

## الفصل الثاني

### الإطار المرجعي والدراسات المرتبطة

أولاً : الإطار المرجعي

الإنزيمات

الكربوهيدرات

الجلوكوز

التعب

التشابك العصبي

الناتل (السيال) العصبي

فعالية الأداء

طبيعة لعبة كرة السلة

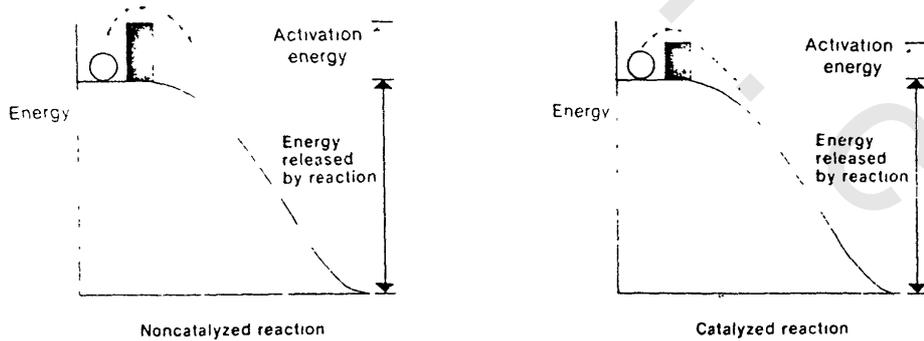
ثانياً : الدراسات المرتبطة و المشابهة

## أولاً : الإطار المرجعي

تطلبت طبيعة هذا البحث التعرض لبعض الموضوعات الأساسية المرتبطة بموضوع البحث بداية من الكربوهيدرات باعتبارها المتغير التجريبي في شكلها الأولي كسكر الجلوكوز ودوره في إنتاج الطاقة الحيوية بالجسم حتى مرحلة التعب و مؤثراته المختلفة الكيميائية الحيوية ودور الإنزيمات في هذه العملية باعتبارها من مؤشرات حدوث التعب الأساسية ، ثم يتعرض الباحث لطبيعة الأداء في كرة السلة ، وقد ركز الباحث في هذا الإطار المرجعي على بعض المصطلحات والمفاهيم الكيميائية الحيوية التي تعتمد عليها الدراسة الحالية نظرا لندرة توافرها في دراسات التربية الرياضية.

## الإنزيمات Enzymes

يذكر باورز و هولي (١٩٩٤) Powers & Howley أن التفاعل الكيميائي يحدث عندما يكون هناك طاقة كافية لإتمام التفاعل بين المواد المتفاعلة والطاقة اللازمة لبدء التفاعل الكيميائي تسمى طاقة التنشيط Energy of activation والإنزيمات تعمل كعامل مساعد Catalysis لخفض طاقة التنشيط Energy of activation والنتيجة النهائية هي زيادة المعدل للدرجة التي يتم فيها التفاعل (شكل رقم ٢)



شكل رقم (٢)

## دور الإنزيم في تخفيض طاقة التنشيط (التحفيز)

ويلاحظ أن طاقة التنشيط تكون كبيرة في التفاعل الذي يحدث بدون عامل مساعد Noncatalysis (الشكل على اليسار) عند مقارنته بالتفاعل الذي يحدث في وجود إنزيم

مساعد Enzyme Catalyzed (الشكل على اليمين) ومع تقليل طاقة التنشيط Energy of activation تزيد الإنزيمات من سرعة التفاعل الكيميائي ولذلك يزداد معدل تكوين المنتج Product formation (١١٩ : ٢٩ ، ٣٠) ، ويذكر عايش زيتون (١٩٩٤) أن قدرة الإنزيم لخفض طاقة التحفيز Energy of activation ناتجة عن مواصفات بنائه الفريدة فالإنزيم يتكون عادة من جزئ بروتيني كبير يسمى ابوانزيم Apoenzyme مع شكل ثلاثي الأبعاد غير بروتيني التركيب يرتبط بالجزء البروتيني كمجموعة بديلة Prosthetic group ويعرف بالإنزيم المساعد Coenzyme ولا يكون الإنزيم فعالا إلا بوجود الجزأين ويسمى عندئذ هولوانزيم Holoenzyme (٢٢ : ١٣٧)

ويذكر عايش زيتون (١٩٩٤) أن الإنزيمات تصنف بالنسبة لعملها إلى :

إنزيمات داخلية : وهي الإنزيمات التي تعمل داخل الخلية.

إنزيمات خارجية : وهي الإنزيمات التي تعمل خارج الخلية (٢٢ : ١٤٠)

### العوامل المؤثرة على نشاط الإنزيمات

درجة الحرارة : تزداد سرعة التفاعلات البيوكيميائية التي تساهم فيها الإنزيمات كعوامل مساعده بازدياد درجة الحرارة حتى حد معين إلا أن الإنزيمات تتأثر كثيرا بارتفاع درجة الحرارة عن الحد الأمثل لعملها ، وبالتالي تفقد كثير من الإنزيمات قدرتها إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى (٤٠) درجة مئوية وقد يرجع ذلك إلى تكسر الروابط الهيدروجينية بسهولة أكبر مما يؤدي إلى تغيير طبيعة الإنزيم ( Denaturation )

درجة الـ pH : كل نوع من الإنزيمات تصل فاعليته ونشاطه إلى أقصى حد عند رقم هيدروجيني معين فالعلاقة بين الإنزيم و الـ pH مشابهة للعلاقة بين الإنزيم ودرجة الحرارة

تركيز الإنزيم : يؤثر تركيز الإنزيم على فاعليته ونشاطه فإذا كانت الظروف مثالية والمادة المتفاعلة متوافرة بكميات فائضة ، فإن عمل الإنزيم وسرعة التفاعل تعتمد على توافر جزيئات الإنزيم نفسه ، في حين إذا لم تتوافر كميات كافية من جزيئات الإنزيم فإن التفاعل الكيميائي الحيوي يستغرق وقتا أطول مما لو توافرت جزيئات أكثر منه .

تركيز القاعدة التي يعمل عليها الإنزيم (الأساس) concentration Substrate : تزداد سرعة التفاعل وعمل الإنزيم بازدياد تركيز المادة المتفاعلة وذلك بافتراض وجود كمية مناسبة من الإنزيم.

المواد الكيميائية المثبطة : لقد تبين أن هناك بعض المواد الكيميائية التي يمكن أن تحد (أو تمنع) عمل الإنزيم بطريقة أو بأخرى. فقد تكون بعض المواد الكيميائية (المثبطة) مماثلة من الناحية الكيميائية للقاعدة التي يعمل عليها الإنزيم المتفاعلة (الأساس) وبالتالي ترتبط بالمواقع الفعالة في الإنزيم Active sites فتمنع عندئذ التفاعل بين الإنزيم ومادته المتفاعلة ، كما قد ترتبط المادة الكيميائية (المثبطة) بالإنزيم في موضع غير فعال وبالتالي تغير من شكله وعلاقته بمادته المتفاعلة (الأساس). ( ٢٩ : ١٤١ ، ١٤٢ )

### الكربوهيدرات Carbohydrate

يذكر عادل عبد البصير (١٩٩٩) أن المواد الكربوهيدراتية تعتبر من أبسط المواد الغذائية التي تتكون في النباتات بواسطة الطاقة الشمسية وتعتبر أيضا من أرخص المواد الغذائية الغنية بالسعرات الحرارية اللازمة لقيام الأجهزة الفسيولوجية المكونة لأجسامنا بالوظائف المختلفة (٢١ : ٥٢-١) ويذكر ميركن ومرشال (١٩٩٩) أن الكربوهيدرات تتكون من الكربون والهيدروجين والأكسجين وتشكل المصدر الأساسي للطاقة خلال التدريبات الرياضية (٣٥ : ٧١) ، كما يذكر أبو العلا عبد الفتاح وآخرون (١٩٩٩) أن الكربوهيدرات تقوم بدورها الرئيسي في الجسم كمصدر أساسي للطاقة فعند أكسدة جرام واحد من الكربوهيدرات تتحرر ٤,١٠ سعر حراري كما أنها تتطلب كمية أكسجين أقل مما تحتاجه المواد الدهنية وهذه الميزة تزيد من أهمية الاعتماد عليها كمصدر للطاقة أثناء النشاط الرياضي وترجع أهمية ذلك في انخفاض مستوى سكر الدم عند ممارسة المجهود البدني لفترة طويلة وبشدة مرتفعة نسبيا والذي يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في الكفاءة البدنية كما تزداد أهمية الكربوهيدرات لنشاط الجهاز العصبي (٥ : ٢٠٧) حيث يذكر طلحة حسام وآخرون (١٩٩٧) أن المخ لا يعتمد في طاقته إلا على تمثيل الكربوهيدرات لذا فإن انخفاض نسبة السكر في الدم نتيجة الآداءات التي تتميز بالتحمل قد يؤدي إلى أخطاء في الأوامر التي يرسلها أو تداعي في التوافقات التي يتحكم فيها المخ (١٩ : ٩٤)

## تقسيم الكربوهيدرات

يقسم وليام وفرانك (١٩٩٦) William & Frank الكربوهيدرات إلى:

١- أحادية السكريات Monosaccharides

٢- قليلة السكريات Oligosacchaides

٣- عديدة السكريات Polysaccharides

١- أحادية السكريات Monosaccharides

الوحدة الأساسية للكربوهيدرات هو جزئ السكر أو السكر الأحادي وحتى الآن يوجد ٢٠٠ سكر أحادي في الطبيعة وقد صنفت السكريات الأحادية وفقا لعدد ذرات الكربون الموجودة بكل نوع وقد استخدمت الأرقام اليونانية مع إضافة "ose" للتعبير عن السكر ، فالسكر الذي يحتوي على ثلاث ذرات كربون يسمى trioses والمحتوي على أربع ذرات كربون tetroses والمحتوي على خمس ذرات كربون pentoses والمحتوي على ست ذرات كربون hexoses والمحتوي على سبعة ذرات كربون heptoses وأهم هذه الأنواع من الناحية الغذائية هي السكريات ذات الست ذرات كربون hexoses وهي الجلوكوز الفركتوز و الجلاكتوز ويسمى الجلوكوز أيضا سكر الدم أو dexotrose و الفركتوز أو سكر الفاكهة هو أحلى أنواع السكريات البسيطة ويوجد في أنواع كثيرة من الفواكه والعسل وعلى الرغم من أن هناك بعض من الفركتوز يمتصه الدم مباشرة من الجهاز الهضمي إلا أن جميعها تحول إلى جلوكوز في الكبد . والجالاكتوز لا يوجد حر في الطبيعة ولكنه يوجد كمكون في سكر اللبن في غدد الثدييات للحيوانات اللبانية ويحول أيضا إلى جلوكوز في عمليات التمثيل الغذائي لإنتاج الطاقة. (١٢٥ : ٦-٩)

٢- قليلة السكريات Oligosacchaides

كما يذكر أيضا وليام وفرانك (١٩٩٦) William & Frank أن قليلة السكريات

Oligosacchaides تتكون من ارتباط بعض السكريات الأحادية Monosaccharides

ببعضها البعض ، إن معظم قليلة السكريات Oligosacchaides مكونة من سكريات ثنائية

disaccharides أو السكر المزدوج Double sugar وتتكون من اتحاد جزيئين من السكر

الأحادي . وتكون السكريات الأحادية والثنائية Monosaccharides disaccharides

مجموعة تسمى بالسكريات البسيطة simple sugar ويدخل الجلوكوز في بناء كل السكريات الثنائية كسكر بسيط (١٢٥: ٦-٩) ، ويوضح عادل عبد البصير (١٩٩٩) الثلاثة أنواع الرئيسية من السكريات الثنائية disaccharides هي :

السكروز Sucrose: وهو مركب من الجلوكوز و الفركتوز

اللاكتوز Lactose: وهو مركب من الجلوكوز والجالاكتوز ويوجد في صورة طبيعية فقط في اللبن ويسمى بسكر اللبن.

المالتوز Maltose: وهو مركب من جزيئين من الجلوكوز ويسمى أيضا السكر المتعدد malt sugar. (٢١ : ٥٢٨)

### ٣- عديدة السكريات Polysaccharides

يذكر وليام وفرانك (١٩٩٦) William & Frank أن مصطلح عديد السكريات Polysaccharides يستخدم عند ارتباط ثلاث جزيئات أو أكثر من أحادي السكريات معا وهناك تقسيمان رئيسيان لعديدة السكريات هما عديدة السكريات الحيوانية animal والنباتية plant.

- عديدة السكريات النباتية وهي تنقسم إلى :

النشا Starch: هو الشكل الذي تختزن عليه الكربوهيدرات في النباتات

الألياف Fiber: الألياف تصنف على أنها عديدة السكريات غير النشوية nonstarch وأكثرها غزارة ، و السليلوز هو أكثر الجزيئات غزارة بالألياف. (١٢٥ : ٦-٩)

- عديدة السكريات الحيوانية

يذكر أبو العلا عبد الفتاح (١٩٩٩) أن عديد السكريات الحيوانية هو الجليكوجين  $(C_6H_{12}O_6)_n$  وهو الصورة التي تختزن عليها الكربوهيدرات في الثدييات وهو مكون من جزيء كبير يحتوي على عدد كبير من جزيئات الجلوكوز المتحدة معا ويتم تكوينه عندما يصل الجلوكوز إلى العضلات والكبد فيتحول إلى جليكوجين يتم تخزينه لحين استخدامه ويحتوي مخزون الجسم من الجليكوجين على حوالي ٣٧٥ - ٤٥٠ جرام توجد في العضلات والكبد (١ : ١١٩)

### الأهمية البيولوجية للمواد الكربوهيدراتية

تذكر سلمى نصار وآخرون (١٩٨٢) الأهمية البيولوجية للكربوهيدرات

- ١- تمد الإنسان بحاجته من الطاقة إذ يعطي جرام الكربوهيدرات في المتوسط أربع سعرات.
- ٢- الزائد عن حاجة الإنسان يخزن على شكل الجليكوجين في الكبد والعضلات.
- ٣- إذا تناول الإنسان كميات كبيرة منها تتحول داخل الجسم إلى دهون.
- ٤- ينشط السليولوز الحركة الدودية للأمعاء.
- ٥- تدخل في تكوين بعض المركبات كما في سكر اللبن والجهاز العصبي.
- ٦- تدخل في تكوين مركبات الطاقة العالية مثل ثلاثي فوسفات الأدينوزين ATP.
- ٧- يمثل الجلوكوز "سكر الدم" طاقة متجولة داخل الجسم ويتغذى الجهاز العصبي وكرات الدم الحمراء أساسا على الجلوكوز. (١٦: ١٣٦)



## العوامل المؤثرة على استخدام الكربوهيدرات أثناء التدريب

هناك عوامل تؤثر على استخدام الكربوهيدرات أثناء التدريب وهي : شدة التدريبات و دوام التدريب و الحالة التدريبية والتغذية و البيئة و العمر والجنس.

الشدة intensity

تذكر جاكولين وسوزان (١٩٩٨) Jacqueline & Suzanne إن الكربوهيدرات تعتبر مصدر الطاقة المفضل للأنشطة ذات الشدة العالية (أزيد من ٧٠% من  $VO_{2max}$ ) ، حيث ينشط جليكوجين المخزون بالعضلات خلال عملية الجلزة اللاهوائية (النظام اللاكتيكي) فيتحول إلى الجلوكوز ويتم إنتاج الطاقة اللازمة للانقباض العضلي بصورة سريعة تتضاعف ١٨ مرة عنها في حالة استكمال العمليات الكيميائية الهوائية لاستمرار إنتاج الطاقة في وجود الأكسجين ، أيضا يحدث المعدل السريع لتكسير جليكوجين العضلة أثناء التدريبات ذات الشدة العالية عندما يستخدم النظام اللاكتيكي لمساعدة النظام الهوائي لإنتاج الطاقة للإمداد بالكمية الكافية من ATP .

كما تتسبب التدريبات ذات الشدة العالية المتقطعة الممتدة التي تستخدم النظامين الهوائي و اللاهوائي مثل تدريبات كرة السلة أيضا في تكسير كمية كبيرة من جليكوجين العضلة ، بينما أثناء التدريبات ذات الشدة المنخفضة - المتوسطة (٤٠% - ٦٠%  $VO_{2max}$ ) توفر الأحماض الدهنية الحرة وثلاثي الجليسريد الموجود في الدم حوالي نصف الطاقة اللازمة لهذه التدريبات (٩٨ : ٢٢) . ويوضح جدول رقم (٢) نسبة استهلاك الكربوهيدرات والدهون تبعا لشدة التدريب الرياضي بناء على نسبة أقصى معدل للقلب.

جدول رقم (٢)

نسبة استهلاك الكربوهيدرات تبعاً لشدة التدريب (٧١)

الشدة % من أقصى معدل للقلب	دهون %	كربوهيدرات %
٦٥ - ٧٠	٦٠	٤٠
٧٠ - ٧٥	٥٠	٥٠
٧٥ - ٨٠	٣٥	٦٥
٨٠ - ٨٥	٢٠	٨٠
٨٥ - ٩٠	١٠	٩٠
٩٠ - ٩٥	٥	٩٥
١٠٠	٠	١٠٠

الدوام Duration

يذكر جاكولين و سوزان (١٩٩٨) Jacqueline & Suzanne وويليامز وديفلين (١٩٩٢) Williams & Devlin أنه كلما زادت فترة الدوام في التدريب قل الاعتماد على الكربوهيدرات وأُعتد على الدهون ، فالدهون تعطي ٦٠ - ٧٠% من الطاقة اللازمة للتدريبات ذات الشدة المتوسطة ٦٠%  $VO_{2max}$  التي تستمر من ٤ - ٦ ساعات ، فكلما زاد فترة دوام التدريب كلما انخفضت الشدة لأن مخزون الجليكوجين محدود . و عندما ينخفض مخزون جليكوجين العضلة فإن تكسير الدهون تزود الرياضي بمعظم الطاقة اللازمة للتدريبات . و عندما تزيد الشدة عن ٦٠%  $VO_{2max}$  تصبح أكسدة الدهون محدودة ويلزم مستوى محدد من تكسير الكربوهيدرات لاستمرار استخدام الدهون كمصدر للطاقة "فالدهون تحترق بشعلة الكربوهيدرات" إن جليكوجين العضلة هو المصدر الأساسي لمعظم التدريبات حيث أن الدهون تحتاج إلى ٢٠ دقيقة حتى يمكن أن تكون جاهزة و متاحة للعضلات كمصدر للطاقة على شكل أحماض دهنية حرة ، معظم الرياضيين لا يتدربون لفترة طويلة تسمح بحرق كمية كبيرة من ادهون لتكون مصدرا للطاقة أثناء التدريب ولكن معظم

الرياضيين يتدربون بشدة ٧٠%  $VO_{2max}$  وهذه الشدة تحد من استخدام الدهون كمصدر للطاقة حيث يكون الجليكوجين هو المصدر الأساسي للطاقة (٩٧ : ٢٢) ، (٤٣ : ٢٨)

### الحالة التدريبية Training state

تذكر جاكولين و سوزان (١٩٩٨) Jacqueline & Suzanne أن تدريبات التحمل تسبب تكيفات عديدة والتي تسهل استخدام الدهون فكلما زادت كمية الدهون المؤكسدة كلما قلت كمية جليكوجين العضلة المستهلكة . إن توفير الجليكوجين يعتبر عامل مساعد على التحمل لأن مخازن جليكوجين العضلة محدودة بينما مخزون الدهون أكثر وفرة.:

أولا : تدريبات التحمل تزيد الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين  $VO_{2max}$  بزيادة الحد الأقصى للدفع القلبي maximum cardiac output وتحسن قدرة العضلات على استخلاصها للأوكسجين من الدم

ثانيا : تدريبات التحمل ترفع من مستوى العتبة الفارقة threshold لتراكم حمض اللاكتيك في الدم فقد وجد أن الأفراد غير المدربين يتراكم عندهم حامض اللاكتيك عند مستوى ٥٠%  $VO_{2max}$  بينما رياضيو التحمل يتراكم عندهم حامض اللاكتيك عند مستوى ٧٠%  $VO_{2max}$  ، إن حامض اللاكتيك يزيد من معدل سرعة تكسير جليكوجين العضلة وتؤدي زيادة العتبة الفارقة لتراكم حامض اللاكتيك في الدم إلى استخدام كمية أكثر من الدهون كمصدر للطاقة .

ثالثا : تزيد تدريبات التحمل كثافة الشعيرات الدموية بالعضلات the muscles capillary density وكثافة الميتوكوندريا التي تزيد أكسدة الدهون ، كما يزيد التدريب الرياضي سعة العضلة لتخزين الجليكوجين فمخزون الجليكوجين عند الأشخاص غير المدربين من ٨٠ : ٩٠ ملي مول/كجم تقريبا بينما يتراوح مخزون الجليكوجين عند رياضيو التحمل من ١٣٠ إلى ١٣٥ مل/كجم (٩٧ : ٢٣)

### النظام الغذائي Diet

تستخدم بعض النظم الغذائية للرياضيين تختلف في نسبة تكوينها من الكربوهيدرات والبروتين والدهون ويتعرض الباحث هنا لبعض هذه النظم حيث تذكر جاكولين وسوزان (١٩٩٨) Jacqueline & Suzanne إن نسبة الكربوهيدرات والدهون في الوجبة تحدد كمية الجليكوجين والدهون المستخدمة كمصدر للطاقة ، فالوجبة الغنية بالكربوهيدرات تزيد

استخدام الجليكوجين كمصدر للطاقة ، والوجبة الغنية بالدهون تزيد استخدام الدهون كمصدر للطاقة . ومع ذلك فالوجبة الغنية بالدهون تقلل من قدرة الرياضي على أداء التدريبات ذات الشدة العالية وتقلل القدرة على التحمل كنتيجة للمخزون الضئيل من جليكوجين العضلة . وعلى الرغم من عدم وجود ميزة عند تناول الرياضي لوجبات غنية بالدهون على الأداء فإن هناك فائدة تعود على أداء تدريبات التحمل عندما يتزايد استخدام الدهون حيث أن القدرة على استخدام الدهون ستوفر جليكوجين العضلة وتحسن التحمل ( ٩٧ : ٢٤ )

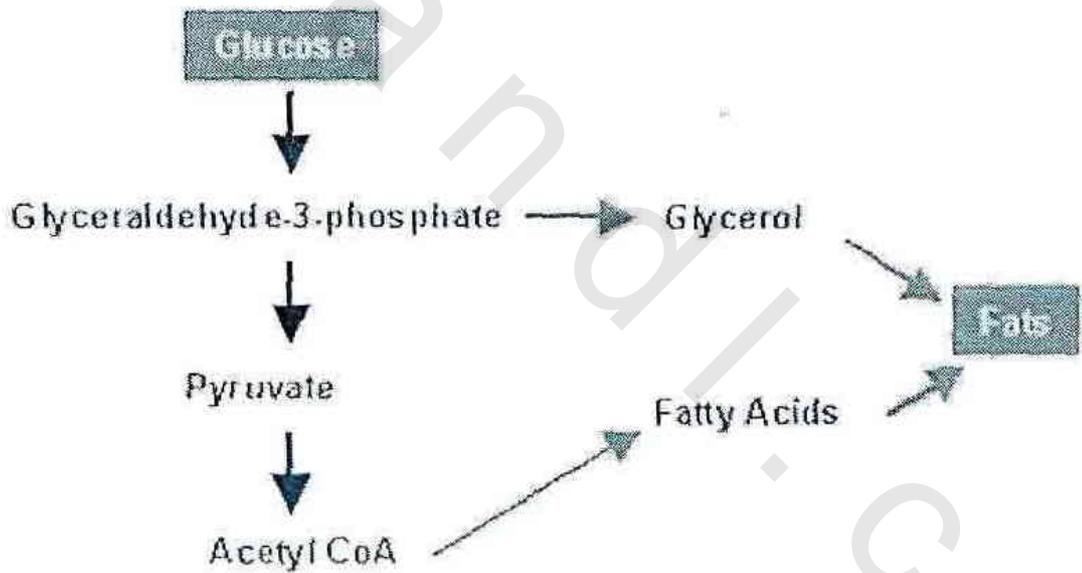
الوجبات مرتفعة الكربوهيدرات و منخفضة في الدهون

High carbohydrate-low fat diets.

يلاحظ أن الوجبات الغنية بالكربوهيدرات لن تقي الرياضي من تراكم الدهون ، فيمكن للجلكوكوز أن يتحول إلى أحماض دهنية و جليسرول عن طريق استيل كوانزيم أ acetyl CoA وجليسرألدهيد ٣ فوسفات glyceraldehyde 3 phosphate على التوالي (شكل رقم ٣)

الوجبات الغنية بالدهون وقليلة الكربوهيدرات Starvation diets

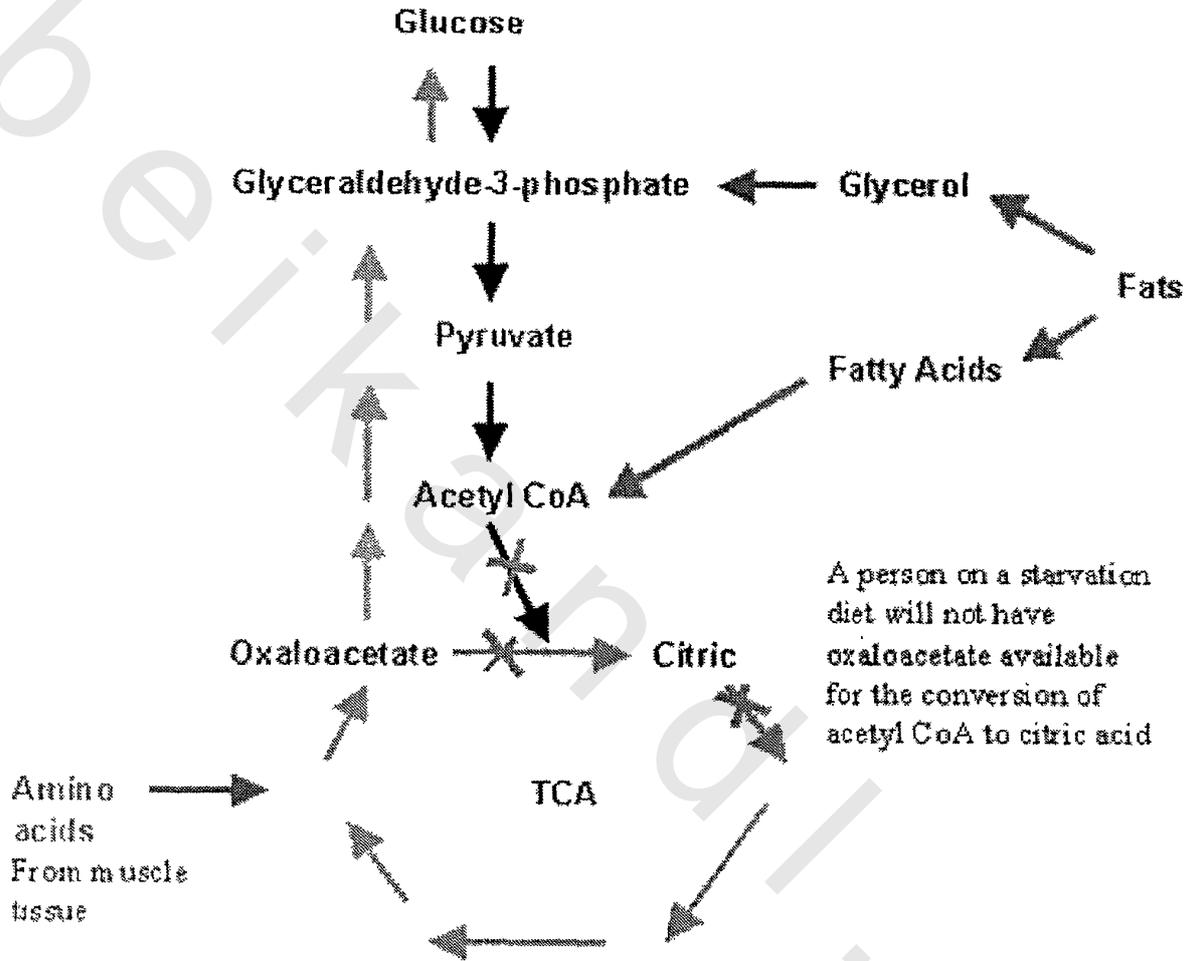
إن الوجبات الغنية بالدهون والمنخفضة في الكربوهيدرات تؤدي إلى تحول الدهون إلى حمض ستريك citric acid (شكل رقم ٤) . و الذي يتكون من الأوجز الواسيات oxaloacetate و الأستيل كو إنزيم أ Acetyl-CoA . و يمكن أن يتكون الأوجز الواسيات Oxaloacetate من تكسير بعض الأحماض الأمينية فالرياضي الذي يتناول الوجبة الغنية بالدهون منخفضة الكربوهيدرات يحتاج لاستخدام الأوجز الواسيات في عملية تكوين الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية gluconeogenesis . وعلى ذلك فإن تكسير الأحماض الأمينية يستمر لتوليد ATP ، أما الأستيل كوانزيم acetyl-CoA فسوف يعمل خلال مسار بديل يؤدي إلى تكوين الأجسام الكيتونية ketone bodies ، و سيؤدي استمرار الحاجة للحصول على الأحماض الأمينية من النسيج العضلي إلى فقد العضلة muscle wastage (٨٠)



شكل رقم (٣)

يوضح مسار الجلوكوز للوجبة مرتفعة الكربوهيدرات (٧٩)

في هذا النوع من الوجبات يتحول G3P إلى جليسرول ويتحول الأسنيل كوا أنزيم إلى أحماض دهنية حيث يرتبط كل ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية مع جزء من الجليسرول لتكوين ثلاثي الجلسريد وهو الصورة البسيطة والطبيعية التي تختزن عليها الدهون بالجسم



شكل رقم (٤)

يبوض مسار الجلوكوز للوجبة مرتفعة الدهون منخفضة الكربوهيدرات (٧٩)

في هذا النوع من الوجبات تتحلل الدهون إلى G3P الذي يتحول إلى بيروفات ثم استئيل كوانزيم أ كما تحول الدهون إلى أستئيل كوانزيم أ (وذلك لنقص الكربوهيدرات بالوجبة)، إلا أن دورة كربس لن تتم نظرا لعدم وجود الأجزاء أسيتات الذي يتفاعل مع الأستئيل كوانزيم أ لتكوين حمض الستريك ويلجأ الجسم إلى تكوين الأجزاء أسيتات من الأحماض الأمينية الموجودة بالعضلات (نظرا لنقص البروتين بالوجبة) حتى يتمكن الجسم من الاستمرار في إنتاج الطاقة.

الوجبات مرتفعة البروتين منخفضة الدهون و الكربوهيدرات

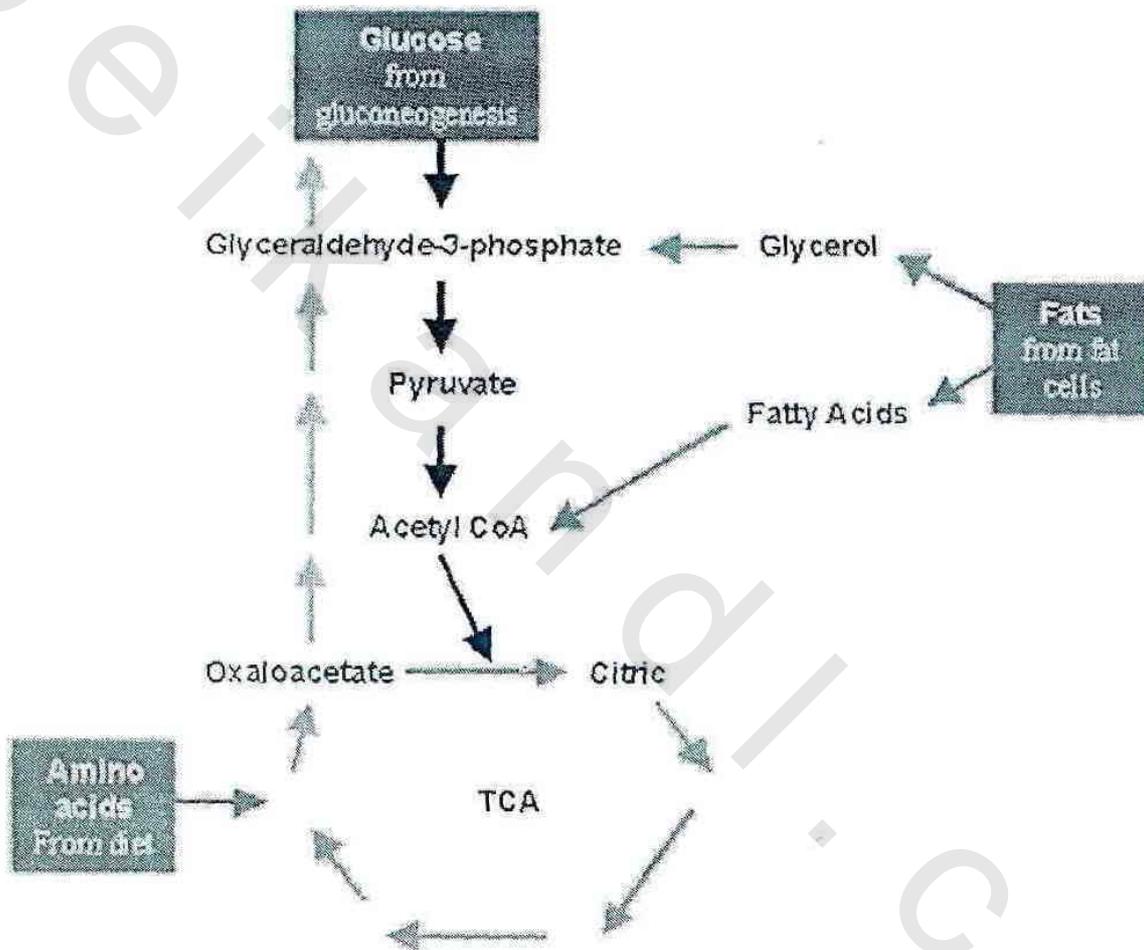
High protein, low fat, low carbohydrate diets.

إن الوجبات الغنية بالبروتينيات منخفضة الدهون و الكربوهيدرات تقدم آليات لاستهلاك الدهون (شكل رقم ٥) . تقدم الأحماض الأمينية بالوجبة الأوجز الواسيات oxaloacetate المطلوبة لتكوين الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية gluconeogenesis . وتقوم الأحماض الأمينية ودهون الجسم بالإمداد بـ ATP (٨٠)

## البيئة

يذكر ويليامز و ديفلين (١٩٩٢) Williams & Devlin إن التدريب في الجو الحار يزيد من استخدام جليكوجين العضلة "على الرغم من عدم اتفاق جميع الدراسات على ذلك" وهناك عوامل عديدة تؤثر على زيادة تحلل الجليكوجين في الجو الحار مثل قلة تدفق الدم إلى العضلات و تزايد درجة حرارة العضلة وارتفاع نسبة الكاتيولامين .

كما يزداد استخدام جليكوجين العضلة بدرجة أكبر عند أداء تدريبات خفيفة في درجة حرارة  $21^{\circ}\text{C}$  مقارنة بـ  $29^{\circ}\text{C}$  وعلى الرغم من ذلك فإن هذه الفروق لا تلاحظ عند أداء التدريبات ذات الشدة العالية. كما أمكن ملاحظة زيادة الكاتيولامين في الدورة الدموية أثناء الجو البارد . إن التعرض لبيئة ينقص فيها الأوكسجين hypoxic يرتبط بزيادة حمض اللاكتيك في الدم مما يعكس التحلل السريع للجليكوجين أو البطء في التخلص من حامض اللاكتيك ، كما أن استخدام الجلوكوز يتزايد في حالة الهيبوكسيا وهذا لا يتسبب بالضرورة في زيادة استخدام جلوكوز الدم حيث يوجد قي مثل هذه الحالات جلوكوز متراكم داخل خلايا العضلات المنقبضة (٤٣ : ٢٨)



شكل رقم (٥)

يوضح مسار الجلوكوز للوجبة مرتفعة البروتين منخفضة الدهون و الكربوهيدرات (٧٩)

في هذا النوع من الوجبات تنحلل دهون الجسم إلى جليسرول والتي يتحول إلى G3P الذي يتحول إلى بيروفات ثم إلى أستيل كوانزيم أ كما تتحول الحماض الدهنية إلى أستيل كوانزيم أ (وذلك لنقص الكربوهيدرات بالوجبة) الذي يتحد مع الأجزاء اسينات الذي تقدمه الوجبة الغنية بالبروتينات لتكوين حمض الستريك وتبدأ دورة كريبس وهذا النوع من الوجبات هو الأمثل للرياضيين الذين يودون خفض كمية الدهون المخزنة بالجسم

## العمر والجنس

يذكر ويليامز وديفلين (١٩٩٢) Williams & Devlin أنه لوحظ أن جليكوجين العضلة يكون أقل عند المختبرين الأكبر في العمر كما أن الإناث يعتمدن بنسبة أكبر على أكسدة الدهون أثناء التدريبات مقارنة بالذكور ولقد تم دراسة الاستجابات الأيضية للذكور والإناث أثناء التدريب عند ٦٠ - ٦٥%  $VO_{2max}$  فكان استهلاك جليكوجين العضلة أقل بنسبة ٢٥% والأكسدة الكلية أقل بنسبة ٤٣% في الإناث (٤٣: ٢٨)

## الجلوكوز glucose

يذكر أبو العلا عبد الفتاح (١٩٩٨) أن سكر الجلوكوز هو الشكل النهائي لعمليات هدم المواد الكربوهيدراتية في الجهاز الهضمي إلى أن ينتقل إلى الدم من الأمعاء الدقيقة على شكل سكر جلوكوز ومن الخصائص الهامة والأساسية للدم هي الحفاظ على مستوى سكر الجلوكوز في حدود معينة تضمن له القيام بدورة دون حدوث مضاعفات مرضية حيث يبلغ الحد الأدنى حوالي ٨٠ مليجرام أثناء الصيام ويصل الحد الأقصى إلى ١٢٠ مليجرام بعد الطعام وقد يرى البعض حدود أخرى تتراوح بين ٥٠ ملجم % كحد أدنى و ١٧٠ ملجم % كحد أقصى للجلوكوز بالدم (٣: ١٧٦)

## أهمية الجلوكوز

أوضح محمد الحماحمي (٢٠٠٠) أهمية الجلوكوز فيما يلي :

١- يعد الناتج النهائي لعملية هضم الكربوهيدرات ومصدرا هاما لتوليد الطاقة في جميع خلايا الجسم من خلال تأكسده كما يعد المصدر الرئيسي لإنتاج الطاقة في الخلايا العصبية وفي المخ .

٢- له دور رئيسي في عمليات التمثيل الغذائي كما تنتقل الكربوهيدرات داخل الجسم في صورة جلوكوز .

٣- يدخل أستيل جلوكوز أمين acetyl amine glucose وحامض الجلوكوزيك acid glucronic في تركيب كبريتات الكوندريتئين الموجودة في الغضاريف والعظام والهيبارين heparin الذي يفرزه الكبد لمنع تجلط الدم

- ٤- يتحد مع الجلكتوز ليكون مركب اللاكتوز .
- ٥- له دور يؤديه في عملية التخلص من بعض المركبات السامة toxicants وطردها خارج الجسم .
- ٦- يتحول إلى جليكوجين ويخزن في الكبد وفي العضلات لحين حاجة الجسم إليه لتوليد مقدار من الطاقة . (٣٤ : ٩٧)

### التفاعل الفردي لتحلل الجلوكوز The Individual Reactions of Glycolysis

إن مسار تحلل الجلوكوز يبدو وكأنه مكون من مرحلتين منفصلتين . في المرحلة الأولى يستخدم جزيئين ATP لتحويل الجلوكوز إلى فركتوز -١,٦- ثنائي فوسفات fructose-1,6-bisphosphate (F-1,6-BP) وفي المرحلة الثانية تتحلل فركتوز -١,٦- ثنائي فوسفات (F-1,6-BP) إلى بروفات مع إنتاج أربع جزيئات ATP و جزيئين NADH (٧٨) (شكلي ٦ - أ) ، (٦ - ب)

### تحلل الجلوكوز لا هوائي Anaerobic Glycolysis

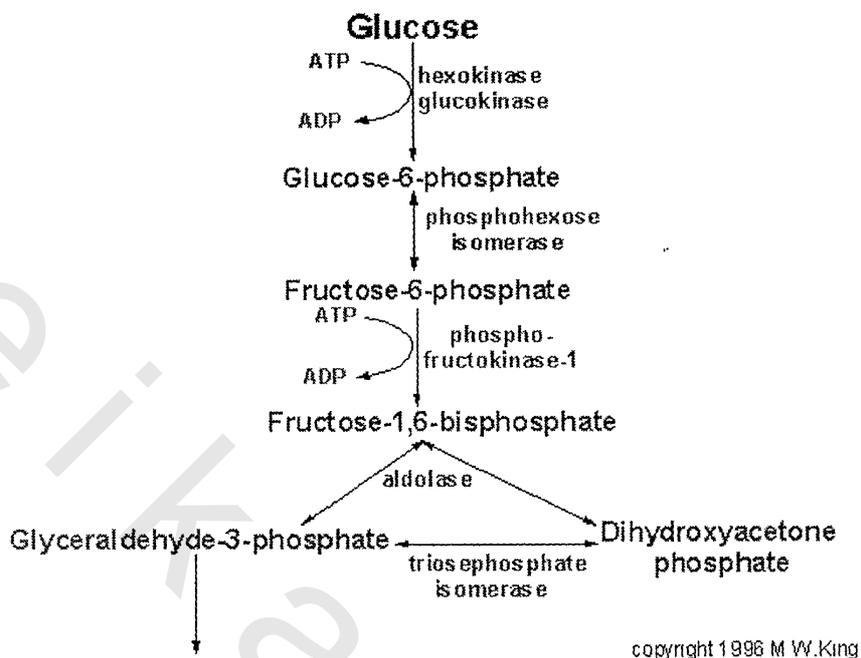
في حالة العمل الهوائي يؤيض البيروفيك في معظم الخلايا عن طريق دورة كربس . وفي حالة العمل اللاهوائي ، وفي كرات الدم الحمراء في حالة العمل الهوائي يتحول البيروفيك إلى لاكتيك عن طريق إنزيم لاكتات ديهيدروجيناز lactate dehydrogenase (LDH) وتنتقل اللاكتات خارج الخلية إلى الدورة الدموية . إن تحول البيروفيك إلى لاكتات في حالة العمل اللاهوائي يمد الخلية بآليات لأكسدة NADH (النتيجة أثناء تفاعل G3PDH) إلى  $NAD^+$  التي تحدث أثناء تنشيط لاكتات ديهيدروجيناز للتفاعل . هذا الاختزال مطلوب حيث  $NAD^+$  مادة أساس ضرورية لـ G3PDH وبدونها يتوقف تحلل الجلوكوز glycolysis will cease . في الحالة الطبيعية وأثناء تحلل الجلوكوز هوائيا تنتقل إلكترونات NADH السيتوبلازمية إلى الحاملات الميتوكوندرية لمسار الفسفرة التأكسدية oxidative phosphorylation pathway مولدة كميات مستمرة من NAD السيتوبلازمية . إن الجلطة الهوائية تولد كمية ATP أكثر عند أكسدة واحد جزئ جلوكوز مما تنتجه الجلطة اللاهوائية ، ولكن فائدة الجلطة اللاهوائية للخلية العضلية عند حاجتها لكمية كبيرة من الطاقة تأتي من حقيقة أن معدل تكوين ATP من الجلطة اللاهوائية أسرع ١٠٠ مرة تقريبا من الفسفرة

التأكسدية oxidative phosphorylation . و لا تحتاج الخلية العضلية أثناء الإجهاد إلى مسارات تفاعل بناء الطاقة ، حيث إن المتطلبات هي توليد أكبر كمية من ATP لانقباض العضلة في أقل وقت ممكن . (٧٨)

### انتقال الجلوكوز Glucose transport

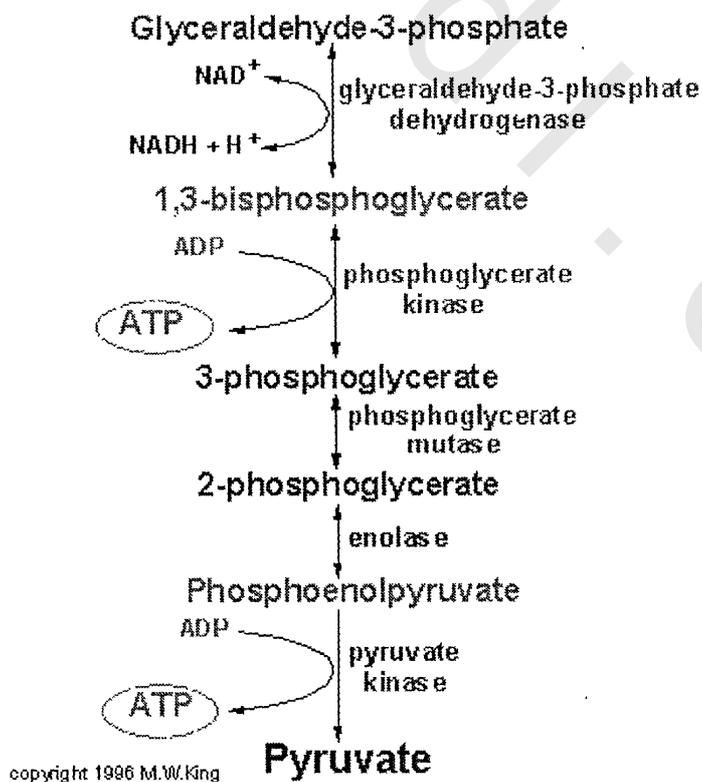
لا يمكن للجلوكوز أن ينفذ من خلال أغشية الخلايا. لذا فإن بالخلايا ناقل بروتيني يسمح للجلوكوز بعبور الغشاء و توجد ناقلات خاصة للجلوكوز (ناقل بروتيني) في جدار الأمعاء حيث يلتقط جزيئات الجلوكوز ويعبر بها للجانب الآخر. وبذلك يمكنها النفاذ للدورة الدموية . هذا الناقل يحتاج لأيون الصوديوم لمساعدته على الأداء . (وهذا هو سبب إضافة الملح للعديد من المشروبات الرياضية) (٨٤) والنواقل الموجودة في معظم الخلايا خاملة و يقوم البروتين بدور الإنزيمات لتحريك الجلوكوز من التركيز العالي للتركيز المنخفض . انتقال الجلوكوز في معظم الخلايا غير محدود ولا يتحكم فيه . بينما في العضلات الهيكلية والنسيج الدهني توجد ناقلات جلوكوز خاصة منظمة بإحكام . و تحجز ناقلات الجلوكوز في حويصلات بهذه الخلايا. وعند إثارة الخلية (بواسطة الأستولين و في حالة العضلات عن طريق الانقباض العضلي) يتسبب في اندماج الحويصلات مع غشاء البلازما مما يؤدي إلى زيادة عدد الناقلات في الغشاء وعلى افتراض أن التركيز الخلوي للجلوكوز منخفض داخل الخلية عن خارجها. فإن الزيادة في عدد الناقلات تسبب زيادة معدل نقل الجلوكوز. (٥٩)

و ناقلات الجلوكوز تضم عائلة من خمسة أعضاء هي جلوت ١ حتى جلوت ٥ GLUT-1. GLUT-1 to GLUT-5 موزعة كليا في أنسجة عديدة ، GLUT-2 توجد أساسا في الأمعاء والكلية والكبد . GLUT-3 توجد أيضا في الأمعاء و GLUT-5 في المخ والخصية ، الأنسجة الحساسة للأستولين مثل العضلات الهيكلية والنسيج الدهني تحتوي على GLUT-4. وعندما يتزايد تركيز جلوكوز الدم كاستجابة لتناول الغذاء فإن جزيئات GLUT-2 البنكرياسية تتوسط mediate الزيادة في امتصاص الجلوكوز الذي يؤدي إلى زيادة إفراز الأستولين (٧٨)



شكل رقم (٦ - أ)

مسار تحلل الجلوكوز (المرحلة الأولى) (٧٨)



شكل رقم (٦ - ب)

مسار تحلل الجلوكوز (المرحلة الثانية) (٧٨)

ويعتبر GLUT4 الأكثر أهمية حيث تنتقل من أماكن تخزينها داخل الخلية إلى غشاء البلازما بواسطة الأنسولين و الانقباض العضلي (٦٤)

### فسفرة الجلوكوز Glucose phosphorylation

يذكر مارك براندت (٢٠٠٠) Mark Brandt أن فسفرة الجلوكوز تتم داخل الخلية لإنتاج جلوكوز -٦- فوسفات و هدف التفاعل هو تعديل درجة التركيز (لأنه بمجرد أن يفسفر الجلوكوز لم يعد جلوكوز) ويحجز الجلوكوز -٦- فوسفات داخل الخلية (لأن الجلوكوز -٦- فوسفات لا يستطيع الانتقال بواسطة ناقلات الجلوكوز) و تعتبر فسفرة الجلوكوز في جميع الخلايا خطوة تنظيمية على الرغم من أن التنظيم يختلف إلى حد ما اعتمادا على نوع الخلية ، و تتم فسفرة الجلوكوز بواسطة وحدتين إنزيميتين مختلفتين Isozymes إحدهما هو هكسوكيناز Hexokinase الذي يتواجد في معظم الخلايا وله قوة جذب كبيره للجلوكوز. إن معظم الأنسجة تحجم عن امتصاص الجلوكوز بكمية كبيرة حيث أن هكسوكيناز يثبط عن طريق الجلوكوز -٦- فوسفات الذي ينتجه. أما الخلايا العضلية فتحثوي على نسبة تركيز عالية من الهكسوكيناز وعادة ما تنظم عملية فسفرة الجلوكوز في الخلايا العضلية بواسطة امتصاص الجلوكوز (بواسطة ناقل الجلوكوز) وليس بنشاط الهكسوكيناز وهذا يظهر بوضوح عند الانقباض العضلي عندما يستخدم الجلوكوز -٦- فوسفات بسرعة عالية ولذلك يمنع تثبيط الهكسوكيناز . وللكبد والبنكرياس وحدة إنزيمية مختلفة Isoenzyme مختلف وهو الجلوكوكيناز Glucokinase وله قدرة منخفضة على جذب الجلوكوز ولا يثبط بالجلوكوز -٦- فوسفات . ولكن يتزايد تركيز الجلوكوكيناز بواسطة الأنسولين . كما أن نشاط الجلوكوكيناز ينظم بواسطة تركيز الجلوكوز.(٦٠)

### التنظيم الهرموني Regulatory hormones

تذكر جاكولين وسوزان (١٩٩٨) Jacqueline & Suzanne أن هناك خمس هرمونات تنظم مستويات الجلوكوز في البلازما ومعدل تحلل الجليكوجين وهي: الأنسولين - الجلوكاجون - أبيتفرين - كورتيزول - هرمون النمو ، يتسبب الأنسولين في خفض نسبة جلوكوز البلازما بينما ترفعه الهرمونات الأخرى ، هرموني الأنسولين و الجلوكاجون

هما الهرمونان الأساسيان اللذان يحافظان على المستوى الطبيعي للجلوكوز في البلازما بينما تقوم الهرمونات الأخرى بتغيير جلوكوز البلازما لأغراض محددة أو تحاول مواجهة التأثير الزائد للأسولين (٩٧: ٢١). الأتسولين و الجلوكاجون والابنفرين تنظم التحكم في نشاط الإنزيمات الموجودة عن طريق إثارة عمليات الفسفرة أو فقد الفسفرة للبروتين . (٥٩) و ينظم جسم الإنسان بعناية مستوى جلوكوز الدم بسبب متطلبات المخ من أكسدة الجلوكوز و يحافظ على هذا المستوى في حدود ٥ ملي مول . تتحول كل الكربوهيدرات تقريبا التي تتناول في الوجبة إلى جلوكوز وتنتقل إلى الكبد و يستجيب الكبد للإشارات التي تدل على انخفاض أو ارتفاع مستوى جلوكوز الدم ، فإمداد الدورة الدموية بالجلوكوز إحدى أهم الوظائف الهامة للكبد ، إن ارتفاع أو انخفاض مستويات جلوكوز الدم تطلق الاستجابات الهرمونية فتبدأ مساراتها لاستعادة توازن الجلوكوز . فالمستويات المنخفضة من الجلوكوز تحرر الجلوكاجون من خلايا ألفا البنكرياسية  $\alpha$  cells-pancreatic و المستويات العليا من الجلوكوز تحرر الأتسولين من خلايا بيتا البنكرياسية  $\beta$  cells-pancreatic ، الإشارات الإضافية ، هرمون ACTH وهرمون النمو يتحرران من الغدة النخامية لزيادة جلوكوز الدم عن طريق تثبيط الامتصاص بواسطة الأنسجة خارج الكبدية ، ويقوم أيضا جلوكوكورتيكويد Glucocorticoids بزيادة مستويات جلوكوز الدم بتثبيط امتصاص الجلوكوز ، ويفرز الكورتيزول (الذي يتحرر من قشرة الغدة الكظرية) كاستجابة لزيادة هرمون ACTH في الدورة الدموية . هرمونات نخاع الغدة الكظرية adrenal medullary الابنفرين epinephrine ينبه لإنتاج الجلوكوز بتنشيط تحلل الجليكوجين glycogenolysis كاستجابة لحافز الضغط stressful stimuli

يرتبط الجلوكاجون بمستقبله على سطح خلايا الكبد فتثير زيادة في إنتاج cAMP مما يؤدي إلى زيادة تحلل الجليكوجين glycogenolysis بواسطة إنزيم جليكوجين فوسفوريلاز glycogen phosphorylase عن طريق توسيط إنزيم بروتين كيناز - PKA mediated وهي نفس استجابة الخلايا الكبدية لتحرير الابنفرين و محصلة تزايد مستويات جلوكوز -٦- فوسفات في الخلايا الكبدية هو تحللها المائي hydrolyzed إلى جلوكوز حر " بواسطة إنزيم جلوكوز -٦- فوسفاتاز glucose-6-phosphatase والذي ينتشر بعد ذلك في الدم . ويدخل الجلوكوز الخلايا خارج الكبدية حيث يتم إعادة فسفرته re-phosphorylated باستخدام إنزيم هكسوكيناز hexokinase ونظرا لعوز العضلات وخلايا

المخ للجلوكوز -٦- فوسفات فإن الجلوكوز -٦- فوسفات المنتج من الهكسوكيناز يحتجز ويؤكسد بواسطة هذه الخلايا.

ولمقابلة استجابات الخلايا للجلوكاجون (والابينفرين في الخلايا الكبدية) يحفز الأنسولين الامتصاص خارج الكبدى extrahepatic للجلوكوز من الدم ويثبط تحلل الجليكوجين glycogenolysis في الخلايا خارج الكبدية وبالعكس يحفز تخليق synthesis الجليكوجين وعندما يدخل الجلوكوز إلى الخلايا الكبدية يرتبط مع إنزيم جليكوجين فوسفوريلاز glycogen phosphorylase ويثبط نشاطه . (٧٨)

### تنظيم جلوكوز الدم Regulation of Blood Glucose Levels

هناك أربع أنواع معروفة من الوحدات الإنزيمية للهكسوكيناز (١ - IV) ، نوع IV مثل جلوكوكيناز glucokinase ، والجلوكوكيناز شكل من الإنزيم يوجد في الخلايا الكبدية hepatocytes و الكمية الكبيرة من  $K_m$  للجلوكوكيناز تجاه الجلوكوز تعني أن هذا الإنزيم يتشبع فقط عند درجات تركيز عالية جدا من المادة الأساس substrate هذه الميزة للجلوكوكيناز الكبدى تسمح للكبد بتنظيم جلوكوز الدم . فالجلوكوز ينفذ إلى خلايا الكبد بحرية عكس معظم الخلايا الأخرى ولذلك فهي لا تتأثر أساسا بفعل الأنسولين عند المستوى الذي يتزايد فيه مستوى امتصاص الجلوكوز ، بعد تناول الوجبات ينشط إنزيم جلوكوكيناز glucokinase الكبدى نتيجة ارتفاع مستويات جلوكوز الدم والذي يسبب حجز الكبد وتخزينه لجلوكوز الدم (٧٨) ويتحول الجلوكوز -٦- فوسفات الذي ينتج بواسطة إنزيم جلوكوكيناز بسرعة إلى جلوكوز -١- فوسفات بواسطة إنزيم فوسفوجلوكوميتاز phosphoglucomutase والذي يمكن أن يندمج في الجليكوجين . (٦٠) . وعندما يتهاوى جلوكوز الدم لمستويات منخفضة جدا فإن أنسجة الكبد والكلى (التي تحتوي على إنزيم جلوكوكيناز ولكن لا تعتمد على الجلوكوز بنسبة كبيرة) تتوقف عن استخدام الإمدادات الهزيلة للجلوكوز التي لا تزال متاحة . وفي نفس الوقت تستمر أنسجة المخ التي تعتمد على الجلوكوز في استخدام جلوكوز الدم المتاح مستخدمة مستويات  $K_m$  المنخفضه للهكسوكيناز. وتحت حالات مختلفة من نقص الجلوكوز مثل الفترات الطويلة بين الوجبات ، ينبه الكبد لإمداد الدم بالجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية gluconeogenesis ولكن مستويات الجلوكوز المنتج خلال عملية gluconeogenesis غير كافية لتنشيط الجلوكوكيناز

مما يسمح للجلكوز بالخروج من الأنسجة الكبدية إلى الدم . إن تنظيم نشاطات الهكسوكيناز والجلكوكيناز أيضا مختلفة . فالهكسوكيناز Hexokinases I, II, and III جميعها allosterically تثبط بواسطة تراكم الجلكوز -٦- فوسفات بينما لا يحدث تأثير على الجلكوكيناز. (٧٨)

### الكربوهيدرات ومنع الإصابة Carbohydrate in preventing Injury

يرتبط كل من التعب والإصابة باستنفاد الجليكوجين. فالعضلات التي تتعب تفقد قوتها ، وتكون غير قادرة على حماية المفاصل . وترجع خطورة التعب في إن العمل الزائد **overworked** على العضلة وهي متعبه يتسبب في توظيف الرياضي لحركات زائدة بأشكال مختلفة مما يعرض العضلات المشاركة في تلك الحركات الزائدة لمتطلبات غير متوقعة مما يجعل إصابة المفصل أكثر توقعا. هناك مكونان مختلفان متعلقان بالتعب الذي يتزايد في العضلات ذو علاقة بالأبيض هما:

١- تراكم نواتج الأيض .

٢- استهلاك مصادر الطاقة .

مفهوم التراكم يتضمن زيادة كمية أيونات الهيدروجين (كنتيجة لتكوين حامض اللاكتيك) الذي يسبب تلف في الأنسجة المحيطة . والاستهلاك يتضمن تناقص كمية مصادر الطاقة الموجودة داخل الخلايا العضلية (ATP و الفسفوكرياتين و الجليكوجين) (٧٩) و هناك رأي شائع يرى أن تدريب العضلات المتعبة غالبا ما يتلف هذه العضلات ، وأيد هذا الرأي عندما أخذت عينات من الألياف العضلية للرياضيين و فحصت تحت المجهر .بينما مجموعة مختلفة من الباحثين اختبرت نسيج العضلات الهيكلية بأخذ عينة حية من عضلات رياضيين بعد تدريبات التحمل ، وقد وجدوا سوء **deterioration** وتدهور **degeneration** في البناء الداخلي لخلايا العضلة مع التهاب في النسيج العضلي **inflammation** وتزايد الارتشاح (الاستسقاء) **Oedema** في النسيج الضام وتدهور في الألياف العضلية ، ولا يتزامن هذا النوع من التلف **damage** العضلي مع الشعور بالألم ، بخلاف التلف الذي يحدث بعد تدريبات الانقباض العضلي اللامركزي **eccentric** و تدريبات الانقباض العضلي اللامركزي تحدث عندما تنقبض العضلة وهي في نفس الوقت تتمدد ومثال لذلك أثناء الجري لهبوط التل فعضلات الفخذ تتمدد بفعل قوة الجاذبية وفي نفس

الوقت تنقبض كجزء من ميكانيكية الجري". إن التدريب لمدة طويلة وتدريبات الانقباض العضلي اللامركزي يمثلان آليتان مختلفتان للتلف العضلي . والاثنان ينتهيان بنفس النتيجة . التلف العضلي الراجع إلى تدريبات الانقباض العضلي اللامركزي يبدو أن له أسباب ميكانيكية . إن زيادة التوتر بدرجة كبيرة في ألياف العضلة الواحدة خلال تمدد العضلة **muscle lengthening** ربما يسبب تلفها . ربما لا يكون استنفاد الجليكوجين مهما في حدوث الإصابة الناتجة عن تدريبات الانقباض العضلي اللامركزي ولكن بعض الخبراء يعتقدون أن إعادة تخزين الجليكوجين بعد هذا النوع من التدريبات ربما يعجل من عمليات الإصلاح (٨٦) . حيث يذكر أبو العلا عبد الفتاح (١٩٩٩) أنه يلاحظ خلال ١٢ - ٢٤ ساعة من هذه التدريبات أن الألياف العضلية التالفة يتسرب إليها مجموعة كبيرة من الخلايا الإلتهامية مثل كرات الدم البيضاء (الماكروفاغس) لكي تقوم بإزالة المخلفات الناتجة عن تلف الخلايا وهذه العملية قد تحتاج إلى كمية معينة من سكر الجلوكوز بالدم . (١٢٠: ١)

و بالمقارنة . فالتدريب لفترة طويلة مرتبط باستنفاد مخزون جليكوجين العضلة . والتي تتسبب في خفض إنتاج الطاقة . إن الضغط على العضلة لمحاولة إنتاج مستوى عالي من العمل والذي لا يقابله وجود كميات كافية من الطاقة يمكن أن تسهم في حدوث التلف العضلي عندما يتحلل الجليكوجين لوحدات الجلوكوز المكونة له يمكن أن تستخدم لإنتاج ATP . و التعب الحاد للرياضيين الذين يتدربون بشدات متوسطة وعالية مثل ٧٥%  $VO_{2max}$  مرتبط باستنفاد الجليكوجين اللازم لإمداد التحركات السريعة بالطاقة ، و يستمر مخزون الجليكوجين المخزن بالعضلات والكبد في الانخفاض بعد ٩٠ ق من هذا المستوى من التدريب .

عندما يبدأ جلوكوز الدم بالانخفاض تصبح العضلات أقل قدرة على استخلاص الجلوكوز الموجود بالدم ، حيث يتطلب الحفاظ على الجلوكوز اللازم لاستخدام المخ . سيكون هناك عجز بين متطلبات الخلايا العضلية من الجلوكوز وبين الكمية المتوفرة . ويبدأ ظهور التعب وعدم الراحة **discomfort** ومن ثم يزيد احتمال حدوث الإصابة (٨٥)

عندما تزيد شدة التدريب لتصل إلى ٧٥ - ٩٠% من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين ربما يعاني الرياضيون المدربون من التعب الناتج عن كل من عوامل الاستنفاد والتراكم (استنفاد الجليكوجين وتراكم حامض اللاكتيك) وتتسبب التدريبات المتقطعة في

استنفاد الجليكوجين وبالتالي فإن تبادل العدو sprinting والمشى في مباراة مثل كرة القدم سوف ينتهي باللاعبين إلى انخفاض الجليكوجين ، لذا ترتبط معظم إصابات الرياضيين باستنفاد الجليكوجين خاصة للأشعة التي تؤدي بشدة متوسطة لفترة تزيد عن الساعة وهناك العديد من الدراسات تدعم هذا فقد توصلت هذه الدراسات إلى أن التدريبات الطويلة بشدة متوسطة والتدريبات المتقطعة intermittent التي تتزامن مع استنفاد جليكوجين العضلة مرتبط بالإصابة وفي دراسة عن الإصابات أثناء هبوط التل لمتزلجي الجليد استخدم عينة حية من العضلة muscle biopsies ، وقد تبين أن هناك نقص كبير في محتوى جليكوجين العضلة بعد انتهاء يوم كامل من تزلج هبوط التل downhill skiing واستخلص الباحثون أن استنفاد مخزون الجليكوجين هو السبب في زيادة الإصابات الحادثة في نهاية اليوم. (٧٩)

## التعب Fatigue

### تعريف التعب

يعرف عمار قبع (١٩٨٩) التعب بأنه هبوط وقتي في المقدرة على الاستمرار في أداء العمل (٢٧: ٧٩) كما يعرفه سكوت (١٩٩٤) Scott بأنه عدم القدرة على الحفاظ على القدرة أو القوة أثناء تكرار الانقباض العضلي (١١٩: ٤٢٢) كما يعرف أبو العلا عبد الفتاح (١٩٩٨) التعب العضلي بأنه هبوط وقتي في المقدرة على الاستمرار في أداء العمل (٣: ١٠٩) كما يعرف أيضا التعب العضلي فسيولوجيا (١٩٩٩) نقلا عن إنوكا وستيوارت (١٩٩٢) Enoka & Stuart بأنه عدم المقدرة على الاستمرار في الاحتفاظ ببذل الجهد (١: ٢٥).

### أنواع التعب

لقد قسم العلماء التعب تبعا لنوع النشاط المؤدى إلى أربعة أقسام هي:

١- التعب الذهني

٢- التعب الحسي

٣- التعب الانفعالي

#### ٤- التعب البدني :

أ- التعب الموضعي

ب- التعب الجزئي

ج- التعب الكلي (١٥ : ٤٤) ، (١ : ١٦ ، ١٧)

#### أماكن حدوث التعب

يذكر على البيك وآخرون (١٩٩٥) أن الأبحاث أثبتت أن التعب العضلي يمكن أن يحدث في الجهاز العصبي المركزي وفي الاتصال العصبي العضلي والعضلة نفسها وذلك حسب نوع النشاط المؤدى فالعمل العضلي الذي يستمر لفترة طويلة يؤدي إلى تعب الجهاز العصبي المركزي وكذلك النشاط الحركي الذي يتميز بصعوبة أداء المهارات الحركية لعدة ساعات بينما يحدث التعب في الاتصال العصبي العضلي في الأنشطة التي تتميز بالسرعة والقوة المميزة بالسرعة ويحدث التعب في العضلة في العمل العضلي الذي يتطلب أداء الوحدات الحركية البطيئة دون تركيز للجهاز العصبي (٢٥ : ٢٩)

#### الأسباب العامة للتعب

أهتم العلماء بدراسة الأسباب العامة للتعب ، وقد أمكن تقسيم هذه الأسباب إلى مجموعتين إحداهما الأسباب العامة للتعب الطرفي والأخرى الأسباب العامة للتعب المركزي

#### أسباب التعب الطرفي

أرجع سكوت وإدوارد (١٩٩٤) Scott & Edward أسباب التعب الطرفي إلى عوامل عصبية وميكانيكية وعوامل متعلقة بالطاقة.

#### العوامل العصبية Neural Factor

التعب الراجع إلى عوامل عصبية مرتبط بإخفاق الاتصال العصبي العضلي أو الساركوليميا أو الأنابيب المستعرضة .

## الاتصال العصبي العضلي Neuromuscular junction

يصل جهد الحركة إلى الاتصال العصبي العضلي حتى عند حدوث التعب وهناك اقتراح بأن هذا الاحتمال راجع إلى استنفاد الأستيل كولين أو انخفاض القدرة على إثارة . Motor end plat

## الساركوليميا والأنايبب المستعرضة Sarcolemma and Transverse Tubules

تؤكد الشواهد على أن الإثارة الكهربائية للعضلة بتردد عالي يؤدي إلى بطئ جهد الحركة بطول الساركوليميا والأنايبب المستعرضة وربما يكون هذا مرتبطا بتراكم  $K^+$  الذي يزيد عتبة الإثارة excitation threshold للغشاء . بالإضافة إلى أن تعديل وظيفة الأنايبب المستعرضة يؤدي إلى عدم انتظام تحرير  $Ca^{++}$  من الشبكة الساركوبلازمية حيث أن الانخفاض الحقيقي في  $Ca^{++}$  السيتوبلازمي يحتاج إليه لتحرير الطاقة في الكوبري المتقاطع cross-bridge للميوسين .

## العوامل الميكانيكية Mechanical Factors

إن العامل الميكانيكي الأول الذي ربما يكون مرتبطا بالتعب هو الكوبري المتقاطع cross-bridge . ويعتمد عمل الكوبري المتقاطع على :

أ- التنظيم الوظيفي للأكتين والميوسين

ب- توافر الكالسيوم  $Ca^{++}$  للارتباط مع التروبونين للسماح للكوبري

المتقاطع بالارتباط مع المواقع النشطة على الأكتين

ج- ATP الذي يحتاج إليه لكل من تنشيط الكوبري المتقاطع ليسبب الحركة

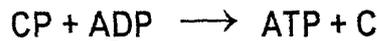
و انفصال الكوبري المتقاطع عن الأكتين .

إن تدريبات الانقباض العضلي اللامركزي eccentric يمكن أن تسبب تمزق جسد physical disruption الساركومير ويقلل من قدرة العضلة على الانقباض . كما إن زيادة تركيز أيونات الهيدروجين  $H^+$  الراجع إلى المستوى المرتفع لتكوين اللاكتيك ربما يتعارض مع ارتباط  $Ca^{++}$  مع التروبونين ويحد من الانقباض العضلي . إن أحد علامات التعب للانقباض العضلي الثابت Isometric counteraction هو طول وقت الاسترخاء relaxation time وهو الوقت من أقصى انقباض عضلي إلى الانقباض العضلي الأساسي baseline

tension . طول وقت الاسترخاء هذا راجع إلى بطئ دوران الكوبري المتقاطع نتيجة عدم إعادة ضخ  $Ca^{++}$  إلى الشبكة الساركوبلازمية بالسرعة الكافية و (أو) عدم كفاية الـ ATP الذي يحتاج إليه لفصل الكوبري المتقاطع كما يحتاج إليه لضخ  $Ca^{++}$  .

### طاقة الانقباض Energetic of contraction

يمكن أن يشاهد التعب كنتيجة لعدم التوازن بين متطلبات العضلة من ATP و القدرة على إنتاجه ، فعندما يبدأ التدريب وتزداد الحاجة إلى ATP تحدث سلسلة من التفاعلات لإنتاج ATP فبينما تستخدم الكباري المتقاطعة ATP ويتولد ADP يقوم الفسفوكرياتين بالإمداد الفوري بالفوسفات لإعادة إنتاج ATP



وعندما يستنفد الفسفوكرياتين يتراكم ADP وتبدأ تفاعلات إنزيم myokinase لإنتاج

ATP



وتتراكم كل هذه النواتج يحفز عمليات الجلوكزة لإنتاج كميات إضافية من ATP والتي ربما تسبب تراكم  $H^+$  .

بينما المتطلبات من ATP تستمر وتتجاوز المتاح فإن نوع آخر من التفاعلات يحدث في الخلية للحد من العمل وحماية الخلية من التلف . فالشعور بالتعب يخدم وظائف الحماية ، وعندما لا تستطيع آليات إنتاج ATP في الاستمرار يتراكم AMP وربما يؤيض إلى IMP إينوزين مونو فوسفات و أمونيا .



وتزداد IMP و الأمونيا مع زيادة شدة التدريبات واستنفاد جليكوجين العضلة ، وإذا زاد تراكم الأمونيا في البلازما ربما تتأثر وظائف الجهاز العصبي المركزي. (١١٩ : ٤٢٤)

### أسباب التعب المركزي : Central Fatigue

يذكر دافيز (١٩٩٥) Davis أن فرضية التعب المركزي تقترح أن زيادة سيروتونين المخ يمكن أن يسبب التدهور في أداء التدريب . حيث توجد الآن شواهد قاطعة على تزامن التريببتوفان الحر في البلازما (f-TRP) و نسبة سلسلة الأحماض الأمينية

المتفرعة BCAAs مع زيادة سيروتونين المخ وبداية التعب أثناء التمرينات الطويلة (٥٠) ، والسيروتونين هي مادة كيميائية يقوم المخ بتصنيعها من حامض أميني يسمى تريبتوفان Tryptophan وتقوم هذه المادة بوظيفتها كناقل عصبي Neurotransmitter ، وقد وجد أن لها تأثير تثبيطي Inhibitory Effect لذلك يرتبط زيادة تركيزها في المخ بزيادة التعب والنوم (١ : ٢٦) وقد أجريت العديد من الدراسات للتعرف على تزايد نشاط سيروتونين المخ وأثره على التعب فقد أجرى ويلسون و ماوغان (١٩٩٢) Wilson & Maughan دراسة على سبعة مختبرين تدرّبوا على دراجة أرجومترية بشدة ٧٠% من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين حتى الإجهاد وذلك بعد تناولهم إما محلول بلاسبو أو ٢٠ ملجرام من مادتي فلوكستين أو باروكستين paroxetine or fluoxetine وهما مادتان تمنعا إعادة إمتصاص السيروتونين في نهاية العصب ما قبل التشابك مما يؤدي إلى زيادة نسبته ، وقد توصل الباحثان إلى حدوث التعب مبكرا أثناء العمل على الدراجة عند تناول هذه المادة عنه عند تناول البلاسبو (١٢٦) . كما يذكر دايفز وآخرون (٢٠٠٠) Davis et al. عن نيوشولم وآخرون (١٩٩٦) أن أحد المعاني التي تتضمنها فرضية التعب المركزي هي التعامل الغذائي الذي يمكن أن يعدل من الكيميائية العصبية للمخ وآداء التدريب و هناك مجالان أساسيان يتم التركيز عليهما يتضمنان تناول الكربوهيدرات و سلسلة الأحماض الأمينية المتفرعة BCAAs & CHO . وهما أن امتصاص BCAAs سوف يخفض من نسبة التريببتوفان الحر BCAAs في البلازما ويفترض تكوين السيروتونين بسبب انخفاض انتقال التريببتوفان الحر عبر الحاجز الدموي للمخ blood-brain barrier . حيث يتنافس BCAAs مع التريببتوفان الحر على نفس الناقل عبر الحاجز الدموي للمخ blood-brain barrier ، وبالتالي فإن انخفاض هذه النسبة يقلل من كمية التريببتوفان الحر الذي يدخل المخ ، وبهذه الوسيلة تحد من تكوين السيروتونين (٤٥) . يزيد مستوى تركيز السيروتونين في المخ كنتيجة مباشرة لزيادة انتقال التريببتوفان من الدم إلى المخ الذي يقوم بتحويله إلى السيروتونين و يوجد التريببتوفان في الدم على صورتين في إحداهما يكون مرتبطا ببروتين الألبومين Albumin والأخرى غير مرتبط أي تريبتوفان حر free tryptophan وهذا النوع يتنافس للانتقال من الدم إلى المخ مع مجموعة من الأحماض الأمينية الأخرى تسمى سلسلة الأحماض الأمينية المتفرعة BCAAs وهي عبارة عن ثلاث أحماض أمينية أساسية هي الليوسين والايسوليوسين والفالين تستخدم في العضلات لتشكيل الطاقة ويزداد معدل

أكسدتها أثناء التدريب ، ونتيجة لهذا التنافس بين BCAAs والتريبتوفان لدخول المخ تقل كمية التريبتوفان التي تدخل المخ ، وبذلك تقل فرصة حدوث التعب المركزي أثناء الراحة ، ولكن على العكس من ذلك عندما يزيد التريبتوفان في الدم أثناء العمل العضلي تزيد بالتالي فرصة انتقاله من الدم إلى المخ ، وبالتالي يتحول في المخ الي HT -5 مسببا التعب المركزي . وترجع زيادة التريبتوفان في الدم نتيجة عاملين هما انخفاض تركيز BCAAs وزيادة تركيز الأحماض الدهنية نتيجة العمل العضلي لفترة طويلة . و ينخفض تركيز BCAAs في الدم نتيجة زيادة أكسدتها في العضلات لإنتاج الطاقة في أثناء العمل العضلي لفترة طويلة ، وهذا النقص يزيد من نسبة التريبتوفان إلى BCAAs مما يعطي فرصة اكبر لتفوق دخول التريبتوفان إلى المخ ( ١ : ٢٧ ) ، وقد اهتم بلومستراند وآخرون Blomstrand et al. (١٩٩١) بتناول BCAAs لتأخير التعب المركزي أثناء الأنشطة الممتدة مثل الماراثون واختراق الضاحية للترحل على الجليد ومباريات كرة القدم . فعندما تناول المختبرون ٧,٥ - ٢١ جرام من BCAAs قبل واثاء التدريب فقد لوحظ تحسن طفيف في كل من الأداء البدني والعقلي لبعض المختبرين (٤١) ولكن نتائج فارنير وآخرون Varnier et al. (١٩٩٤) تشير إلى عدم حدوث تغيرات لتناول BCAAs تحت تأثير الجري على سير متحرك ( ١ : ٢٧ ) . ويذكر كلا من دافيز (١٩٩٥) Davis و أبو العلا عبد الفتاح (١٩٩٩) على أن تناول وجبات مع سلسلة الأحماض الأمينية المتفرعة BCAAs بجرعات منخفضة يكون لها تأثيرات بسيطة وربما تأثيرات ليست متعلقة بالمؤثرات المثبطة بتكوين سيروتونين المخ (التريبتوفان الحر بالبلازما/سلسلة الأحماض الأمينية المتفرعة) و حيث أن الجرعات الكبيرة تكون غير مستساغة ، وتقلل امتصاص الماء في المعدة و ربما تزيد احتمالية التركيز السام للأمونيا في البلازما ولهذا تأثير سلبي على التمثيل الغذائي في العضلة وتأثير سام على المخ .ولذا فإن تناول الكربوهيدرات يتسبب في انخفاض كبير في التريبتوفان الحر بالبلازما/سلسلة الأحماض الأمينية المتفرعة. (١ : ٢٧) ، (٥٠) وعند استمرار العمل العضلي لفترة طويلة ينخفض مخزون الجليكوجين في العضلات ولتعويض ذلك يزيد خروج الأحماض الدهنية من الخلايا الدهنية إلى الدم لأكسدتها في العضلات ( ١ : ٧٢ ) ونظرا لأن للأحماض الدهنية قدرة أعلى للارتباط بالألبومين عن التريبتوفان ، ونتيجة لذلك يزيد التريبتوفان الحر ونسبة التريبتوفان الحر إلى BCAAs في الدم ودخوله إلى المخ وبالتالي زيادة 5-HT وحدث التعب المركزي (٤٥ : ٨) . ويؤكد جاكم Jakem

(١٩٩٨) أن التدخل الغذائي يمكن أن يلعب دورا هاما في مقاومة التعب في الجهاز العصبي المركزي (٩٨) كما يذكر دافيز وبايلي Davis & Bailey (١٩٩٧) أن الدلائل تشير إلى أن الزيادة في نشاط السيروتونين أثناء التدريبات الطويلة تعجل حدوث التعب وعلى العكس من ذلك فإن النقص في نشاط السيروتونين يؤخر حدوث التعب ، والتعامل الغذائي صمم لكي يقلل تكوين السيروتونين في المخ أثناء التدريبات الطويلة لتطور أداء التحمل (٤٧) ، ويؤكد أبو العلا عبد الفتاح (١٩٩٩) على أن ذلك قد شجع الباحثين في مجال تغذية الرياضيين لدراسة كيف يمكن مقاومة التعب المركزي من خلال دراسة تأثير الكربوهيدرات للحفاظ على مخزون الجسم من الجليكوجين كخط دفاعي حتى لا يضطر الجسم لأكسدة BCAAs من جهة ولتقليل الحاجة إلى الدهون لإنتاج الطاقة أثناء العمل العضلي لفترة من جهة أخرى ، وبذلك يمكن تجنب التأثير السلبي لتناول BCAAs والاستفادة بتأثير الكربوهيدرات على تقليل تركيز التريبتوفان الحر ونسبة التريبتوفان إلى BCAAs في الدم وبذلك يتم تثبيط إنتاج HT-5 في المخ وبالتالي تأخير حدوث التعب المركزي (١ : ٢٧) .

### علاقة التعب بشدة ودوام التدريبات

صنف كل من أنيتا بين (٢٠٠٠) Anita Bean و أبو العلا عبد الفتاح (١٩٩٩) وعبد المنعم بدير (١٩٩٠) أسباب حدوث التعب حسب زمن الأداء والشدة ، فالأنشطة ذات الشدة القصوى والتي لاتزيد عن ٢٠-٣٠ ثانياً التي تتضمن إخراج أقصى قدرة يحدث التعب نتيجة لاستنفاد PC , ATP حيث متطلبات العضلات من ATP أزيد من المتوفر فيها ، كما يؤدي هذا النوع من الأنشطة إلى نشاط المراكز العصبية الحركية بالحد الأقصى لها لإحداث تيار مستمر من الإشارات العصبية الذي يوجه بصفة خاصة على الألياف العضلية السريعة وهذا يؤدي إلى سرعة حدوث التعب عن طريق الجهاز العصبي المركزي ، وأثناء الأنشطة التي تتميز بالشدة الأقل من القصوى تستمر من ٣٠ ثانية إلى ٣ دقائق يحدث التعب نتيجة لتراكم حامض اللاكتيك نتيجة لزيادة إنتاجه عن معدل التخلص منه ويقل جهد الأكسجين ويرتفع مستوى ثاني أكسيد الكربون مما يقلل من قدرة العمل للخلايا العصبية والتي تعتبر الأكثر حساسية لمثل هذه التغيرات في الدم . كما تحدث زيادة في حمضية العضلة للتدريبات ذات الشدة العالية التي تقارب النصف ساعة مما تقلل من قدرة العضلة على الانقباض حيث أن البيئة الحمضية التي تكون عليها العضلة تعمل على خفض قدرة

العضلات على الانقباض وتسبب موت الخلايا cell death . كما يحدث التعب أثناء التدريبات ذات الشدة المتوسطة والعالية والتي تستمر أزيد من ساعة نتيجة لاستنفاد الجليكوجين الموجود بالعضلة والكبد حيث أن هذه الكمية محدودة ونتيجة لذلك يحدث نقص السكر hypoglycemia ، وأثناء الشدة المنخفضة فإن التعب يحدث أثناء التدريبات التي تستمر لأزيد من ثلاث ساعات بسبب عوامل إضافية حيث يكون المخزون من الجليكوجين قد استنفذ ويتحول الجسم للنظام الهوائي الدهني aerobic biolytic system حيث يعتمد الجسم على الدهون لإمداده بالطاقة بنسبة كبيرة إلا إنه على الرغم من توافر الدهون بالجسم فإن الرياضي لن يستطيع الاستمرار في التدريب وذلك لأن الدهون لا تتحول على طاقة بالسرعة الكافية لمقابلة متطلبات تدريب العضلات (٤٠ : ١٣) ، (١ : ٣٠ ، ٣١) ، (٢٣ : ٤٦)

#### درجات التعب

حدد أبو العلا عبد الفتاح (١٩٩٩) درجات التعب في : التعب الخفيف - التعب الحاد - الإجهاد - التدريب الزائد - الإعياء - الاضطراب العصبي (١ : ٣٣)

#### أعراض التعب

يلخص محمد عثمان (٢٠٠٠) أعراض التعب فيما يلي :

- ١- انخفاض في المستوى البدني والرياضي بصورة عامة .
- ٢- بطء ملحوظ في الأداء الحركي .
- ٣- انخفاض واضح في مستوى التوافق العضلي العصبي .
- ٤- زيادة الفترات الزمنية في قياسات سرعة رد الفعل .
- ٥- تأثر مستوى السرعة نسبيا .
- ٦- التأثير السلبي في مستوى القدرة الانفجارية .
- ٧- التأثير السلبي في مصادر إنتاج الطاقة .
- ٨- انخفاض مستوى الكالسيوم في الخلية .
- ٩- انخفاض في مستوى الجليكوجين .
- ١٠- انخفاض في انعكاس مستوى السكر في الدم .

١١ - ارتفاع واضح في مستوى معدل النبض . (٣٣ : ٢٠)

### التشابك العصبي Synapses

هو المكان الذي تنتقل خلاله النبضات العصبية من عصب لآخر (من العصب ما قبل التشابك إلى العصب ما بعد التشابك) (٧٢) و تعتمد عمليات الجهاز العصبي على تدفق المعلومات خلال دوائر محكمة (مغلقة) elaborate circuits مكونة من سلسلة من الخلايا العصبية مرتبطة وظيفيا بالتشابك العصبي Synapses وتعني كلمة syn باليونانية مفصل أو تشبك وهو اتصال مميز وفريد يتوسط نقل المعلومات من العصب للعصب التالي له أو بين العصب والخلية الفعالة.

معظم التشابكات العصبية تظهر بين نهايات المحور العصبي axonal endings لخلية عصبية والتفرعات الشجرية Dendrites أو أجسام الخلية (soma) للخلايا العصبية الأخرى وتسمى axodendritic or axosomatic synapses على التوالي والأقل شيوعا التشابكات بين المحاور axoaxonic Axons وبعضها البعض وبين التفرعات الشجرية dendrodendritic بعضها البعض أو بين التفرعات الشجرية وأجسام الخلية dendrosomatic (٥٢ : ٣٦٠)

و الخلية العصبية التي توصل النبضات تجاه التشابك synapse تسمى الخلية العصبية ما قبل التشابك - presynaptic neuron وهي الخلية المرسله للمعلومات information sender ، والخلية العصبية التي تنقل الإشارة الكهربائية بعيدا عن التشابك synapse تسمى الخلية العصبية ما بعد التشابك postsynaptic neuron وهي الخلية المستقبلية للمعلومات information recipient (٥٢ : ٣٦١)

### التشابك العصبي الكيميائي Chemical Synapses

يتم الانتقال عبر معظم التشابكات في الجهاز العصبي في اتجاه واحد وتحدث من خلال تحرر الناقلات العصبية الكيميائية من نهاية محور الخلية العصبية ما قبل التشابك ، وهذه النهايات للخلايا العصبية ما قبل التشابك تسمى الأزرار الطرفية terminal buttons وتفصل عن الخلايا العصبية ما بعد التشابك بما يسمى الفجوة التشابكية Synaptic cleft وهي ضيقة لدرجة أنها لا ترى إلا بالمجهر الإلكتروني .

## الناقل (السيال) العصبي Neurotransmitter

الناقلات العصبية هي المواد الكيماوية التي توصل النبضات العصبية في التشابك (٨٣) ولها خواص أوضحها عايش زيتون (١٩٩٤) فيما يلي :

- الخلية العصبية لها استجابة الكل أو العدم وبالتالي يتبع السيل العصبي قانون الكل أو العدم (all or non low) وعلية فإن قوة المنبه أو المثير العصبي ( بالمللي فولت) في أي ليف عصبي معين وتحت ظروف محددة هي ثابتة وغير معتمدة على قوة المثير ما دام أن المنبه هو فوق العتبة Threshold وكاف لإحداث استجابة في الليف العصبي .

- سرعة السيل العصبي تتراوح ما بين بضع سنتيمترات إلى حوالي ٢٠ متر / ثانية في الألياف العصبية وتتوقف سرعة السيل العصبي على عاملين هما:

- قطر الليف العصبي : حيث تتناسب سرعة السيل العصبي طرديا مع القطر.

- الغلاف الدهني (المائني) Myelin Sheath فالألياف العصبية المغلفة بالمادة الدهنية تنتقل المنبه العصبي بسرعة أعلى من نظيرتها غير المغلفة بالمواد الدهنية.

- يسير السيل العصبي داخل الجسم باتجاه سير المنبه من الزوائد الشجرية dendrites إلى جسم الخلية cell body ثم على طول المحور العصبي axon فالتفرعات النهائية ومنها ينتقل السيل العصبي إلى الزوائد الشجرية dendrites للخلية العصبية التالية ويرجع ذلك إلى أن التشابك العصبي يعمل بمثابة صمام ذي اتجاه واحد (٢٢ : ٢٧٨).

## تصنيف الناقل العصبي

كيميائيا هناك أربع تصنيفات classes من الناقلات العصبية :

١. الأستيل كولين Acetylcholine
٢. الأمينات البيوجينية biogenic amines (السيروتونين و الهستامين) والكاتيكولامين "الدوبامين والنورإبينفرين"
٣. الأحماض الأمينية المنبهة excitatory (جلوتامات glutamate وأسبرتات aspartate) والأحماض الأمينية المثبطة inhibitory حمض جاما امينوبيوتك (GABA) و جليسين glycine و تاورين taurine

٤. الببتيدات العصبية Neuropeptides وهناك أكثر من ٥٠ نوع تم التعرف عليها.

باستثناء الببتيدات العصبية neuropeptides التي تتكون في جسم الخلية العصبية وتنتقل إلى الحويصلات بطول المحور إلى النهايات الطرفية للمحور فإن جميع الناقلات العصبية الأخرى تتكون في النهايات الطرفية للمحور وتخزن في الحويصلات التشابكية (٨٢)

### آليات عمل الناقل العصبي

يذكر بيرس كولج (١٩٩٩) Pierce College أنه لكي يتحرر الناقل العصبي من داخل هذه الحويصلات إلى داخل الفجوة التشابكية ، يجب أن يندمج غشاء الحويصلات مع غشاء المحور في عملية تسمى exocytosis . تتحرر كمية الناقل العصبي بكميات مختلفة وفقا للكميات الموجودة داخل الحويصلة الواحدة وعدد الحويصلات التي exocytosis اعتمادا على تكرار تفاعل فرق الجهد الكهربائي المنتج في النهاية الطرفية لمحور الخلية ما قبل التشابك ، لذلك كلما ازدادت الإثارة لمحور الخلية العصبية ما قبل التشابك كلما زادت كمية الناقل العصبي الذي تحرره حويصلاته لتؤثر بدرجة أكبر على الخلية العصبية ما بعد التشابك. يثير جهد الحركة الواصل إلى النهاية الطرفية للمحور سرعة تحرر الناقل العصبي (١١٦ : ١٦٦)

كما يذكر أيضا بيرس كولج (١٩٩٩) Pierce College وصول جهد الحركة إلى النهاية الطرفية لمحور الخلية العصبية يؤدي إلى فتح قنوات الكالسيوم المنظمة للجهد الكهربائي و ينتشر الكالسيوم  $ca^{+2}$  داخليا هذا الانتشار يحفز الاندماج السريع للحويصلات التشابكية مع غشاء المحور وتحرر الناقل العصبي خلال عملية exocytosis ويؤدي انتشار الكالسيوم  $ca^{+2}$  في النهاية الطرفية للمحور إلى تنشيط البروتين المنظم regulatory protein داخل السيتوبلازم cytoplasm والمعروف باسم كالمودولين calmodulin و هو المنشط لإنزيم بروتين كيناز protein kinase الذي يقوم بفسفرة بروتين خاص في غشاء الحويصلة التشابكية synaptic vesicle يعرف باسم سينابسينس synapsins مما يؤثر على كمية الناقل العصبي الذي يتحرر عند تكرار إثارة العصب . و بمجرد تحرر جزيئات الناقل العصبي من النهايات الطرفية لمحور الخلية ما قبل التشابك presynaptic axon terminal

فإنها تنتشر بسرعة عبر الفجوة التشابكية synaptic cleft وتصل إلى غشاء الخلية العصبية ما بعد التشابك ، يرتبط الناقل العصبي حينئذ مع مستقبل بروتيني خاص specific receptor protein الذي هو جزء من غشاء الخلية ما بعد التشابك membrane of the postsynaptic cell ، للمستقبلات البروتينية صفات مميزة لها وفقا للناقل العصبي الخاص بكل منها والذي يرتبط مع neurotransmitter ligand ويقصد بهذا المصطلح الجزيء الصغير (الناقل العصبي) الذي يرتبط معه ويكون مركب ذو جزئ بروتيني أكبر (المستقبل) إن ارتباط neurotransmitter ligand مع المستقبل البروتيني الخاص به يسبب فتح قنوات الأيونات الموجودة في غشاء الخلية ما بعد التشابك و البوابات التي تنظم هذه القنوات تسمى بوابات التنظيم الكيميائية Chemically regulated gates لأنها تفتح كاستجابة للتغيرات الكيميائية في غشاء الخلية ما بعد التشابك . و تفتح بوابات التنظيم الكيميائي بآليات مختلفة و تختلف أيضا تأثيرات فتحها و غالبا ما ينتج عن فتح قنوات الأيونات فقد الاستقطاب "الجزء الداخلي لغشاء الخلية ما بعد التشابك يصبح أقل سلبية" هذا الفقد للاستقطاب يسمى فرق الجهد المثير للخلية ما بعد التشابك ( Excitatory Postsynaptic Potential (EPSP) لأن فرق جهد الغشاء يتحرك تجاه عتبة الجهد الحركي Threshold و في حالات أخرى يحدث زيادة الاستقطاب hyperpolarization "تزيد سلبية الجزء الداخلي لغشاء الخلية ما بعد التشابك بنسبة كبيرة" هذه الزيادة في الاستقطاب تسمى فرق الجهد المثبط للخلية ما بعد التشابك (Inhibitory Postsynaptic Potential (IPSP) لأن فرق جهد الغشاء يتحرك بعيدا عن عتبة الجهد الحركي. فرق الجهد المثير للخلية ما بعد التشابك (EPSP) ينبه الخلية ما بعد التشابك لإنتاج جهد الحركة و يقوم فرق الجهد المثبط للخلية ما بعد التشابك (IPSP) بمقاومة ذلك . (١١٦ : ١٦٧ ، ١٦٨)

### الأستيل كولين كناقل عصبي Acetylcholine as a Neurotransmitter

يذكر رون موجان وآخرون (١٩٩٧) Ron Maughan et al. أن الأستيل كولين يتكون في النهايات العصبية الحركية الطرفية للخلية العصبية بانتقال مجموعة الأستيل من أستيل كوايزيم أ Acetyl-CoA إلى الكولين Choline . والكولين ربما يعاد استخدامه recycled من الأستيل كولين الذي يحرر في التشابك العصبي . (١١٨ : ١٣١) كما يذكر مارريب و إلين (١٩٩٥) MaArieb & Elaine . أنه يتم تخزين الأستيل كولين في

الحويصلات vesicles وعندما تصل الإشارة العصبية إلى نهاية الخلية العصبية هذه الحويصلات تهاجر إلى غشاء الخلية plasmalemma وتندمج معها وتحرر الأستيل كولين في الفجوة و ينتشر الأستيل كولين في الفجوة العصبية العضلية (شكل رقم ٧) (١٨٩ : ٥٢)

كما يذكر أيضا بيرس كولج (١٩٩٩) Pierce College أنه عندما يرتبط الأستيل كولين بالمستقبل الخاص به فإنه يتسبب بصورة مباشرة أو غير مباشرة في فتح بوابات التنظيم الكيميائي في معظم الحالات فإنه ينتج فقد الاستقطاب الذي يسمى فرق الجهد المثير للخلية ما بعد التشابك EPSP وفي بعض الحالات يسبب الأستيل كولين الاستقطاب الزائد hyperpolarization المعروف باسم فرق الجهد المثبط للخلية ما بعد التشابك IPSP و يستخدم الأستيل كولين كناقل عصبي مثير بواسطة بعض الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي و أجسام الخلايا الحركية العصبية في الاتصال العصبي العضلي . neuromascular junction .

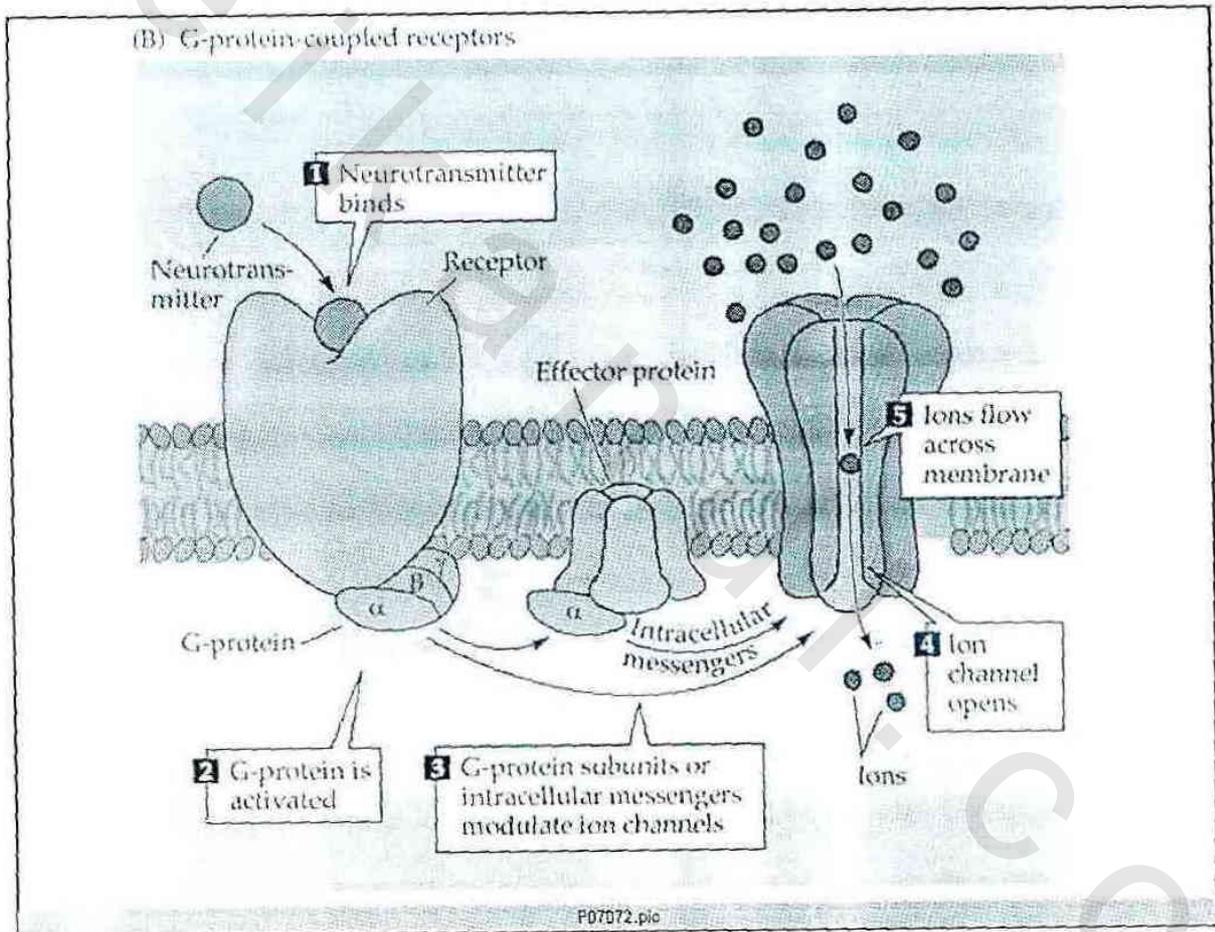
إن الاستجابات المختلفة للخلايا ما بعد التشابك تتضح فيما يلي :

هناك خلايا مختلفة ما بعد التشابك لها مستقبلات فرعية مختلفة من الأستيل كولين هذه الأنواع الفرعية من المستقبلات يمكن أن تثار بواسطة توكسينات خاصة particular toxins وتسمى بهذه التوكسينات ، (١١٦ : ١٦٨)

كما يذكر أيضا بيرس كولج (١٩٩٩) Pierce College إن التأثير المنبه للأستيل كولين على الخلايا العضلية الهيكلية ينتج بارتباط الأستيل كولين بمستقبل الأستيل كولين النيكوتيني Nicotinic A.Ch receptor وهكذا تسمى لأن النيكوتين يمكن أيضا أن ينبه هذه المستقبلات، و بمستقبلات الأستيل كولين المسكارينية muscarinic A.Ch receptors حيث أن هذا التأثير يمكن أن يحدث أيضا بواسطة المسكارين . إن ارتباط الناقل العصبي بالمستقبل البروتيني الخاص به يسبب فتح قنوات الأيونات بآليتين مختلفتين . هاتان الآليتان تظهران بفعل الأستيل كولين على الأنواع الفرعية لمستقبلات الأستيل كولين النيكوتيني والمسكاريني .



إن آليات فتح قنوات التنظيم الكيميائي في هذه الحالة : "قنوات الأيونات تفتح بواسطة الارتباط الحادث بين المستقبل والناقل العصبي" تحدث عندما يرتبط الأستيل كولين مع مستقبله الأستيل كولين النيكوتيني هذا المستقبل يتكون من خمس وحدات فرعية من البولي ببتيد polypeptide subunits تطوق قنوات الأيون ، واثنان فقط من هذه الوحدات الفرعية تحتويان على أماكن ارتباط الأستيل كولين حيث تفتح القنوات عندما يرتبط هذان الموقعان بالأستيل كولين و فتح هذه القنوات يسمح بالانتشار الداخلي للصوديوم والذي يؤدي إلى فقد الاستقطاب في الغشاء ما بعد التشابك ويؤدي إلى حدوث فرق الجهد المثير للخلية ما بعد التشابك EPSP ، بينما يتكون المستقبل المسكاريني للأستيل كولين من وحدة فرعية واحدة والتي يمكن أن ترتبط بجزء واحد من الأستيل كولين ، وبالعكس المستقبل النيكوتيني فإن هذه المستقبلات لا تحتوي على قنوات الأيون ، فقنوات الأيون منفصلة وتفصل البروتين الموجود على بعد قريب من المستقبلات المسكارينية . إن ارتباط الأستيل كولين بالمستقبل المسكاريني يسبب تنشيطها لمجموعة بروتينات في الغشاء تعرف بالـ G-protein وهناك ثلاث وحدات فرعية من الـ G-protein هي ألفا و بيتا و جاما وعند الاستجابة لارتباط الأستيل كولين بمستقبله تنفصل الوحدة الفرعية ألفا عن الوحدتين الفرعيتين الأخرتين (شكل رقم ٨) واللتين تتحدان معا لتكوين مركب بيتا و جاما و اعتمادا على حاله خاصة فكل من الوحدة الفرعية ألفا أو مركب بيتا-جاما ينتشر خلال الغشاء حتى ترتبط بقنوات الأيون مسببا انفتاحها وبعد فترة وجيزة تنفصل الوحدة الفرعية ألفا أو مركب بيتا - جاما عن قنوات الأيون وترجع إلى وضعها الأول وهذا يسبب غلق قنوات الأيون (١١٦ : ١٦٩)



شكل رقم (٨)

### دور الـ G-protein في فتح قنوات الأيون (٦٤)

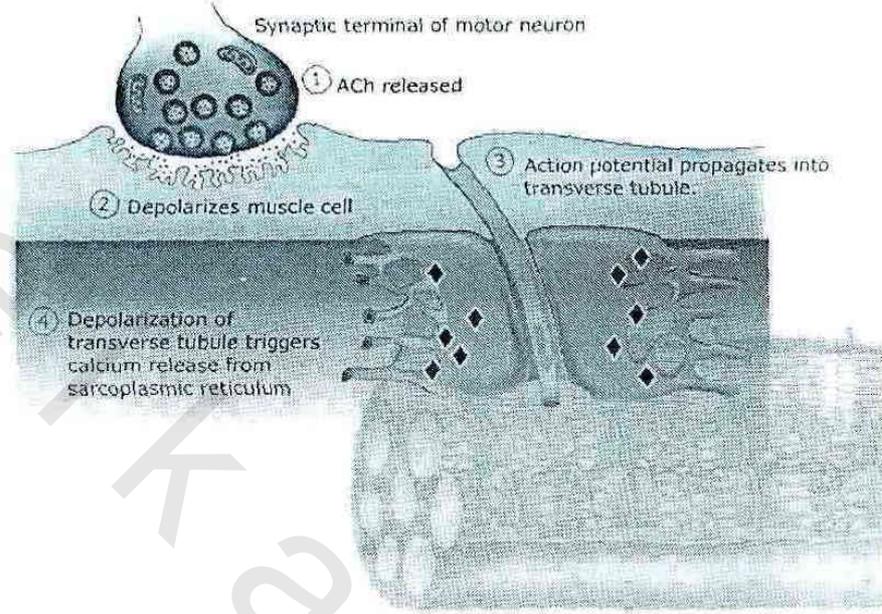
يتضمّن من الشكل : ١- ارتباط الناقل العصبي بمستقبله -٢- مما يؤدي إلى تنشيط بروتين G -٣- مما يؤدي إلى تعديل الوحدات الفرعية للبروتين G (ألفا) أو رسل ما داخل الخلية لقنوات الأيون -٤- التي تؤدي إلى فتح قنوات الأيون -٥- وانطلاق الأيونات عبر الغشاء.

## الأسيتيل كولين في الجهاز العصبي الطرفي

يذكر بيرس كولج (١٩٩٩) Pierce College أن أجسام الخلايا العصبية الحركية تكون تشابك مع خلايا العضلات الهيكلية (الألياف العضلية) في هذا التشابك أو في الاتصال العصبي العضلي فإن الغشاء ما بعد التشابك لليفه العضلية والمعروف بـ motor end plate لذلك فإن فرق الجهد المثير EPSP الذي يحدث بفعل الأسيتيل كولين في الغشاء ما بعد التشابك يسمى end plate potential . ويقوم فقد الاستقطاب بفتح بوابات تنظيم فرق الجهد القريبة من end plate وتنتج قنوات تنظيم فرق الجهد في الليفة العضلية جهد الحركة action potential و يعاد إنتاج جهد الحركة مرة أخرى بواسطة قنوات تنظيم جهد كهربى أخرى بطول غشاء الخلية العضلية . إن هذا الانتقال يشابه ما يحدث في انتقال جهد الحركة بواسطة المحاور . وترجع أهمية ذلك إلى أن جهد الحركة في الخلايا العصبية تنبه الانقباض العضلي (١١٦ : ١٧١ ، ١٧٢) .

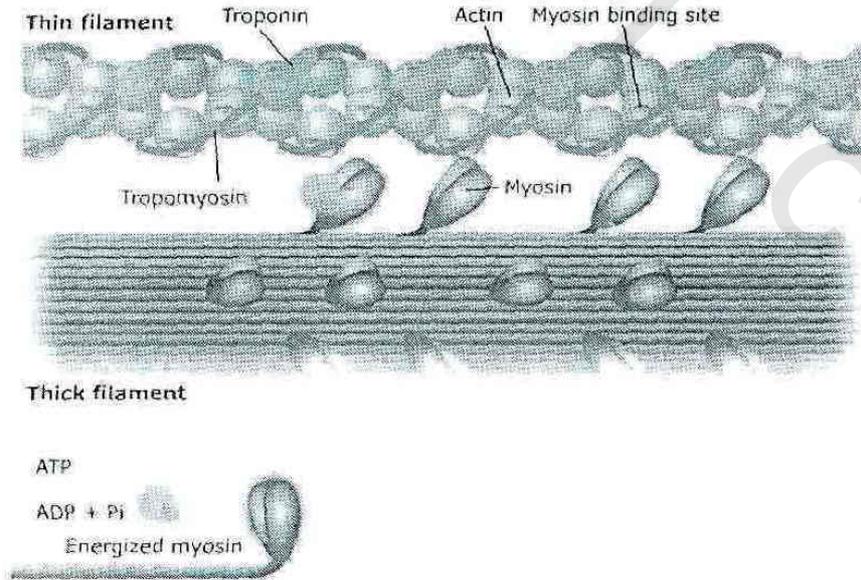
وبهذه الطريقة تنتقل الإشارة العصبية إلى الليفة العضلية فبمجرد وصولها إلى الليفة العضلية تستمر الإشارة على سطح الليفة العضلية وتتحرك لأسفل T.tubules في داخل الليفة (شكل رقم ٩ - أ) وفي غياب أيونات الكالسيوم يمنع التوبوميوسين tropomyosin ارتباط الميوسين mysosin بمواقع ارتباطها في الأكتين (شكل رقم ٩ - ب) وعندما يرتبط الكالسيوم بالتروبونين troponin فإن أماكن التروبونين والتربوميوسين تتعدل في الخيوط الرفيعة ويتمكن الميوسين من الارتباط بمواقعه على الأكتين (شكل رقم ٩ - ج)

يحلل الميوسين ATP ويمر بتغيير في التركيب خلال حالة الطاقة العالية high-energy state ترتبط مجموعة الرأس للميوسين مع الأكتين مكونة الكباري المتقاطعة cross-bridge بين الخيوط الرفيعة والسميكة (شكل رقم ٩ - د). تتحرر الطاقة المخزنة بواسطة الميوسين و ينفصل ADP والفوسفات عن الميوسين وتكون النتيجة استرخاء جزئي الميوسين مما



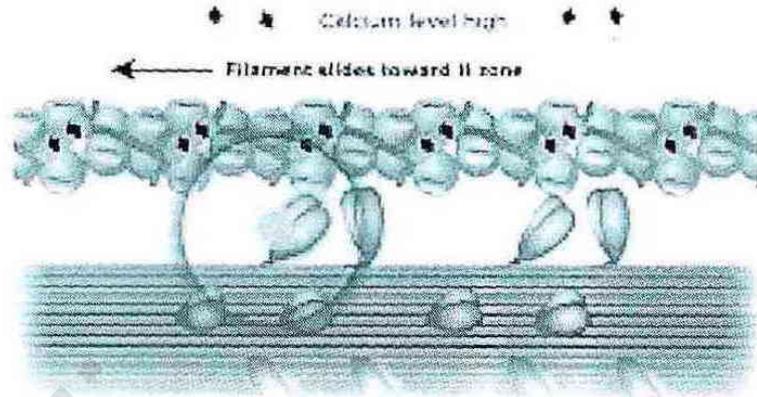
شكل رقم (٩-أ)

آليات انزلاق الخيوط أثناء انقباض اللويحة العضلية (٦٧)



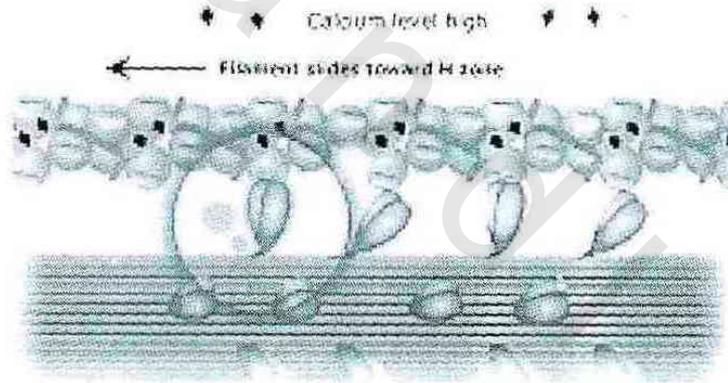
شكل رقم (٩-ب)

آليات انزلاق الخيوط أثناء انقباض اللويحة العضلية (نقص الكالسيوم) (٦٧)



شكل رقم (٩-ج)

آليات انزلاق الخيوط أثناء انقباض اللويفة العضلية (زيادة الكالسيوم) (٦٧)



شكل رقم (٩-د)

آليات انزلاق الخيوط أثناء انقباض اللويفة العضلية (زيادة الكالسيوم) (٦٧)

من الأشكال السابقة يتبين - ١ - تحرر الأسيتيل كولين في الفجوة التشابكية - ٣ - فقد استقطاب الغلية العضلية - ٣ - انتشار جهد الحركة داخل الأنابيب المستعرضة - ٤ - فقد استقطاب الأنابيب المستعرضة مما يؤدي إلى تحرر الكالسيوم من الشبكة الساركوبلازمية (٩ - أ)، وفي غياب أيونات الكالسيوم يمنع التربوميوسين ارتباط الميوسين بمواقع ارتباطها في الأكتين (٩ - ب) وعندما يتحرر الكالسيوم يرتبط بالتروبونين فتتعدل أماكن التربونين و التربوميوسين في الخيوط الرفيعة ويمكن الميوسين من الارتباط بمواقع على الأكتين و ترتبط مجموعة الرأس للميوسين مع الأكتين مكونة الكباري المتقاطعة بين الخيوط الرفيعة والسميكة ليبدأ الانقباض العضلي (٩ - ج ، د)

يستلزم دوران الرأس الكروي والذي يؤدي إلى انزلاق الخيوط الطولية . وعندما تنخفض مستويات الكالسيوم تغلق التربونين التربوميوسين في أماكن الغلق وتنزلق الخيوط الرفيعة لمكانها الذي كانت عليه في حالة الراحة . (٦٧)

ولقد أجريت ثلاث دراسات مستقلة على فرق كرة السلة بجامعة هارفارد و هولي كروس و نورث استرن Harvard, Holy Cross, and Northeastern University حيث أعطى اللاعبون عصير فواكه يحتوي على ٢,٤٣ جرام من ثاني طرطرات الكولين choline bitartrate أو عصير فواكه فقط (البلاسبو) قبل الأداء بمدة من ١٥ إلى ٣٠ ق وخلال منتصف الوقت أثناء الأداء (العينة التجريبية تناولت ٤,٨٦ جرام كولين في اليوم) لمدة أسبوع . وتم عكس المجموعتان بعد أسبوع فتناول المجموعة الأولى بلاسبو وتناولت الثانية كولين ، وعلى الرغم من أنه لم يظهر أثر إيجابي للكولين على الوثب العمودي ودقة تصويب الرمية الحرة أو على مستويات التعب عقب المباريات الودية فإن تناول الكولين صاحبه بعض الإيجابيات وهي :

- كان اللاعبون الذين تناولوا الكولين أقل تعباً قبل التدريبات
- شعر اللاعبون الذين تناولوا الكولين بالنشاط والحيوية عند بداية التدريب
- كما شعروا أيضاً بالنشاط والحيوية عند نهاية التدريبات . (٨٦)

### إنزيم كولين استراز Cholinesterase

يزال الأستيل كولين الذي تحرر في الفجوة العصبية العضلية سريعاً بفعل إنزيم كولين استراز choline esterase إلى كولين choline وأسيتات acetate (٨١)

### أنواع الكولين استراز

هناك نوعان من إنزيم الكولين استراز في الدم :

الأول أستيل كولين استراز Acetylcholinesterase وهو موجود أساساً في كرات الدم الحمراء erythrocytes وهو نفس نوع الإنزيم الموجود في الاتصال العصبي (٨١) . كما يوجد في النسيج العصبي nerve tissue (٦٦) ويسمى أيضاً الكولين استراز الحقيقي true cholinesterase أو كولين استراز كرات الدم الحمراء (RBC) red blood cell

cholinesterase و الثاني كولين استراز وهو يوجد أساسا في الكبد (٦٦) ويوجد في مصل الدم أو البلازما ويسمى أيضا الكولين استراز الكاذب pseudocholinesterase أو بلازما كولين استراز plasma cholinesterase أو سيرم كولين استراز serum cholinesterase. (2٨) ويذكر مارريب و إلين (١٩٩٥) MaArieb & Elaine أن لهذا الإنزيم أهمية خاصة في عمليات الانقباض العضلي لأنه يزيل الأستيل كولين المتحرر نتيجة الاستجابة لإشارة عصبية واحدة ويجهز الفجوة العصبية العضلية لنقل الإشارة التالية و يلعب الكولين استراز دور تنظيمي حيث يجعل العصب يحرر كمية من الأستيل كولين للتغلب على تأثير الإنزيم إذا كانت الإشارة العصبية تنبه الليفة العضلية (١٨٩: ٥٢-١٩٠)

وينجز إنزيم أستيل كولين استراز هذه المهمة بالتكسير الكيميائي للمركب وتحويلة لمركب آخر وإزالته من الاتصال العصبي (٥٩) ويذكر السيد عبد المقصود (١٩٩٧) أن هذه العملية تستغرق حوالي ١ : ١٠ ملي ثانية و يؤدي عدم التخلص من الأستيل كولين إلى A.Ch إلى التقلص العضلي (١١ : ٦٤) أو أن تستمر في الحركة ولكن بدون تحكم بها كما أن النبضات العصبية يمكن أن تستمر في الانطلاق ما لم ترسل عدد من الرسائل خلال التشابك لتثبيطها بفعل الكولين استراز (٥٨) و يمكن قياس نشاط الكولين استراز من جميع الدم سواء كرات الدم الحمراء أو المصل أو بلازما الدم إن المادة الأساس لكلا الإنزيمين هي الأستيل كولين وفي المعمل المادة الأساس هي استيل ثيو كولين acetylthiocholine و تستخدم كمادة أساس لتفاعلات قياسات اللون colorimetric reaction . (٨١) و نشاط الكولين استراز يحسب غالبا عند ٢٥ °C (١٢٠ : ٢٢). ويمكن أيضا للتفاعل أن يتم عن درجات ٣٠ °C و ٣٧ °C. (٨١)

### مونوامين monoamine

يذكر آرثر وآخرون (١٩٩٨) Arthur et al. أن هناك عدد من المواد الكيماوية المحتوية على مجموعة الأمين الأحادي monoamine تعمل في الجهاز العصبي المركزي كناقل عصبي و التي تشتمل على الدوبامين dopamine نورابينفرين norepinephrine والسيروتونين serotonin و بالرغم من أن هذه الجزيئات لها نفس الآليات في العمل إلا أنها تستخدم بواسطة خلايا عصبية مختلفة لوظائف مختلفة.

يتكون السيروتونين من الحامض الأميني تريبتوفان • tryptophan بينما يتكون الابنفيرين والنورابنفيرين و الدوبامين من الحمض الأميني تيروسين tyrosine ويكونون عائلة مشتقة من المونوامين تسمى كاتيكولامين catecholamines بملاحظة عائلة الكاتيكولامين نجد أن الابنفيرين epinephrine ليس ناقل عصبي وإنما هو هرمون والشائع التسمية بالادرينالين adrenaline والذي يفرز بواسطة الغدة الكظرية adrenal glands و النورابنفيرين بالمثل يفرز كهرمون ولكن وظيفته أيضا ناقل عصبي أما الدوبامين فوظيفته هي ناقل عصبي فقط ، ومثل الأستيل كولين فالمونوامين يتحرر بواسطة exocytosis من حويصلات العصب ما قبل التشابك وينتشر خلال الفجوة التشابكية synaptic cleft - interact مع مستقبل بروتيني خاص في غشاء الخلية العصبية ما بعد التشابك ، التأثير المنبه لهذه المونوامين يجب أن تثبط بسرعة للحفاظ على التحكم العصبي ، ويرجع تثبيط المونوامين إلى :

١. إعادة امتصاص reuptake المونوامين في نهاية العصب ما قبل التشابك
  ٢. التحلل الإنزيمي للمونوامين في نهاية العصب ما قبل التشابك بواسطة إنزيم مونوامين أوكسيداز monoamine-oxidase •
  ٣. التحلل الإنزيمي للكاتيكولامين في العصب ما بعد التشابك بواسطة إنزيم كاتيكول ميثيل ترانسفيراز (COMT) catechol - O - methyltransferase
- ولا يسبب الناقل العصبي مونوامين فتح قنوات الأيونات مباشرة في غشاء العصب ما بعد التشابك و إنما يلعب الناقل العصبي دور وسيط intermediate يعرف بـ second messenger الرسول الثاني في حالة بعض التشابكات التي تستخدم الكاتيكولامين في النقل التشابكي synaptic transmission • هذا الرسول الثاني مركب يعرف بـ سيكلك ادينوزين مونوفوسفات (cAMP) (٤٢ : ١٧٣)

## السيروتونين Serotonin

هو الناقل العصبي الذي يتداخل في ثبات الحالة المزاجية وخاصة (القلق - الاكتئاب - العدوانية - الألم - النوم - الشهية - الشقيقة - النشاط الجنسي) (٦١) و كان رابورت وآخرون Rapport et al. قد اكتشفوا السيروتونين عام ١٩٤٨ م وأوضحوا أن له دور كبير ومتعدد بحالات الطب النفسي psychiatric وحالات غير الطب النفسي (٩١)

و السيروتونين عبارة عن جزئ صغير مرتبط مع الحمض الأميني الأساسي تريبتوفان وفي الواقع السيروتونين يصنع بواسطة عدد صغير نسبيا من الخلايا في المخ تبدأ من هذا الحمض الأميني . و الخلايا التي تصنع السيروتونين تحتوي على إنزيم يسمى تريبتوفان هيدروكسيلاز tryptophan hydroxylase هذا الإنزيم يضيف مجموعة الكربوكسيل الكيميائية (OH-) إلى التريبتوفان لتكوين ٥- هيدروكسي تريبتوفان 5hydroxytryptophan (5-HTP) ثم يقوم الإنزيم الثاني ويسمى أمينوأسيد دي كاربوكسيلاز بنزع مجموعة الكربوكسيل (-COOH) من هيدروكسي تريبتوفان لتكوين ٥ - هيدروكسي تريبتامين 5-hydroxytryptamine والذي يعرف أيضا بالسيروتونين serotonin. (٦٢) وعندما يتكون السيروتونين يحجز في الحويصلات ويتحرر داخل التشابكات متتبعاً جهد الحركة action potential . وبمجرد وصول السيروتونين إلى التشابكات فإنه يتفاعل مع كل من المستقبلات ما قبل وما بعد التشابك وبعد التفاعل معهما يجب أن يزال السيروتونين من التشابك (شكل رقم ١٠) ، إن عملية إزالة الناقل العصبي بعد التحرر تتم عن طريق إعادة امتصاصه . إن أي ناقل عصبي لا يزال من الشق التشابكي يمنع أي إشارات أخرى من الدخول للشق . و التخلص الفعال هو الذي يقلل مستويات الناقل العصبي في الشق التشابكي أسرع من انتشاره ، إن إعادة الاستخدام ينفذ بواسطة البروتين الناقل الذي يرتبط مع الناقل العصبي ويحمله عبر غشاء البلازما داخل العصب ما قبل التشابك (٩٥)

### مونوامين - أوكسيداز (MAO) monoamine oxidase

مونوامين أوكسيداز هو الإنزيم الذي يلعب دوراً حاسماً في الانحلال الأيضي للأمينات الحيوية biogenic amines ، (٧٧) وهو يوجد في نهاية محور الخلية العصبية ما قبل التشابك التي تمتص taken up الكاتيكولامين والسيروتونين من الفجوة التشابكية synaptic cleft . والأدوية التي تقوم بدور MAO كمثبط تزيد الانتقال في هذه التشابكات وصنعت لعلاج الناس الذين يعانون من الاكتئاب . ويوجد المونوامين أوكسيداز بصورة رئيسية في الغلاف الخارجي للميتوكوندريا ويوجد أيضا في خلال الجهاز العصبي المركزي ، وهناك وحدتان إنزيميتان مختلفتان من MAO . فهناك (MAO-A) الذي يحتوي على ٥٢٧ حمض أميني والذي يتميز بأكسدة مركب السيروتونين الأميني . وهناك (MAO-B) الذي

يحتوي على ٥٢٠ حمض أميني ، وكل مركب يتميز بأكسدته لناقلات أعصاب مختلفة وكلا من (MAO-A) ، (MAO-B) يؤكسد ناقلات الأعصاب الدوبامين والابينفرين والثيرامين والتريبتامين ، وتأثير كل وحدة إنزيمية مختلف ، فان (MAO-B) يبدو أن لديه قدرة محدودة على نزع أمينات الكاتيكولامين ، والأفراد الذين لديهم (MAO-B) يبدو أن لهم قدرة عقلية طبيعية و الكثير من الباحثين يعتقدون أن (MAO-A) هو أهم وحدة إنزيمية من الاثنين ، وينتج عن نقص (MAO-A) إعاقة في نظام عملية الأيض الأميني وتأخر في النمو العقلي ومن الممكن أداء غير طبيعي لأوعية القلب .(٧٧)

### المونوامين - أوكسيداز و المخ

إن إنزيم مونوامين أوكسيداز (MAO) هام في المخ وهذا الإنزيم هام في تكسير عمل الناقلات العصبية ، وتنظيم هذا الإنزيم ضروري للغاية وبدون كمية كافية منه فان المخ لا يمكن أن يؤدي عمله بطريقة سليمة ومن الممكن أن يقود إلى إعاقة فكرية ويفترض أن MAO يلعب دورا في التعاطي (التدخين والكحوليات) والإجرام ، ويرتبط MAO بالإحباط..(٧٧)

### المونو أمين أوكسيداز والنقل العصبي

عندما تنقل الأعصاب الإشارات الكهربائية لبعضها البعض فهناك كمية صغيرة من ناقلات الأعصاب تتحرر من النهاية الطرفية لمحور العصب إلى ما يسمى الفجوة التشابكية ، وبالتالي تثير جزيئات ناقلات الأعصاب أماكن المستقبل للعصب الذي بجانبه ، وبعد إثارة العصب المجاور فان جزيئات ناقلات الأعصاب تتحد مع بعضها البعض إلى الطرف النهائي لمحور العصب وذلك للاستخدام في نقل النبضات التالية ، وإذا لم يحدث ذلك فانه من الطبيعي على الأجزاء المتبقية لهذه الجزيئات أن تتدفق من الجهاز العصبي عن طريق إنزيمات مختلفة ، والعملية التي يساعد فيها MAO على هذه التدفق تسمى أكسدة نزع الأمينات oxidative deamination ، (٩٠)



## التأثير الهرموني

يتأثر إنزيم (MAO) بهرمونات الجنس و الضغط ، هرمونات الجنس مثل البروجيستيرون و الأستروجين والأندروجين وهي تؤثر على مستويات (MAO) ، كما يظهر البروجيستيرون نشاط إنزيم (MAO) وينقص الأستروجين والأندروجين نشاط (MAO) . ويمكن ملاحظة أعراض هذه التفاعلات في الإنسان عندما تكون المرأة في مرحلة التبويض ينتج معدلات زائدة من الأستروجين والتي سوف تثبط نشاط (MAO) ، والهرمونات التي تفرز في حالات الضغط تؤثر على نشاط (MAO) وهذه الهرمونات تتضمن ابنفرين وكورتيكوستيرون ، وهذه الهرمونات يبدو أنها تقلل من نشاط (MAO) (٩٠) . ويذكر جين يو (١٩٩٨) Jian Yu أن تثبيط نشاط إنزيم مونوامين أوكسيداز MAO-A يزيد من مستويات المخ من الأمينات الحيوية biogenic والتي تتضمن نورإدرينالين noradrenaline و السيروتونين serotonin (١٠٣ : ١٣)

## فعالية الأداء

تعددت آراء المتخصصين والباحثين في المجال الرياضي لتحديد مفهوم فعالية الأداء المهاري فالبعض لا يفرق بين الفعالية و الكفاءة والبعض الآخر يري أن هناك اختلاف بينهما وفي هذا الصدد يتفق محمد صبري عمر (٢٠٠١) مع براهام Barham (١٩٧٨) على أن الفعالية هي : مدى القرب والبعد عن تحقيق هدف الأداء الموضوع ، والكفاءة هي : كمية الطاقة المستخدمة في تحقيق هدف الأداء الموضوع (٣١ : ٢٧) ، (١٠٠ : ٢٣)

ويري طلحة حسام الدين (١٩٩٣) أن مفهوم الفعالية يتضمن كلا من شكل الأداء والطاقة المطلوبة لتحقيقه فالمهارة التي تتميز بالفعالية هي المهارة التي يتحقق فيها الشكل نتيجة لشغل معين تبذله العضلات بأقل طاقة ممكنة ، أي بذل أقصى شغل ممكن مع اقتصاد في الطاقة ، إلا أن تحقيق الشكل وتوفير الطاقة لا يعتبران هدفا رئيسيا في العديد من المهارات الرياضية فلكل مهارة هدف ميكانيكي محدد والمهم أن يتمكن اللاعب من تحقيق هذا الهدف بالتغلب على مشكلات الأداء التي قد تتعارض مع مبدأ توفير الطاقة (١٩ : ١٠ ، ١١) كما يذكر جمال علاء الدين ١٩٨١ انه يقصد بفعالية الأداء المهاري أو

فعالية التكنيك الرياضي بالنسبة لهذا الرياضي أو ذاك من الرياضيين درجة قرب وتمائل هذا الأداء المهاري مع أكثر أنماط التكنيك منطقية وعقلانية علمية مثالية ويضيف إلا أن فعالية الأداء المهاري لا تمثل (بالمقارنة بمنطقية أو بمثالية التكنيك) أحد الخصائص الموصفة لهذا النمط من التكنيك بقدر ما توصف الجانب الكيفي لمستوى إتقان الأداء المهاري (١٣ : ٥)

ويوضح براهام Barham (١٩٧٨) أن الأداء الفني للاعبين يتم تقييمه بدالتين هامتين أولهما درجة الإتقان للنواحي الفنية والثانية مستوى الصفات البدنية الخاصة للحركة (١٠٠ : ١٥ ، ١٦) ويذكر محمد صبري عمر (٢٠٠١) أن هناك أربع مجموعات رئيسية لها تأثير على مستوى الأداء وهي:

- أبعاد اللياقة البدنية وتشمل التحمل والقوة والمرونة.
- أبعاد اللياقة الحركية والمهارة وتشمل التوافق وزمن رد الفعل والإحساس الحركي والرشاقة.
- الأبعاد البدنية الموروثة وتشمل النمط الجسمي والطول والوزن والقدرة الحركية .
- البعد النفسي أو السلوكي ويشمل الاحتياجات والتحصيل والعدوانية والولاء والقدرة والاستقلالية وتحقيق الذات .
- كما أن هناك عديد من القدرات الأساسية التي تؤثر على مستوى أداء المهارات الحركية وهي القوة ، السرعة و الاندفاع و الإتقان و التناسق و المرونة و حجم الجسم و التحمل ، وقد أكد العلماء على أنه كلما ازداد تعقيد المهارات الحركية ازداد احتمال تضمينها لقدرات عقلية أرقى . (٣١ : ٢٥ ، ٢٦)
- وقد حدد جمال علاء الدين (١٩٨١) ثلاث مجموعات من المؤشرات لفعالية الأداء المهاري وهي :

الفعالية المطلقة: وهي تصف درجة قرب وتمائل الأداء مع أكثر أنماط التكنيك مثالية على أساس الاعتبارات البيوميكانيكية - الفسيولوجية - السيكولوجية - الجمالية ، وتم كذلك من خلال مقياسه بأحد النماذج المعيارية ( التكنيك المثالي ) ، ويمكن في أبسط

الحالات أن تشكل النتيجة الرياضية المحققة معيار أو مؤشرات لفعالية الأداء المهاري حيث يستخدم هذا الأسلوب في تقييم المهارات الفنية أو العناصر الحركية للأداء .

الفعالية المقارنة: وهي من المؤشرات الوصفية لفعالية الأداء المهاري حيث يؤخذ التكنيك الرياضي للاعبى المستويات العالية في مثل هذه الحالة كنموذج معياري للأداء المهاري المتميز بالمنطقية والعقلانية العلمية

فعالية الإنجاز أو التحقيق: وتتم من خلال مقارنة نتيجة الحركة المنجزة بإحدى

مدخلين

المدخل الأول:

ويهدف لمعرفة مدى إتقان الرياضي واستخدام قدراته في تحقيق الأداء المهاري الذي يتسم بدرجة صعوبة عالية .

المدخل الثاني:

يهدف إلى تحديد الدلالة الوظيفية للأداء المهاري (١٣ : ٦ ، ٧ ، ٨)

### طبيعة لعبة كرة السلة

إن حجم التحركات للفريق أثناء المباراة يختلف من وقت لآخر تبعاً لاختلاف طرق اللعب من دفاع منطقة إلى دفاع رجل لرجل إلى دفاع ضاغط وملاصقة المهاجمين والتحركات الهجومية الفريقية السريعة للتغلب على الدفاع وهذا يتم خلال زمن الهجمة الذي حدده القانون بأربع وعشرين ثانية فقط لا تجدد إلا عند لمس الكرة للحلقة أو تعدد الخصم ضرب الكرة بالقدم أو عقب ارتكاب خطأ أو في حالة كرة القفز (١٠) و يذكر توم نوردلاند (٢٠٠٢) Tom Nordland أن مباريات كرة السلة أصبحت أكثر اعتماداً على الناحية البدنية وجاء ذلك على حساب الناحية المهارية فالسرعة و السرعة الانتقالية والقدرة على الوثب أصبحوا أكثر تفضيلاً على التصويب و المهارات الأساسية الجيدة . (٦٦) . وتتميز كرة السلة بالسرعة في الأداء فيذكر كراوس (١٩٩١) Krause أن مباراة كرة السلة هي مباراة السرعة في حركات اليدين والرجلين و سرعة تحريك جميع أجزاء الجسم في الوقت المناسب (١٠١ : ٣) وتؤدي زيادة الحاجة إلى التحركات السريعة وزيادة

حجم العمل البدني أثناء المباراة إلى زيادة العبء الواقع على أجهزة اللاعب وشعوره بالتعب فيذكر ويدون و رينولدز (١٩٨٣) Whiddon & Reynolds أن اللياقة في كرة السلة ترجع إلى قدرة اللاعب على:

١- أداء سرعات عالية لفترات ممتدة من الوقت دون ظهور علامات التعب

٢- سرعة التعافي recuperate أثناء فترات الراحة.

كما أوضح أيضا أن الأطباء أرجعوا ٦٠% من أسباب الإصابات التي تحدث للاعبين كرة السلة إلى عدم كفاية اللياقة البدنية (١١١ : ١٣)

وتتضمن لعبة كرة السلة ثلاثة أنواع من التحركات :

- المشي و الجري بخطوات واسعة striding والعدو sprinting

حيث أن أفضل اللاعبين الدوليين يجرون بأقصى سرعة وبخطوات واسعة أكثر من المشي بينما الهواة يميلون إلى لعب المباراة بطريقة أبطأ من لاعبي المستويات العالية التحركات الجانبية و الخلفية والدورنات :

Lateral, backward and rotational movement

إن مراقبة الخصم تتطلب التحركات الجانبية كما أن التحركات الأمامية والخلفية تسمح للاعبين بالانتقال بطول الملعب للأمام والخلف بينما تسمح الدورانات والحركات الجانبية بالتمرير والاستلام والهروب والمناورة وأيضا بالمتابعة والتصويب. يتميز أفضل لاعبي كرة السلة بالتحكمات الممتازة في جميع التحركات و جمعها معا لإنتاج القدرة والدقة وهذا يتطلب توافق عضلي وتحكم ممتاز. (٩٣) ويوضح جدولي (٣ ، ٤) المدة التي يقضيها لاعبو كرة السلة من مشي وجري و عدو ووقوف بدون كرة و بكرة حسب مراكز اللاعبين .

ويتضح من الجدول أن لاعبي الارتكاز يقضون معظم الوقت في الوقوف ساكنين بينما القاطعون يقضون معظم الوقت يمشون والثلاث مراكز تتطلب كمية متساوية من الجري .

جدول رقم (٣)

المدة التي يقضيها اللاعبون بين الوقوف الهادئ والمشي و الجري و العدو بدون كرة

ثانية (متوسط) لكل دقيقة (نسبة الوقت)

Second per "Average" Minute (Percentage of time)

المركز	الوقوف هادئاً	المشي	الجري	العدو
صانع اللعب	١٧ (٢٨%)	١٨ (٣٠%)	٩ (١٥%)	أقل من ١
القاطع	١٦ (٢٧%)	٢٤ (٤٠%)	١١ (١٨%)	أقل من ١
لاعب الارتكاز	٢٠ (٣٣%)	٢٠ (٣٣%)	١٠ (١٧%)	أقل من ١

جدول رقم (٤)

المدة (ثانية/ دقيقة) التي يقضيها اللاعبون بين مشي و جري و العدو بالكرة

المركز	مشي + جري + جري بأقصى سرعة
صانع اللعب	٤
القاطع	< ١
لاعب الارتكاز	< ١

كما يوضح جدول رقم (٥) المسافة بالكيلومتر التي يقطعها لاعب كرة السلة في المباراة حسب مراكز اللعب ويتضح من الجدول أن القاطع هو أكثر اللاعبين قطعاً للمسافة في المباراة (بزيادة قدرها حوالي كيلومتر واحد عن صانع اللعب ولاعب الارتكاز) بينما صانعو اللعب ولاعبو الارتكاز يتحركون نفس المسافة. ويرجع السبب الأساسي في الاختلاف إلى أن القاطع يجري مسافة أطول وذلك لمتطلبات اللعب لمركز القاطع. فالقاطع يعتمد للعب قريباً من السلة عند نهايتي الملعب بينما صانع اللعب غالباً ما يتحرك بين خطي الرميّتين الحرتين فقط بالإضافة إلى أن كلا من صانع اللعب والقاطع يتوقعان المشاركة في الهجوم الخاطف بينما لاعبو الارتكاز ربما يظلون في نصف ملعبهم الخلفي للدفاع. (٧٩)

## الاحتكاك Contact

إن لعبة كرة السلة هي لعبة احتكاك كامل full-contact sport بداية من الحصول على خطأ المهاجم drawing a charge وصولاً للمتابعة والاستحواذ على الكرة . يجب على اللاعبين تغطية فقد التوازن والاستقرار على القدمين ليكونوا أكثر فعالية خاصة عندما آداء مناورات لأخذ أماكن جيدة (٩٣)

### جدول رقم (٥)

المسافة بالكيلومتر التي يقطعها لاعب كرة السلة في المباراة حسب مراكز اللعب (٧٩)

لاعب الارتكاز		القاطم		صانع اللعب		النشاط
الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	الحد الأدنى	الحد الأقصى	
٢,٤	١,٢	٢,٢	١,٥	٢,٠	٠,٨	مشي
٢,٥	١,٥	٢,٨	١,٨	٢,٢	١,٢	جري
٠,١	٠,٠	٠,٢	٠,١	٠,١	٠,٠	جري بأقصى سرعة
٠,١	٠,٠	٠,٦	٠,٢	٠,٨	٠,٣	مشي/جري/جري بأقصى سرعة بالمحاورة
٠,٦	٠,٣	٠,٨	٠,٥	٠,٥	٠,٢	مشي/جري/جري بأقصى سرعة للخلف
٠,٥	٠,٤	٠,٧	٠,٦	٠,٥	٠,٤	Side shuffle
٦,٢	٣,٤	٧,٥	٤,٧	٦,١	٢,٩	المجموع

ويذكر أحمد سلامة (٢٠٠١) أنه يجب على فريق كرة السلة ليكون ذو طابع مميز أن يستطيع أفراده آداء التمريرات بسرعة و بدقة وفي توقيت سليم مع التحرك بالكرة وبدونها بخفة وتحكم مع إجادة المهارات الدفاعية الفردية حيث تشكل إجادة هذه المهارات مقدرة اللاعبين على اللعب كفريق هجوما ودفاعا (٨ : ٤) ويذكر بيتر مكلان (٢٠٠١) Peter McLean أن التعب هو العدو the enemy لفعالية المهارات الحركية (٧٦) والذي يتضح أثناء الدفاع من خلال بطء حركات القدمين وبدلاً من آداء التحركات الدفاعية بالانزلاق Slide يتحرك بالخطوات العادية وتبرز الركبة أو الفخذ أو تتقاطع القدمين ويكون نتيجة ذلك أن يسهل دخول اللاعب المهاجم للسلة ويدفع سائر أعضاء الفريق للتضحية

بمواقعهم الدفاعية للمساعدة **Help out** . كما تظهر أيضا في الناحية الهجومية من بطء التمرير وانخفاض سرعة رد الفعل في الاستلام وانخفاض نسبة التمرير وعدم القدرة على تنفيذ الهجوم الخاطف وأيضا ارتكاب المخالفات مثل المشي بالكرة وقد أوضحت الدراسات أن المتطلبات الفسيولوجية للعبة كرة السلة عالية فيذكر علي البيك وشعبان إبراهيم (١٩٩٤) أن لاعب كرة السلة خلال عشر دقائق ملعوبه يجري بسرعة حوالي ٩٢٥ مترا في المتوسط ويغير اتجاهه كل ثانيتين كما أن لاعب كرة السلة يجري في المتوسط حوالي ٨ كيلومتر في المباراة ويثب في المتوسط ١٤٨ وثبة خلال المباراة (٢٦: ١٨٦، ١٨٧، ٢٠٨) كما أشارت إحدى الدراسات إلى أن لاعب كرة السلة يجري بشدة عالية بمتوسط ١٠٥ متوسط الدوام ١,٧ ث لكل مباراة بمعدل كل ٢١ ثانية يجري اللاعب مرة بشده عالية ( **High - intensity runs** ) خلال الوقت الملعوب للمباراة كما أن متوسط النبض خلال الوقت الملعوب ١٦٩ نبضة / دقيقة وأن ٧٥ % من الوقت الملعوب يكون معدل النبض خلاله أزيد من ٨٥% من الحد الأقصى لمعدل للنبض . كما أن متوسط تركيز اللاكتات **Lactate** ٦,٨ ملي مول (١٠٨) ويذكر فوكس وآخرون (١٩٩٣) Fox et al. أن الاعتماد على مصادر الطاقة للاعب كرة السلة تكون بنسبة ٦٠% ATP-PC و LA و ٢٠% LA و O<sub>2</sub> و ٢٠% O<sub>2</sub> (٦٩) و يذكر أبو العلا عبد الفتاح (١٩٩٨) أن متوسط حجم القلب للاعب كرة السلة ١١٢٥ سم<sup>٣</sup> ومتوسط السعة الحيوية ٥٥٢٠ ملي لتر كما أن **PWC** = ١٦٢٥ كجم / ق بالإضافة إلى أن عدد السرعات الحرارية التي يستهلكها اللاعب ٠,١٣٨ كيلو كالوري / ق / ١ كجم (٣ : ٢٠٥) ، (٢ : ٧٧) ،

### متطلبات الدفاع في كرة السلة

يذكر محمد عبد الرحيم (١٩٩٩) أن الميكانيكيات الفردية الأساسية لألعاب الدفاع يجب أن تكون مفهومه تماما من كل لاعب في الفريق . فالدفاع له مطلبان أساسيان هما: المطلب البدني - والمطلب العقلي ، ومن الضروري أن يكون لهذين المطلبين نفس القدر من الأهمية من أجل تماسك الدفاع الفردي القوي . و يختلف الأداء الدفاعي الفردي في حالة الافتقار إلى أحد هذين العنصرين ، أما في حالة المزج بين كل من المطلب البدني والعقلي فإن ذلك يشكل ألعاب دفاعية فردية فعالة .

## السرعة والسرعة الحركية

سرعة الجري المطلقة تجعل اللاعب المدافع قادرا على الحركة من أحد الأماكن بالملعب إلى الأماكن الأخرى أكثر سرعة من اللاعبين الآخرين ، وتجعله قادرا على استعادة الأخطاء الدفاعية واتخاذ مكان دفاعي جيد .

السرعة الحركية للقدمين - الذراعين - واليدين تجعل اللاعب المدافع دائما لديه القدرة على حماية الاتجاهات باستخدام المضايقة الدفاعية الفردية المستمرة . تبطل السرعة والسرعة الحركية من السرعة العالية للخصوم ، وهي مطلب أساسي لوضع الاستعداد الدفاعي الجيد .

## التيقظ العقلي والكفاح

اللاعب الذي يمتلك رد فعل عالي للتغيير من حالة الهجوم لحالة الدفاع يكون في وضع يمكنه من تأمين الخصم غير المراقب ، وكذلك حماية المناورات الهجومية المفاجئة . هذا التيقظ العقلي المرتبط بالكفاح ( القدرة على المهاجمة الدفاعية ) والخداع الدفاعي يمكن أن يضع اللاعب الخصم المستحوذ على الكرة في وضع دفاعي لحماية الكرة من المدافع خوفا من قطعها أو تشتيتها منه .

## التصميم والثقة بالنفس

مهما كان الشكل الدفاعي المهاري فإن اللاعب لا يمكنه لعب الدفاع بفعالية دون تصميم وثقة بالنفس ذلك لأن الدفاع يحتاج إلى عمل شاق وعزم والتركيز الكلي للمهمة المحددة والعمل بدون تعب . أما الثقة بالنفس فهي تعني إشباع رغبة أو شعور اللاعب من أن أدائه الدفاعي سوف يحسن من قدراته مهارية .

## التوقع

التوقع هو المقدرة على التوقع القبلي للنماذج الهجومية التي يؤديها الخصوم وبالتالي يمكن إبطال مفعول تلك النماذج ، أو توقع تمريرة من الخصم وبالتالي يمكن اعتراضها ، وهذه المهارة لا تعتمد فقط على الموهبة الطبيعية بل على دراسة ذكاء الخصوم وحركات الفريق الهجومية ( ٣٧ : ١٧-١٨ ) .

يذكر مورجان ووتن Morgan Wootten (١٩٩٢) أنه يجب على لاعب كرة السلة أن يكون قادرا على :

- ١- التمرير واستلام الكرة .
- ٢- الانتقال من الدفاع للهجوم ومن الهجوم إلى الدفاع .
- ٣- المتابعة الهجومية والدفاعية بالارتباط بأماكنهم .
- ٤- الدفاع الجيد .
- ٥- الاندماج مع الأربعة لاعبين الآخرين . (١١١ : ٦٣)

## ثانيا : الدراسات المرتبطة والمشابهة

قام الباحث بالإطلاع على العديد من الدراسات المشابهة وذلك في مجال تناول الكربوهيدرات وعلاقتها بالألعاب الجماعية أو الأنشطة ذات الشدة العالية والمتقطعة والتي تتشابه في طبيعتها مع الألعاب الجماعية عامة وكرة السلة خاصة وكذلك الدراسات السابقة في مجال كرة السلة والتي تناولت دراسة حجم العمل الحركي لمباريات كرة السلة . لذا فقد صنف الباحث الدراسات المرتبطة والمشابهة التي استطاع الحصول عليها إلى مجموعتين وهما :

### المجموعة الأولى :

- (أ) الدراسات التي تناولت تأثير تناول الكربوهيدرات على التعب المركزي والطرفي  
(ب) الدراسات التي هدفت إلى دراسة تناول الكربوهيدرات وعلاقته بالأنشطة ذات الشدة العالية المتقطعة لمدة طويلة  
(ج) الدراسات التي هدفت إلى دراسة تناول الكربوهيدرات وعلاقته بالأداء في الألعاب الجماعية أو الفردية  
المجموعة الثانية :

الدراسات التي هدفت إلى دراسة حجم العمل الحركي لمباريات كرة السلة.

### المجموعة الأولى

#### أ) دراسة تناولت تأثير تناول الكربوهيدرات على التعب المركزي والتعب الطرفي

- الدراسة الأولى : دراسة " جاسون وآخرون . Jason et al. " (٢٠٠١) :

وهدفت هذه الدراسة إلى اختبار فعالية تناول الكربوهيدرات على متغيرات الجهاز العصبي الطرفي والمركزي peripheral & central nerves system أثناء الجري المكوكي المتقطع وبشدة عالية والذي يتشابه مع طبيعة الأداء للألعاب الجماعية مثل كرة السلة.

وقد أجري البحث على عينة من ٢٠ لاعبا (عشرة لاعبين وعشرة لاعبات) من لاعبي الرياضات التي تتميز بالشدة العالية المتقطعة ، وقد أدى المختبرون محاولتين تجريبيتين بين كل محاولة والأخرى أسبوع حيث تناولوا أثناءها إما محلول كربوهيدرات بتركيز ٦% أو ماء بلاسبو Placebo ، وتتكون المحاولة التدريبية من أربع أشواط كل

شوط ١٥ دقيقة بشدات تتراوح بين المشي (٣٠% VO<sub>2max</sub>) والجري السريع Fast running (١٢٠% VO<sub>2max</sub>) للجري بالسرعة القصوى Sprinting و٤٠ وثبة للمس هدف معلق عند مسافة ٨٠% من أقصى قدرة للوثب لأعلى للاعب بالإضافة إلى تناول ٥ مل/كجم من وزن الجسم من المحلول عند بداية التدريب و ٣ مل/كجم بعد بداية التدريب ، وأعطي راحة بعد الشوطين الأول والثالث قدرها ٥ ق لشرب الـ ٣ مل/كجم من وزن الجسم ، وبلغت الراحة فترة الراحة ٢٠ دقيقة بعد الشوط الثاني Halftime لشرب ٨ مل/كجم من وزن الجسم وأثناء تأدية المطلوب منهم يقاس وظائف الجهاز العصبي الطرفي والمركزي ، هذا القياس يتضمن اختبار ٢٠ متر Sprint والوثب لأعلى لأقصى قدرة (كأساس للوظائف الطرفية) ، وتقييم الحالة المزاجية الداخلية والخارجية internal and external mood ، ووظائف الإدراك cognitive function - قوة الإحساس force sensation - والانتباه vigilance (كأساس لوظائف الجهاز العصبي المركزي) واختبارات للمهارات الحركية motor skills ودقة الوثب لهدف target jumping accuracy (لكل من الجهاز العصبي الطرفي والمركزي) . وقد توصل الباحثان إلى أنه بالمقارنة بمحلول البلاسيبو Placebo فإن محلول الكربوهيدرات ٦% قد أدى إلى زيادة سرعة مرات الجري في اختبار ٢٠ متر عدو Sprint وتحقيق زيادة في متوسط مسافة الوثب لأعلى في الشوط الرابع، بالمثل تناول الكربوهيدرات أدى إلى خفض قوة الإحساس وزيادة المهارات الحركية وتحسن الحالة المزاجية العامة كما حكم عليها المديرون الفنيون والمدربون في نهاية التدريب مقارنة بالبلاسيبو. (٩٩)

## ب) دراسات هدفت إلى دراسة تناول الكربوهيدرات وعلاقته بالأنشطة ذات الشدة العالية المتقطعة لمدة طويلة

- الدراسة الأولى : دراسة " ويلبر وآخرون (١٩٩٣) Willber et al. " :

وهدف إلى معرفة تأثير تناول الكربوهيدرات على جلوكوز الدم والآداء للداعين ، أجريت الدراسة على ١٠ دعاءين أدوا اختبار بشدة ٨٠% من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين في محاولتين تجريبيتين على البساط المتحرك treadmill حيث تناول المختبرون في المحاولة الأولى محلول كربوهيدرات ٧% و في المحاولة الأخرى محلول بلاسيبو ،

وذلك لتحديد تأثير تناول الكربوهيدرات على أداء التحمل endurance performance ( زمن الأداء على البساط المتحرك treadmill ) - تركيز جلوكوز الدم - نسبة ثاني أكسيد الكربون للأوكسجين RER ratio respiratory exchange - التقييم الشخصي للإجهاد الملاحظ Subjective ratings of perceived exertion RPE ، وقد وزعت العينة بالتساوي بطريقة عشوائية double-blind و توزيع المحلول . حيث تناول أفراد العينة ٢٥٠ مثل محلول قبل الأداء ب ٥ ق- وتناولوا ١٢٥ مثل كل ١٥ ق أثناء الأداء . وقد زاد زمن الأداء بمعدل ٢٩,٤ % كما كان هناك زيادة معنوية في تركيز جلوكوز الدم و زيادة معنوية في متوسط نسبة ثاني أكسيد الكربون للأوكسجين RER ، كما كان هناك انخفاض معنوي لمتوسط التقييم الشخصي للإجهاد الملاحظ RPE أثناء المحاولة التي تناول فيها المختبرون محلول كربوهيدرات ٧ % مقارنة بمحاولة البلاسبو.

يستخلص من هذه البيانات تأخر زمن التعب عند أداء التدريب عالي الشدة على البساط المتحرك وأن هناك تغيير إيجابي في تركيز جلوكوز الدم للمحاولة التي تناول فيها الكربوهيدرات. (١٢٤)

#### - الدراسة الثانية : " دراسة السيد وآخرون (١٩٩٥) El-Sayed et al. " :

وهدفت إلى دراسة فعالية تناول محلول الكربوهيدرات على قدرة أداء التدريب وأجريت الدراسة على ٩ دراجين أدوا محاولتين منفصلتين لمدة ٦٠ ق بشدة ٧٠%  $VO_{2max}$  يتبعها سباق بأقصى سرعة لمدة ١٠ ق . يتناول المختبرون أثناء المحاولتين إما محلول جلوكوز ٨% أو محلول بلاسبو وذلك خلال فترة الراحة وأثناء و مباشرة بعد التدريب بشدة أقل من القصوى . أشار التحليل الإحصائي إلى أن هناك زيادة معنوية في مستويات الجلوكوز أثناء الراحة بعد ١٥ دقيقة من تناول محلول الجلوكوز ٨% مقارنة بمحلول البلاسبو ؛ كما أن هناك نقص معنوي في مستويات جلوكوز البلازما عند ٣٠ و ٦٠ دقيقة أثناء العمل بشدة أقل من القصوى ولكن لم تتناقص في محاولة البلاسبو . هناك زيادة معنوية لمستويات الجلوكوز بعد أداء السباق لمحاولة تناول الجلوكوز فقط . لم يكن هناك تغير معنوي في مستويات الأحماض الدهنية الحرة FFA للمحاولتين ؛ نتائج السباق بأقصى سرعة في محاولة الجلوكوز أوضحت

زيادة معنوية في إنجاز حجم العمل الخارجي مقارنة بمحاولة بالبلاسيبو . يستخلص أن تناول الجلوكوز يحسن أقصى أداء للتمرين بعد التدريب لمدة طويلة. (٥٣)

#### - الدراسة الثالثة : دراسة " دافيز وآخرون (١٩٩٧) Davis et al. "

وهدفت هذه الدراسة إلى التعرف على تأثير تناول محلول الكربوهيدرات على التعب أثناء العمل بشدة عالية على الدراجة الثابتة لكل من الرجال والسيدات وأجريت التجربة على عينة مكونة من ٧ سيدات و ٩ رجال أصحاء غير مدربين وكانت الأحمال مكونة من محاولة تدريبية واحدة تتكون من دورة عمل لمدة دقيقة واحدة على الدراجة الارجومترية بشدة ١٢٠-١٣٠% من الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين ثم ٣ دقائق راحة ويستمر أداء الاختبار حتى التعب . وطبقت التجربة مرتان بينهما بأسبوع . وتناول المختبرون محلول كربوهيدرات ١٨% ( ٤ مل/كجم من وزن الجسم) قبل التمرين مباشرة و محلول كربوهيدرات ٦% كل ٢٠ دقيقة خلال التمرين .

وقد توصل الباحثون إلى أن تناول محلول الكربوهيدرات أدى إلى زيادة جلوكوز الدم والأنسولين مع تأخير الوصول إلى مرحلة التعب وقد أوصى الباحثون بضرورة استخدام محلول الكربوهيدرات في الأنشطة التي تتميز بالشدة العالية لفترة طويلة ولفترات متقطعة (٤٨)

#### - الدراسة الرابعة : دراسة " ناسيس وآخرون (١٩٩٨) Nassis et al. "

وهدفت إلى دراسة فعالية محلول الكربوهيدرات + أملاح معدنية على قدرة التحمل خلال الجري المنقطع لمدة طويلة بشدة عالية ، وأجريت التجربة على تسعة مختبرين (ثمانية رجال + سيدة) جروا مرتين بينهما ١٠ أيام على سير كهربى حتى مرحلة الإجهاد. مع صيام الليلة السابقة للاختبار وتكونت الأحمال من أداء أشواط متكررة من العدو ١٥ ث بشدة ٨٠%  $VO_{2max}$  حتى ٦٠ ق الأولى و ٨٥%  $VO_{2max}$  من ٦٠ ق حتى ١٠٠ ق و أخيرا بشدة ٩٠%  $VO_{2max}$  من ١٠٠ ق من التدريب حتى مرحلة الإجهاد يفصل بينهم ١٠ ث جري بطئ بشدة ٤٥%  $VO_{2max}$  ؛ وفي كل محاولة يتناولون إما محلول بلاسيبو أو محلول كربوهيدرات ٦,٩% + أملاح معدنية Electrolyte بمعدل ٣ مل/كجم من وزن الجسم فورا قبل بدء الجري و ٢ مل/كجم من وزن الجسم كل ٢٠ ق بعد بدء الجري . و توصل

الباحثون إلى عدم اختلاف زمن الأداء بين المحاولتين لمحلول البلاسبو و محلول كربوهيدرات ٦,٩% + أملاح معدنية ، بينما زاد متوسط تركيز جلوكوز الدم عند ٤٠ دقيقة من التدريب باستخدام محلول كربوهيدرات ٦,٩% + أملاح معدنية فقط و لم يكن هناك اختلاف بين معدلات أكسدة الكربوهيدرات بين المحاولتين .

استخلص من هذه النتائج أن : تناول محلول الكربوهيدرات ٦,٩% + أملاح معدنية أثناء الأشواط المتكررة من الجري المتقطع ذو الشدة العالية و الأقل من القصوى لا يؤخر بداية التعب.(١١٢)

#### - الدراسة الخامسة : دراسة " سوجيورا وآخرون (١٩٩٨) Sugiura et al. " :

وهدفت هذه الدراسة لمعرفة فعالية أداء العدو Sprint عند تناول الجلوكوز و الفركتوز خلال ١٥ ق راحة في منتصف ٩٠ق من التدريبات المستمرة و المتقطعة في تجربتين كل واحدة ثلاث مراحل ؛ أجريت على ثمان أفراد يعملون على الدراجة الثابتة : التجربة الأولى بشدة ٧٦%  $VO_{2max}$  لمدة ٩٠ق (العمل المستمر) مع راحة لمدة ١٥ ق في منتصف الوقت ، و التجربة الثانية بشدة متوسطة ٦٥% و عالية ١٠٠%  $VO_{2max}$  (العمل المتقطع) لمدة ٩٠ق و بعد انتهاء التجربة مباشرة يؤدي أفراد العينة اختبار وينجات ٤٠ ث لتقويم قدرة أداء العدو و يتناول في خلال فترة الراحة إما محلول جلوكوز ٢٠% أو محلول فركتوز ٢٠% أو محلول بلاسبو . وقد حافظ تناول محلول الجلوكوز ٢٠% على مستويات جلوكوز البلازما Plasma glucose و الحد الأدنى لمعدل الإجهاد الملاحظ ratings (of perceived exertion RPE) في المحاولتين كما أدى إلى تحقيق مستوى أعلى لأداء العدو sprint performance مقارنة بمحلول البلاسبو وقد أوضحت التجريبتان أن تناول الفركتوز أعطى نفس التأثير بالنسبة للعمل المستمر ولكن بدون تأثير إيجابي على تجربة العمل المتقطع.

من هذه النتائج نستخلص أن تناول الجلوكوز أثناء فترة الراحة للـ ٩٠ دقيقة من التدريب يحافظ على استهلاك الكربوهيدرات ويطور أداء sprint performance في كل من الأنشطة المستمرة و المتقطعة. (١٢١)

### - الدراسة السادسة : دراسة " أنتوني وآخرون (١٩٩٩) Anthony et al.":

وهدفت هذه الدراسة لاختبار فعالية تناول محلول كربوهيدرات - أملاح معدنية ٧ % ٢ مل/كجم من وزن الجسم على أداء العدو بالدراجة للاعبات دراجات متدربات ، مدة العمل ٥٠ دقيقة على الدراجة الإرجومترية بشدة ٨٠% VO<sub>2max</sub> واستخدم اختبار القدرة اللاهوائية لوينجيت لقياس الحد الأدنى والمتوسط والأعلى للقدرة ومعدل التعب . لم تكن هناك فروق معنوية بين تناول محلول كربوهيدرات - أملاح معدنية ٧ % ومحلول البلاسبو لأي من نتائج اختبار القدرة اللاهوائية لوينجيت ، ووجد أن زيادة معنوية في نسبة جلوكوز الدم عند انتهاء الوقت لصالح محلول كربوهيدرات - أملاح معدنية ٧ % مقارنة بالبلاسبو و من خلال النتائج استخلص الباحثون أن تناول محلول الكربوهيدرات و الأملاح المعدنية لم يحسن من التدريبات ذات الشدة العالية للاعبات الدراجات أثناء التدريب . (٣٩)

### - الدراسة السابعة : دراسة " دافيز وآخرون (١٩٩٩) Davis et al.":

هدفت هذه الدراسة إلى قياس فعالية تناول محلول الكربوهيدرات مع وبدون BCAAs قبل وأثناء الجري المتقطع بشدة عالية حتى التعب . هناك تجارب تدعم فرضية الفائدة المحدودة لتناول BCAAs على أداء التحمل ؛ ومن ناحية أخرى هناك نظرية توضح أن الفائدة تكون أكثر إذا أخذت الـ BCAAs مع وجبة الكربوهيدرات قبل المسابقات كما تؤخذ أثناء التدريب المتقطع بطبيعته . وقد أجريت التجربة على عينة من ثمان مختبرون أدوا حمل بدني في ثلاث محاولات تتكون المحاولة الواحدة من الجري المكوكي المتقطع (المشي - العدو - الجري) حتى التعب . تناول المختبرون إما محلول كربوهيدرات ٥ مل/كجم من وزن المختبر ١٨ % قبل التمرين بساعة وأثناء التدريب ٢ مل/كجم من وزن المختبر كربوهيدرات ٦ % ؛ أو كربوهيدرات ٦ % مع BCAAs ٧ جم تضاف للكمية المحددة قبل الأداء بساعة (BCAAs + CHO) ومباشرة قبل الأداء ؛ أو محلول بلاسبو وقد توصل الباحثون إلى زيادة مسافة العدو عند تناول الكربوهيدرات ٦ % أو CHO + BCAA مقارنة بالبلاسبو ؛ ولم يكن هناك فارق بين محلولي الكربوهيدرات ٦ % و (BCAA + CHO) الذين صاحب تناولهما ارتفاع في نسبة جلوكوز البلازما والأنسولين وانخفاض في FFA هذه النتائج تؤكد التأثير المفيد لتناول الكربوهيدرات على التعب أثناء التمرين الذي صمم ليحاكي أوجه النشاط التي تحدث في

الرياضات مثل كرة القدم وكرة السلة والهوكي. ومع ذلك فإنه لا يدعم الفرض الخاص بفائدة تناول (BCAA) (٤٩)

#### - الدراسة الثامنة: دراسة "فبرايريو وآخرون (٢٠٠٠) Febbraio et al.":

وهدفت هذه الدراسة إلى معرفة فعالية تناول الكربوهيدرات قبل وأثناء التدريب كل من حركة الجلوكوز Glucose kinetics و الأيض metabolism والآداء Performance على عينة تكونت من سبع رجال مدربين عملوا على الدراجة لمدة ٢٠ اق بشدة ٦٣% تقريبا من الشدة القصوى يتبعها محاولة ٧ kJ/kg من وزن الجسم بأقصى سرعة (TT) في أربع محاولات منفصلة ، يتناول المختبرين إما :

- محلول بلاسبو قبل وأثناء فترة العمل على الدراجة (PP) ؛
- أو محلول بلاسبو قبل ٣٠ دقيقة من الاختبار ومحلول كربوهيدرات + أملاح معدنية ٢مل/كجم من وزن الجسم بتركيز ٦,٤% أثناء الاختبار كل ١٥ دقيقة (PC)
- أو محلول كربوهيدرات + أملاح معدنية ٢مل/كجم من وزن الجسم بتركيز ٢٥,٧% قبل الاختبار بـ ٣٠ دقيقة و بلاسبو أثناء الاختبار (CP) ؛
- أو محلول كربوهيدرات - أملاح معدنية قبل الاختبار بـ ٣٠ دقيقة ٢جم/كجم من وزن الجسم بتركيز ٢٥,٧% و ٢ مل/كجم من وزن الجسم بتركيز ٦,٤% كل ١٥ دقيقة أثناء الأداء (CC) .

وقد توصل الباحث إلى أن تناول الكربوهيدرات قبل الأداء أدى إلى ارتفاع تركيز جلوكوز البلازما في ١٠ و ٢٠ و ٣٠ دقيقة بعد تناول محلول (CP) ومحلول (CC) مقارنة بتناول محلول (PC) ومحلول (PP). وأثناء أول ٩٠ دقيقة من العمل على الدراجة لم يكن هناك اختلاف في تركيز جلوكوز البلازما بين المحاولات. ولكن في الـ ٣٠ دقيقة الأخيرة زاد تركيز جلوكوز البلازما عند تناول محلول (CC) و محلول (PC) مقارنة بتناول محلول (PP) و محلول (CP) . لم يكن هناك فارق بين تركيز الأحماض الدهنية الحرة FFA و الجليسرول في أول ٦٠ دقيقة بين المحاولات المختلفة أثناء فترة العمل على الدراجة ولكن في آخر ٦٠ دقيقة ارتفع تركيز الأحماض الدهنية الحرة و الجليسرول في محاولة (PP) مقارنة بالحالات الأخرى . كما لم يختلف تركيز الأحماض الدهنية الحرة خلال

هذا الشوط بين (CC) و (CP) و (PC). أدى تناول الكربوهيدرات قبل الأداء إلى ارتفاع تركيز أفسولين البلازما خلال ١٠ و ٢٠ و ٣٠ دقيقة الأولى التالية في محاولتي (CC) و (CP) مقارنة بالحالتين الآخرين و من ناحية أخرى أرتفع نسب الجلوكوز خلال آخر ١٥ دقيقة من العمل على الدراجة في محاولتي (PC) و (CC) مقارنة بالمحاولتين الآخرين . تحسن الأداء في محاولتي (CC) و (PC) مقارنة بـ (PP) عند أداء محاولة (TT) . واستخلص أن : تناول الكربوهيدرات قبل التدريب يحسن الأداء فقط عندما يقترن بتناول الكربوهيدرات أثناء الأداء كما أن تناول الكربوهيدرات أثناء ١٢٠ دقيقة أثناء العمل على الدراجة يحسن العمل بأقصى سرعة في الفترة اللاحقة (TT). (٥٤)

### ج) دراسات هدفت إلى دراسة تناول الكربوهيدرات وعلاقتها بالأداء في الألعاب الجماعية أو الفردية

- الدراسة الأولى: دراسة " كريسول وآخرون (١٩٩١) Criswell et al. ":

هدفت هذه الدراسة إلى المقارنة بين فعالية تناول ٧% محلول جلوكوز يحتوي على أملاح معدنية (GP) ومحلول بلاسيبو (P) لا يحتوي على أي مادة مغذية أو أملاح معدنية في الحفاظ على توازن الدم أثناء استعادة الشفاء في كرة القدم وتحديد أي كمية من محلول (GP) يطور الأداء اللاهوائي anaerobic performance فور انتهاء المنافسة مقارنة بالبلاسيبو. ٤٤ لاعب من لاعبي كرة القدم بالمدارس الثانوية high school اشتركوا في مباراة فيما بينهم scrimmage اشتملت على ٥٠ لعبة Play صممت لجعلها تحاكي المباراة الفعلية في كل من الست أشواط قبل وأثناء المباراة تناول اللاعبون ١٧٠ مل من (GP) أو محلول (P) ، أدى اللاعبون ثمان مرات عدو ٤٠ ياردة Sprint (٤٠ ثانية راحة بينية) قبل وبعد المباراة لتعويض الانخفاض الحادث في الأداء اللاهوائي نتيجة المباراة . تم سحب عينة من الدم الوريدي قبل وبعد المباراة وتم تحليلها . لم يختلف متوسط العدو Sprint قبل وبعد المباراة للمعالجتين ولا وزن الجسم والبلازما وبالعكس نسبة نقص البلازما كانت أكبر معنويا عند تناول البلاسيبو. زاد الجلوكوز والأفسولين بعد المباراة في مجموعة (GP). (٤٤)

### - الدراسة الثانية : دراسة " ماكجوان وآخرون (١٩٩٤) MacGowan et al. " :

وهدفت إلى معرفة مدى فعالية استعاضة سوائل متعددة بعد الإسكواش على الاستجابات الأيضية المتعلقة أثناء التدريب . العينة مكونة من ١٢ مختبر لعبوا خمس مباريات وبعد كل مباراة يتناول المختبرون واحد من التالي: (١) لا يأخذ سوائل أو (٢) ٥٠٠ مل من الماء أو (٣) محلول أملاح معدنية أو (٤) محلول جلوكوز أو (٥) محلول جلوكوز - أملاح معدنية . تم قياس مستويات اللاكتات - الأحماض الدهنية الحرة - الجلوكوز - البوتاسيوم - الصوديوم . قبل الأداء وبعده بـ ٥ ، ١٥ ، ٣٠ ، ٦٠ دقيقة . كانت هناك تغيرات في جميع الأوقات في جميع المتغيرات التي قيست . المحلول الوحيد الفعال في هذه المحاليل هو المحلول المحتوي على جلوكوز والذي يتسبب في زيادة معنوية في مستويات جلوكوز الدم لم تظهر فعالية في مستويات دورة الأملاح المعدنية .

استخلص من هذه الدراسة أن استعاضة السوائل ربما تزيد من مستويات الجلوكوز إلا أن مستويات الأملاح المعدنية لم تتأثر بالمحاليل التي غالبا ما تستخدم بعد الإسكواش . (١٠٤)

### - الدراسة الثالثة : دراسة " ماوغان وآخرون (١٩٩٤) Maughan et al. " :

وهدفت إلى معرفة متطلبات استعادة السوائل في كرة القدم فكرة القدم رياضة تحمل تتكون من أنشطة متوسطة الشدة تتخللها تحركات منقطعة ذات شدة عالية تؤدي إلى معدلات عالية من الأيض لإنتاج الحرارة . حتى عندما يكون الطقس بارد فإن الفقد المعنوي للعرق سوف يحدث مؤديا إلى درجات من فقد العرق تؤدي إلى سوء أداء التدريب . السوائل التي يتم تناولها قبل وأثناء المباراة سوف تنتج الماء للحد من فقد السوائل ؛ ويمكن أيضا تناول الكربوهيدرات لإمداد مخازن الكربوهيدرات المحدودة بالجسم . محلول الكربوهيدرات - أملاح معدنية المخفف يكون أكثر فعالية لتعويض السوائل . أفضل تركيب للمحلول يختلف ما بين العوامل الفردية و حالة الطقس . ويوصي الباحث بضرورة حث اللاعبين على أن يجربوا تناول السوائل أثناء التدريب لتحديد نسبه تركيز و نوع و كمية المحلول المناسبة والتي تقابل احتياجاتهم (١٠٦)

**- الدراسة الرابعة : دراسة " نيكولاس وآخرون (١٩٩٥) Nicholas et al. " :**

هدفت هذه الدراسة لمعرفة فعالية تناول محلول الكربوهيدرات + أملاح معدنية Electrolyte على قدرة التحمل خلال اختبار الجري المكوكي المتقطع بشدة عالية لمدة طويلة ، أجريت التجربة على عينة مكونة من تسعة لاعبين من لاعبي الألعاب الجماعية قاموا بأداء محاولتين للاختبار يفصل بينهما سبعة أيام وفي كل محاولة يؤدون الاختبار لمدة ٧٥ اق ( ٥ مرات x ١٥ اق) من الجري المتقطع كل محاولة قسمت إلى مرحلتين متتاليتين : المرحلة الأولى تشتمل على العدو Sprinting و يتخلله الجري الخفيف Jogging - المشي Walking يتبعها المرحلة الثانية و تتكون من الجري المتقطع حتى التعب Intermittent running ، و يتناول المختبرين عشوائيا إما محلول بلاسبو أو محلول الكربوهيدرات ٦,٩% + أملاح معدنية ٥ مل/كجم من وزن الجسم قبل الأداء مباشرة و ٢ مل/كجم من وزن الجسم أثناء الأداء كل ١٥ دقيقة . و سحبت عينات من الدم الوريدي في وقت الراحة وأثناء وبعد اختبار الجري المكوكي المتقطع بشدة عالية لمدة طويلة وذلك لتحديد تركيز كل من الجلوكوز Glucose - لاكتات Lactate - الأحماض الدهنية الحرة بالبلازما FFA - جليسرول Glycerol - أمونيا Ammonia - انسولين serum Insulin - تركيز الأملاح المعدنية Electrolyte) . وقد زادت القدرة على الجري لفترة أطول عند تناول محلول الكربوهيدرات + أملاح معدنية خلال المرحلة الثانية مقارنة بمحلول البلاسبو . و هذه النتيجة توضح أن تناول محلول الكربوهيدرات + أملاح معدنية يزيد من قدرة التحمل في الجري خلال التمرينات الطويلة المتقطعة ( ١١٤ )

**- الدراسة الخامسة : دراسة " فرجاون وآخرون (١٩٩٨) Vergauwen et al. " :**

وهدفت هذه الدراسة إلى معرفة تأثير تناول الكربوهيدرات على جودة الضربة أثناء أداء ألعاب تحاكي مباراة التنس لفترة طويلة. تم الاستعانة بلاعبي تنس ذو مستوى عالي من التدريب وفي كل مرحلة كانوا يؤدون قبل القياس اختبار ليوفن لأداء التنس Leuven Tennis Performance (LTPT) والجري المكوكي shuttle run (SHR) و يكرران بعد ساعتين من التمرين المستمر ، وخلال التدريب يتناول اللاعبون مجموعتين من المحاليل الأولى محلول الكربوهيدرات تركيز (٠,٧ جم/كجم من وزن الجسم X الطول) أو محلول الكربوهيدرات مضاف إليه جرعة من (الكافيين ٥ ملليجرام/كجم من وزن الجسم)

وزع عليهم بطريقة عشوائية . وتم تقييم جودة الضربة خلال اختبار LTPT وقياس متوسط نسبة الخطأ ، سرعة الكرة ، دقة موضع الكرة ومؤشر السرعة - الدقة والسرعة - الدقة - الخطأ .

وقد استنتج أنه لا يوجد فروق بين تناول الكربوهيدرات فقط وبين تناول الكربوهيدرات مضافا إليها جرعة الكافيين كما استنتج أن تناول الكربوهيدرات يحسن من جودة الضربة أثناء المراحل النهائية من المباراة حيث أثبتت البيانات أن تناول الكربوهيدرات يحافظ على جودة الأداء البدني خلال التدريبات الممتدة لفترات طويلة والمتقطعة حتى التعب. (١٢٢)

#### - الدراسة السادسة : دراسة " نيكولاس وآخرون (١٩٩٩) Nicholas et al. " :

وهدفت هذه الدراسة إلى معرفة فعالية تناول محلول الكربوهيدرات + أملاح معدنية Electrolyte أو محلول بلاسبو على جليكوجين العضلة خلال ٩٠ ق من الجري المتقطع بشدة عالية ، وقد أجريت التجربة على ستة لاعبين مدربين جيدا من لاعبي الألعاب الجماعية وهم لاعبون جامعيون في ألعاب قدم وهوكي ورجبي . حسب متوسطات الوزن والطول والحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين لأفراد العينة ، وقد أدى المختبرين محاولتين تدريبيتين يفصل بينهما سبعة أيام ؛ وكانت الأحمال التدريبية في كل محاولة عبارة عن أداء ستة أشواط من الجري مدة كل شوط ١٥ ق تتكون من العدو يتخلله أداء أشواط بشدة أقل تتألف من الجري والمشى ؛ و خلال كل محاولة يتناول اللاعبون إما محلول كربوهيدرات ٦,٩% + أملاح معدنية أو محلول بلاسبو ، ٥ مل/كجم من وزن الجسم قبل التدريب فورا و ٢ مل/كجم من وزن الجسم بعد كل ١٥ دقيقة من بدء التدريب وكانت كمية المحلول الكلية التي تناولها كل مختبر في نهاية كل محاولة ١١٤ مل +/- ٣٠ مل ، تم توزيع العينة بالتساوي عشوائيا Double-blind ، ثم سحب عينة حية من العضلة المتسعة الوحشية الفخذية vastus lateralis قبل وبعد ٩٠ ق من التمرين و أخذت عينة من الدم الوريدي من وريد الذراع في حالة الراحة وكل ٣٠ ق خلال التمرين . وتوصل الباحثون للنتائج التالية : نقص جليكوجين العضلة المستهلك عند تناول محلول الكربوهيدرات + أملاح معدنية عنه عند تناول محلول البلاسبو ؛ الزيادة مغنوية للكثات وانخفاض في تركيز أنسولين السيرم serum insulin بعد ٣٠ ق من التدريب في محاولة محلول البلاسبو.

استخلص الباحثون أنه عند تناول لاعبي الألعاب الجماعية لمحلول الكربوهيدرات + أملاح معدنية فإن نسب استهلاك جليكوجين العضلة قلت بمقدار ٢٢% عند مقارنته بالعينة الضابطة (١١٣)

#### - الدراسة السابعة : دراسة " مكرجور وآخرون (١٩٩٩) .et al. McGregor":

وهدفت هذه الدراسة إلى اختبار فعالية الجري المكوكي المتقطع بشدة عالية وتناول المحاليل على أداء مهارات كرة القدم ، أجريت التجربة على ٩ لاعبي كرة قدم متطوعين اشتركوا في الدراسة تم حساب العمر ووزن الجسم والحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين Maximal oxygen uptake ؛ وزع اللاعبين عشوائيا لآداء تجربتين تناول وعدم تناول السوائل خلال ٩٠ ق من أداء التدريب المتقطع لاختبار (Loughborough intermittent shuttle test LIST) هذا الاختبار صمم لمحاكاة الحد الأدنى من المتطلبات البدنية التي يواجهها اللاعب خلال المباراة ؛ قبل وفور انتهاء أداء الاختبار ، يكمل اللاعبون اختبار الأداء المهاري لكرة القدم واختبار التركيز الذهني ؛ أداء الاختبار المهاري لكرة القدم بعد محاولة بدون سوائل no-fluid تدهور بنسبة ٥% ولكن احتفظ بمستواه في التجربة التي تناول فيها السوائل fluid trail . متوسط معدل القلب - ملاحظة الإجهاد perceived exertion - الدوستيرون السيرم - serum Aldosterone استجابات الصوديوم والكورتيزول ارتفعت في محاولة بدون تناول سوائل no-fluid أكثر من محاولة تناول السوائل fluid trail.

يستخلص من هذه الدراسة أهمية تناول لاعبي كرة القدم للسوائل أثناء المباراة لمنع تدهور الأداء المهاري . (١٠٧)

#### - الدراسة الثامنة : دراسة "جيوكندرپ و جنتجنز (٢٠٠٠) & Jeukendrup & Jentjens"

وهدفت إلى التعرف على معدل أكسدة الكربوهيدرات المتناولة أثناء التدريبات الطويلة ٥ فبالرغم من أن المعروف أن تناول الكربوهيدرات أثناء التمرينات تطور أداء التحمل ٥ إلا أن إستراتيجيات تناول أقل وضوحا . لقد أوضحت الدراسات عدم تأكسد الأنواع المختلفة من الكربوهيدرات بنفس المعدلات ومن ثم فلا تتساوى في الفعالية ، فالجلوكوز Glucose و السكروز sucrose و المالتوز maltose و مالتودكسترين maltodextrins و أميلوبستين

amylopectin تؤكسد بمعدلات عالية . بينما الفركتوز Fructose و الجالاكتوز galactose و أميلوز amylose اتضح أنها تتأكسد بمعدلات أقل بـ ٢٥ - ٥٠ % . كما أن مزج أنواع مختلفة من الكربوهيدرات transportable CHO ربما تزيد من معدل الامتصاص الكلي للكربوهيدرات والأكسدة الكلية للكربوهيدرات الخارجية exogenous . إن تناول الكربوهيدرات حتى 1.5 : 1.0 جرام/دقيقة سوف يزيد الأكسدة حتى ١,٠ : ١,١ جرام/دقيقة من ناحية أخرى فإن زيادة التناول لن يزيد معدلات الأكسدة . كما أن الحالة التدريبية لا تؤثر على أكسدة الكربوهيدرات الخارجية . أكثر الملاحظات المستخلصة ربما تكون أن معدل أكسدة الكربوهيدرات الخارجية لن تتجاوز ١,٠ : ١,١ جرام/دقيقة . هناك دلائل قاطعة تفيد أن الحد من عملية الامتصاص لا يتم على مستوى العضلات ولكنها أكثر احتمالاً في الأمعاء أو الكبد . كما أوضحت دراسات التشبع المعوي Intestinal perfusion أن سعة امتصاص الجلوكوز هي الوحيدة التي زادت قليلاً وذلك من التواجد الملاحظ للجلوكوز في الدم و هذا التواجد ربما يكون عاملاً مساهماً في الحد من عملية الامتصاص . ومع ذلك فالكبد ربما يلعب دوراً هاماً إضافياً في ذلك عن طريق إمداد مجرى الدم bloodstream بالجلوكوز بمعدل يصل إلى ١ جرام / دقيقة بتوازن الجلوكوز من القناة الهضمية gut وعمليات تحول الجليكوجين لجلوكوز و تكوين الجلوكوز من البروتين glycogenolysis/gluconeogenesis . ومن المحتمل عند تناول كمية كبيرة من الجلوكوز أن يكون ذلك عاملاً يحد من أكسدة الجلوكوز كما أن احتفاظ الكبد ببعض الجلوكوز يصبح العامل الثاني الذي يحد من عملية أكسدة الجلوكوز الخارجي . (١٠٢)

#### - الدراسة التاسعة: دراسة " ماكلارن وآخرون (٢٠٠٠) MaClaren et al. :

وهدفت هذه الدراسة إلى تقويم فعالية تناول ثمان حكام من حكام الدوري الممتاز للرجبي لمحلل مالتودكسترين بتركيز ٦% أثناء أدائهم لتدريبات تحاكي مباراة من مباريات دوري الرجبي . وهذه المحاكاة اعتمدت على تحليل الباحثين لتحركات الحكام في ست مباريات من دوري الرجبي . أدى المختبرين محاولتين من التكرارات لـ ٢٠ متر من الجري المكوكي في مضمار صالة مغطاة . في إحدى المحاولتين تناول المختبرين ٢٠٠ مل من المالتودكسترين لثمان مرات وفي المحاولة الأخرى تناولوا محلل بلاسيبو مشابه لنفس الطعم . قسمت العينة عشوائياً بالتساوي . المحاكاة تضمنت أداء المختبرين لأربع مجموعات كل مجموعة عشر دقائق من الجري المكوكي ثم عشر دقائق راحة بالإضافة إلى

آداء ثلاثة مجموعات إضافية كل مجموعة ١٠ دقائق من الجري المكوكي وذلك قبل بدء اختبار الأداء للوصول إلى مرحلة الإجهاد والذي يتضمن الجري المكوكي ٢٠ متر بخطوات تتراوح بين ٥٥ و ٩٥%  $VO_{2max}$  و يحسب زمن جري المختبر لمسافة ١٥ متر بأقصى سرعة sprint أثناء كل مجموعة من مجموعات العشر دقائق. تم تحديد معدل الإجهاد الملاحظ،  $The\ rating\ of\ perceived\ exertion\ (RPE)$  و جلوكوز الدم  $blood\ glucose$  وتركيز اللاكتات  $lactate\ concentrations$ . متوسط عدد مرات الجري المكوكي للوصول إلى مرحلة الإجهاد زاد عند تناول محلول المالتودكسترين مقارنة بالبلاسيبو، بينما قل متوسط أزمنا مرات العدو Sprint مسافة ١٥ متر معنويا عند تناول المالتودكسترين مقارنة بالبلاسيبو كما قل معنويا متوسط معدل الإجهاد الملاحظ  $The\ rating\ of\ perceived\ exertion$ ،  $(RPE)$  عند تناول المالتودكسترين مقارنة بالبلاسيبو. تناول المالتودكسترين رفع مستويات جلوكوز الدم  $blood\ glucose$  مقارنة بالبلاسيبو ولم تظهر فروق معنوية لمستويات اللاكتات  $lactate\ concentrations$  في المحاولتين .

توصل الباحثون إلى فعالية تناول المالتودكسترين على معدلات العمل لحكام دوري الرجبي. وأن التحسن الحادث مرتبط بارتفاع نسبة تركيز جلوكوز الدم (١٠٥)

#### - تعقيب الباحث على المجموعة الأولى من الدراسات المرتبطة و المشابهة -

- تناولت الدراسات : الدراسة "السابعة - ب" و الدراسة "الخامسة - ج" تناول المختبرين لمواد إضافية مع الكربوهيدرات وهي BCAA والكافيين وأثبتت الدراسات أنه لا يوجد تأثير لأي منها على النتائج مقارنة بتناول الكربوهيدرات فقط.

ولهذا سيقترن الباحث في تركيب المحلول الذي سيتناوله اللاعبون على الكربوهيدرات فقط

- أثبتت "الدراسة الثامنة - ج" أن الجلوكوز من أسرع أنواع الكربوهيدرات امتصاصا لذا سيعتمد الباحث في تكوين المحلول على الجلوكوز .

- كما أثبتت الدراسات التأثير الإيجابي لتناول الكربوهيدرات على تأخير التعب و تحسن الأداء باستثناء دراستين هما "الدراسة الرابعة - ب" والتي أثبتت أن تناول الكربوهيدرات لم يؤخر التعب و"الدراسة الأولى - ج" التي أثبتت عدم اختلاف السرعة عند تناول الكربوهيدرات.

- أخذ حجم العمل الواقع على المختبرون أثناء تأدية الدراسات والذي يتناول أثناءه المختبرين محلول الكربوهيدرات أربعة أشكال :

الشكل الأول : وهو أداء المختبر للتمرين حتى مرحلة الإجهاد و مقارنة زمن الوصول لمرحلة التعب بتناول الكربوهيدرات أو بدونها. "الدراسات السابعة و الرابعة و الثالثة و الأولى - ب" و"الدراسة السادسة - ج"

الشكل الثاني : لعب مباريات تجريبية و مقارنة تأثير تناول الكربوهيدرات قبل الأداء وبعده " الدراسات التاسعة و الرابعة و الأولى - ج"

الشكل الثالث : تحليل الأداء الحركي في بعض المباريات و تنفيذ تمرين يحاكي التحركات الفعلية خلال المباريات " الدراسة التاسعة - ج"

الشكل الرابع : أداء تمرين بشدات مختلفة بعدد أشواط محددة و مقارنة تأثير تناول الكربوهيدرات قبل و بعد الأداء "بقية الدراسات"

ويتفق الباحث مع أسلوب تنفيذ "الدراسة التاسعة - ج" من حيث تحليل بعض المباريات لتحديد حجم التحركات داخل الملعب و خلال المباريات حيث أنها الأقرب إلى المحاكاة الطبيعية للمباريات.

إلا أن الدراسات التي عملت على محاكاة طبيعة الأداء في المباريات لم تتناول محاكاة الأداء المهاري للأشطة موضوع الدراسة ، هذا بالرغم من أن الأعباء البدنية التي تقع على المختبر نتيجة الأداء المهاري لا يمكن تجاهلها.

كما أن الاختبارات التي استخدمت لمقارنة تأثير تناول الكربوهيدرات اختبارات بدنية باستثناء "الدراسات الثامنة و السادسة - ج" التي استخدمت اختبارات مهارية.

لذا سيعتمد الباحث في هذا البحث على تحليل حجم العمل الحركي لتصميم وحدة تدريبية تحاكي المباريات فعليا . بالإضافة إلى تصميم اختبار مهاري يتوفر فيه أداء المختبر لبعض المهارات الأساسية الهجومية والدفاعية للعبة كرة السلة وفي حدود زمنية تتمشى مع متطلبات اللعبة من أنظمة الطاقة.

## المجموعة الثانية : دراسات تناولت دراسة حجم العمل الحركي خلال مباريات كرة السلة

### - الدراسة الأولى : دراسة " شعبان إبراهيم " (١٩٩٤) :

وهدفت إلى قياس حجم العمل الحركي للاعبين كرة السلة أثناء المباراة من خلال تصميم استمارة ملاحظة علمية للعمل الحركي أثناء مباراة كرة السلة ، وعمل نموذج لمعايير العمل الحركي أثناء مباريات كرة السلة . وقد استخدم الباحث المنهج الوصفي بالأسلوب المسحي وقد اختار الباحث العينة من فرق الدوري العام المصري لكرة السلة موسم ١٩٩٣/٩٣ م ، ونهائيات بطولة الناشئين بقطر موسم ١٩٩٤/٩٣ م ، و فرق بطولة مجلس التعاون الخليجي لأبطال الكأس ١٩٩٤م. وقد تمكن الباحث من التوصل لتصميم استمارة ملاحظة علمية لقياس حجم العمل الحركي أثناء المباراة للاعبين كرة السلة . وتمكن من التوصل لعمل معدلات للعمل الحركي لعينة الدراسة.(١٧)

### - الدراسة الثانية : دراسة " مكنس وآخرون .McInnes et al. " (١٩٩٥) :

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على شدة الأشكال والتحركات أثناء مباريات كرة السلة للرجال وذلك عن طريق تصوير التحركات بالفيديو ومراقبة استجابة معدل القلب ولاكتات الدم blood lactate لثمان لاعبين أثناء المنافسات . وقد استخلصت النتائج وفقا للوقت الفعلي للعب live time والوقت الكلي total time والذي يشتمل على الوقت الفعلي وجميع التوقفات خلال المباراة . كان متوسط (+/-) الانحراف المعياري) تكرار جميع النشاطات ٩٩٧ +/- ١٨٣ تحرك مع تغيير في الحركة كل ثانيتين ، وكان متوسط الجري بشدة عالية ١٠٥ +/- ٥٢ (بفترة دوام ١,٧ ثانية) في كل مباراة . بمعدل جري بسرعة عالية مرة واحدة كل ٢١ ثانية خلال live time . يؤدي اللاعبون ٦٠% من الوقت الفعلي للعب في أنشطة ذات شدة منخفضة low-intensity و ١٥% من الوقت الفعلي للعب في أنشطة ذات شدة عالية high-intensity . متوسط معدل القلب ١٦٩ +/- ٩ ضربة/دقيقة أثناء الوقت الفعلي للعب. معدل القلب في ٧٥% من الوقت الفعلي للعب يزيد من ٨٥% من الحد الأقصى لمعدل القلب . متوسط تركيز لاكتات الدم ٦,٨ +/- ٢,٨ مللي مول/لتر وهذا مؤشر لمتطلبات كرة السلة من عمليات الجلوكوز glycolysis .

يستخلص من النتائج السابقة أن المتطلبات الفسيولوجية لرجال كرة السلة مرتفعة مما يضع حملا كبيرا على الجهاز الدوري وقدرات الأيض للاعبين. (١٠٨)

#### - الدراسة الثالثة : دراسة " شعبان إبراهيم " (٢٠٠٢) :

وهدفت هذه الدراسة إلى تحديد حجم العمل الحركي لبعض الفرق المشاركة في كأس العالم ١٩٩٤ وكانت عينة الدراسة ١٩ مباراة لثمان فرق في بطولة العالم وقد أختارها الباحث بالطريقة العمدية للمباريات التي تم إذاعتها تليفزيونيا ، واستخدم الباحث المنهج الوصفي الدراسة المسحية ، وقد افترض الباحث انخفاض حجم العمل الحركي للفريق القومي المصري في ضوء مستويات بعض الفرق المشاركة في كأس العالم ١٩٩٤ م ، وقد استخدم الباحث استمارة ملاحظة سبق له تقنينها في دراسة سابقة له وتم حساب عدد الهجمات الناجحة والكلية وعدد مرات التحرك الهجومي والتحرك الدفاعي وعدد مرات الوثب والجري السريع وعدد مرات الكرات المفقودة وعدد الرميات الحرة ككل و الناجحة منها وقد توصل الباحث إلى أن الفريق القومي لكرة السلة كان أقل مستوى متوسطات حجم عمل حركي من بين جميع فرق عينة الدراسة في بطولة العالم الثانية عشر. (١٨)

#### - تعقيب الباحث على المجموعة الثانية من الدراسات المرتبطة و المشابهة

توضح الدراسة الثانية المتطلبات الفسيولوجية للاعبين كرة السلة خلال المباراة وتوضح أن ٧٥% من الوقت الفعلي للمباراة تكون بشدة أقل من القصوى (٩ : ٣٩) حيث أن معدل النبض يصل إلى ٨٥% من أقصى معدل للقلب . وأن هذا المعدل يعتمد على المصادر الغذائية لإمداده بالطاقة بنسبة ٩٠% كربوهيدرات و ١٠% دهون (٧٥)

سوف يستعين الباحث باستمارة الملاحظة العلمية التي قطنها شعبان إبراهيم وذلك تحليل المباريات وتحديد حجم العمل الحركي ليتمكن من وضع وحدة تدريبية تحاكي المباراة الفعلية لكرة السلة .

جدول رقم (٦)

نسب الكربوهيدرات المحددة في الدراسات السابقة للأنشطة ذات الشدة العالية والمتقطعة  
Intermittent high-intensity

م	الاسم	السنة	المركب	الموعد	الكربوهيدرات		طبيعة العينة
					حجم مل	تركيز٪ / توقيت	
١	ويلش وآخرون Welsh et al.	٢٠٠٢	CHO	قبل	٥ مل	٦	٥ لاعبين و ٤٥
				أثناء	٢ مل	٦	لاعبات كرة سلة
٢	جاسون وينك Jason & Winnic	٢٠٠١	CHO	قبل	٥/كجم	٦	٢٠ من رياضي الألعاب
				أثناء	٣/كجم	٦	الجماعية
٣	فبرايرو وآخرون Febbraio et al.	٢٠٠٠	CHO.E	قبل	٢/كجم	٢٥,٧	٧ رجال مدربين
				أثناء	٢/كجم	٦,٤	
٤	ماكلرن وآخرون MaClaren et al.	٢٠٠٠	MD	قبل	-	-	٨ حكام رجبي
				أثناء	٢٠٠	٦	
٥	نيكولاس وآخرون Nicholas et al.	١٩٩٩	CHO.E	قبل	٥/كجم	٦,٩	٦ من لاعبي الألعاب
				أثناء	٢/كجم	٦,٩	الجماعية المدربين
٦	دافيز وآخرون Davis JM et al.	١٩٩٩	CHO	قبل	٥/كجم	١٨	٨ مختبرين
				أثناء	٢/كجم	٦	
٧	سوجيرا وآخرون Sugiura K, et al.	١٩٩٨	GLU	قبل	-	-	٨ مختبرين
				أثناء	-	٢٠	
٨	ناسيس وآخرون Nassis GP, et al.	١٩٩٨	CHO.E	قبل	٣/كجم	٦,٩	٩ مختبرين
				أثناء	٢/كجم	٦,٩	
٩	فرجاون وآخرون Vergauwen, et al.	١٩٩٨	CHO	قبل	-	-	لاعبي تنس ذو مستوى
				أثناء	-	٦,٤	مرتفع
١٠	دافيز وآخرون Davis JM, et al.	١٩٩٧	CHO	قبل	٤/كجم	١٨	٧ سيدات + ٩ رجال
				أثناء	٤/كجم	٦	غير مدربين
١١	نيكولاس وآخرون Nicholas, et al.	١٩٩٥	CHO.E	قبل	٥/كجم	٦,٩	٩ من لاعبي الألعاب
				أثناء	٢/كجم	٦,٩	الجماعية
١٢	السيد وآخرون El-Sayed, et al.	١٩٩٥	GLU.	قبل	-	٨	٩ لاعبين من لاعبي
				أثناء	-	٨	الدرجات
١٣	ويلبر وآخرون Willber, et al.	١٩٩٢	CHO	قبل	٢٥٠ مل	٧	١٠ عدائين
				أثناء	١٢٥ مل	٧	
١٤	كريسول وآخرون Criswell, et al.	١٩٩١	GLU.E	قبل	١٧٠ مل	٧	٤٤ لاعب كرة القدم
				أثناء	١٧٠ مل	٧	بالمدراس الثانوية

MD = ماتوديكتروز

E = أملاح معدنية

CHO = كربوهيدرات

GLU = جلوكوز

قام الباحث بعمل دراسة مسحية تحليلية للدراسات السابقة للتعرف على أفضل النسب والتركيبات لمحلول الكربوهيدرات أثناء المنافسة للأنشطة المتقطعة ذات الشدة العالية intermittent, high-intensity والمشابهة لنفس أسلوب العمل في كرة السلة جدول رقم (٦) وقد اتضح من الجدول أن جميع الدراسات استخدمت نسبة تركيز تتراوح بين ٦ : ٨ % وهذه النسبة تتفق مع ما أوصت به كلية الطب الرياضي الأمريكية إلا أن الباحث يفضل استخدام نسبة تركيز ٦% حيث أثبتت الدراسات أنه كلما كان تركيز المحلول خفيفا كلما سهل امتصاصه كما يتضح من نفس الجدول أن معظم الدراسات استخدمت كمية محلول بمعدل ٢ مل/كجم من وزن اللاعب أثناء الأداء كل ١٥ دقيقة للدراسات التي أجريت على لاعبي الألعاب الجماعية وهذا يتفق مع ما ذكره لويس Louise (١٩٩٩) عن تناول السوائل و الكربوهيدرات أثناء المباريات للألعاب الجماعية تكون بمعدل زمني كل ١٠ - ١٥ دقيقة (٩٣) كما أشارت أغلب المراجع والدراسات التي تناولت دراسة سرعة امتصاص أنواع مختلفة من الكربوهيدرات إلى تفضيل الجلوكوز عن سائر أنواع الكربوهيدرات الأخرى وذلك لسرعة الامتصاص وقد أفادت العديد من الدراسات عن عدم جدوى إضافة مواد أخرى مع الجلوكوز مثل الكافيين أو سلسلة الأحماض الأمينية المتفرعة .BCAAs

لذا سيعتمد الباحث في تنفيذ هذا البحث استخدام محلول كربوهيدرات مكون من محلول جلوكوز بتركيز ٦% وبكمية قدرها ٥ مل / كجم من وزن الجسم أثناء الاحماء و ٢ مل/كجم من وزن الجسم كل ١٠-١٥ ق أثناء الأداء