جميع خلايا الجسم وهو مركب كيميائي، له قابلية خاصة في الدخول بالعديد من تفاعلات تجهيز الطاقة العضلية وهناك ثلاثة أنظمة للطاقة تتفق جميعها على إمداد العضلات بثلاثي فوسفات الادنوسين " ATP" وتختلف فيما بينها في كيفية وكمية إنتاج هذا الأنزيم وهذه الأنظمة هي:

1- النظام اللاهوائي (الفوسفاجيني).
2- النظام اللاكتيكي (الكلايكوجين وحامض اللاكتيك)
3- النظام الهوائي (الأوكسجيني)

اولاً: النظام اللاهوائي (الفوسفاجيني):

يعد هذا النظام أساسيا في تدريب الفعاليات الرياضية التي تعتمد على إنتاج الطاقة اللاهوائية فهو بذلك ضروري لتدريبات السرعة. يعتمد هذا النظام على ثلاثي فوسفات الادنوسين " ATP " والفوسفو كرياتين " CP"بدون تدخل يذكر للأوكسجين" .إن كمية "ATP"الموجودة في العضلة وحتى في عضلات الرياضيين المدربين جيدا لا تكفي لإدامة القدرة العضلية القصوى أكثر من ثلاثة ثوان بينما هناك الكثير من الأنشطة الرياضية تعتمد بالدرجة الأساس على المطاولة اللاهوائية كسباقات العدو السريع لذلك من الضروري أن يتولد " ATP " جديدا باستمرار ويبدأ تحرير الطاقة بعد نفاذ

مخزون " ATP " من العضلة عن طريق الفوسفو كرياتين ." CP"و هو مركب كيميائي آخر ذو رابطة فوسفاتية عالية الطاقة يستطيع " CP"من تجهيز كمية كافية من الطاقة لإنتاج " ATP " سواء مباشرة أو عن طريق اتحاد أيونات الفوسفات المتحللة من " CP" مع " ADP"أو "AMP" ، فضلا على إن وجود " CP " في العضلات أكثر بضعفين إلى أربعة أضعاف كمية ." ATP" والاهم من ذلك إن الطاقة المخزونة في الفوسفو كرياتين العضلة تكون مستعدة بصورة فورية للتقلص العضلي وتتم خلال جزء صغير من الثانية وتسمى الكميات المتحدة من ATP , CP" " الخلايا بنظام الفوسفاجين للطاقة والذي يولد قدرة عضلية ومطاولة لاهوائية تمتد إلى حدود (10 ثانية) وهي كافية تقريبا لإنهاء ركض 100 متر بأقصى سرعة.

ثانياً: نظام الكلايكوجين (حامض اللاكتيك):

تدخل الكثير من الفعاليات الرياضية ضمن حدود نظام الكلايكوجين لانتاج الطاقة ، وتعتمد التدريبات اللاهوائية بدرجة كبيرة على هذا النظام من خلال تطوير المطاولة اللاهوائية وزيادة القابلية اللاهوائية لأجهزة الجسم كافة يبدأ عمل نظام حامض اللاكتيك بعد مرحلة تحلل" CP "ويستمر لفترة من (1.3 إلى 1.6 دقيقة) ويشمل كافة الفعاليات التي تنتهي ضمن هذا الوقت وتتم آلية عمله بانشطار الكلايكوجين المخزون في العضلة ليتحول إلى كلوكوز الذي يستعمل آنذاك لتوليد الطاقة وتتم هذه العملية بدون توفر الأوكسجين ، فعند تحلل السكر ينشطر كل جزيء كلكوز إلى جزيئين من حامض البايروفيك وتتحرر الطاقة وتتولد أربع جزيئاتATP من

كل جزيء كلوكوز أصلي . وعند انتهاء كمية الأوكسجين الموجودة في خلايا العضلة تأتي مرحلة تأكسد البايروفيك ليتحول بعد ذلك إلى حامض اللاكتيك الذي ينتشر في السائل الخلوي خارج الخلايا العضلية في الدم ، وعلى هذا الأساس فان معظم كلايكوجين العضلة يتحول إلى حامض اللاكتيك الذي يؤدي بدوره إلى حدوث تعب شديد نتيجة تراكمه في سوائل الجسم ، ولكن خلال هذه العملية يتم إنتاج طاقة كبيرة منATP من دون استهلاك الأوكسجين . ولا يكتمل إنتاج " ATP "في هذا النظام إلا بعد مرور (1.6 دقيقة) كحد أقصى بالإضافة إلى (10 ثانية) التي يستغرقها نظام الفوسفاجين.

ثالثاً: النظام الهوائي (الأوكسجيني):

يعتمد النظام الهوائي على الأوكسجين الخارجي في آلية عمله وتحتاج الفعاليات الرياضية التي يستمر أدائها إلى فترات طويلة نسبيا ضمن نطاق هذا النظام نظرا لوجود الوقت الكافي لوصول الأوكسجين الداخل للرئتين من خارج الجسم إلى العضلات العاملة عن طريق الدم.

يبدأ العمل بهذا النظام في الفعاليات الرياضية التي تستغرق دقيقتان تقريبا فما فوق ويعمل هذا النظام على توفير الطاقة من خلال أكسدة المواد الغذائية الموجودة في الخلايا عن طريق تحلل الكلوكوز والأحماض الدهنية والأمينية وأكسدتها عن طريق الهواء الداخل إلى الجسم لتحرير كميات كبيرة من الطاقة . وهذه الطاقة تكون كافية لتحويل " ADP ", AMP " إلى " ATP " باستمرار

ولمدد طويلة غير محددة طبقا لما تتطلبه الفعالية الرياضية كما في الاركاض الطويلة والتي تحتاج إلى بناء وتنمية مختلفة عما تحتاجه الفعاليات التي تدخل ضمن أنظمة الطاقة الأخرى.

وعلى العموم فان نظم إنتاج الطاقة مترابطة فيما بينها فالطاقة الناتجة من نظام الكلايكوجين تستخدم لإعادة تركيب " ATP "، " CP "وتستعمل الطاقة الناتجة من " CP " لاعادة تركيب " ATP "، وتستخدم الطاقة من النظام الهوائي لإعادة تركيب الأنظمة الأخرى جميعها وان حامض اللاكتيك المتراكم في سوائل الجسم نتيجة الإجهاد سيزول عند فترة الاستشفاء بفعل الطاقة المتوفرة من النظام الهوائي أما عن طريق إعادة تحويله إلى حامض البايروفيك ثم يتأكسد في أنسجة الجسم أو إعادة تحويله إلى الكبد على شكل كلوكوز لاستعماله بعد ذلك في تعزيز كلايكوجين العضلات.

إن نظام الطاقة الهوائي ينتج طاقة اكبر بكثير مما هي النظام اللاهوائي حيث إن كل جزيئة كليكوز فيه تنتج 38 جزيئة ATP مع ضرورة تأمين تجهيز الأوكسجين يمكن أن يستمر التقلص العضلي إلى ما لا نهاية قبل الوصول إلى حالة استنفاذ الجهد لأنه ليس هناك ترسب لحامض اللاكتيك المسبب للتعب العضلي ولكن إذا ما تطلب الأمر زيادة في شدة التمرين إلى درجة ما بحيث أن الجهاز القلب الوعائي لا يتمكن من تأمين الأوكسجين بالوقت المطلوب عندها سيتحول إنتاج الطاقة إلى النظام اللاهوائي يخزن الجسم الدهون بكميات اكبر بكثير من الكلايكوجين ولذلك فانه نادرا جدا ما تنفذ مخازن الدهون

في الجسم ولكن من الممكن ان يستنفذ تماما مخازن الكلايكوجين وهذا يؤثر على فعاليات التحمل حيث لابد من توفر كميات قليقة من الكلايكوجين لحرق الدهون وانتاج الطاقة منها. يكون راكضي الماراثون في حالة استنفاذ الكلايكوجين بعد فترة من السباق وقرب النهاية عندها يضطر الجسم إلى استخدام البروتين.

مصدر الطاقة في العضلة:

1- تحتوي العضلة عادة على كمية قليلة من جزيئات ATP وهي المصدر المباشر لانقباض العضلة وهذه الكمية لا تكفي إلا لبضعة انقباضات.

2- هناك مصادر أخرى للطاقة منها:

3- فوسفات كرياتين:(Créatine Phosphate CP) وهو مصدر سريع لتزويد العضلة بالطاقة، يكف لمدة ثوانٍ فقط، وأثناء الراحة يصبح تركيز CP خمس مرات قدر تركيز.ATP

4- غلايكوجين :يتحطم غلايكوجين بواسطة أنزيمات متعددة ويعطي سكر الجلوكوز الذي يتأكسد ويتحلل ليعطي38 ATP ، تزود العضلة بالطاقة من 5-10 دقائق من التمرين.

أما في عملية التخمر فيتحلل ليعطي i2 ATP فقط. وتلجأ العضلة إلى عملية التخمر عندما تكون الانقباضات متتالية وسريعة وكمية الأوكسجين غير كافية لإتمام عملية الفسفرة التأكسدية. نتيجة ذلك يتراكم حمض اللاكتيك (حمض اللبن) في العضلة مسببا حالة تعرف بـ (إعياء العضلة) لأن الحموضة الزائدة الناتجة من تراكم حمض اللبن تؤدي إلى إنقاص القوة التي تولدها انثناءات الجسور العرضية.

وباستراحة بسيطة يمكن أن تنقبض العضلة إذا ما نبهت حيث يستهلك حمض اللبن لبناء غلايكوجين وفوسفات كرياتين من جديد.

تتم عملية صناعة أدينوسين ثلاثي الفوسفات في الخلايا بالطرق التالية:

الفسفرة الضوئية: وهي عملية تحدث في النباتات خلال البناء الضوئي ويتم عبرها تصنيع جزيء أدينوسين ثلاثي الفوسفات من الأدينوسين ثنائي الفوسفات.

التنفس الخلوي الهوائي واللاهوائي: والذي يحدث في ميتوكوندريا الخلية. وتحدث عملية التنفس اللاهوائي لدى البكتيريا التي تعيش في بيئات خالية من الأكسجين، بينما يحتاج التنفس الخلوي للأكسجين بالإضافة للجلوكوز لإنتاج جزيءATP ، وتتضمن عملية التنفس الخلوي تحلل السكر، وتكوين جزيء أسيتل مرافق الإنزيم-أ بالإنجليزية (Acetyl Co-A) :، وتكون.ATP

التخمير: وهي عملية لا تحتاج للأكسجين لتصنيع أدينوسين ثلاثي الفوسفات، وتتم في البكتيريا والخميرة.

أكسدة الحمض الدهني) بالإنجليزية (Beta oxidation : وهي عملية يتم فيها تكسير سلاسل الأحماض الدهنية لتكوين جزيئات أسيتل مرافق الإنزيم-أ والذي يتم تحويله عبر سلسلة تفاعلات لأدينوسين ثلاثي الفوسفات.

عملية هدم الكيتونات) بالإنجليزية(Ketosis : والتي ينتج عنها جزيئات ATP و.GTP

يعمل ثلاثي فوسفات الأدينوسين على تحرير الطاقة ليستخدمها الجسم عن طريق تفاعل يفقد فيه الجزيء مجموعة فوسفات لينتج عنه تحرير الطاقة المخزنة في الروابط بين مجموعات الفوسفات. يتحول جزيء ثلاثي فوسفات الأدينوسين ATP إلى جزيء أدينوسين ثنائي الفوسفات) بالإنجليزية Adenosine : Diphosphate, ADP)، والذي يمكن أن يفقد بدوره مجموعة فوسفات لتحرير المزيد من الطاقة وإنتاج جزيء أدينوسين أحادي الفوسفات) بالإنجليزية ,Adenosine Monophosphate : AMP).

عند عدم الحاجة للطاقة، تتحد مجموعات الفوسفات مع جزيء فوسفات الأدينوسين مجدداً بتفاعل معاكس للتفاعل السابق الذي حررت فيه الطاقة. يعتمد تفاعل تجديد مركب الطاقة ATP على الطاقة المكتسبة من الغذاء أو التعرض لأشعة الشمس، وينتج عن التفاعل تخزين الطاقة إلى حين حاجتها، لذا فإن أدينوسين ثلاثي الفوسفات يتجدد باستمرار داخل الخلايا، ويقدر تركيزه في الخلية بحوالي 1-10 ميكرومول. يتم تنظيم مستويات ATP داخل الخلية عن طريق نظام من التغذية الراجعة يتضمن تثبيط أو تعزيز عمل إنزيم أدينوسين ثلاثي الفوسفات سينثاز) بالإنجليزية ATP : Synthase)المسؤول عن تحفيز تفاعل صناعة جزيء.ATP كذلك،

فإن وجود مستويات كافية من ثلاثي فوسفات الأدينوسين داخل الخلية يعمل على تثبيط الإنزيمات المشاركة في عملية تحلل السكر)بالإنجليزية (Glycolysis :والتي تساهم في تكوين جزيء.ATP .

طرق اعادة بناء ثلاث فوسفات الادنوسين:

ان مصادر بناء ثلاثي وسفات الادنوسين هي في الاصل الكاربوهيدرات والبروتينات واللبيدات، اما طرق اعادة بناء ثلاني الادنوسين فهي نفس الطرق التي سلكتها الكاربوهيدرات في عملية ايضها. ان الاساس او المركبات الاساسية التي تدخل في بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين هي المركبات الفوسفاتية الغنية بالطاقة، وهذه تتكون عند ايض النشا المخزون في الكبد كنواتج وسطية في عملية الايض، وبناء على ذلك فان طرق تكون هذه المركبات الفوسفاتية وبالتالي بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين يمكن تقسيمها الى هوائية ولا هوائية.

منظومات اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسين (أنظمة الطاقة):

1- منظومة المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة العالية:

يحتوي الليف العضلي من بين ما يحتوي على مركبات فوسفاتية مختلفة رغم ان نسبة المركبات تختلف في أهميتها ودورها في الليف العضلي إلا أنها تشترك بصفة مشتركة استهلاكها طاقة كيميائية مخزونة عالية وتكمن هذه الطاقة في الرابطة التي تربط مجموعة الفوسفات بالمركب الفوسفاتي المعني علماً من ان هذه

المركبات تتباين في تراكيزها داخل الخلية وهناك اشارات في الادبيات الى ان للتدريب الرياضي تأثيراً على هذا التركيز وعلينا ان نذكر أن أكثر هذه المركبات أهمية ولما يتعلق بالطاقة هي ثلاثي فوسفات الادينوسين (ATP) وثنائي فوسفات الادينوسين (ADP) وأحادي فوسفات الادينوسين (AMP) وفوسفات الكرياتين.(CP)

كما ذكرنا ان هذا المركب هو المصدر الوحيد والمباشر للطاقة الحركية ويكمن السبب في ذلك في ان الانزيم الخاص بتحليل هذا المركب (ATPase) مبني تركيبياً في رؤوس المايوسين. فمع بداية الحركة يتحلل هذا المركب حسب المعادلة التالية:

ATP____atp ase_____ ADP +Pi + طاقة

ويمكن معرفته من المعادلة هو ان تحلل هذا المركب يؤدي الى ظهور المركب الفوسفاتي ذو الطاقة العالية ثنائي فوسفات الادينوسين وفوسفات غير عضوي (حر) وطاقة يتحول جزءاً منها الى طاقة حركية والجزء الكبر منها الى طاقة حرارية. تكرار تحلل المركب ثلاثي فوسفات الادينوسين وامتلاكنا تخزين محدود يؤدي الى نفاذ هذا المركب في العضلة ولكن حقيقة الامر غير ذلك حيث وعلى الرغم من ان ثلاثي فوسفات الادينوسين هو المصدر الوحيد للطاقة الحركية الا ان تركيزه يحاول الجسم المحافظة عليه وانه اي التركيز لا يتأثر الا القليل حتى بعد التمرين البدني العنيف ويحافظ الليف على تركيز هذا المركب بالاعتماد على المركبات الفوسفاتية الاخرى والحقيقة هناك عدة منظومات لذلك أشهرها:

1 - منظومة فوسفات الكرياتين Creatine Phosphate :

فوسفات الكرياتين هو احد المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة العالية حيث يخزن هذا المركب شأنه شأن بقية المركبات الفوسفاتية هذه في الليف العضلي علما من ان هذا الخزين يصل الى أكثر من ضعفي خزين الليف العضلي من ثلاثي فوسفات الادينوسين وان هناك اشارات في الادبيات الى ان هذا الخزين يتأثر بالتدريب ولكن هذا التأثير وليومنا هذ جدلي. تتلخص هذه المنظومة بانتقال الطاقة الكيميائية العالية من فوسفات الكرياتين الى المركب ثنائي فوسفات الادينوسين واعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسينوتراكم للمركب الكرياتين والمعادلة الكيميائية لهذا التفاعل هي:

$$CP + ADP \xrightarrow{\text{cpk ase}} C + ATP$$

علما من ان الانزيم الذي ينظم او يسيطر على هذا التفاعل هو كرياتين كاينيز او كرياتين فوسفوكاينيز (Creatine Phosphokinase) والذي عرفنا وجوده كأحد بروتينات الخط M في الساركوير وان نشاط هذا الانزيم يرتبط بتحليل المركب ثلاثي فوسفات الادينوسين حيث ينخفض تركيز فوسفات الكرياتين وبصورة خطية تقريباً مع القوة الانفجارية للتمارين الديناميكية ومع القوة القصوى للتمارين الثابتة.

2 -منظومة ثنائي فوسفات الادينوسين (Adenosine Di Phosphate)

عرفنا أن ثنائي فوسفات الادينوسين هو مركب فوسفاتي ذو طاقة عالية وبتراكم هذا المركب من تحلل ثلاثي فوسفات الادينوسين تكون هناك امكانية في اعادة بناء ثلاثي الفوسفات عن طريق نقل الطاقة الكيميائية العالية في هذا المركب ثنائي الفوسفات الى مركب آخر من ثنائي فوسفات الادينوسين وليتكون ثلاثي فوسفات الادينوسين واحادي فوسفات الادينوسين حسب المعادلة التالية

$$ADP + ADP \xrightarrow{MK\ ase} ATP + AMP$$

علما من ان الانزيم الذي يتحكم بهذا التفاعل هو الانزيم مايوكاينيز (Myokinase)

3 - منظومة احادي فوسفات الادينوسين (Adenosine Mono Phosphate)

كذلك عرفنا ان احادي فوسفات الادينوسين هو مركب فوسفاتي ذو طاقة عالية يتراكم من منظومة ثنائي فوسفات الادينوسين لاعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسين ويمكن اعادة بناء ثلاثي الفوسفات من احادي الفوسفات بنقل الطاقة الكيميائية العالية من احادي فوسفات الادينوسين الى ثنائي فوسفات الادينوسين لتكوين ثلاثي فوسفات الادينوسين وتراكم الادينوسين حسب المعادلة التالية:

$$AMP + ADP \longrightarrow ATP + A$$

علما من ان هناك اشارات حديثة تشير الى امكانية تحول الت AMPوعن طريق الانزيم محلل المجموعة الامينية من المركب احادي فوسفات الادينوسين (AMP deaminase) الى IMP وتكون الامونيا والتي تنتقل من العضلة الى الدم ولكن حدد هذا التفاعل بالاركاض المتوسطة الشدة او الشدد التمرينية المتوسطة والتي يلعب فيها نظام تحلل الكلايكوجين اللاهوائي (كما سنرى لاحقا) الدور الرئيسي وعليه ارتبط هذا النظام بظهور الأمونيا في الدم.

بعد ان تم تقديم هذه المنظومات الفوسفاتية لابدان نتطرق الى مميزات هذه المنظومات والتي عرفت تقليدياً بنظام الفوسفاجين اي مولد الفوسفات لتراكم الفوسفات في الليف العضلي وابرز ما يميز هذا النظام هو السرعة الهائلة التي يمكن معها اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسين حيث تمثل اكبر قوة انفجارية يمتلكها الانسان او انه اسرع نظام قادر ان يوفر الطاقة التي يتطلبها ديمومة عمل الجسور المستعرضة فهذه المنظومات غير معقدة حيث لا تتطلب اكثر من تفاعل واحد فقط وبالتالي فأن عدد الانزيمات المراد تنشيطها هو انزيم واحد فقط وانها منظومات غير هوائية (لا تتطلب تدخل O2) وان مركبات الطاقة فيها اي المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة العالية مخزونة في الليف العضلي اي لا تأتي من مناطق اخرى وكل تفاعلات هذه المنظومات تحدث في الساركوبلازم منطقة التراكيب الانقباضية السركية والرفيعة ولكن هذه السرعة الهائلة في اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسين وبالتالي القوة الانفجارية المتولدة لا تأتي دون

ثمن والثمن الذي ندفعه هنا هو على حساب الكمية فكمية الثلاثي فوسفات الادينوسين المعاد بناءها محدودة لأن الخزين من هذه المركبات الفوسفاتية محدودة وبما ان كمية الطاقة المستهلكة هي كمية قليلة ولكنها ذات طبيعة انفجارية فأن استعادة نظام الفوسفاجين هذا ولما بعد الجهد ولكامل قدراته لا يتعدى الدقائق.

2 -منظومة تحلل الكلايكوجين اللاهوائي anaerobic glycolysis

ان تحلل الكلايكوجين (glycolysis) وهو الاسم التقليدي لتحلل الكلوكوز في حقيقة الأمر عبارة عن سلسلة من تفاعلات كيميائية تبدأ بالكلوكوز 6) كاربون ، (C6H12O6وتنتهي بمركبين من حامض البايروفيك 3) كاربون ، (C3H4O3

حيث يتحول الكلوكوز خلالها الى فركتوز والذي بدوره ينشطر الى مركبين سلسلي الشكل من 3 كاربون اللذان يخضعان للتغير لغاية تكون مركبين من البايروثيت عند التفاعل 10.

تحدث هذه التفاعلات في ساركوبلازم (سايتوبلازم) الليف العضلي وخلالها يتم تحرير طاقة كافية لاعادة بناء 4 مركبات من ثلاثي فوسفات الادينوسين وعلى وجه التحديد عن التفاعل السابع والعاشر وعلى التساوي. ولكن وفي ذات الوقت تستهلك هذه التفاعلات طاقة لتنشيطها تعادل طاقة مركبين من ثلاثي فوسفات الادينوسين وعلى وجه التحديد من التفاعل الاول والثالث وعليه فأن

محصلة الطاقة المتولدة في الساركوبلازم ومن هذه المنظومة هو مركبين من ثلاثي فوسفات الادينوسين.

تتحكم بهذه التفاعلات انزيمات كلايكولية واكثر هذه الانزيما تطرقاً في الادبيات فهي انزيم الهيكسوكاينيز (Hexokinase) الانزيم فوسفوفركتوكاينيز (Phospho Fructokinase) (PFK)والانزيم بايروفيت كاينيز (Pyruvate Kinase) (PK) والتي تتحكم بالتفاعلات الاول والثالث والعاشر على التوالي علما من ان اكثر هذه الانزيمات أهمية هو PFK حيث يشار اليه على انه مفتاح المنظومة وان نشاط هذا الانزيم يعتمد على توفر الطاقة في الليف العضلي حيث ينشط هذا الانزيم مع تراكم احادي فوسفات الادينوسين ويقل نشاطه مع تراكم ثلاثي فوسفات الادينوسين وتقليدياً يقاس ذلك بقراءة نسبة توفر الطاقة ATP , AMP فإذا ما انخفضت هذه النسبة (طاقة حركية قليلة) ينشط هذا الانزيم واذا ما ازدادت (طاقة حركية عالية) توقف العمل .

النقطة الجوهرية التي يجب ان نشير اليها هنا والتي تتعلق بتسمية هذه المنظومة هوائية او لا هوائية تكمن في انه خلال تحلل الكلوكوز الى مركبين من البايروفيت تفقد سلسلة التفاعلات هذه عدد من آيونات الهيدروجين ولو أعدنا النظر في تركيب الكلوكوز لوجدناه يلة التفاعلات هذه عدد من آيونات الهيدروجين ولو أعدنا النظر في تركيب الكلوكوز لوجدناه يتكون من 6 كاربون و 12 هيدروجين و 6 اوكسجين (C6H12O6) ولو اعدنا النظر كذلك في تركيب

البايروفيت لوجدناه يتكون من 3 كاربون و 4 هيدروجين و 3 اوكسجين وبما ان التكون هو مركبين من البايروفيت فما علينا الا مضاعفة ذلك ليصبح المجموع 6 كاربون و 8 هيدروجين و 6 اوكسجين ومن الواضح هناك فرق في الهيدروجين والحقيقة يتحرر الهيدروجين من هذه المنظومة وعلى وجه التحديد عن التفاعل السادس وبمعدل 4 ايونات هيدروجين.

ان تحرر الهيدروجين هذا لا يكون حراً ولوكان كذلك لكان تراكم آيونات الهيدروجين وظهور الحموضة فهو سببه التفاعل السادس ولكن تتحد آيونات الهيدروجين هذه مع مركب ناقل لهذه الايونات يدعى بالنيكوتينوآميد آدنين داي نيوكليوتايد " , "Nicotinoarnide Adenine Dinucleotide NAD)علماً من ان بناء هذا المركب يعتمد على توفر أحد الفيتامينات في الغذاء وهو في الغذاء وهو فيتامين النياسين "Niacin" حيث يصل هذا المركب اختزالية ساركوبلازية "اختزال العام اكتساب الشيء" لايونات الهيدروجين المتحررة من هذه المنظومة وان ديمومة عمل هذه المنظومة يعتمد على هذه القوة الاختزالية وان المعادلة لهذا التفاعل هي:

ان استمرار تحرر الهيدروجين اي استمرار الكلايكوجين يؤدي الى تراكم المركب NAD المختزل أي NADH وبالتالي انخفاض المركب NAD المؤكسد اي انخفاض القوة الاختزالية الساركوبلازمية لايونات الهيدروجين وهذا يبطئ من تحلل

الكلايكوجين وعليه يجب المحافظة على هذه القوة الاختزالية لايونات الهيدروجين لديمومة عمل المنظومة وهناك احتمالين لذلك:

1- نقل ايونات الهيدروجين المتحررة من هذه المنظومة اي من الوسط الساركوبلازمي هذا "الى بيوت الطاقة "Mitochondria" "لغرض اكسدة ايونات الهيدروجين هذه بفعل الاوكسجين وتكون الماء "H2O"حيث يقوم المركب النيتاميني NADH بنقل الهيدروجين الى منظومة مكوكية مبنية تركيبيا في جدار بيت الطاقة يدعى بالمكوك البروتيني حيث تعمل هذه المنظومة على نقل آيونات الهيدروجين من ال NADH الموجود في الوسط الساركوبلازمي الى مركب فيتاميني آخر يدعى فليفن آدينين داي نيوكليوتايد , FAD") " Flavin Adenine Dinucleotideعلماً من ان بناء هذا المركب يعتمد على توفر احد الفيتامينات في الغذاء وهو فيتامين الرايبوفليتن "Riboflavin , B2" المختزل وليتكون المركب FADHأي المؤكسد والذي بدوره ينقل آيونات الهيدروجين هذه الى منظومة السلسلة التنفسية وهي المحطة الاخيرة لايونات الهيدروجين وتكون الماء وبعمل المكوك البروتيني هذا يصبح المركب NADHحراً مرة اخرى من الهيدروجين ويعود كقوة اختزالية ساركوبلازمية NAD المختزل ويعود الى منظومة كال الكلايكوجيني ولنقل آيونات هيدروجين جديدة ان النقطة الجوهرية هنا والتي يجب ان يشار اليها هي ان عمل المكوك البروتيني هذا يعتمد على توفر الاوكسجين في السلسلة التنفسية حيث ان غياب الاوكسجين او انخفاض مستواه يؤدي الى قصور في عمل المكوك البروتيني وبالتالي

تراكم ال NADH وضعف القوة الاختزالية الساركوبلازمية لايونات الهيدروجين وبالتالي ضعف المنظومة الكلايكوجينية في اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسين ولكن بتوفر الاوكسجين وانتقال ايونات الهيدروجين من الوسط الساركوبلازمي الى بيوت الطاقة يجعل تحلل الكلايكوجين تقليدياً يدعى بتحلل الكلايكوجين الهوائي.

2- بغياب الاوكسجين في بيوت الطاقة بتراكم ال NADH وبالتالي ضعف القوة الاختزالية الساركوبلازمية لايونات الهيدروجين وضعف الطاقة المتولدة من تحلل الكلايكوجين ويترجم ذلك بتباطؤ في الطاقة المتولدة وبالتالي التباطؤ في اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسين ولكن هناك سبيل ثاني وآخر للمركبات الفيتامينية NADHبأن تهب آيونات الهيدروجين المنقولة الى البايروفيت المركب الاخير من تحلل الكلايكوجين ويتكون اللاكتيت والذي يعرف تقليدياً بين اوساطنا بحامض اللبنيك "C3 H5 O3"

هذا التفاعل يحافظ على القوة الاختزالية الساركوبلازمية "المختزلة بـ "NAD لايونات الهيدروجين المتحررة من المنظومة الكلايكوجينية انفة الذكر علماً من ان الانزيم المتحكم بهذا التفاعل هو الانزيم لاكتيت دي هايدروجينز Lactate LDH" "DeHydrogenaseاومع هذا الاختمال يسمى تحلل الكلايكوجين حينها بتحلل الكلايكوجين اللاهوائي "يطلق عليه بعض الاحيان بنظام حامض اللبنيك."

ان الفرق في هاذين الاحتمالين هو سرعة اعادة بناء ثلالثي فوسفات الادينوسين فتكون حامض اللبنيك واعادة تكون القوة الاختزالية الساركوبلازمية للهيدروجين "NAD" يجعل المنظومة الكلايكوليه تعمل بسرعة عالية وبالتالي اعادة بناء سريعة لثلاثي فوسفات الادينوسين ولكن ما *** به هنا سر كمية ثلاثي فوسفات الادينوسين المعاد بناؤها بجزيئة الكلوكوز اذا ما تحللت لا هوائياً الى تكون مركبين من حامض اللبنيك فانه محصلة اللطاقة الكلية المعاد بناؤها لكل جزيئة كلوكوز هي مركبين من ثلاثي فوسفات الادينوسين في حين ممكن ان تصل تلك الطاقة الى 36 مركب من ثلاثي فوسفات الادينوسين واكثر اذا تحللت جزيئة الكلوكوز هوائياً وسوف نتطرق الى هذا الفرق وسببه في النظام الهوائي.

أما لما بتعلق بمميزات هذه المنظومة اللاهوائية فتتلخص في ان هذه المنظومة ذات طبيعة انفجارية ولكن معدل اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسين لا يرتقي الى الطبيعة الانفجارية الفوسفاجينية فعلى الرغم من كون ان تفاعلات المنظومة هي ساركوبلازمية المكان ولا تتوقف على الاوكسجين وان مادة الطاقة مخزونة في العضلة "يخزن الليف الحبيبات الاكلايكوجينية" الا انها تتطلب منظومة اعقد من التفاعلات وجدناها 10 تفاعلات وهناك انزيم لكل تفاعل وكذلك هناك اشارات الى علاقة للكرياتين المتحلل نتيجة للمنظومة الفوسفاجينية بتنشيطه لهذه المنظومة. اما كمية الطاقة المتوفرة ورغم ان لكل جزيئة كلوكوز هناك محصلة 2 مركب من ثلاثي فوسفات الادينوسين الا انها اكثر بكثير من الطاقة المتوفرة من المنظومة

الفوسفاجينية التي وجدناها 1 : 1 وافداً ولما يتعلق بمحدوديتها فإنه خلاف محدودية المنظومة الفوسفاجينية والمتعلق بتخزين المركبات الفوسفاجينية كانت محدودية هذه المنظومة الكلايكولية اللاهوائية هو تراكم حامض اللبنيك وزيادة الحموضة في الجسم حيث ان ذلك يؤدي الى اعاقة الفعاليات الحيوية وبالتالي التباطؤ في اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسين وظهور ما يسمى بالتعب.

3 -المنظومة الهوائيةAerobic System

قد يتبادر الى ذهن البعض الى ان المنظومة او النظام اللاهوائي معقد ولكن حقيقة الامر ان ما تقدم لا يرتقي في صعوبته وتعقيده الى ما يحدث في المنظومة الهوائية وليسهل علينا فهم هذه المنظومة سنجزئها الى 3 مراحل:

1 -تكون المركب اسيتل كو أي (Acetyl CoA)

قبل أن نتوسع في هذه المنظومة علينا ان ندرك هنا ان مصادر المركب آسيتيت (CH3- COO) والذي يكون متحداً مع المركب الناقل شبيه الانزيم (Co A) هو الكاربوهيدرات والدهنيات والبروتينات ولكننا سوف لن نتطرق الى البروتينات لانها ليست المصدر الاساس وعليه سيقتصر تطرقنا الى الكاربوهيدرات والدهنيات.

ب- تكون المركب اسيتل كو أي من الحوامض الدهنية

تدعى المنظومة التي يتكون معها اسيتل كو أي من الحوامض الدهنية بدورة أكسد بيتا (B . Oxidation) وسبب هذه التسمية سنتطرق له لاحقاً ولكن علينا الان ان نتكلم بعض الشيء عن الدهون.

تخزن الدهون على شكل مركبات ثلاثية تدعى بالتراي اسيل كليسيرول (Tri Acyl Glycerol) حيث يتكون هذا المركب من الكليسيرول وثلاث حوامض دهنية (وهي حرة في الطبيعة) والتي ممكن ان تكون من نوع واحد ، نوعان ، أو 3 أنواع من الحوامض الدهنية لهذا المركب الثلاثي ومن هذه الحوامض والذي سيكون موضوع دراستنا هو حامض البالميك (Palmic Acid) (16 كاربون)

النشاط العضلي ومصدر الطاقة:

ان مصدر الطاقة لاي نشاط عضلي مهما كان نوعه ومدة مطاولته هو تحلل ثلاثي فوسفات الادنوسين، ولكن اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين يتخذ طرقا مختلفة تبعا لطبيعة النشاط العضلي ومدة مطاولته.

فعند الانتقال من حالة الراحة النسبية الى حالة نشاط عضلي عنيف فستزداد حاجة الاعضاء للاوكسجين عدة اضعاف، هذه الحاجة لكمية كبيرة من الاوكسجين لا يمكن تجهيزها فورا، حين ان تجهيز هذه الكمية يحتاج الى وقت معين لغرض تقوية عملية التنفس والدورة الدموية وبالتالي ايصال الدم العني بالاوكسجين للعضلات التي تؤدي النشاط. ولهذا السبب فان اي عمل عنيف يبدأ تحت ظروف

لاهوائية نسبيا. فمثلا في ركض (100م) سياخذ الرياضي (5-10 %) فقط من حاجته الكلة للاوكسجين. اما (90-95 %) فتمول بعد فترة زمنية. ان هذا النقص في الاوكسجين يكون اقل اذا كان النشاط اقل عنفا والمدة اطول حيث ستكون هنالك فترة كافية لتقوية اعضاء التنفس والدورة الدموية الامر الذي سيؤدي الى تغطية الحاجة من الاوكسجين.

فمثلا عند ركض الماراثون هنالك فترة كافية لتمويل (90%) من حاجة الاعضاء للاوكسجين وسوف ان يبقى نقص في الاوكسجين سوى (10%) فقط، ففي هذه الحالة يوجد توازن نسبـي بين الحاجة الكلية للاوكسجين ومقدار الاوكسجين الذي حصل عليه الجسم والتي تسمى بحالة Steady state. ان هذه الحالة تكون ممكنة في الحالات السابقة اذا كانت شدة النشاط ثابتة وعلى وتيرة واحدة، وكل زيادة او تسريع في شدة الشغل تؤدي الى ارتفاع الحاجة الى الاوكسجين وبالتالي الى اختلال في حالة التوازن السابقة وتبعا لذلك تظهر ظروف لاهوائية نسبيا لا تزول الا بالرجوع الى الحالة المعتدلة. ان هذه المعطيات الفسيولوجية ضرورية لفهم اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين عند انجاز شغل (شدته ومطاولته) وطبعا اذا حصل اختلال كبير في حالة التوازن بين الاوكسجين المطلوب والاكسجين المأخوذ فستتم اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين بالطرق اللاهوائية. ففي ثواني الاولى لادء شغل عنيف تتم اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين على حساب فوسفات كرياتين.

هذا يحصل في بداية تمارين رياضية كثيرة، كالركض للمسافات القصيرة او القفز او الخطف في رفع الاثقال، ... الخ. حيث لانلاحظ ارتفاع ملموس في زيادة كمية حامض اللبنيك في الدم هذا يدل على ان طريق اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين هو على الرغم من كونه طريقا لاهوائيا، الا انه جرى على حساب فوسفات كرياتين الموجود في العضلة وليس عن طريق التحلل الكلايكولي. هذا الطريق قصير جدا واذا استمر الشغل لاكثر من (2-3 ثانية) فسنلاحظ ارتفاع في نسبة حامض اللبنيك في الدم دليل على سلوك طريق التحلل الكلايكولي، نلاحظ ذلك في ركض (100م و 200م و 400م و 800م). ويكون ارتفاع نسبة حامض اللبنيك مرتفعا بشكل ملحوظ في ركض (400م) بصورة خاصة حيث تصل لحد (250 ملغم). ان سلوك هذا الطريق في اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين دليل على ان الاوكسجين الماخوذ عن طريق التنفس لايكفي لسد حاجة الاعضاء عند اجراء مثل هذه التمارين العنيفة.

عند اجراء تمارين معتدلة الشدة ولكنها تستمر لمدة زمنية طويلة نسبيا فستكون اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين في البداية بالطرق اللاهوائية على الاغلب حيث ترتفع في البداية نسبة حامض اللبنيك في الدم ولكن بمرور الوقت سيحصل توازن بين الحاجة للاوكسجين والاوكسجين الماخوذ عن طريق النتفس، وبالتالي فسوف تغطي العمليات الهوائية في اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين. وهذا ما يمكن ملاحظته من انخفاض نسبة حامض اللبنيك مجددا في الدم نتيجة لاحتراقه بالاوكسجين، ان

نسبة حامض اللبنيك في الدم قد تصل في نهاية الشغل الى مستواها الطبيعي قبل اداء الشغل. مثل هذه العملية تظهر على اوضح ما يكون في ركض الماراثون، اما عند رفع قدرة هذه التمارين المعتدلة (كما في زيادة السرعة الفجائية في الركض لغرض فني او في نهاية السباق) سنلاحظ ارتفاعا جديدا في كمية حامض اللبنيك في الدم، وهذا يعني نقصان في كمية الاوكسجين وسلوك طريق التحلل الكلايكولي في بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين خلال فترة رفع القدرة.

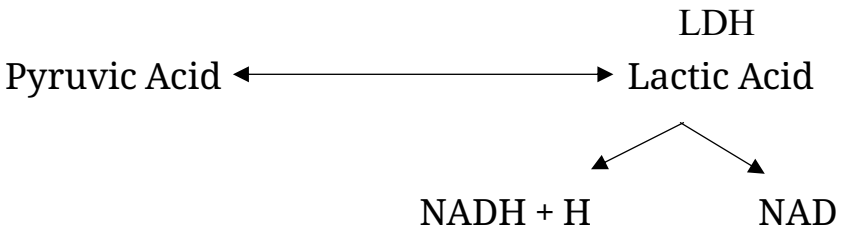
وعلى هذا يمكن القول ان الطريق اللاهوائي في اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين يطغي على الطريق الهوائي في التمارين العنيفة القصيرة اي التي تستمر لمدة قصيرة، وخاصة في بداية الشغل حيث تتم اعادة بناء فوسفات الادنوسين على حساب فوسفات كرياتين اولا ومن ثم عن طريق التحلل الكلايكولي، والتحلل الكلايكولي يعوض بمرور الزمن بعمليات اكسدة هوائية مصحوبة بالفسفرة، اذن يتوقف هذه العملية على شدة العمل وفترة دوامه.

الفصل الثالث

حامض اللبنيك: Lactic Acid (LA):

يعد حامض اللبنيك الناتج العرضي من عملية تحلل السكر لاهوائياً فعندما يكون الأوكسجين غير كاف لإدامة عمل الخلية فسوف يحدث تكسر في الكلايكوجين والكلوكوز الى حامض البايروفيك (Pyruvic Acid) ثم الى حامض اللبنيك (Lactic Acid) في غياب الأوكسجين.

وهذه العملية تسمى بالجلكزة اللاهوائي للكلوكوز (سكر الدم) الذي يصل الى العضلات عن طريق الدم، أو يأتيها عن طريق الكلايكوجين المخزون بالعضلة). إن موقع هذه العمليات (تحلل السكر اللاهوائي) هو السايتوبلازم والغاية منه تحويل السكريات الاحادية الى حامض البايروفيك وانتاج مركب الادينوسين ثلاثي الفوسفات (Adinosine Triphosphate - ATP) الغني بالطاقة، حيث تتولد جزيئتان من (ATP) في تحويل الكلوكوز الى حامض البايروفيك الذي يختزل بواسطة المركب (NADH) وانزيم (Lactate Dehydrogenase – LDH) ويتحول الى حامض اللبنيك وكما هو موضح في المعادلة التالية:



وتتم هذه التحولات من خلال سلسلة تتكون من (12) تفاعلاً كيميائياً ولكل من هذه التفاعلات انزيمة الخاص اكشفها العالمان الالمانيان (جوستاف ايمبدن و اوتو مايرهوف) خلال الثلاثينات من القرن العشرين. ويرجع سبب توقف هذه التفاعلات عن حامض اللبنيك الى زيادة تراكم حامض اللبنيك في العضلة التي تؤدي الى انخفاض درجة (PH) الدم داخل الخلايا العضلية ومن ثم الى تثبيط انزيم فوسفو فركتو كاينيز (PFK) وهو انزيم مسؤول عن تفاعلات الجلكزة اللاهوائية، ويجب التفرقة بين تركيب كل من حامض اللبنيك واللاكتات، حيث ان اللاكتات هو ناتج حامض اللبنيك بعد تخلصه من الهيدروجين واتحاد الباقي مع الصوديوم او البوتاسيوم لتكوين ملح. ويلخص هذه العملية كل من (حشمت وجلبـي) بقولهم: إن تحلل السكر ينتج لاكتات وايون الهيدروجين، وإن ايون الهيدروجين هو المسبب لحموضة الدم في العضلات وليس اللاكتات وهذه الحموضة تؤدي لايقاف وظيفة العضلات، فمع زيادة تركيز ايونات الهيدروجين تزداد حموضة الدم والعضلات وهذه الحموضة تخفض نشاط الانزيمات ومن ثم تحلل السكر. هذا وعلى الرغم من "اعتبار حامض اللبنيك هو الصورة النهائية لاستهلاك الكلايكوجين اللاهوائي"، إلا أن المعدل الطبيعي لتركيز حامض اللبنيك في الدم يتراوح مابين (10-20 ملغم/ 100 مللتر دم) أثناء الراحة. ان "نسبة تراكم حامض اللبنيك في الدم يقرب من (5-15 ملغم/ 100 مللتر دم) أثناء الراحة ودون القيام بأي جهد". وأن "في حالة الراحة لاتزيد نسبة حامض اللبنيك على (10 ملغم/ 100 مللتر دم) إلا أن هذه النسبة تزداد عند أداء الأنشطة

الرياضية ذات الشدة العالية. وأن "الكمية الطبيعية لحامض اللبنيك في الدم هي (10 ملغم/ 100 مللتر دم)".

ويـجدر بالذكر أن سبب الزيادة في انتاج حامض اللبنيك في العضلات العاملة هو "بطء عمليات انتاج الطاقة الهوائية وعدم كفاية توصيل الأوكسجين الى العضلات العاملة بالقدر الذي تتطلبه وبذلك تقوم هذه العضلات باستهلاك الكلايكوجين من دون وجود الأوكسجين ". و هناك ثلاثة عوامل تتوقف عليها كمية اللاكتات التي تنتجها العضلة وهي:

- شدة الحمل البدني
- حجم الحمل البدني
- حجم العضلات العاملة

فضلاً عن ذلك فإن نسبة تركيز حامض اللبنيك في الدم تقع تحت تأثير عاملين: أولهما هو معدل انتاج حامض اللبنيك في العضلات نتيجة التمثيل الغذائي اللاهوائي للكلايكوجين، وثانيهما هو معدل التخلص من حامض اللبنيك الزائد في الدم.

استخدام حامض اللاكتيك كمصدر للطاقة:

ينتج حامض اللاكتيك بواسط العضلات الارادية أثناء قيام الفرد بالفعل العضلي اللاهوائي وتتحول نسبة كبيرة من حامض اللاكتيك الالبيروفات (Pyruvate) التي تتكسر الى ثاني أوكسيد الكربون والـماء بواسطة الميتوكوندريا، وعندما تزداد نسبة حامض اللاكتيك في العضلات تخرج الى الدم الذي يحملها بدوره الى الكبد،

والكبد بدوره يقوم بتحويل اللاكتات الى بيروفات عن طريق عمليات كيميائية متصلة تنهى بتمويل البيروفات الى جلوكوز يذهب الى الدم ثم يصل الى العضلات لاستخدامه في انتاج الطاقة وذلك من خلال عمليات مجلكزة أو يخزن على صورة جلايكوجين أو يظل كمخازن للطاقة في العضلات وتعرف بدورة كوري (Cori Cycle) ما بين العضلات والكبد.

وتشيرالكثير من المصادر الفسيولوجية الى أن هناك نسبة من حامض اللاكتيك موجودة في الدم أثناء الراحة على الرغم من عدم القيام بأي جهد بدني وتباينت هذه المصادر في وضع رقم ثابت لهذه النسبة، كما اتفقت على أن هذه النسبة تزداد أثناء القيام بجهد بدني عن ما كانت عليه أثناء الراحة، إذ إن نسبة مستوى حامض اللبنيك ترتفع بشكل ملحوظ خلال القيام بجهد بدني ولا سيما المرتفع الشدة، اذ يتجمع في العضلات مما يسبب التعب ثم ينتقل بعد مضي مدة زمنية وخلال فترة الاستفتاء الى الدم اذ يتركز فيه ثم يزول ويرجع الى ماكان عليه قبل التمرين في مدة مابين (30-90) دقيقة او (25-50) دقيقة، ويرتبط تجمع اللاكتات في الدم بشدة التمرين وفترة دوامه، وكذلك بنسبة الحد الاقصى لاستهلاك الأوكسجين.

بداية تراكم حامض اللاكتيك في الدم:

تباينت المصادر في المدة الزمنية المناسبة التي يتم فيها سحب الدم سواء أكان الوريدي أم الشرياني لغرضراختباره ومعرفة نسبة تركيز حامض اللبنيك، ان هذا يعتمد اصلاً على المدة الزمنية

التي ينتقل فيها الحامض من تراكمه في العضلات الى الدم خلال مدة الاستشفاء، فمنهم من يذكر بأن المدة يجب أن تكون طويلة لاعطاء فرصة لانتقاله ومنهم من يذكر بأخذ مباشرة بعد المجهود، ولكن الأغلبية اتفقت على اعطاء مدة زمنية لغرض اعطاء فرصة للحامض حتى ينتقل ويتركز في الدم بدلاً من العضلات، وحينما يتوقف التمرين الشديد يستمر حامض اللبنيك في الانتشار من العضلات الى الدم لبعض الوقت من (2-8) دقيقة، عقب التمرين العنيف مباشرة وفي أثناء هذه المدة يبقى مستوى حامض للبنيك العالي في الدم بدون تغير ثم يبدأ بالهبوط حتى يصل الى مستوى قبل التمرين في مدة (30-90) دقيقة، وذلك طبقاً لشدة التمرين.

إزالة حامض اللبنيك:

اعتقد العلماء خلال السنوات الأخيرة أن حامض اللبنيك لايمكن التخلص منه أثناء التمرين، وأن انتاجه يتوقف في الألياف العضلية حتى يتم استكمال التمرين، ثم بعد ذلك ينشر خارج هذه الألياف، ويدخل الدم الذي يحمله للتخلص منه، ولكن خلال السنوات الاخيرة أكدت الدراسات العلمية ان حامض اللبنيك يمكن ان ينتقل من الألياف العضلية بينما يكون التمرين الرياضي مستمراً.

وأدخل جورج بروكس نظرية حديثة عن الانتقال المكوكي للاكتات، حيث ينتقل اللاكتات بين الخلايا العضلية لإمداد خلايا عضلية أخرى بالطاقة، ويذكر أن اللاكتات المنتجة بواسطة الألياف البيضاء السريعة، تنتقل للالياف المجاورة الحمراء البطيئة،

لاستخدامه في إنتاج الطاقة، وهذا ما أكده بروكس أن الألياف الحمراء البطيئة تمتلك قدرة أكبر من الألياف البيضاء السريعة في استخدام حامض اللاكتيك بوصفها وقودا. وأن الألياف العضلية البطيئة لديها المزيد من الميتوكوندريا والمزيد من الشعيرات الدموية المحيطة حولها، لذا فإنها تستطيع ان تستخدم المزيد من الأوكسجين الذي يمكن استهلاكه. ومن ناحية أخرى، فإن الألياف العضلية السريعة تمتلك ميتوكوندريا أقل وشعيرات دموية اقل، ونتيجة لذلك، فإنها تستهلك أوكسجين أقل وينتج المزيد من حامض اللبنيك بالمقارنة بالألياف العضلية البطيئة عن أي شدة تمرين.

وعند توقف التمارين العنيفة فإن استمرار ارتشاح حامض اللبنيك من العضلات الى الدم يأخذ بعض الوقت، وقد يصل هذا الوقت مابين (2-8) دقيقة بعد التمرين مباشرة. وخلال هذه الفترة فان مستو حامض اللبنيك في الدم لا يتغير وبعدها يبدأ بالزوال الى ان يصل الى مستواه قبل التمرين لفترة تتراوح مابين (30-90) دقيقة ويعتمد ذلك على شدة التمرين.

وتتم إزالة حامض اللبنيك بطريقتين: أما إن جزءاً من حامض اللبنيك يعاد تحويله الى حامض البيروفك ومن ثم يستقلب بالتأكسد في كل أنسجة الجسم أو إعادة تحويل حامض اللبنيك المتبقي الى كلوكوز في الكبد بصورة رئيسة، ويستعمل الكلوكوز بدوره لتعزيز مخزون اللايكوجين في العضلات. وعلى الرغم من ذلك، فإن الكبد ليس هو المكان المطلق أو الرئيس لتنقية لاكتات الدم أثناء أو بعد

التمرين. إذ "ان عضلة القلب تستخدم اللاكتات باعتبارها مادة أساسية في تغذيتها، وتقوم بذلك في فترة الراحة وأثناء التمرينات". وهناك علاقة طردية بين استهلاك الأوكسجين والتخلص من حامض اللبنيك حيث أن التخلص من حامض اللبنيك يزداد في الدم كلما ارتفع نشاط واستهلاك الأوكسجين. فضلا عن ذلك فإن القلب يسهم في التخلص من حامض اللبنيك عن طريق عضلة القلب لاستخدامه في انتاج الطاقة حيث أن القلب يستمد الطاقة بصورة رئيسة من الاستقلاب المؤكسد للاحماض الدهنية ولدرجة أقل من المواد المغذية الأخرى خاصة اللاكتات والكلوكوز. وإن الرياضيين اصحاب القلوب كبيرة الحجم تكون فرصتهم أفضل في إزالة حامض اللبنيك من الدم نتيجة قيام الألياف العضلية في القلب باستهلاك هذا الحامض وبهذا يقل مستوى تركيزه في الدم.

التأثيرات السلبية لتجمع حامض اللبنيك:

إن أهم التأثيرات السلبية لتجمع حامض اللبنيك على العضلات والدم ومستوى الانجاز نتيجة لتراكمه يمكن تلخيصها بما يأتي:

1- ان تجمع حامض اللبنيك وتراكمه في الألياف العضلية يكون في مناطق الاتصال العضلي العصبي، مما يؤدي الى اعاقة وصول الاشارات العصبية وعدم وصولها الى داخل الألياف العضلية بشكل انسيابي وهذا يقلل من امكانية التقلص والانبساط السريع للعضلات، وبالتالي يهبط المستوى وتقل قدرة على الأداء.

2- إن تراكم حامض اللبنيك في عضلات يؤدي الى زيادة او مضاعفة الضغط التناضحي للخلايا العضلية، فيسبب في انتفاخها فتضغط الخلايا المنتفخة على نهايات الأعصاب الحسية فتسبب ظهور الالم في العضلات، وقد يستمر هذا الالم في العضلات لأيام متعددة وعلى الخصوص عند اللاعبين غير المتدربين جيداً على نظام حامض اللبنيك.

3- إن تراكم حامض اللبنيك في الدم يؤدي الى زيادة حموضة الدم وهذا يعني حدوث تغيير في التوازن الحامضي القلوي (الأسس الهيدروجيني PH) الدم. فعندما يكون الدم حامضياً بدرجة كبيرة فإن خصائص البروتينات في الدم سوف تتغير، وبما أن الانزيمات وبعض الهرمونات التي في الدم بروتينية، لذا فإن خصائص الانزيمات والهرمونات سوف تتغير ايضاً تبعا لذلك، وهذا يشكل خطورة على حياة الرياضي، وعلى الخصوص الرياضيين غير المتدربين جيدا على مثل هكذا ظروف (نقص الأوكسجين في الخلايا العضلية).

حمض اللاكتيك والتدريب الرياضي Lactic Acid and Exercise Training:

في السنوات الاخيرة تشير المراجع الفسيولوجية والتدريبية الى الاهتمام الكبير بحامض اللاكتيك حيث يؤشر كمقياس لمعرفة شدة الحمل البدني والتغيرات الكيمائية التي تحدث داخل الدم والنسيج العضلي وعلاقتها بالتعب الذي يرافق شدة التدريب وعلى الرغم من صعوبة قياس هذا المؤشر ميدانيا الا ان له فائدة اثبتت علميا افضل من بقية مؤشرات التي كانت يعد مقياسا لمعرفة حمل

التدريب اذ ان هذا المؤشر له علاقة ببقية المؤشرات مثل استهلاك الحد الاقصى للاوكسجين VO2 max ومعدل ضربات القلب ونوع الغذاء التعب العضلي. وهذه المؤشرات لها اهمية وعلاقة بالتدريب الرياضي ويشر (ابو العلا) ان في الفترة الاخيرة ازداد الاعتماد على تركيز حامض اللاكتيك لتحديد شدة الحمل الفسيولوجي وكذلك الحد الاقصى لاستهلاك الاوكسجين ويعد مستوى تركيز حامض اللاكتيك في الدم من افضل المؤشرات في مسابقات الجري خصوصا 200-1500م.

يؤدي التدريب البدني المرتفع الشدة الى تعويد الرياضي على تحمل تركيز عال من حمض اللاكتيك ، وبالتالي زيادة قدرته على التخلص منه ، ويتميز الرياضيون الذين يمارسون هذا النوع من التدريب العنيف الذي لا يدوم لفترة طويلة كرياضيو المسافات المتوسطة ورياضيو التجديف بقدرتهم على انتاج كميات عالية من حمض اللاكتيك ، وكذلك بإمكانيتهم على تحمل تركيز عال منه ، حيث يصل تركيزه لديهم الى 18 مليمول/لتر او اكثر اثناء الجهد البدني العنيف. من المعتاد ان نعتبر ان تركيز حمض اللاكتيك في الدم عاليا او بلغ الحد الأقصى اذا قارب 12 مليمول/لتر ، كما ان تركيز من 2-3 مليمول/لتر يعد منخفضا ومؤشرا على ان الجهد المبذول دون مستوى العتبة اللاهوائية. عند استخدام تركيز حمض اللاكتيك في الدم كوسيلة لمراقبة شدة التدريب البدني او التعرف على مدى التحسن الذي حدث نتيجة البرنامج التدريبي ، ينغي الحذر من المقارنة بين حالتين في ظروف مختلفة (كاختلاف درجة الحرارة الخارجية او

تغير في التغذية الكربوهيدراتية او ما شابه ذلك). ان استخدام تركيز اللاكتيك في الدم لمراقبة التحسن من جراء التدريب البدني هو اجراء فعال ومهم على المدى الطويل (اي اخذ عينات من الدم وقياس تركيز اللاكتيك في ظروف مشابهة ولفترات متعددة). من الاجراءات المتبعة معمليا للعدائين مثلا قياس تركيز اللاكتيك في الدم عند سرعات معينة على السير المتحرك ثم رسم العلاقة البيانية بين تركيز حمض اللاكتيك وسرعة الجري في حالتي قبل التدريب وبعد التدريب ، ثم ملاحظة التحسن الناجم من التدريب البدني على ايض حمض اللاكتيك.

يلاحظ انه يؤدي التدريب البدني الى الى تأخير اللجوء الى استخدام الطاقة اللاهوائية (نتيجة تحسن العتبة اللاهوائية)، وبالتالي تأخير انتاج حمض اللاكتيك عند نفس الشدة السابقة من الجهد ، وكذلك تحسن قدرة الجسم على التخلص من حمض اللاكتيك، والتنيجة المتوقعة هي انخفاض تركيز حمض اللاكتيك عند السرعة نفسها بعد التدريب مقارنة بما قبل التدريب. عند قياس مستوى التحسن تبعا لتركيز محدد من حمض اللاكتيك (مثلا عند 4 مليمول/لتر) سنلاحظ ان ذلك الشخص اصبح بعد التدريب يتمكن من الجري عند سرعات اعلى مما كان عليه الحال قبل التدريب وذلك قبل الوصول الى تركيز 4 مليمول/لتر.

علاقة حامض اللاكتيك بضربات القلب:

يتكون حامض اللاكتيك نتيجة قيام الرياضي بجهد عال ويكون هناك نقص في كمية الاوكسجين التي كميته لاتسد حاجة الجهد ونتيجة لذلك تزداد معدل ضربات القلب لدفع كمية من الدم المحمل بالاوكسجين من العضلات العاملة لسد حاجاتها من الدم وتزويدها بالطاقة اللازمة لذلك هناك ترابط بين معدل القلب وتراكم وتركيز اكبر كميات حامض اللاكتيك إذ كلاهما يرتفعان تزامنا مع زيادة شدة الجهد المبذول وينخفض معدل التراكم وتركيز حامض اللاكتيك مع انخفاض شدة الجهد كذلك وتنخفض بمعدل ضربات القلب.

تزداد نسبة حامض اللاكتيك عندما يتم اداء التمرينات المكثفة والتي تكون كافية لان تسبب زيادة في معدل ضربات القلب فوق 120 ضربة في دقيقة، وان طول مسافة الجري تزيد من معدل ضربات القلب وبالتالي استجابة لاكتيك الدم، إذ بلغ أعلى معدل للقلب عند جري لمسافة 18كم وعندها كانت نسبة لاكتيك الدم 75% مليغرام

الفصل الرابع

الطاقة ووقت الراحة:

إن التغيرات التي تحدث في تحليل استهلاك الطاقة والتي تحصل في العضلة أو الأعضاء الأخرى ستتوقف عند فترة الاستراحة، حيث أن هذه الفترة تتميز بسيطرة عمليات الأكسدة وعمليات الفسفرة المصحوبة بالأكسدة، كما أن الحاجة للأكسجين في بداية فترة الاستراحة بعد قيام العضلات بجهد عنيف ستزداد بشكل واضح. الأسباب الرئيسية لزيادة العمليات الكيميائية المصحوبة في فترة الراحة إن كمية ثلاثي فوسفات الأدينوزين ستنخفض في خلايا العضلة وبعض الأنسجة والأعضاء الأخرى بعد التمارين العنيفة، وذلك بسبب تحلله إلى ثنائي فوسفات الأدينوزين وفوسفات وطاقة، كما ستزداد نسبة ثنائي وأحادي فوسفات الأدينوزين (Adenosine) وكمية الكرياتين الغير متحولة إلى فوسفات الكرياتين بنسبة ملحوظة. كما أن النقص الكبير في كمية ثلاثي فوسفات الأدينوزين يتطلب وجود كمية كبيرة من الأكسجين من أجل العمل على تعويضه، وهذا الأكسجين يمكن الحصول عليه عن طريق أجهزة التنفس، ويستعمل لغرض العمليات أو التفاعلات التي تؤدي إلى تعويض النقص في كمية ثلاثي فوسفات الأدينوزين. كما أنه في الفترة التي تعقب أدل العمل البدني العنيف مباشرة يكون الدم يحتوي على مواد غير تامة للاحتراق مثل حامض اللبنيك، وكل هذه المواد تكون متهيئة للاحتراق عند أخذ الأكسجين في فترة الاستراحة التي تتبع العمل العنيف، وهذا الاحتراق يتولد عنه طاقة يخدم جزء منها عملية الفسفرة وتكوين

مركبات فوسفاتية غنية بالطاقة، والتي يجب أن تكون مستعدة لإعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين. كما تزداد سرعة هذه العمليات في فترة الاستراحة؛ وذلك حتى تسيطر على العمليات البيو كيميائية التي كانت سائدة قبل إجراء النشاط العنيف، ففي التمارين التي تستمر لمدة طويلة مثل التزحلق على الجليد لمسافات طويلة أكثر من 50 كم أو سباق الدراجات لمسافات طويلة، سوف يحتاج الجسم إلى فترة راحة طويلة؛ لكي تعود الحالة البيو كيميائية للأعضاء إلى ما كانت عليه من قبل التمرين، كما تزاد الحاجة إلى الأكسجين عن الحد الاعتيادي لمدة يومين بعد انتهاء التمرين. وأما الفترة الزمنية اللازمة لعودة نفس الكمية من المواد والمركبات المختلفة إلى ما كانت عليه قبل التمرين فتختلف، فهي في العضلات مثلاً تجري أولاً إعادة بناء فوسفات الكرياتين ثن الجليكوجين وأخيراً البروتين، وأما استعادة المستوى الطبيعي لثلاثي فوسفات الأدينوزين في العضلة فسيكون في نهاية كل العمليات السابقة؛ لأنه يشارك دائماً في إعادة بناء المواد السابقة، ولذلك فهناك حاجة مستمرة لإعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين في فترة الراحة. كما أن إعادة بناء المواد السابقة في فترة الاستراحة بعد أداء نشاط بدني عنيف لمدة 15 دقيقة تكون كما يأتي: 30- 40 دقيقة تلزم لاستعادة نفس الكمية من فوسفات الكرياتين التي كانت موجودة قبل العمل على أداء العمل، وساعة واحدة لإعادة بناء الجليكوجين وست ساعات لاسترجاع البروتين، وكل عمليات إعادة البناء هذه تتم بمشاركة ثلاثي فوسفات الأدينوزين ولهذا فاستعادة الكمية الطبيعية له في العضلة ستكون متأخرة. إن العمليات

البيو كيميائية لا تجري بوقت واحد في الأعضاء المختلفة، ففي عضلة القلب يجري بناء الجليكوجين ويستعيد نسبته الطبيعية بعد استعادة المخ، أي تجري عملية استعادة كمية الجليكوجين الطبيعية في المخ قبل عضلة القلب، وبعد ذلك في العضلات وأخيراً في الكبد. إن إعادة بناء الجليكوجين في المخ والعضلات والقلب يمكن أن يتم على حساب الاحتياطي من الكربوهيدرات الموجودة في الأعضاء أو من الجلوكوز في الدم، حيث سوف يستعمل لإعادة بناء الجليكوجين المخ والقلب والعضلات، وكذلك جزئياً من حامض اللبنيك المتكون أثناء أداء الشغل أو من الكربوهيدرات المعاد توزيعها على الأعضاء، وفي الحالة الأخيرة سيجري تحلل الجليكوجين المتجمع في الكبد حتى في فترة الاستراحة، والجلوكوز المتجمع في الدم سيستعمل في إعادة بناء جليكوجين المخ والقلب والعضلات. وأما بالنسبة للرجوع إلى المستوى الطبيعي من الجليكوجين في الكبد فيتم بصورة رئيسية عن طريق تناول المواد الغذائية وخاصة الكربوهيدرات.

طرق بناء وتجديد بروتين وأنسجة العضلات المختلفة أثناء الرياضة:

إن ثلاثي فوسفات الأدينوزين (Adenosine) هو ليس فقط مصدراً للطاقة الضرورية للعمليات الفسيولوجية المختلفة، كتقلص وتمدد العضلات أو نقل وإيصال الإثارات والنبضات العصبية، وإنما يساهم أيضاً بعمليات تجديد وبناء بروتين الأنسجة وكذلك بعمليات بيولوجية أخرى، وبين هذين الوجهين لهذه النشاطات الحيوية تمويل الطاقة للأفعال الفسيولوجية وتمويل الطاقة لعمليات

الأيض والبناء والتجديد، يوجد هنالك تنافس مستمر، فتقوية أي عملية يؤدي إلى زيادة في تحلل فوسفات الأدينوزين.

ومن المعروف أن هناك تحديداً مستمراً للبروتين في العضلات، وفي أنسجة الأعضاء المختلفة بسبب نمو هذه الأعضاء أو بسبب الهدم الذي يحصل للبروتين عند ممارسة النشاطات المختلفة، كما أن هناك توازناً بين عمليات هدم البروتين وإعادة بنائه بحيث يبقى مستواه ثابت في الأنسجة المختلفة، كما يكون نشاط العضلة مصحوباً عادة بنقصان نسبي في كمية ثلاثي فوسفات الأدينوزين، وعلى هذا فعند النشاط العضلي سيحصل تباطؤ في عملية تجديد البروتين، وبالتالي اختلال في التوازن بين عملية هدم البروتين وإعادة بنائه.

كما أن هذا الاختلال يكون واضحاً عند العمل على إجراء التمارين العنيفة الشديدة والتمارين متوسطة العنف والشدة، ففي هذه التمارين مثل ركض 100 متر يطغى الطريق اللاهوائي في إعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين، وهو طريق فقير كما هو معروف، وأما أداء التمارين المعتدلة فتسود عملية الأكسدة المصحوبة بالفسفرة، وبالتالي فإعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين سيكون أكبر مما في حالة التمارين السابقة، كما أن كمية البروتين ستنخفض في العضلة عند إجراء التمارين العنيفة أكثر مما تنخفض عند إجراء التمارين المعتدلة.

كما أنه عند أداء الرياضة العنيفة سيزداد هدم البروتين، كما أن قسماً من نواتج الهدم هذه سوف تذهب إلى الدم، كما أن من أهم

الصفات الملازمة للتمارين العنيفة هو زيادة نسبة الأمونيا في العضلة، ويستطيع الجسم التخلص من الأمونيا، كما أنه في حالة كان الجهد معتدلاً حيث تتم إعادة بناء ثلاثي فوسفات ثلاثي الأدينوزين على حساب عمليات الأكسدة المصحوبة بالفسفرة، فستكون عمليات التخلص من الأمونيا قوية وسريعة نسبياً. ولذلك يكون هناك تناقص في كمية الأمونيا في الدم والأنسجة أثناء العمل على أداء التمارين نتيجة للتكيف الرياضي، كما أن نقص ثلاثي فوسفات الأدينوزين عند إجراء التمارين العنيفة والشبه عنيفة، سيؤدي إلى ضعف عمليات بيولوجية متعددة، وخاصة عمليات بناء الأستيل كولين في الأعصاب الحركية، كما أن هذا النقص سيؤثر بصورة سلبية في عملية نقل النبضات والإثارة العصبية إلى العضلة.

كما يتطلب التعافي من التمرينات الشاقة الطويلة تجديد مخزون الوقود المستنفد وإصلاح الأنسجة التالفة والبدء في تعديلات التدريب، ومن الأمور الحاسمة لهذه العمليات نوع وكمية وتوقيت تناول المغذيات، ويعتبر الجليكوجين العضلي وقودًا أساسيًا للتمارين الرياضية المكثفة، سواء كانت التمارين ذات طبيعة هوائية أو لا هوائية، ويعتبر تخزين الجليكوجين عملية بطيئة نسبيًا وبالتالي تتطلب استعادة الجليكوجين العضلي اعتبارات خاصة عندما يكون هناك وقت محدود بين جلسات التدريب أو المنافسة. ولتعظيم معدل تخزين الجليكوجين في العضلات من المهم تناول مكمل الكربوهيدرات فورًا بعد التمرين، والاستمرار في تناول المكملات على فترات متكررة واستهلاك ما يقرب من 1.2 جرام من الكربوهيدرات،

ويمكن تحقيق أقصى قدر من الجليكوجين بمكملات أقل تواترًا وأقل كربوهيدرات مع إضافة البروتين إلى مكمل الكربوهيدرات، وسيؤدي ذلك أيضًا إلى تعزيز تخليق البروتين وتقليل تدهور البروتين، وبالتالي الحصول على فائدة إضافية تتمثل في تحفيز إصلاح الأنسجة العضلية والتكيف معها.

كما أن التعافي من التمرين عملية معقدة تتطلب تجديد مخزون الوقود في الجسم وإصلاح الأنسجة العضلية التالفة والبدء في التكيفات التدريبية، ولكي يحدث هذا التحول بكفاءة وفعالية لا يتطلب فقط استهلاك العناصر الغذائية المناسبة، ولكن أيضًا أن يتم استهلاكها في الوقت المناسب، كما أن المصدر الرئيسي للوقود الذي تستخدمه عضلات الهيكل العظمي أثناء التمارين الهوائية الطويلة ذات الطبيعة الشاقة هو الجليكوجين العضلي، ولا يمكن المبالغة في أهمية الجليكوجين العضلي كمصدر للوقود بشكل عام.كما أن التحمل الهوائي يرتبط ارتباطًا مباشرًا بمخزون الجليكوجين العضلي الأولي، ولا يمكن الحفاظ على التمرينات الشاقة بمجرد استنفاد هذه المخزونات، وأن الشعور بالتعب أثناء التمرين المكثف لفترات طويلة يوازي الانخفاض في الجليكوجين العضلي، ونظرًا لأهمية الجليكوجين العضلي في الحفاظ على التمرينات المكثفة لفترات طويلة، وبغض النظر عن انخفاض مخزون الجليكوجين في العضلات، فإن التمارين الشاقة ستؤدي إلى تلف أنسجة العضلات، ويرجع هذا الضرر جزئيًا إلى الإجهاد البدني الواقع على العضلات.

كما أن تلف العضلات لا يحدث فقط أثناء التمرين، بل يمكن أن يستمر بعد التمرين لعدة ساعات، ويحدث هذا نتيجة لتمرين طويل في الوسط الهرموني، ولن يؤدي تلف الأنسجة هذا فقط إلى الحد من الأداء بسبب تأخر ظهور وجع العضلات، ولكنه سيؤثر أيضًا على تجديد الجليكوجين العضلي ويحد من تكيفات تدريب العضلات، كما تتطلب الطبيعة التنافسية للرياضات أن يتدرب العديد من الرياضيين ويتدربون عدة مرات في اليوم. قد يُطلب من العديد من الرياضيين التنافس في عدة مسابقات مختلفة خلال الأيام اللاحقة أو حتى في نفس اليوم، كما يستفيد الرياضيون من الاستعادة السريعة لمخازن الجليكوجين في العضلات، وستؤثر العديد من العوامل على معدل تخزين الجليكوجين في العضلات بعد التمرين، وتشمل هذه توقيت استهلاك الكربوهيدرات وكمية ووتيرة استهلاك الكربوهيدرات وإضافة البروتين إلى مكمل الكربوهيدرات، كما أن تخزين الجليكوجين في العضلات يكون أسرع إذا تم استهلاك الكربوهيدرات فورًا بعد التمرين بدلاً من الانتظار عدة ساعات عندما يتم استهلاك الكربوهيدرات مباشرة بعد التمرين.

كما أنه مع مرور الوقت تنخفض زيادة حساسية الأنسولين وتركيز ناقل الجلوكوز الغشائي مما يؤدي إلى معدل أبطأ لامتصاص الجلوكوز في العضلات وتخزين الجليكوجين، كما أنه بعد التمرين الذي يستنفد مخزون الكربوهيدرات في الجسم تكون هناك زيادة قليلة في الجليكوجين في العضلات حتى يتم توفير الكربوهيدرات الكافية، ولذلك فإن تناول الكربوهيدرات في وقت مبكر بعد التمرين

الشاق ضروري لأنه يوفر مصدرًا مباشرًا للركيزة للعضلة مع الاستفادة أيضًا من حساسية الأنسولين المتزايدة ونفاذية الغشاء للجلوكوز. كما أن أحد العوامل الغذائية المهمة التي تؤثر على تجديد الجليكوجين في العضلات هو كمية الكربوهيدرات المستهلكة، وعندما يتم توفيره فورًا بعد التمرين سينخفض معدل تخزين الجليكوجين مع انخفاض توافر الجلوكوز.

الفصل الخامس

التغيرات التي تحصل في العضلة:

التغيرات الكيميائية التي تحدث في العضلة نتيجة التدريب:

تشير المعلومات الحديثة الى ان هناك علاقة لنشاط الجهاز العصبي المركزي بالتغيرات الكيميائية التي تحصل في الاعضاء. والعكس صحيح ايضا حيث ان كل عمل يؤديه عضو من الاعضاء يؤثر على ميكانيزم الانعكاسات ويعمل كمحفز يقوي الانعكاسات الميكانيكية للجهاز العصبي على ذلك العضو. حيث ان النشاط العضلي مثلا يحفز الجهاز العصبي المركزي لاعطاء الاوامر بزيادة عملية الشهيق وهكذا. وان اهم التغيرات الكيمائية التي تحصل في العضلة تحت تاثير التدريبات الرياضية يمكن اجمالها بما يلي:

1- ان النشاط العضلي يحتاج الى طاقة. ولهذا فكل نشاط عضلي يكون مصحوبا بتحلل ثلاثي فوسفات الادنوزين وتحول الطاقة الكيمائية الناتجة عو ذلك الى طاقة ميكانيكية تخدم تقلص وتمدد العضلات.
2- لغرض اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين تستهلك مواد مختلفة موجودة اصلا في العضلة لهذا الغرض وبصورة كبيرة، كامثلة على هذه المواد التي تستهلك هو فوسفات كرياتين، والكلايكوجين واللبيدات. اما في الكبد فيحصل تحلل للكلايكوجين حيث يتكون الكلوكوز الذي يذهب بدوره الى الدم ويوزع الى العضلات النشطة والقلب والمخ. كذلك سيحصل ايض للشحوم في الكبد وتأكسد للحوامض الشحمية. كما تتجمع نواتج الايض من حامض لبنيك

وفسفور واجسام كيتوتية وحامض كاربونيك ومواد اخراي في اعضاء الجسم. وان قسم من هذه المواد يضيع في الاعضاء والقسم الاخر يستخدم كمواد اولية لاعادة البناء.

3- يرافق نشاط العضلة سلسلة من التفلاعلات التي تساهم فيها الانزيمات، كعوامل مساعدة مساهمة نشطة وفعالة، وبهذا تزداد فعالية عملية انزيمات الـ ATP ase والفوسفوريليز والهكسوكينيز والليز وغيرها. وكذلك تزداد عملية تحلل الكلوكوز وعمليات الهد التأكسدية.

4- عند الاجهاد الشديد من الممكن ان تنعكس الصورة السابقة وتتراجع فعالية كثير من الانزيمات، هذه تعود مرة اخرى بعد فترة الاستراحة، وربما تعود بشكل اكبر مما كانت عليه في الاصل وقبل أداء العمل كما سترى ذلك فيما بعد.

5- ان تجمع حامض اللبنيك (اللاكتيك) في العضلة يؤدي الى زيادة استهلاك الاوكسجين "وبالتالي زيادة شدة العمليات التنفسية" من قبل الانسجة لغرض حرق حامض اللبنيك (اللاكتيك). بعد حرق حامض اللبنيك يعود مستوى الاوكسجين في ذلك النسيج الى مستواه الاصلي. كما ان هنالك تجارب تثبت ان كمية الاوكسجين التي يحتاجها النسيج تتأثر قبل كل شيء بتواتج تحلل فوسفات الكرياتين وثلاثي فوسفات الادنوسين. كما انه (اي كمية الاوكسجين) تعتمد على وجود المركبات التي لها قابلية على أخذ مجموعة الفوسفات الغنية بالطاقة (ويسمى المركب المستقبل accepter). حيث ان حاجة النسيج للاوكسجين تزداد كمية ثنائي واحادي فوسفات الادنوسين

(ADP AMP) والكرياتين الغير فوسفاتي. وهذه المركبات تستطيع اخذ مجاميع الفوسفات وبناء مركبات فوسفاتية غينة بالطاقة.

6- إن اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين وفوسفات الكرياتين والكلايكوجين يمكن ان يجري اثناء اداء الشغل. ولكن وبسبب الهدم الشديد لهذه المواد اثناء أداء الشغل او ممارسة التمارين الرياضة العنيفة والشبة عنيفة، فستبقي كميتها واطئة طيلة فترة التمرين.

7- في فترة الاستراحة بعد جراء التمرين تظهر حالة جديدة، حيث تتوقف عمليات التحلل الشديدة لمصادر الطاقة وتحصل عملية اعادة بناء لها تتخطى حالة التوازن، اي اعادة بناء تكون ليس فقط للكمية التي استهلكت اثناء اداء التمرين وانما تزيد عليها.

هذه الحالة تسمى بـ(اعادة التعويض لحد فوق مستوى الاصلي، فوق التعويض over compensation)). حيث يصل اكثر من تعويض للمواد التي تحللت. اي يجري تعويضها وزيادة على ذلك عن طريق اعادة بناء.

قاعدة فوق التعويض:

وضعت هذه القاعدة من قبل فايكرت Weigert، وهي اعادة البناء لاتكو تعويضا للمواد التي استهلكت فقط بحيث تعود الى مستواها الاصلي الذي كانت عليه قبل اجراء التمرين، انما تعود لحد فوق المستوى الاصلي.

وواضح من الشكل انه في فترة الاستراحة تستمر عملية بناء المواد المتهدمة حتى تصبح كميتها اكثر مما كانت قبل اداء الشغل.

وهذه هي الحالة فوق التعويض. هناك امثلة بايولوجية عديدة تؤكد هذه الحقيقة، وقد درست هذه الحالة في حقل الفسلجة من قبل العالم بافلوف Pawlow وفي حقل الكيميـاء الحيوية من قبل G. Emden ومن قبـل باكوفلـــف N. Jakowlevs . وكل التجارب التي اجريب لهذا الغرض اظهرت: ان شدة عمليات البناء تعتمد على شدة الهدم. وكلما كان استهلاك شديدا (ضمن حدود معينة) كلما سارت علميات اعادة بناء بشكل اسرع، وكلما زادت سرعة الوصول الى حالة فوق التعويض.

نود ان نوكد هذه المعطيات تكون صحيحة ضمن حدود معينة ومعقولة. حيث اذا كانت شدة هدم هذه المواد عالية جدا بسبب مطاولة عالية وشغل عنيف فان اعادة البناء ستتأخر وستكون بطيئة كما ان الوصول الى حالة فوق التعويض ستتأخر هي كذلك.

هذا من ناحية ومن ناحية ثانية اذا حصل الوصول الى حالة فوق التعويض بشكل سريع فان الهبوط الى المستوى الاصلي سيكون سريع ايضاً. مثال على ذلك الكلايكوجين في العضلة، فلو استهلاك هذا الكلايكوجين اثناء اداء الشغل، ففي فترة الاستراحة اذا حصلت حالة فوق التعويض بسرعة، فستكون عودة الكلايكوجين اي هبوطه الى المستوى الاصلي سريعة ايضاً. اي ان كميته تبقى لفترة وجيزة فقط، اكبر من الكمية الاصلية قبل الشغل، ثم تعود الى المستوى الاصلي. اما اذا كان الوصول الى حالة فوق التعويض بطيئا فستبقى الكمية مرتفعة لمدة أطول.

فمثلا بعد شغل عنيف لفترة قصيرة، اي خلال الاستراحة تبدأ ارتفاع نسبة الكلايكوجين في عضلات الحيوانات وتصل الى اعلى من المستوى الاصلي، اي حالة فوق التعويض، بعد ساعة من الراحة، ثم تعود الى المستوى الاصلي، اي الى الكمية التي كانت موجودة اساسا قبل اداء الشغل، بعد اثني عشرة ساعة، اما اذا كان الشغل لفترة طويلة (مطاولة عالية) فالوصول الى حالة فوق التعويض يحتاج الى اثني عشرة ساعة وتبقى كمية الكلايكوجين اعلى من مستواها الاصلي في العضلة لمدة اكثر من ثلاثة ايام.

ان هذه الحقيقة هي الاساس البايوكيمياوي للتغيرات التي تحصل في الاعضاء نتيجة التدريب. حيث ان النشاط العضلي سيؤدي الى ارتفاع كفاءة عمليات الايض ونشاط الخمائر، واعادة بناء مصادر الطاقة التي استهلكت اثناء الشغل لحد اعلى من مستواها الاصلي (فوق التعويض). كما ان تكرار الشغل (التمرين) يؤدي الى زيادة في اعادة بناء بشكل واضح كما يؤدي الى زيادة في نشاط الانزيمات اكثر مما لو جرى لمرة واحدة. ان ظاهرة اعادة بناء لحد فوق التعويض لاتقتصر على اعادة بناء مصادر الطاقة فقط، انما تشمل بروتين العضلات ايضا. ان بروتين العضلة يستهلك الى حد معين اثناء اداء الشغل. ثم تعود عملية بنائه اثناء فترة الاستراحة، ويستغل لذلك الاحتياطي الموجود في الكبد ايضا حيث تجري له عملية ايض هناك وتمول به العضلة عن طريق الدم. ان التعويض سيكون اكثر من الكمية التي استهلكت عن اداء الشغل وهذا ما يفسر لنا كبر كتلة البروتين في العضلة وزيادة وزنها بسبب التدريب.

فضلاً عن ذلك، تجري في العضلة سلسلة اخرى من الغيرات التي لايمكن ملاحظتها واثبات حدوثها عند اداء التمرين او الشغل لمرة واحدة. ولكن عند تكرار التمرين بصورة منتظمة يمكن ملاحظة هذه التغيرات بوضوح. ففي العضلة ترتفع كمية المايوكلوبين (نتيجة التمرينات المنتظمة) الذي يستخدم كاحتياطي لنقل الاوكسجين، وكذلك تزداد كمية كثير من المواد العضوية والاملاح المعدنية التي تعمل كمنشطات لعمل الانزيمات مثل حامض الاسكوربيك (فيتامين) والكلوتاثيون والانسرين والكارنوسين. كما تزداد كمية المواد التي تستخدم لبناء المركبات الفوسفاتية الغنية بالطاقة مثل الكرياتين، وتزداد كمية مواد التي تعمل على زيادة خاصية البفر (Buffer) في الدم والاعضاء. خاصية البفر هي خاصية تنظيمية للحامضية والقاعدية والتي يمتلكها الدم بصورة خاصة، بحيث يبقي محافظا على حامضية ثابتة حتى لو زادت كمية الحوامض او القواعد التي تمر فيه.

المتغيرات الناسقية للاعضاء الداخلية والجهاز العصبـي:

ان التغيرات البايوكيميائية يمكن ملاحظتها ليس فقط في الجهاز العضلي وانما ايضا في عضلة القلب والكبد والمخ وغيرها. ففي الكبد تزداد عملية تحلل الكلايكوجين اثناء النشاط العضلي، الامر الذي يؤدي الى تكون الكلوكوز الذي يذهب الى الدم، ويوزع عن طريقه الى الاعضاء المختلفة.

ان استهلاك الكلايكوجين في الكبد يزداد، كلما ازدادت مطاولة الشغل تنخفض كميته بشكل ملحوظ، الامر الذي يؤدي الى انخفاض كمية كلوكوز في الدم ايضا. وتبعا لذلك فسيكون تمويل القلب والمخ بالكلوكوز فقيراً. ان هذه الحالة تبرز بوضوح عند ممارسة تمارين رياضة ذات مطاولة عالية مثل ماراثون والتزحلق لاكثر من (30 - 50 كلم) وسباق الدراجات الهوائية في الشوارع ....الخ.

كما ان ايض وتحلل الشحوم في الكبد سيزداد هو الاخر عند النشاط العضلي مما يؤدي الى زيادة كمية الفوسفوليبيدات واحتراق الحوامض الشحمية وتكون اجسام الكيتوتية. وهذه تذهب الى الدم ومنه الى الجهاز العضلي والقلب.

كما ان التمارين ذات المطاولة العالية تؤدي الى بناء اليوريا في الكبد، والتي تفرز خارج الجسم عن طريق الادرار والعرق. ان تكون اليوريا في مثل هذه التمارين (الماراثون مثلا) دليل على استهلاك المواد الحاوية على النيتروجين استهلاكا عاليا. وعلى اية حال ففي الاستراحة تجري عملية اعادة استرجاع المواد المستهلكة لحد فوق التعويض.

ان النشاط العضلي يؤدي ايضا الى نشاط عمل القلب الامر الذي يؤدي الى ارتفاع شدة عمليات الايض في عضلة القلب. ان مصدر الطاقة لضربات القلب (التمدد والتقلص) هو ثلاثي فوسفات الادنوسين ايضا. اي كما هو الحال في الجهاز العضلي. ولكن اعادة بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين في عضلة القلب يتم على الاغلب عن

طريق هوائي، اكسدة مصحوبة بفسفرة. كما ان عضلة القلب تحافظ دائماً على مستوى ثابت تقريباً من ثلاثي فوسفات الادنوسين حتى عند اداء الاعمال العنيفة.

اما المواد الاولية التي تستخدم في عملية بناء ثلاثي فوسفات الادنوسين في القلب فتجهز بواسطة الدم، مثل الكلوكوز والحوامض الشحمية والكيتونات وحامض اللبنيك. وفي القلب عكس الجهاز العضلي فهو دائماً يجهز بهذه المواد من الدم ولايجري العكس، فكمية الكلايكوجين الموجودة في عضلة القلب تكاد لا تتأثر ولا تستخدم عند النشاط العضلي، وان مستواه يبدأ بالانخفاض بعد ان تكون مطاولة جداً عالية والشغل عنيف او شبه عنيف لساعات طويلة. ان مما يساعد القلب في المحافظة على كمية الكلايكوجين هو تحفيز الانزيمات التي تساهم في عملية ايض الكاربوهيدرات بسبب نشاط العضلي، حيث ان تحفيز هذه الانزيمات يؤدى الى استغلال شديد للكلوكوز وحامض اللبنيك وارتفاع ملحوظ في كمية المايوكلوبين.

الفصل السادس

التكيف:

التكيف البدني يعبر عن المقدرة الرياضية التي وصل اليها اللاعب نتيجة لأثر من التدريب وحمل المباريات ولأثر الجهود التي تبذل بغرض الارتفاع بكفاءته البدنية واستعداداته لأداء الجهد المطلوب ليتمكن من الاشتراك في المنافسات بنجاح

ويعرف بانة

- هو الدور الذي تلعبه التمرينات البدنية في اعداد الجسم وتجهيزه لتحقيق المتطلبات البدنية للنشاط الرياضي الممارس
- هو التقدم الذي يحدث في مستوى انجاز الأعضاء والأجهزة الداخلية للجسم نتيجة أداء احمال داخلية وخارجية تتخطى مستوى عتبة الاثارة
- من الناحية البيولوجي فيقصد بالتكيف هو التغيرات الوظيفية والعضوية التي تحدث في جسم الكائن الحي نتيجة لمتطلبات (احمال) داخلية وخارجية حيث يعكس التكبف مدى صلاحية الأعضاء الداخلية لمواجهة المتطلبات

والتكيف يرفع من السعة الوظيفية المطلوبة للأحمال التدريبية الحارجية للاعب ويعتبر أداة ضبط دقيقة لحالة البيئة وعلى المدرب التعامل مع التكيفات الفسيولوجية والبيئية كعملية واحدة حيث ان التدريب وحده لا يرفع وضع الرياضيين في القوة والسرعة .... الخ

ولكن ايضاً بعض الرياضيين لديهم القدرة في الاجتهاد الكامل في التدريبات المرتبطة بنوع النشاط الرياضي الذي يمارسونه

أنواع التكيف :

1- التكيف الوظيفي : وهو التكيف الذي يحدث في الأجهزة الوظيفية والذي يؤدي الى تحسين كفاءة أدئها لوظائفها وهذه الأجهزة هي كل من الجهاز الدوري والتنفسي والعصبي والعضلي والغدد الصماء وكل من الجهاز الأخراجي والهضمي

2- التكيف المورفولوجي : وهو التكيف الذي يحدث في أحجام وأبعاد الأجهزة العضوية المشار اليها سلفاً.

العوامل المؤثرة في درجة التكيف:

- الأحمال التدريبية التي يؤديها اللاعب

- مرحلة النمو التي يمر بها اللاعب

اهم التكيفات (التغيرات) الحادثة في الأجهزة الوظيفية داخل جسم اللاعب والناتجة عن التدريب الرياضي :

1- تحسن في وظائف القلب والدورة الدموية والتنفس وحجم الدم المدفوع

2- تحسن كفاءة الاثار العصبية والعمل العضلي ولأربطة والعظام

3- تحسن النشاط الهرموني والانزيمي

4- زيادة مخزون انتاج الطاقة في الخلايا العضلية

مدركات خاطئة في مفهوم التكيف :

1- التدريب المكثف يؤدي الى تقدم المستوى سريعا
2- التكيفات الناتجة عن التدريب الرياضي تكون محصورة فقط بالعضلات

العلاقة بين الحمل والتكيف The relationship (between load and adaptation):

ان العلاقة بين الحمل والتكيف علاقة حتمية وأساسا جوهرية لحدوث تقدم في المستوى وتعتمد في المقام الأول على العلاقة بين مستوى الحمل وفترة الراحة ولذا يجب النظر اليهما على انهما وحدة واحدة يؤثر كل منهما على الاخر تأثيرا مباشرا وقد يؤدي هذا التأثير الى الارتفاع بالمستوى اذا كان مناسبا لمستوى الحالة التدريبية او على العكس انخفاض او إعاقة المستوى (ظاهرة الحمل الزائد) اذا تم تجاهلة

وتحدث عملية التكيف نتيجة للعلاقة السليمة بين فترات أداء الحمل وفترات الراحة فأذا ما أدى اللاعب بحمل مناسب فأن قدرته على الأداء تقل تدريجيا لاستهلاك القوة الوظيفية لأجهزة الجسم وهنا تكمن عملية التكيف حيث يتطلب الجسم فترة من الراحة لاستعادة المستهلك من الطاقة وعند تكرار نفس الحمل في فترة التعويض الزائد يتم نفس التأثير ومن ثم حدوث تكيف لأعضاء وأجهزة الجسم عند هذا المستوى من الحمل (توازن بين عمليات الهدم والبناء)

فأذا ما رغب المدرب من الارتقاء بالمستوى وحدوث مستوى تكيف اعلى فاعلية بالارتقاء بمستوى الأحمال الجديدة (عزم الحمل المؤثر) أي ان التكيف دائما يؤدي الى زحزحة مجال الأحمال الفعالة الى اعلى

علاقة التكيف بدرجات الحمل : والذي تحكمها ثلاثة قوانين أساسية في التدريب:

- الخصوصية :
- الحمل الزائد (Over Load) : وهو يعني ضرورة التدريب بالحمل العالي وليس الحمل الزائد
- قابلية القلب : وتعني درجة تقبل الجهاز القلبي لمعاودة التدريب وعموما يجب ان يضع المدرب في اعتباره كمية ونوع الحمل التدريبـي

بعض العوامل المؤثرة في عمليات التكيف:

التكيف مع التمارين الهوائية: زيادة الجهد المصاحب للتمارين الهوائية اليومية كالجري والسباحة تنتج عن التكيف مع المحفزات الخاصة بالتمرين بعض هذه التكيفات تحدث داخل العضلات كما تتضمن تغيرات في نظام الطاقة ويستمر حدوث التغيرات في الجهاز الدوري لتحسين دورة الدم الى داخل العضلات فيما يلي تلقي الضوء على التكيفات العضلية التي تحدث اثناء ممارسة التمارين (تكيفات القلب والجهاز التنفسي)

التغير في القدرة الهوائية: اكثر التغيرات ملاحظة بشأن التدريب الهوائي هو زيادة القدرة على أداء اقصى حد ممكن من التدريب الممتد وكذا زيادة الحد الأقصى للكفاءة الهوائية (VO2 max) مع ملاحظة انه بالرغم من ذلك توجد اختلافات فردية واسعة في درجة التحسن في كل من الحد الأقصى للتحمل والكفاءة الهوائية (VO2 max) مع أي برنامج تدريبي فيما تتحسن (VO2 max) الشخص ما بنسبة 20% - 30% كنتيجة البرنامج تدريب تحمل في رياضة الدراجات قد يبدي شخص اخر تغيرا اقل من (5%) نتيجة لنفس برنامج التدريب بالطبع سيكون للكفاءة البدنية في بداية برنامج التدريب بعض التأثير في حجم التحسن فالاشخاص الذين يتمتعون بالفعل بمستوى لياقة بدنية عالية قد يظهرون تغيرا أعلى في قواهم الهوائية ممن يعيشون حياة مريحة بدون رياضة وبوجه عام فأن متوسط الزيادة في VO2 max في كثير من الدراسات التجريبية التي أجريت على عدد كبير من المفحوصين يتراوح ما بين 15% - 20% والمثال على ذلك لوحظ وجود زيادة 6-15% في VO2max لدى مجموعة من الرجال النشطاء العاديين الذين يمارسون رياضة الدراجات لمدة 2 ساعة / يوم بمعدل 62% من VO2 max لخمس او ست مرات /الأسبوع لمدة 8 أسابيع وقد لوحظ ان الجانب الأكبر من هذا التحسن حدث خلال ال 4 أسابيع الأولى من التدريب ويبدو ان هناك حدا اعلى لمقدار التحسن الذي يمكن تحقيقه في القوة الهزائية كنتيجة للتدريب الرياضي وعندما تزيد كمية التدريب مثل مسافة الجري الجلسة التدريبية فأنه يبدو وجود زيادة تناسبية في

VO2max وقي النهاية ومع ذلك فأن زيادة مسافة الجري في الجلسة التدريبية ستؤدي الى فشل في تحسين القدرة الهوائية مهما كانت الجلسة التدريبية أطول واكثر صعوبة والعوامل التي تحدد هذا الحد الأعلى ليست مفهومة بشكل كامل ولكنها يمكن ان يكون مرتبط بعوامل كامنة تمكن بعض الافراد من تحقيق قيم عالية جدا (80 مل /كجم / دقيقة) من استهلاك الأوكسجين بينما تكون القوة الهوائية للبعض الأخر محدودة تقع تحت معدل 50 مل/ كجم /دقيقة) بالرغم من تكافؤ برامج التدريب العنيفة.

التكيف في العضلات:

تتسبب كثرة استخدام الألياف العضلية في حدوث تغيرات في تكوينها ووظفتها والتغيرات التي يحدثها التدريب الهوائي تكمن في:

- نوع ألياف العضلة
- تفتح الشعيرات الدموية العضلية
- محتوى ميوجلوبين العضلة
- وظيفة الميتاكوندريا
- الانزيمات المؤكسدة

اولأ : نوع ألياف العضلية:

تعتمد وبشدة الأنشطة الهوائية مثل الجري وممارسة رياضة الدراجات لمسافات قصيرة أو متوسطة على الألياف بطيئة الأنقباض وكاستجابة لمثير التدريب تصبح هذه الألياف اكبر بنسبة 7% - 22%

من الألياف سريعة الأنقباض المناضرة لكن حجم الألياف يختلف بصورة كبيرة بين الرياضيين فبعض الأفراد لديهم ألياف بطيئة الأنقباض كبيرة بصورة غير عادية على حين ان البعض الأخر لديهم ألياف سريعة الأنقباض كبيرة.

قد تكون هذه الملاحظة مهمة من الناحية النظرية فقط لأن احجام الألياف العضلية لدى الرياضيين ذوي التحمل العالي يبدو ان لها علاقة ضئيلة بالقدرة الهوائية في الأداء وقد يكون حجم الألياف اكثر أهمية من التدريبات التي تحتاج طاقة وقوة اكبر مثل رفع الاثقال والسباقات القصيرة والتي تعتبر فيها الألياف سريعة الأنقباض ومفيدة.

ثانيا: تفتح الشعيرات الدموية العضلية:

من اكثر التكيفات أهمية مع التدريب الهوائي زيادة عدد الشعيرات المحيطة بكل ليفة عضلية فالرجال كثيفو التدريب من اجل التحمل يمكن ان يكون لهم ما يقدر ب 5% - 10% زيادة في الشعيرات بعضلات القدم اكثر من الأفراد غير المتدربين ومع فترات تدريب هوائي أطول اتضح ان عدد الشعيرات يزيد بنسبة 15% وزيادة عدد الشعيرات تتيح تبادلاً اكبر في الغازات والحرارة والمغذيات من الدم والياف العضلات العاملة وهذا يحافظ على وجود بيئة مناسبة جدا لأنتاج الطاقة وانقباض العضلات يحدث الزيادات الأضافية في عدد الشعيرات العضلية في بداية الأسابيع او الشهور

الأولى من التدريب لكن قليلاً من البحوث أجريت لتحديد ماهية التغيرات الشعرية التي تحدث في فترات تدريب أطول.

ثالثاً : محتوى ميوجلوبين العضلة:

عندما يدخل الأكسجين ألياف العضلة يرتبط بالميوجلوبين وهو مركب يشبه الهيموجلوبين هذا المركب يحتوي على الحديد يتحرم مع جزيئات الأكسجين كالمكوك ذهاباً وايابأ عبر غشاء الخلية الى الميتوكوندريا تحتوي الألياف بطيئة الانقباض على كميات كبيرة من الميوجلوبين وهو يعطي هذه الألياف لونها الأحمر (والميوجلوبين مادة صبغية تتحول للون الأحمر عند ارتباطه بالأكسجين) ومن ناحية أخرى فأن الألياف سريعة الأنقباض غنية بالجليكوجين ولذلك فهي تحتاج كمية قليلة من الميوجلوبين مما يعطيها مظهرا اكثر بياضا والأكثر أهمية ان كميتها المحدودة من الميوجلوبين تحد من كفاءة الأكسجين فيها مما يتسبب في ضعف التحمل الهوائي هذه الألياف سريعة الانقباض.

يخزن الميوجلوبين الأكسجين ويطلقة الى الميتوكوندريا عند قلة الأكسجين اثناء عمل العضلة هذا المخزون من الأكسجين يستخدم اثناء الانتقال من الراحة الى التدريب فيمد الميتوكوندريا بالأكسجين في فترة السكون ما بين بداية التدريب وزيادة توصيل الجهاز الدوري للأكسجين والادوار الحيوية للميوجلوبين في توصيل الأكسجين غير مفهومة بالكامل حتى الان لكن ثبت ان التدريب الهوائي يزيد من كمية الميوجلوبين في العضلة بنسبة 70-80%

ويمكن توقع وانتظار هذا التكيف فقط اذا كان سيزيد من قدرة العضلة على التمثيل الغذائي المؤكسد.

رابعأ : وظيفة الميتوكوندريا:

تتم الطاقة الهوائية في الميتوكوندريا اذن فمن غيرالمفأجى ان يحدث التدريب الهوائي أيضا تغيرات في وظيفة الميتوكوندريا التي تحسن من كفاءة الألياف العضلية لتنتج ثلاثي فوسفات الادينوزين (ATP) والقدرة على استخدام الأكسجين وإنتاج ATP من خلال الأكسدة تعتمد على عدد وحجم وكفاءة ميتوكوندريا العضلة وكل هذه الصفات تتحسن بالتدريب الهوائي خلال احدى الدراسات التي تضمنت تدريبا عالي الحمل على الفئران زاد العدد الفعلي للميتوكوندريا بنسبة تقدر بحوالي 15% خلال 27 أسبوعا من التدريبات وفي نفس الوقت زاد حجم المتيتوكوندريا بنسبة تقدر بحوالي 35% خلال الفترة بأكملها ونحن الان نعلم انه كلما زاد حجم التدريب الهوائي زاد وحجم الميتوكوندريا.

خامسا : الانزيمات المؤكسدة:

ثبت ان التدريب على الحمل المنتظم يحدث تكيفات رئيسية في الهيكل العضلي وهذا يشمل زيادة في عدد وحجم ميتوكوندريا العضلات علاوة عن ذلك فأن هذه التغيرات يدعمها زيادة كفاءة الميتوكوندريا والانحلال المؤكسد للطاقة والإنتاج النهائي ل ATP يعتمد على عمل الانزيمات الميتوكوندريا المؤكسدة أي ان البروتينات التي تعمل كعوامل مساعدة نزيد من سرعة انحلال المغذيات لتكون

ATP والتدريب الهوائي يزيد من نشاطات هذه الانزيمات وكنتيجة لمثل هذا التدريب فان التمرين بكثافة معينة يحدث اضطرابا صغيرا في الاستقرار المتجانس بالرغم من ان البعض قد راى بأن الميتوكوندريا قد تكون عاملا مسئولا عن زيادة VO2max التي تلاحظ مع التدريب.

والنتيجة الرئيسية فيما يتعلق بالايض الحادث بسبب التدريب الهوائي هي استخدام اكثر بطئا لجليكوجين العضلة وإنتاج اقل للاكتات اثناء التمرين بكثافة معينة.

التغيرات في نشاط (SDH) سكسينات الديهيدروجين احد اهم الانزيمات المؤكسدة في العضلات خلال 6 شهور من التدريب الذي تم زيادته تدريجيا على السباحة ومن المثير انه بالرغم من ان نشاط هذا الانزيم واصل ارتفاعه خلال فترة التدريب فقد حدث تغير قليل في اقصى حد ممكن من استهلاك الجسم للاوكسجين VO2 max خلال الستة أسابيع الأخيرة من التدريب وهذا يشير الى ان VO2max قد يكون اكثر تاثيرا بحدود الجهاز الدوري بشأن نقل الاوكسجين مقارنة بتأثيره بالجهد المؤكسد في العضلات ان أنشطة انزيمات العضلات مثل سكسينات الديهيدروجين تتأثر بشدة بالتدريب الهوائي والذي يقارن بين أنشطة هذه الانزيم في افراد غير متدربين ومتوسطي التدريب ومرتفعي التدريب كما ان الكميات المتوسطة من التدريب اليومي تزيد أنشطة هذه الانزيمات ومن ثم تزيد من القدرة الهوائية للعضلة فمثلا فان الجري البطئ او ركوب

الدراجة لمدة20 دقيقة يوميا ثبت انه يزيد نشاط سكسينات الديهيدروجين في عضلات الساق بنسبة تقدر بأكثر من 25% مقارنة بالافراد الذين يتدربون والتدريب بقوة اكبر مثلا لمدة 60-90 دقيقة يوميا يحدث زيادة في هذا النشاط تبلغ 2-6 ضعفا تعكس الزيادة التي يسببها التدريب في أنشطة هذه الانزيمات المؤكسدة كلا من زيادة عدد وحجم ميتوكوندريا العضلة وتحسن قدرة انتاج ATP في البداية تحدث زيادة نشاط الانزيم مع حدوث التحسن في VO2max للفرد ويمكن اعتبار هذه التغيرات مهمة اما بالنسبة لاستخدام الانسجة للأوكسجين او بالنسبة لاحداث تأثير توفير الجليكوجين وكل من التاثيرين يمكن ان يحث الأداء عالي الحمل ولكن في احسن الأحوال هناك علاقة ضعيفة بين الأنشطة الانزيمية العضلية ودعم VO2max هذه الزيادة في الانزيمات المؤكسدة المصاحبة للتدريب الهوائي من المحتمل جدا ان تحسن من قدرتك على تعزيز كثافة تدريبية اعلى كالوصول الى خطوة سباق اسرع في سباق 10كم هذا التحسن مرتبط بالزيادة في عتبة اللاكتات.

التكيفات التي تؤثر على مصادر الطاقة:

يفرض التدريب الهوائي متطلبات متكررة على مخزون العضلات كل من الجليكوجين والدهون ومن غير المفاجئ ان اجسامنا تتوافق مع هذا المثير المتكرر ويجعل انتاجها من الطاقة اكثر كفاءة وتقليل مخاطر التعب والارهاق ولنفحص الان التكيفات التي يقوم عن طريقها جسم المتدريب به للقيام بعمليات الايض الخاص بكل من الكربوهيدرات والدهون من اجل الحصول على الطاقة.

التكيف الفسيولوجي للتدريب:

أولا : تركيب الجسم: تؤدي التدريبات القوية للجهاز الدوري التنفسي من خلال تدريبات التحمل وتدريبات القوة لكل من الذكور والاناث الى :

1- نقصان في وزن الجسم
2- نقصان في كمية الدهون الحرة
3- نقصان في كمية الدهون بالجسم

وتكون عملية فقد الدهون الحرة في الانأث اقل من الذكور وهي مرتبطة بقوة التدريبات اكثر من ارتباطها بعناصر التحمل فالذكور يستجيبون اكثر عند التدريب على القوة مقارنة بالاناث حيث تلعب الهرمونات الذكورية دورا في هذا المجال وتفيد الدراسات التي أجريت على الاناث والذكور لتنمية القوة ان كثافة ووزن الهيكل العظمي اكبر لدى الرجال فالانسجة وأوتار العضلات تكون أقوى لدى الرجال بأستمرار التدريب وعلى ذلك فاحتمالات إصابة العضلات لدى ألاناث اكبر من الرجال عند ممارسة نفس شدة تدريب القوة لكل منهما.

ثانياً : التكيف العضلي: تساعد هرمونات الذكورة لدى الرجال على تنمية عنصر القوة واكساب العضلات الزيادة في الحجم وفي معدل القوة ونظرا لغياب هذه الهرمونات لدى الاناث فان معدل تنمية القوة لديهن تقل وان بعض الأبحاث تخص ان الاناث عندما تدربن على القوة بتدريبات مستمرة فترات طويلة فقد ازدادت لديهن معدلات القوة على الرغم من صغر حجم العضلات وذلك بسبب تأثير التدريب على

الانسجة العضلية وبالتدريـج وبأستمرار البحث والدراسة أكدت نتائج الأبحاث ان المراة يمكن ان تزيد القوة من خلال برامج التدريب الخاصة وهي زيادة مرتبطة بحجم العضلات ولكنها مرتبطة بقياسات القوة كما اوضحتها قياسات قوة الديناموميتر للقدمين والذراعين وتشير النتائج ان تقوية العضلات للانثى كانت في أماكن معينة من الجسم فمثلاً النسبة بين قوة القدمين الى الجسم كانت ثابتة في الجنسين على أساس ان العمر ثابت وفترة التدريبات متساوية ولان المرأة ليس لديها هرمون التستوسترون الذكري فان كتلة عضلاتها اصغر ولكنها تستطيع بالتدريب القوي الوصول الى عضلة اكبر وهذا ما نراه لدى لاعبات المصارعة وكمال الاجسام ورفع الاثقال.

ثالثاً : التكيف الدوري التنفسي: تكيف الجهازين الدوري والتنفسي لدى الاناث مرتبط بعمليات التدريب وما يحدث لدى الرجال يحدث لدى النساء حيث تعتمد عمليات التكيف على طبيعة واستمرارية التدريب وان ظلت المعدلات في صالح الرجال نظراً لأن عمليات التكيف تحدث ولكنها ترتبط بالتدريب فمثلاً بلغ معدل ضربات القلب لدى الاناث ذوات المستوى الرياضي العالي وقت الراحة 46ضربة / ق وذلك كنتيجة لزيادة حجم القلب والدفع القلبي نتيجة التدريب وهي تقترب أيضا من معدلات الرجال.

رابعاً : التكيف الأيضي: تزداد معدلات الأيض واستهلاك الأكسجين لدى المراة الرياضية مثلما يحدث للرجال وهذه الزيادة ترجع الى التحسن في مستوى اللياقة البدنية وتستطيع المرأة زيادة نسبة

استهلاك الأكسجين من 10-40% بالتدريبات المستمرة ولتحقيق ذلك يلزم التالي:

- معدل اللياقة البدنية
- انتظام عمليات التدريب
- شدة حمل التدريب
- العمر التدريبـي

وبأستمرار التدريب وتقنين أحمال تستطيع المرأة استهلاك الاحماض الدهنية كمصدر للطاقة وبالتالي تتحسن معدلات كثيرة وتتمكن من منافسة الرجال في كثير من المسابقات الرياضية.

تكيف الجهاز الدوري للتدريب: تحدث عدة تغيرات في معدلات واستجابات الجهاز الدوري للتدريب وهي تخص التالي:

أ- حجم القلب:

1- التحمل الدوري التنفسي هو قدرة الجسم على أداء تدريبات منتظمة لفترة طويلة وهو يرتبط بالقدرة الهوائية.
2- الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين يمكن قياسه اثناء العمل البدني الأقصى وهو أفضل مؤشر على التحمل الدوري التنفسي.
3- الدفع القلبي ويشير الى كمية الدم التي تخرج من القلب في الدقيقة.
4- الفرق بين اوكسجين الأوردة والشرايين يدل على كمية الأكسجين المستخلصة من الدم بواسطة الأنسجة.
5- البطين الأيسر يحدث له التغير كاستجابة لتدريبات التحمل.

6- الأحجام الداخلية للبطين الأيسر تتسع مما يؤدي الى زيادة في قوة الأنقباض.

ب- حجم الضربة:

1- يزيد حجم الضربة في الراحة واثناء التدريب.

2- العامل الأساسي في هذه الزيادة هو زيادة حجم الضغط الانبساطي ومن المحتمل ان يكون السبب هو زيادة بلازما الدم.

3- زيادة انقباض البطين الأيسر ناتجة من زيادة حجم عضلة القلب وتمدده في حجراتة الأربعة مع امتلائه بالدم في حالة الارتخاء.

ج - معدل القلب:

1- يتفاعل معدل القلب مع حجم الضربة اثناء التدريب لأعطاء دفع قلبي مناسب لحجم العمل العضلي عند الشدة المتوسطة والقصوى.

2- عندما ينتهي التدريب فان معدل القلب لا يعود مباشرة الى الحالة الطبيعية ولكنه يعود تدريجياً ويستغرق ذلك بعض من الوقت حتى يصل الى معدله اثناء الراحة.

3- الوقت الذي يستغرقه القلب لكي يعود الى حالتة الطبيعية يسمى استشفاء معدل القلب والفرد الأكثر لياقة يعود الى حالته الطبيعية اسرع.

د- الدفع القلبـي:

يزداد الدفع القلبـي عند معدل العمل بالحد الأقصى نتيجة الزيادة في حجم الضربة في معدل القلب ويتراوح الحد الأقصى للدفع القلبي لدى غير المتدربين من 14 -16 لتر/ ق بينما يصل الى حوالي 20-25 لتر/ ق للمدربين والى حوالي 40لتر/ ق لدى المتدربين تدريبا عاليا على التحمل.

هـ- تدفق الدم:

تحتاج العضلات العاملة اثناء التدريب الى كمية اكسجين اكبر مقارنة باحتياجاتها اثناء الراحة ولتلبية هذه المتطلبات فلابد من وجود دم اكثر يتجه الى العضلات العاملة اثناء التدريب ويختلف سريان الدم الى العضلات في كل من حالتي الراحة وعند التدريب وهناك ثلاثة عوامل تساعد على تدفق الدم الى العضلات العاملة وهي:

أولا : زيادة الشعيرات الدموية في العضلات المدربة

ثانياً : تفتح اكبر للشعيرات الدموية في العضلات المدربة

ثالثاً : توزيع الدم في العضلات بصورة اكبر فاعلية

و- ضغط الدم:

تؤدي التدريبات ذات الشدة الأقل من القصوى الى تغير في ضغط الدم ويلاحظ انخفاض في ضغط الدم لدى الافراد المدربين اثناء الراحة ويحدث الانخفاض في ضغط الدم الانقباضي والانبساطي ويكون معدل النقص في الضغط الانقباضي حوالي 11

مم / زئبق وفي الضغط الانبساطي حوالي 8 مم / زئبق وعلى الرغم من ان تمرينات المقاومة تحدث زيادة كبيرة في ضغط الدم الانقباضي والانبساطي الا ان استمرار التدريب في هذا النوع يؤدي الى انخفاض وقت الراحة كما ان ضغط الدم المرتفع لا يكون موجود لدى الرياضيين ذوي المستويات العليا في رفع الاثقال.

ز- حجم الدم:

تدريبات التحمل تزيد من حجم الدم ويحدث ذلك مع التدريب ذي الشدة العالية وهذه الزيادة في حجم الدم تحدث نتيجة زيادة حجم البلازما ويتم ذلك بطريقتين:

الأولى: ان التدريب يزيد من افراز الهرمون المضاد (ADH) وكذلك هرمون الدوستيرون وهذا يدفع الكلية للإبقاء على الماء مما يزيد من بلازما الدم.

الثانية: التدريب يزيد من كمية بروتينات البلازما يزيد ثم تزداد نسبة الضغط الأسموزي والنتيجة هي زيادة حجم الدم

ح- خلايا الدم الحمراء:

الزيادة في خلايا الدم الحمراء ربما تسهم أيضا في زيادة حجم الدم ولكن هذه الزيادة لا تكون مضطرده او متناسبة فعندما تظهر الزيادة في حجم خلايا الدم الحمراء فان حجم البلازما يزيد عادة بنسبة اكبر وعلى الرغم من الزيادة الفعلية في عدد خلايا الدم الحمراء فان (الهيماتوكريت) أي نسبة خلايا الدم الحمراء وحجم الدم

الكلي تنخفض ويلاحظ ان الهيماتوكريت تنخفض بالرغم من وجود زيادة طفيفة في خلايا الدم الحمراء وبالنسبة للرياضيين يمكن ان تنخفض الهيماتوكريت الى الحد الذي يظهر معه الشخص وكأن لديه فقر دم أي فقراً في الصلة بين تركيز خلايا الدم الحمراء والهيموجلوبين كما ثبت ان الحجم الكلي للهيموجلوبين وعدد الخلايا الحمراء يكون اعلى لدى الرياضيين المدربين جيدا وهذا يعني زيادة في السعة الأكسجنية لتلبية احتياجات الجسم والعضلات العاملة.

تكيف الجهاز التنفسي للتدريب:

تتحسن وظائف الجهاز التنفسي نتيجة التدريب مما يؤدي الى زيادة كفاءته ثم يتكيف مع أنواع الجهد البدني التي يتلقاها الفرد الرياضي وتظهر علامات هذه التكيف من خلال النقاط التالية.

1- الاحجام الرئوية: يتغير حجم وسعة الرئة نتيجة التدريب فتزداد السعة الحيوية وهي تعني كمية الهواء التي يمكن زفرها بعد اقصى شهيق كما تزداد كمية الهواء المتبقي وهي تعني كمية الهواء التي لا يمكن تحريكها خارج الرئتين كما بعد تدريبات التحمل فأن حجم التنفس العادي لا يتغير وهي تعني كمية الهواء التي تدخل وتخرج من الرئة اثناء التنفس العادي.

2- معدل التنفس: بعد التدريب يقل عادة معدل التنفس اثناء الراحة والعمل دون الحد الأقصى وهذا الانخفاض يكون بسيطاً بينما يزداد معدل التنقس عند العمل البدني بمستوى الحد الأقصى.

3- التهوية الرئوية: لا تتغير التهوية الرئوية بشكل ملحوظ بعد التدريب ويمكن ان تنخفض في حالة الراحة واثناء التدريب دون الحد الأقصى ولكن التهوية الرئوية القصوى تزداد مع المجهود وفي الأفراد غير المدربين تكون الزيادة من 120 -150 لتر/ ق بينما لدى الرياضيين تزداد لتصل الى 180 لتر/ ق وترجع أسباب الزيادة في التهوية الرئوية الى عاملين أساسيين هما زيادة حجم التنفس العادي وزيادة معدل التنفس عند الحد الأقصى.

4- الانتشار الرئوي: الانتشار الرئوي لاتمام الغازات يزداد عند العمل بالحد الأقصى من التدريب حيث يزداد تدفق الدم الى الرئة نتيجة ورود كمية دم كبيرة من القلب وكل ذلك يزيد من التهوية الرئوية وكذلك الانتشار الرئوي ويتحسن تبادل الغازات نتيجة اشتراك اكبر قدر من الحويصلات الرئوية في هذه العملية.

5- **فروق الأكسجين الشرياني والوريدي:** يتغير محتوى الأكسجين الشرياني قليلاً مع التدريب على الرغم من ان الهيموجلوبين الكلي يزداد الا ان كمية الهيموجلوبين لكل خلية من الدم تظل كما هي او تقل قليلاً والفرق بين اوكسجين الشرايين والأوردة يزداد مع التدريب وخاصة عند مستوى الحد الأقصى من التدريب وهذه الزيادة تنتج من انخفاض محتوى دم الوريد الأكسجيني وهذا يعني ان الدم العائد الى القلب في الأوردة يحتوي على أكسجين اقل عندما مقارنته بالفرد غير المدرب.

6- **معدل التغير في التنفس:** معدل التغير في التنفس يرمز له بالرمز RER وهو يعني النسبة بين أكسيد الكربون المفرز والأكسجين الممتص اثناء عملية الأيض وهذا يدل على نمط ونوع مصادر الطاقة المستخدمة وبعد التدريب تنخفض هذه النسبة او هذا المعدل في حين يزداد هذا المعدل عند مستوى العمل بالحد الأقصى لدى المدربين وهذه تدل على زيادة القدرة على الأداء عند المستوى وينتج عن ذلك أداء افضل وهوعادة يعكس دافعاً نفسياً قوياً لدى الرياضيين.

7- الأمتصاص الأقصى للأكسجين: ينظر معظم الباحثين الى VO2 max على انها افضل مؤشر لقدرة الجهازين الدوري والتنفسي على التحمل وبعد ان تعرفنا على مظاهر تكيف هذين الجهازين فأننا لن نفاجأ عندما نجد ان VO2max تزداد بدرجة قليلة كاستجابة لتدريبات التحمل وقد تبين ان حدثت زيادة قدرها 15-20% للأفراد الذين اعتادوا الجلوس قليلى الحركة بعد ان تدربوا عند 75% من الحد الأقصى بواقع 3 مرات اسبوعياً لمدة 30 دقيقة يومياً لمدة (6) أشهر كما تبين انه قد حدثت لهم زيادة في الأسهلاك النسبي للأكسجين بلغت من 35الى 42 ملليمتر/كجم/ق اما الرياضيون ذو المستويات العليا فقد بلغت نسبة الأستهلاك النسبي للأكسجين لديهم من 70 الى 90 ملل/كجم/ق .

تدريب النظام الهوائي:

يستطيع الباحثون في المعمل ان يقيسوا القدرة الهوائية لعينة من العضلة مأخوذة من طريق ابرة وتوضع العينة العضلية في محلول يحتوي على مفردات ضرورية أخرى يتم حث الميتوكوندريا على استخدام الأكسجين وإنتاج ATP وكنتجية لذلك يمكن قياس الحد الأقصى الذي يصل اليه ميتوكوندريا العضلة في استخدام الأكسجين وتوليد الـ ATP ومن ثم فأن هذه العملية تقيس أقصى قدرة تنفسية للعضلة او QO2 في الحقيقة QO2 هو مقياس لأقصى استخدام للعضلة للأكسجين في مقابل VO2max الذي يعتبر مقياساً لأقصى استخدام يقوم به الجسم للأكسجين توضح عينات من عضلات الساق لمجموعات ثلاث من الأفراد ان العضلات غير المدربة لها قيم QO2 تبلغ حوالي 1,5 ملليلتر من الأكسجين في الساعة لكل جرام من العضلة (ملليلتر/ساعة/جرام) على العكس من ذلك فأن العضلات المأخوذة من الأفراد الذين يستهلكون من 1500 الى 2500 كيلو سعر حراري / الأسبوع اثناء التدريب مثل (الجري لمسافة 25-40/كم/ساعة) او (15،5-25 ميل/الأسبوع) لديهم QO2 تبلغ حوالي 2,7 لتر/ساعة/جرام وهذه القيم تبلغ 1،8 ضعف قيم الأفراد غير المدربين اما عدائو المارثون مرتفعو التدريب مثل العدائين الذين يحرقون اكثر من 5000 كيلو سعرجراري / الأسبوع في التدريب حوالي (80 كيلومتر / الأسبوع) فقد كانت قيم QO2 لديهم حوالي 4لتر/ساعة/جرام أي ما يقارب 2،7 ضعف الأفراد غير المتدربين.

التكيف مع التمارين اللاهوائية:

في الأنشطة العضلية التي تتطلب انتاج قوة شبه قصوى مثل الجري السريع قصير المسافة والسباحة يلبي نظام ATP-PC والانحلال اللاهوائي لجليكوجين العضلة مقداراً كبيراً من الطاقة التي تتطلبها هذه الأنشطة.

تكيفات أخرى مع التدريب اللاهوائي:

كيف يمكن للتدريب اللاهوائي ان يحسن الأداء بطرق أخرى ؟ بالأضافة الى الزيادة في القوة توجد تغيرات أخرى على الأقل يمكن ان تحسن الأداء وتأخر الأجهاد العضلي في الحركات اللاهوائية عالية المستوى وهذه التغيرات هي التحسن في:

اولاً: كفاءة الحركة:

التدريب بسرعات عالية يحسن المهارة الحركية ويساعد على اتقان حيث ان التدريب اللاهوائي يعظم من تجنيد الألياف العضلية توظيفها للعمل حتى تنتج حركة اكثر كفاءة فالتدريب عند سرعات عالية مع احمال ثقيلة يحسن كفاءتك ويعمل على ان تقتصد (توفر) عضلاتك في استخدامها لمصدر طاقاتها.

ثانيا: الطاقة الهوائية:

التدريب الهوائي بجهد عال يعمل على استخدام أنظمة الطاقة اللاهوائية الأمر الذي يتطلب الجري السريع قصير المسافة التي تستمر لـ 30 ثانية مستمد من الأيض اللاهوئي المؤكسد وبالتالي فأن

جولات الجري السريع قصير المسافة المتكرر مثل الجولات التي تستمر 30 ثانية وتحتاج لأقصى حهد تزيد أيضا في السعة الهوائية وبالرغم من ان هذا التغيير غالياً ما يكون صغيرا يمكننا ان نتوقع الى حد ما ان هذا الحفز للجهد المؤكسد في العضلات يساعد مجهودات أنظمة الطاقة اللاهوائية لتلبية احتياجات الطاقة اثناء بذل الجهد اللاهوائي ؟

التكيفات التي تحصل في العضلات أثناء ممارسة الرياضة:

التكيفات التي تحصل في العضلات تشمل التكيفات نتيجة شدة التمرين والمحفزات، والإشارات، ودرجة حرارة العضلات، وتوتر العضلات، والتغيرات في المستقبلات، كما أنه عندما يتم تنشيط العضلات أثناء التمرين هناك تغييرات تحصل في العضلات، كما أن المحفزات المختلفة تؤدي ذلك إلى تنشيط المسارات التي تؤدي إلى تكيف العضلات.

كما أن الكالسيوم يعتبر عنصر أساسي لتقلص العضلات، كما أنه يعمل على تنشيط عددًا من العمليات داخل الخلية العضلية، وهو مسؤول عن التغييرات التي تحصل في حالة الطاقة، حيث تكسر العضلات ATP وأنواع الوقود المهمة الأخرى، كل هذه الأمور من الممكن أن تؤدي إلى التكيف، كما أن التغييرات التي تحصل في حالة الأكسدة تعتبر من التفاعلات التي تحدث داخل العضلات، كما أن التغيرات في درجة حرارة العضلات والتوتر العضلي والتغيرات في المستقبلات تعمل على التأثير على العضلات.

كما أن التغيرات التي تحصل في العضلة تكون ناتجة عن تمرين طويل الأمد من نوع التحمل، أو تمرين عالي الكثافة ولكن مع تمرين ديناميكي، كما أنه من خلال أداء تمرينين مختلفين آخرين من نوع المقاومة تكون التكيفات أكثر ارتباطًا بكتلة العضلات.

تكيف العضلات لممارسة التحمل:

تركز التكيفات التي تحصل أثناء تمارين التحمل بشكل عالي على ارتفاع القدرة التأكسدية للعضلة، كما أن الميتوكندريا تعتبر القوة المؤكسدة للخلية العضلية، والتي تزيد من حجمها الإجمالي استجابةً للتمارين الرياضية، كما يكون هناك ارتفاعات كبيرة في كثافة الميتوكندريا والإنزيمات المؤكسدة للاستجابة للتمارين الخاصة بالتحمل، كما يكون هناك زيادة في كثافة الشعيرات الدموية، وهذا الشيء يعمل على تسهل توصيل الأكسجين للعضلة، ويترتب أن تكون هذه العملية متوازنة مع الزيادة في القدرة المؤكسدة داخل العضلات.

كما يكون هناك زيادة في بروتين نقل الجلوكوز، وهذا الشيء يساعد في تسهيل تخزين الجليكوجين، والتي تؤدي إلى نشاط الصوديوم والبوتاسيوم، وهذا الأنزيم له دور حاسم في تنشيط العضلات للحد من فقدان البوتاسيوم من تقلص العضلات، كما أنه في ما يتعلق بالعواقب الوظيفية للتمرين، فإنه يكون هناك انخفاض في الاعتماد على الكربوهيدرات، وانخفاض إنتاج اللاكتات وزيادة أكسدة الدهون أثناء أداء النشاط وبعد التدريب على التحمل.

التغيرات التي تحصل في العضلات عند ممارسة التدريب عالي الكثافة:

عند العمل على تدريب الفرد على تمارين عالية الكثافة، فإن الشدة من الممكن أن تكون في الغالب حافزاً قوياً لدى الفرد، مثل العمل على تدريب الفرد على سباقات متكررة لمدة 30 ثانية لمدة 3 مرات في الأسبوع على مدار 6 أسابيع تقريباً، كما أنه يترتب أن تكون فنترة التدريب بأكملها تمارين عالية الكثافة لمدة 10 دقائق تقريباً بكثافة عالية جداً، بالإضافة إلى استعمال مجموعة من تمارين التحمل لمدة تقدر بأربع ساعات ونصف.

كما أنه عند العمل من قبل المدرب على استعمال برامج التدريب عالية الكثافة، فإن ذلك الشيء يؤدي إلى التعزيز من التكيفات العضلية، وبالتالي العمل على تأدية المهارة بالشكل المثالي والمطلوب، كما أنه عند حصول التكيف في العضلات فإنه من الممكن أن يحصل زيادة في حجم العضلات، حيث أن ذلك الشيء يكون لفترة قصيرة نسبياً؛ وذلك بسبب قدرة العضلة على توليد القوة مع عمل تغييرات متواضعة نسبياً في منطقة المقطع العرضي للعضلة.

بالمقابل في حال تعرضت العضلة للإهمال بسبب الإصابة أو المرض، فإن هذه الأسباب تعني أن الفرد الرياضي غير قادر على تنشيط العضلات بشكل كامل وبانتظام، كما أنه يترتب على الفرد الاهتمام بتنظيم كتلة العضلات؛ وذلك لما لها من أهمية في الصحة، وبالنسبة للرياضيين تعتبر مهمة لأنها تعمل على توليد القوة، كما تعتبر

الكتلة العضلية المناسبة مهمة بسبب الدور الذي تلعبه العضلات الهيكلية في دعم الحركة ودعم وظائف الجسم ودعم عملية التمثيل الغذائي.

كما أنه في حال عمل اللاعب على الاهتمام بجميع هذه الأمور، فإن ذلك الشيء يعمل على التحسين من قدرته وكفاءته من أداء كافة أداء المهارات في الأنشطة الرياضية المختلفة، وبالتالي فإن ذلك الشيء ينعكس بشكل إيجابي على مستوى تقدمه في الأداء في كافة الظروف المختلفة.

المصادر

- ابو العلا احمد عبدالفتاح، حمل التدريب وصحة الرياضي، الايجابيات والمخاطر، القاهرة، دار الفكر العربي، 1996.
- ابو العلا احمد عبدالفتاح، فسيولوجيا التدريب والرياضة، ط1، دار الفكر العربي، القاهرة، 2003.
- ايهاب محمد محمود اسماعيل، تطبيقات النانوتكنولوجي والذكاء الاصطناعي في مجال فسيولوجيا الرياضة، مركز الكتاب للنشر، ط1، 2020.
- بهاء الدين ابراهيم سلامة، الخصائص الكيميائية الحيوية لفسيولوجيا الرياضة, دار الفكر العربي, القاهرة,2008
- بهاء الدين ابراهيم سلامة، بيولوجيا الاداء الحركي، ط1، دار الفكر العربي، القاهرة، 2016.
- ثريا عبدالعباس مالك، الصناعات الغذائية، جامعة المستنصرية، ب ت.
- حشمت، حسين احمد و جلبي، نادر محمد (2003)، فسيولوجيا التعب العضلي، ط1، مركز الكتاب للنشر، القاهرة، مصر.
- الدباغ، موفق سعيد احمد فتحي (2001)، دراسة عدد من المتغيرات الوظيفية والبايوكيميائية في عدو 100 متر، اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية الرياضية، جامعة الموصل.
- الراوي، هيثم عبدالرحيم (1996)، تقويم البرامج التدريبية على وفق بعض المؤشرات الكيميائية والفسلجية لدى لاعبي الكرة الطائرة في العراق، اطروحة الدكتوراه، كلية التربية الرياضية، جامعة بغداد.
- سلامة، بهاءالدين ابراهيم (1999)، التمثيل الحيوي للطاقة في المجال الرياضي، دار الفكر العربي، القاهرة.

- سلامة، بهاءالدين ابراهيم (2000)، فسيولوجيا الرياضة والأداء البدني (لاكتات الدم)، دار الفكر العربي، القاهرة.
- سميعه خليل محمدامين، مبادئ فسيوجيا الرياضة، مكتبة الرياضة الشاملة، 2008.
- صفاء رزوقي المرعب، مقدمة في الكيمياء والرياضة، مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد، 2003.
- عايش زيتون، علم حياة الإنسان، بيت الياسمين للنشر والتوزيع، ط1، 2017.
- عبدالرحمن زاهر، موسوعة فسيولوجيا الرياضة، مركز الكتاب للنشر، 2011.
- عبدالفتاح، ابو العلا احمد (2003)، فسيولوجيا التدريب والرياضة، ط1، دار الفكر العربي، القاهرة، مصر.
- علاوي، محمد حسن و عبدالفتاح، ابو العلا احمد (1984)، فسيولوجيا التدريب الرياضي، دار الفكر العربي، مصر، القاهرة.
- غايتون و هول (1997)، المرجع في الفسيولوجيا الطبية، ترجمة صادق الهلالي، منطمة الصحة العالمية.
- غذاء والتغذية، اكاديميا انترناشيونال، حقوق الطبعة العربية، المكتب الاقليمي لمنظمة الصحة العالمية لشرق المتوسط 2005.
- غفوري، ريباز بايز توفيق (2015)، تاثير الحجامة والحجامة والتدريب الهوائي والتدريب الهوائي في عدد من المتغيرات الوظيفية والكيموحيوية والمطاولة الهوائية والاستشفاء، اطروحة دكتوراه، جامعة الموصل.
- القط، محمد علي (2006)، فسيولوجيا الأداء الرياضي في السباحة، مركز العربي للنشر، القاهرة.

- لمياء ديوان، أنظمة إنتاج الطاقة خلال النشاط الرياضي، 2012، المقالة منشورة على https://lamya.yoo7.com/t845-topic.
- مازن عبد الهادي أحمد، مازن هادي كزار، عبدالمالك سربوت، فسيولوجيا الحركة، دار الكتب العلمية، 2018.
- موفق اسعد الهيتي، المرتكزات الفسيولوجية الاساسية للتدريب الرياضي، دار العرب ودار النور، سوريا, 2014.
- النجفي، طلال سعيد (1987)، الكيمياء الحياتية، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
- هيثم عبدالرحيم الراوي، تقويم البرامج التدريبية على وفق بعض المؤشرات الكيميائية والفسلجية لدى لاعبي الكرة الطائرة في العراق، اطروحة دكتوراه، كلية التربية الرياضية، جامعة بغداد، 1996.
- Christian Nordqvist (17-10-2017), "What you need to know about carb" ،www.medicalnewstoday.com, Retrieved 24-9-2018.
- Fox E. L. et. al., (1993) effects of exercise during recovery on the speed of lactic acid removal in physiological basis for exercise and sport. (WCB Brown and Bench Mark), USA.
- Medical Definition of Carbohydrates", www.medicinenet.com, Retrieved 23-9- 2018. Edited.
- Michael Greenwood ،Manchester Metropolitan University ,an article published on https://www.news-medical.net/life-sciences/What-are-Lipids.aspx, 2018.
- Springer Nature : https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/substance/?source=15745&sourceid=31063073-28694776