" دراسة تحليلية لبعض متغيرات التعب العضلي كما يقيسها كل من رسام النشاط الكهربي للعضلات وجهاز قياس الكفاءة البدنية " دراسة مقارنة "

أ.د/ طلحة حسين حسام الدين

م.د/ أماني محمد فتحي

مقدمة ومشكلة البحث:

يأتي مفهوم التعب العضلي في أولويات العمل في مجال التدريب الرياضي، خاصة في تدريب المستويات الرياضية العالية، حيث يمثل التعب حجر العثرة في نجاح أداء المهارات خاصة تلك التي تؤدي داخل منظومة المباريات والمنافسات الرياضية.

ويرتبط مفهوم التعب العضلي بالعديد من العمليات الوظيفية، حيث يتفق كل من كارلمان ويزمان Karlman Wasserman وآخرون (١٤) وسيجفريد مينز Sigfried Mense (١٧) وأبو العلا عبد الفتاح (٢) ومحمد سمير (٧) علي أنه يمكن تعريف التعب وفقاً لمواضع تأثيره. فهو إما إن يكون تعب في الجهاز العصبي يصاحبه تناقص في قدرة الفرد علي إستمرار تكرار الإنقباضات العضلية بنفس مستوي فعاليتها ويرجع ذلك بالطبع إلي أسباب متعددة من أهمها ما يعرف بمعاونة الجهاز الدوري التنفسي الخلية علي التنفس.

وقد يكون التعب موضعيا يعرف بالتعب العضلي الموضعي Local Muscle Fatigue أو عاماً ويعرف بالتعب العضلي العام General Fatigue، حيث يرتبط التعب العضلي الموضعي بتوزيع الألياف العضلية بأنواعها المختلفة داخل العضلة ونسب هذه الأنواع، ومدي نشاط الانزيمات المحفزة للإنقباض (١٧).

أو قد يكون تعب عام يرتبط بعدد كبير من العوامل الداخلية أو الخارجية من أهمها مكونات أحمال التدريب أو المنافسة، من حيث شدة الحمل وفترة دوامه وزمن الراحة البينية، بالإضافة إلي قدرة الجسم علي التكيف السريع لهذه الأحمال، وعدد المجموعات الفعلية المشاركة في العمل بشكل مباشر.

وقد يحدث التعب العام نتيجة لمجموعة من العوامل سواء كانت مجتمعة او منفردة، ومن أهمها عوامل ترتبط بكفاءة الجهاز العصبي أوعوامل مرتبطة بالعمليات البيولوجية خاصة تلك التي تؤثر في إنتاج الطاقة أو لأسباب نفسية (١) (٧) (١٣) (٩).

* استاذ بقسم علوم الحركة - كلية التربية الرياضية بنين – جامعة حلوان.
* مدرس بقسم الالعاب - كلية التربية الرياضية للبنات – جامعة حلوان .

ونظرا لعدم توافر وسائل القياس المناسبة للكشف عن ديناميكية التعب، فقد بدأت دراسة هذه الظاهرة من خلال محاولة التعرف علي موضعيتها، وقد تطورت نظريات التعب علي مر السنوات الماضية بدأ من النظرية الطرفية والتي تفسر التعب بأنه يحدث أساسا في العضلات وما يؤثر علي إنقباض هذه العضلات من متغيرات، ثم ظهرت النظرية المركزية التي تشير إلي ان التعب يحدث في الجهاز العصبي، وقد افادت هذه النظريات في تفسير مدي الاختلاف بين ديناميكية التعب وموضعيته تبعاً لنوع العمل العضلي ما بين العمل الهوائي واللاهوائي. بالإضافة إلي كم المجموعات العضلية المشاركة في المجهود (٤).

وقد ظهرت مجموعة من الأجهزة الحديثة نسبياً لقياس التعب بصفة عامة سواء كان عن طريق القياس المباشر أو غير المباشر لمجموعة من المتغيرات كالحد الأقصي لاستهلاك الأكسجين ومعدلات تراكم حامض اللاكتيك ونواتج الإحتراق وتبادل الغازات في الرئتين وحساب العتبة الفارقة اللاهوائية ... وما إلي ذلك من متغيرات بيولوجية ذات دلالة، ومنها جهازي قياس الكفاءة البدنية (Cardiopulmonary Sys) ومنها الأجهزة التي تعتمد علي قياس النشاط الكهربي المصاحب للإنقباض العضلي، وما تتعرض له حالة إستثارة العضلة من معوقات مرتبطة بحالة الجهاز العصبي وعلاقته بالجهاز العضلي ومن أهمها جهاز قياس النشاط الكهربي للعضلات (Electromyography EMG).

وقد أدي التحول التكنولوجي من النظام التمثيلي (Analog) إلي النظام الرقمي (Digital) في معالجة بيانات الأجهزة العلمية بشكل عام، إلي ظهور طفرة كبيرة في أنواع البرامج المستخدمة في معالجة بيانات هذه الأجهزة، حيث أمكن عن طريق هذه البرامج إستنتاج العديد من المتغيرات المركبة بمعلومية متغيرات يسهل تسجيلها، كما ظهرت العديد من النظريات التي تفسر هذا الكم الهائل من البيانات التي وفرتها هذه النظم.

وقد لاحظ الباحثان خلال بعض التجارب المعملية التي أجريت بمعامل كلية التربية الرياضية للبنين بالهرم خلال فترة التشغيل وتدريب العاملين علي هذه الأجهزة توافر كم كبير جدا من المعلومات التي تناولتها البرامج المصممة في هذه الأجهزة، وأن هذا الكم في حاجة إلي إبراز القيمة التطبيقية له حتي يتسني فتح آفاق جديدة للبحوث المعملية التي تعتمد علي التسجيل الدقيق للبيانات المطلوبة لتفسير الأداء البدني.

ومن تلك البيانات ما يرتبط بظاهرة التعب العضلي، فكل من جهازي الكفاءة البدنية والنشاط الكهربي للعضلات يقيس ظاهرة التعب العضلي من وجهة نظر مختلفة: ففي حين يقيسها جهاز الكفاءة البدنية بالاستعانة ببعض المتغيرات الفسيولوجية، نجد أن جهاز رسام النشاط الكهربي يقيسها بالاستعانة ببعض المتغيرات الخاصة بالجهاز العصبي خاصة تلك

النهايات العصبية المغذية للألياف العضلية، أي أنه يمكن إستنتاج وجود نوعين من التعب كما تشير العديد من المراجع (١٥) (١٧) (١٠) (١١) وإن كان الحد الفاصل بينهما غير واضح المعالم.

وتأتي أهمية هذا البحث في كونها محاولة للتوصل إلي صيغة توضح معني التعب العضلي كما يقيسه هذين الجهازين، بالإضافة إلي محاولة وضع بروفيل للتعب العضلي يجمع بين قياسات كلا الجهازين ويمكن إستخدامه بعد إختبار صدقه التجريبي في تناول ظاهرة التعب العضلي بشئ من التفصيل.

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلي محاولة التعرف علي مظاهر التعب بنوعيه الموضعي والعام كما يقيسها كل من جهازي الكفاءة البدنية ورسام النشاط الكهربي للعضلات وذلك في محاولة للتوصل إلي بروفيل للتعب العضلي يجمع بين نتائج القياسين.

إجراءات البحث:

منهج البحث:

إستخدم الباحثان المنهج الوصفي عن طريق دراسة الحالة لتناسبه مع طبيعة البحث.

عينة البحث:

تم إختيار عينة البحث بالطريقة العمدية، تمثلت في أحد لاعبي المنتخب القومي المصري في رياضة كرة اليد. وقد روعي في الإختيار أن يكون اللاعب في حالة تدريبية عالية إستعدادا لبطولات خارجية.

خطوات إجراء البحث:

١- تم تحديد بروتوكول القياس لجهاز الكفاءة البدنية علي النحو التالي:

يقوم اللاعب بعمل فترة إحماء تستغرق ثلاث دقائق وذلك عن طريق عمل السير المتحرك بسرعة ١,٦ كيلو متر/ ساعة، ثم تبدأ فترة التحميل التي يتم تقسيمها إلي مراحل وعلي أن يتم تغيير الحمل كل ثلاث دقائق أوتوماتيكيا علي النحو التالي [٢,٨ كيلو متر/ساعة – ٤ كم/ساعة – ٥,٥ كم/ساعة – ٦,٨ كم/ساعة – ٨ كم/ساعة] ثم العودة إلي حالة الاستشفاء والتي إستخدم فيها نفس حمل فترة الإحماء (١,٦ كم/ساعة) ولمدة ثلاث دقائق.

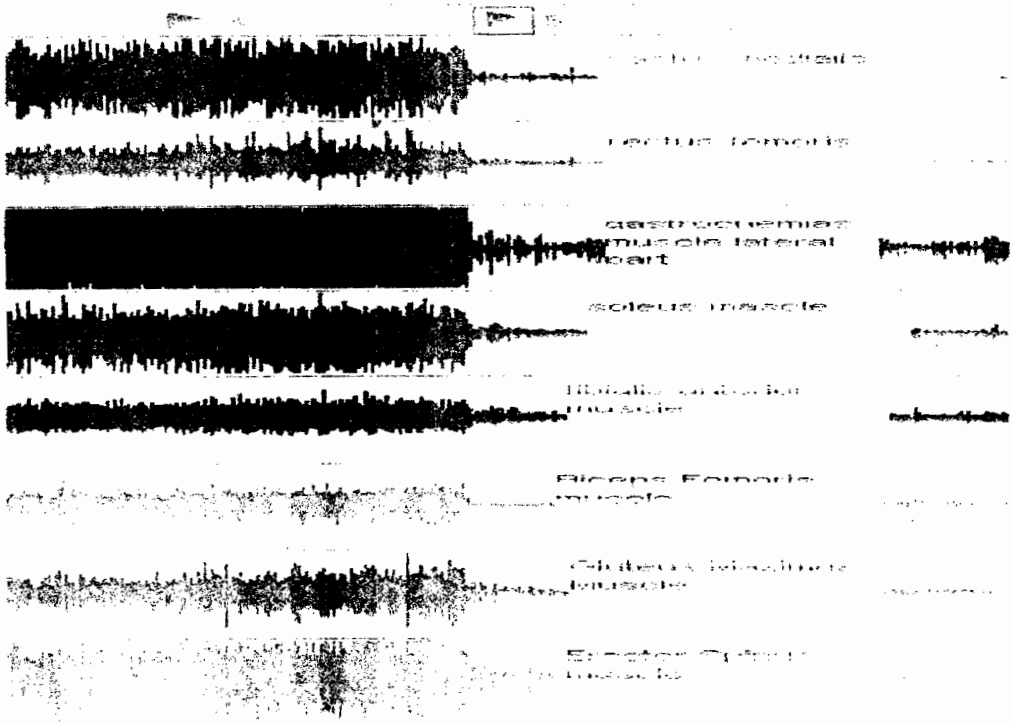
وقد روعي تغيير زاوية ميل السير المتحرك بمقدار درجتين عند نهاية كل مرحلة كأحد وسائل زيادة شدة الحمل. وقد إستغرق الإختبار بمراحله المختلفة (٢٤ ق).

ونظراً لتنوع وتباين المتغيرات التي يستخرجها البرنامج، فقد رأي الباحثـــان إختصـــار تلـــك البيانات بحيث يتم التعامل مع المتغيرات التي لها علاقة بموضوع البحث وهو التعب العضـــلي وهي (سرعة السير المتحرك بالكيلو متر/ساعة – معدل نبض القلب (HR) – عدد مرات التنفس في الدقيقة (BF) – الحجم الطبيعي للرئتين باللتر (VT) – التهوية الرئوية باللتر/ثانيـــة (VE) – معدل إستهلاك الأكسجين باللتر/ دقيقة (VO_2) – معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون باللتر/ دقيقـــة (VCO_2) – معدل إستهلاك الاكسجين لكل كيلو جرام مـــن وزن الجســـم (VO_2/ Kg)– معـــدل استهلاك الأكسجين بالملليلتر لكل نبضة من نبضات القلب (O_2 PULS) – القدرة التنفسية (RER) – العامل المكافئ لثاني أكسيد الكربون (EQ CO_2) والعامل المكافئ للاكسجين(EQ O_2)

كما تم حساب العتبة الفارقة اللاهوائية (AT) وتوقيت حدوثها بالنسبة لزمن أداء الاختبار.

٢-كما تم عمل تزامن بين قياس النشاط الكهربي وعمل السير المتحرك لعدد ثمانية عضلات فـــي الرجل اليمني تم تحديدها أوتوماتيكياً عن طريق البرنامج الخاص بقياس نشـــاط العضـــلات وهـــذه العضلات:

(المستقيمة الفخذية Rectos Femoris -- المتسعة الانســـية Vastus Medial is). (الخلفيـــة الجـــزء الخارجي Gastroconemias والنعلية Soleus والقصـــبية الأماميـــة Tibialis ant – ذات الرأســـين الفخذية Biceps femoris – الاليوية [العظمي Gluteus max] والناصبة للعمود الفقـــري [الجـــزء السفلي Erector Spinue]). كما هو موضح في شكل (١).



شكل (١) العضلات التي تم تسجيل نشاطها الكهربي

وقد تم تسجيل النشاط الكهربى طوال فترة اداء الاختبار، مع تحديد علامات تشير إلى مراحل تغيير الحمل المشار إليها فى بروتوكول جهاز قياس الكفاءة البدنية (كل ثلاثة دقائق) حيث تم التعامل مع كل مرحلة على حدا. حيث إستخرجت حسابات كل من التحليل الترددى المحصل average spec و التعب fatigue لكل عضله من العضلات الثمانية.

وقد اجريت هذه الدراسة بمعامل كلية التربية الرياضية للبنين بالهرم خلال الفترة من ٢٠٠٥/١٠/١ حتي ٢٠٠٥/١٠/٥.

الدراسات السابقة:

☒ قام محمد عبد الظاهر (٢٠٠٢) (٥) بإجراء دراسة بعنوان تاثير بعض وسائل الاستشفاء علي سرعة نشاط إنزيمي اللاكتات دي هيدروجيناز والكرياتين كنياز لدي الرياضيين (دراسة مقارنة)، حيث اجريت الدراسة علي ١٩ لاعب تم إختيارهم من بين طلاب تخصص كرة القدم بالفرقة الرابعة بكلية التربية الرياضية للبنين بالهرم وكان الهدف منها محاولة التعرف علي انسب وسائل الاستشفاء المشار إليها علي سرعة نشاط الانزيمات السابق الإشارة إليها وكذلك ترجيز حامض اللاكتيك بعد اداء حمل بدنيه متغير الشده. وقد إستخدم الباحث المنهج التجريبي مستعيناً بإحدي صور التصميمات التجريبية المعروفة بإسم تصميم (القياس القبلي – البعدي) علي مجموعة واحدة.

وكانت أهم نتائج الدراسة أن زيادة الحمل البدني متغير الشدة باستخدام السلم الاليكتروني يؤدي إلي زيادة في نشاط الأنزيمين المشار إليهما (CK , LDH) بالإضافة إلي زيادة تركيز حامض اللاكتيك وأن الاستشفاء الإيجابي بالتدليك اليدوي الموضعي بالإضافة إلي أن الاستشفاء السلبي يؤدي إلي إنخفاض في مستوي نشاط أنزيم (LDH) وكذلك أنزيم (CK)، هذا بالإضافة إلي إنخفاض مستوي تركيز حامض اللاكتيك.

وقد أوصي الباحث بضرورة الأخذ في الإعتبار بأهمية إستخدام حامض اللاكتيك كمتغير بيولوجي يعبر عن تأثير وسائل الاستشفاء المقترحة علي مسار عمليات الاستشفاء بعد أداء الحمل البدني متغير الشدة مباشرة وعدم الإعتماد علي معدلات تغير تركيز الانزيمات المشار إليها بعد إستخدام وسائل الإستشفاء المقترحة حيث يستمر التغير الحادث في مستوي هذين الأنزيمين لفترة طويلة بعد بذل المجهود.

☒ كما قام محمد عبد الظاهر (١٩٩٦) (٦) بإجراء دراسة بعنوان تأثير بعض وسائل الاستشفاء علي سرعة إزالة التعب لدي الرياضيين " دراسة مقارنة " حيث اجريت الدراسة علي

ثمانية لاعبين ثم إختيارهم من بين طلاب تخصص كرة القدم بالفرقة الثالثة بكلية التربية الرياضية للبنين بالهرم.

حيث إستهدفت هذه الدراسة محاولة التعرف علي أنسب وسائل الاستشفاء في تأثيرها علي إزالة التعب لدي الرياضيين وذلك من خلال معرفة تأثير وسائل الاستشفاء علي عدة متغيرات هي (النبض – ضغط الدم – نسبة تركيز حامض اللاكتيك بعد مجهود بدني في متغير الشدة).وقد إستخدم الباحث المنهج التجريبي بتصميم القياس القبلي البعدي لمجموعة واحدة.

وكانت أهم نتائج الدراسة أن زيادة الحمل البدني متغير الشدة باستخدام السلم الالكتروني يؤدي إلي زيادة معدل النبض وإرتفاع من مستوي ضغط الدم وكذلك يزيد من نسبة تركيز حامض اللاكتيك في الدم، وأن إستخدام وسائل الإستشفاء الإيجابي بالتدليك اليدوي والموضعي بالإضافة إلي الاستشفاء السلبي يؤدي إلي إنخفاض في مستوي ضغط الدم وكذلك إنخفاض في معدل النبض، هذا بالإضافة إلي أن الاستشفاء السلبي يؤدي إلي إنخفاض في مستوي تركيز حامض اللاكتيك في الدم.

وقد أوصي الباحث بضرورة الاهتمام بعمل برنامج إستشفائي يسير جنبا إلي جنب مع برامج الإعداد البدني العام، بالإضافة إلي إخضاع إستخدام وسائل الاستشفاء المختلفة لمتطلبات الأداء الخاصة بكل مسابقة.

☒ كما قام حمدي عبد الرحيم (١٩٨٣) (٤) بإجراء دراسة بعنوان أثر التعب العضلي الناتج عن الحمل البدني مختلف الشدة علي كفاءه الجهازين الدوري والتنفسي وقد اجريت الدراسة علي عينة من ٣٠ طالباً من طلاب كلية التربية الرياضية للبنين بالهرم، بهدف التعرف علي أثر التعب العضلي الناتج عن الحمل البدني علي بعض المتغيرات الفسيولوجية المرتبطة بكفاءة الجهازين الدوري والتنفسي، حيث إستخدم الباحث المنهج التجريبي.

وكان من أهم نتائج البحث أن الحمل البدني مرتفع الشدة يؤدي إلي هبوط مؤقت في كفاءة الجهازين الدوري والتنفسي عنه في حالة إستخدام الحمل البدني منخفض الشدة بالإضافة إلي أن الجهازين الدوري والتنفسي يستعيدا حالتهم الطبيعية في حالة إستخدام الحمل منخفض الشدة أسرع منه في حالة إستخدام الحمل مرتفع الشدة.

ويوصي الباحث بزيادة الاهتمام برفع كفاءة الجهازين الدوري والتنفسي في الأنشطة الرياضية التي تتطلب عنصر السرعة مما يعمل علي زيادة نسبة الطاقة الهوائية أثناء الأداء بالإضافة إلي سرعة التخلص من الدين الاكسجيني.

☒ كما قامت نيفين فكري (٢٠٠٣) (٨) بعمل دراسة بعنوان "رسم العضلات الكهربائي كأحد محددات الانتقاء للاعبات أنشطة القدرة العضلية" وقد إستهدفت هذه الدراسة محاولة إستخدام نتائج النشاط الكهربي لبعض عضلات الطرفين العلوي والسفلي في إختيار لاعبات أنشطة القدرة العضلية وذلك علي عينة من لاعبات الوثب والرمي وغير الممارسات، وقد اظهرت نتائج هذه الدراسة تأثير الممارسة علي معدلات تجنيد الوحدات الحركية السريعة في العضلات المشاركة في الاداءات التي تتميز بالقوة الانفجارية، وقد أوصت الباحثة بإمكانية استخدام بعض نتائج رسام النشاط الكهربي في اختبارات الانتقاء .

☒ وقام أحمد الدالي(٢٠٠٥) (٣) عمل دراسة بعنوان" تنمية عزوم القوي لعضلات الطرف السفلي بدلالة النشاط الكهربي العضلي للاعبي الكراتية " حيث استهدفت هذه الدراسة محاولة التعرف علي الخصائص التكنيكية لمهارة الدراسة ووضع الأسس العامة للإعداد البدني الخاص بالاداء المهاري والتعرف علي مقادير النشاط الكهربي للعضلات الأساسية المشاركة، وقد استخدم الباحث المنهجين الوصفي والتجريبي بالتصميم التجريبي (القبلي والبعدي علي مجموعه واحدة) . وقد تم اختيار العينة بالطريق العمدية من مجموعه محاولات لثلاث لاعبين من الفريق القومي المصري للناشئين تحت ١٨ سنة، وكان اهم نتائج الدراسة ، ان جاءت المنحنيات المفسرة لاداء اكثر انسيابية حيث اختفت الانحناءات الحادة في القياس البعدي بشكل ملحوظ مما يشير الي تحسن في مستوي القوة العضلية المبذولة، قد أوصي الباحث باستخدام التدريبات البلومترية لتنمية القوة العضلية المقرونة بالسرعة، وكذلك استخدام طريقة تكرار الانقباض كإحدى طرق عمل المستقبلات الحسية المنعكسة للإعداد قبل المنافسة.

التعليق علي الدراسات السابقة:

إن الدراسات التي تناولت موضوع التعب، اعتمدت معظمها علي محاولة دراسة تأثير زيادة شدة الحمل البدني علي بعض من المتغيرات البيولوجية ومنها بعض الانزيمات مثل اللاكتات دي هيدروجيناز والكرياتين كيناز باعتبارهما إنزيمات محفزة لإنتاج الطاقة، مثل دراسات محمد عبد الظاهر (٥) (٦) هذا بالإضافة إلي محاولة دراسة تأثير التعب العضلي الناتج عن الحمل البدني مختلف الشدة علي بعض المتغيرات الفسيولوجية المرتبطة بكفاءة الجهازين الدوري والتنفسي، وعلي الرغم من وجود العديد من المتغيرات الفسيولوجية التي يمكن قياسها كدالة كفاءة هذين الجهازين إلا أن هذه المتغيرات جاءت في دراسة حمدي عبد الرحيم (٤) متمثلة في النبض وضغط الدم وهي تعتبر قياسات أولية تعتمد علي طرق بدائية في القياس.

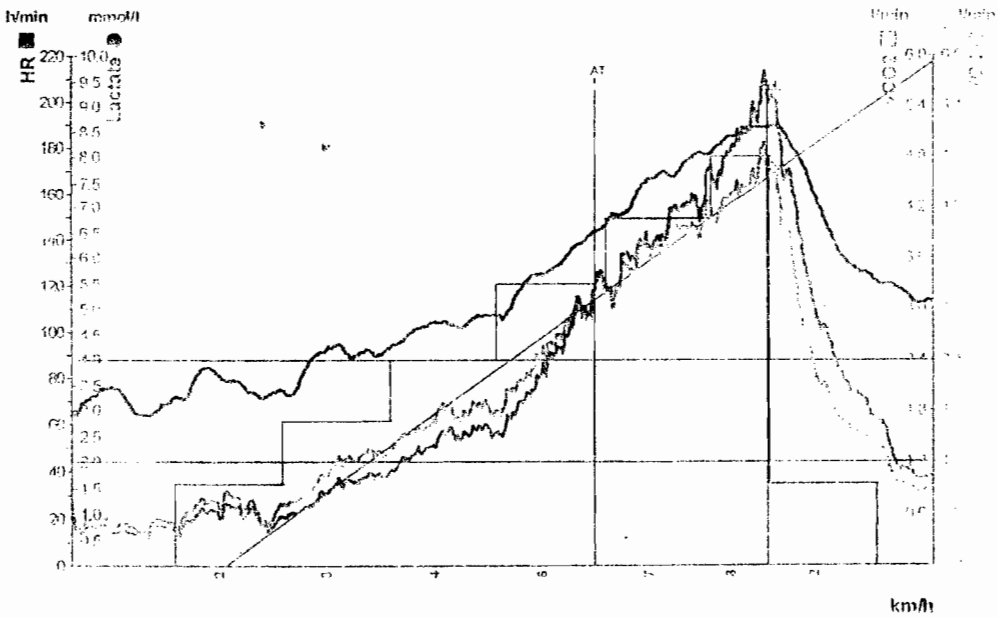
أما بالنسبة لدراسات النشاط الكهربي للعضلات، فقد حاولت نيفين فكري (٨) التأكيد علي إمكانية التعرف علي تأثير التدريب علي نوعية الالياف الفعلية المشاركة في الإنقباض ومعدلات تجنيد الوحدات الحركية بمقارنة لاعبات مدربات بأخريات غير مدربات، وقد أفادت هذه الدراسة في أن برنامج جهاز قياس النشاط الكهربي، من الممكن الاعتماد عليه في إستخراج عدد كبير من البيانات التي يمكن عن طريقها الاستدلال علي حالة التنبيه العصبي للعضلات ومدي ما يمكن أن يحدث من إعاقات في هذا التنبيه وبالتالي فهي مؤشر جيد لحالة التعب الموضعي للعضلات.

وجاءت دراسة أحمد الدالي (٣) لتؤكد علي تنوع المتغيرات التي يمكن حسابها باستخدام جهاز قياس النشاط الكهربي وتنوع الأفكار التي استخدمت في البرنامج لحساب متغيرات ما كانت متوفرة بدون وجود مثل هذا الجهاز.

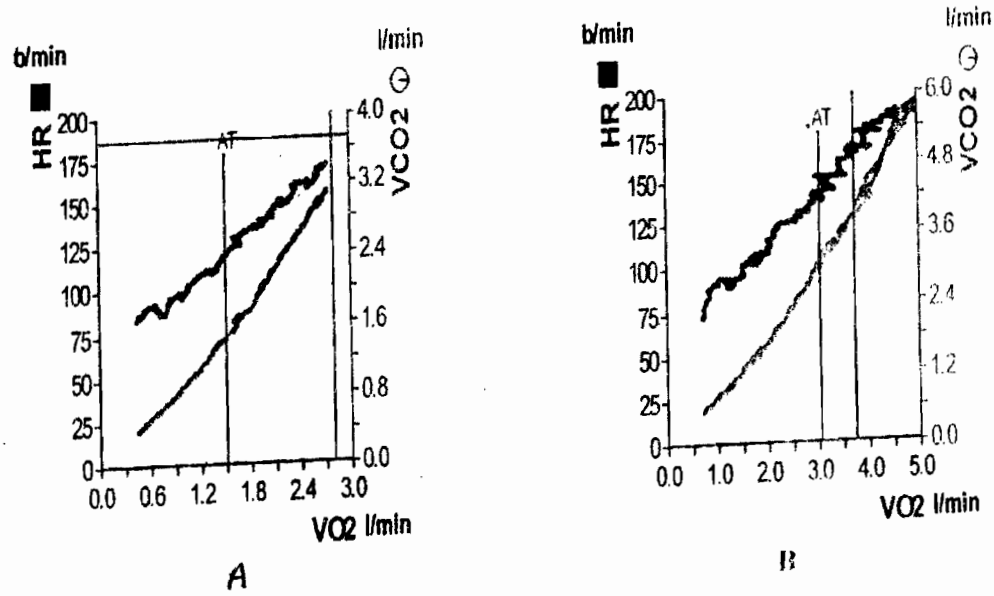
ويري الباحثان ان محاولة الربط بين نتائج القياسين من خلال دراسة مقارنة قد تفيد في مزيد من الإيضاح لتفاصيل البرامج المستخدمة وفتح المجال أمام مزيد من الدراسات الأكثر دقة في تناول ظاهرة التعب بصفة عامة.

عرض ومناقشة النتائج

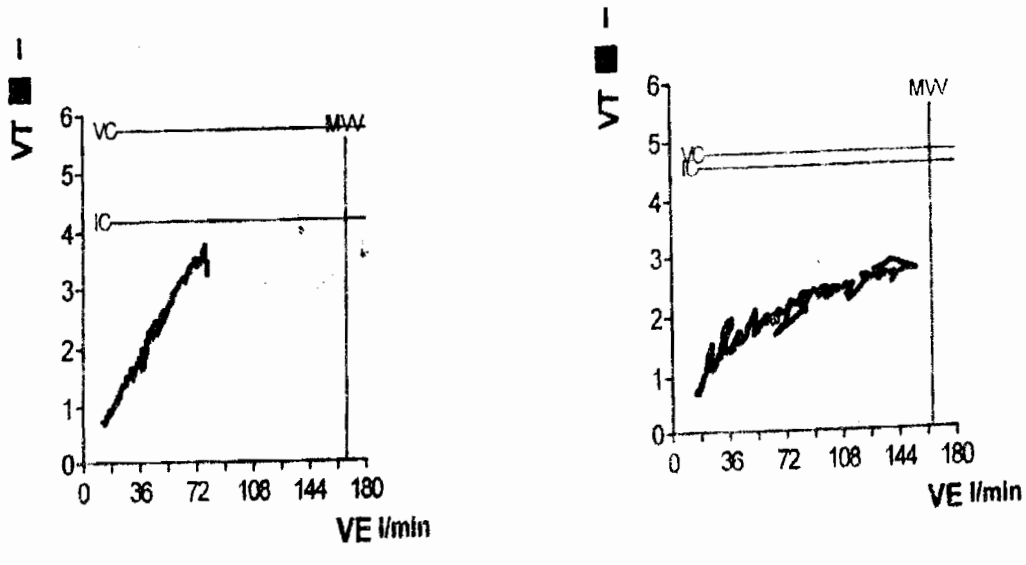
أولا : نتائج قياس الكفاءة البدنية:



شكل (٢) منحنى العتبة الفارقة اللاهوائية (AT) ومعدل ضربات القلب وتمثل استهلاك الأكسجين وإنتاج ثاني أكسيد الكربون أثناء مجهود يستمر لمدة (١٩,٤٠ ق وفقا لبروتوكول زيادة الحمل كل ثلاث دقائق).



شكل (٣) منحنى العلاقة بين معدل ضربات القلب ومعدل إنتاج ثانى اكسيد الكربون وإستهلاك الاكسجين خلال فترة أداء الاختبار



شكل (٤) منحنى العلاقة بين معدل التنفس عند الراحة والتهوية الرؤية خلال فترة أداء الاختبار

جدول (١) قياسات جهاز الكفاءة البدنية لعينة البحث

	الراحة	العتبة الفارقة اللاهوائية	القيمة القصوي	القيم القصوي إلي القيم المتوقعة	القيم المقترحة
الزمن بالثانية	٢,٥٨	١٤,٤٠	١٩,٣٠	–	–
السرعة Km/h	–	٥,٣٠	٧,٩	%٦٧	–
النبض	٧٢	١٤٣ %٧١	١٨٩ %٩٤	%٧٦	٢٠١
إحتياطي البنض	١٢٩	٥٨	١٢	%٤٨٣	–
معدل إستهلاك الاكسجين كل نبضة ملليلتر/ق	٦	٢١ %١٣١	٢٥ %١٥٦	%٨٤	١٦
الحد الأقصي لاستهلاك الاكسجين لتر/ق	٠,٤٤	٣,٠٤ %٨٢	٤,٧٤ %١٢٧	%٦٤	٣,٧٢
معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون لتر/ق	٠,٣٩	٣,٠١	٥,٦٨	%٥٣	–
معدل إستهلاك الاكسجين باللتر/ق	٠,٨٨	٠,٩٩ %٧٦	١,٢٠ %٩٢	%٨٢	١,٣
النسبة بين معدل إستهلاك الاكسجين ومعامل التهوية	٢٤,٩	٢١,١	٣٢,٠٠	%٦٦	–
النسبة بين معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون ومعامل التهوية	٢٨,٤	٢١,٤	٢٦,٧	%٨٠	–
معامل التهوية	٩٣	٦١	٨	%٧٦,٢	–
إحتياطي التنفس	١٥	٣٣	٥٦	٥٩	–

يتضح من جدول (١) القياسات الخاصة بالتنفس التى تشمل مجموعة من المتغيرات فى مراحل محدده وهى (الراحة – الوصول إلى العتبة الفارقة اللاهوائية) مع تحديد القيم القصوي لهذه المتغيرات ونسبة هذه القيم إلى القيم المتوقعة والمحسوبة من البرنامج عن طريق إدخال بعض المتغيرات الخاصة بالعينة مثل الطول والوزن والسن والجنس.

حيث بدأت العتبة الفارقة اللاهوائية بعد مرور (١٤,٤٠ ق) من بداية المجـ ـرد وفيهـا تساوت معدلات كل من إستهلاك الاكسجين وإنتاج ثاني أكسيد الكربون، حيث بلغـت سـرعة السير المتحرك ٥,٣ كيلو متر/ ساعة حيث كان معدل إستهلاك الاكسجين (٠٤ ٠ لتر / ق) في حين بلغ معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون (٣,٠١ لتر/ق) عند مرحلة الوصول إلي العتبة الفارقة اللاهوائية والتي تعتبر بداية لمرحلة التعب. حيث وصـل معـدل إسـتهلاك الاكسـجين إلـي (٤,٧٤ لتر / ق) ومعدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون (٥,٦٨ لتر / ق) وهـو مؤشـر وصـول اللاعب لمرحلة الاجهاد والتوقف عن إستمرار أداء الاختبار.

ممـا يشـير إلـي أن أثنـاء الفتـرة السـابقة للوصـول للعتبـة الفارقـة اللاهوائية (١٤,٤٠ ق) كان معدل إستهلاك الأكسجين أعلي من معـدل إنتـاج ثـاني أكسـيد الكربون، حيث إعتمد العمل العضلي في هذه الفترة علي أكسجين التنفس ونتيجة لزيادة الحمـل وإرتفاع عدد مرات التنفس حيث بلغت (٥٦ مرة/ ق) وبمعدل نبض (١٨٩ نبضة/ ق) وبالتالي زيادة معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون عن معدل إستهلاك الأكسجين.

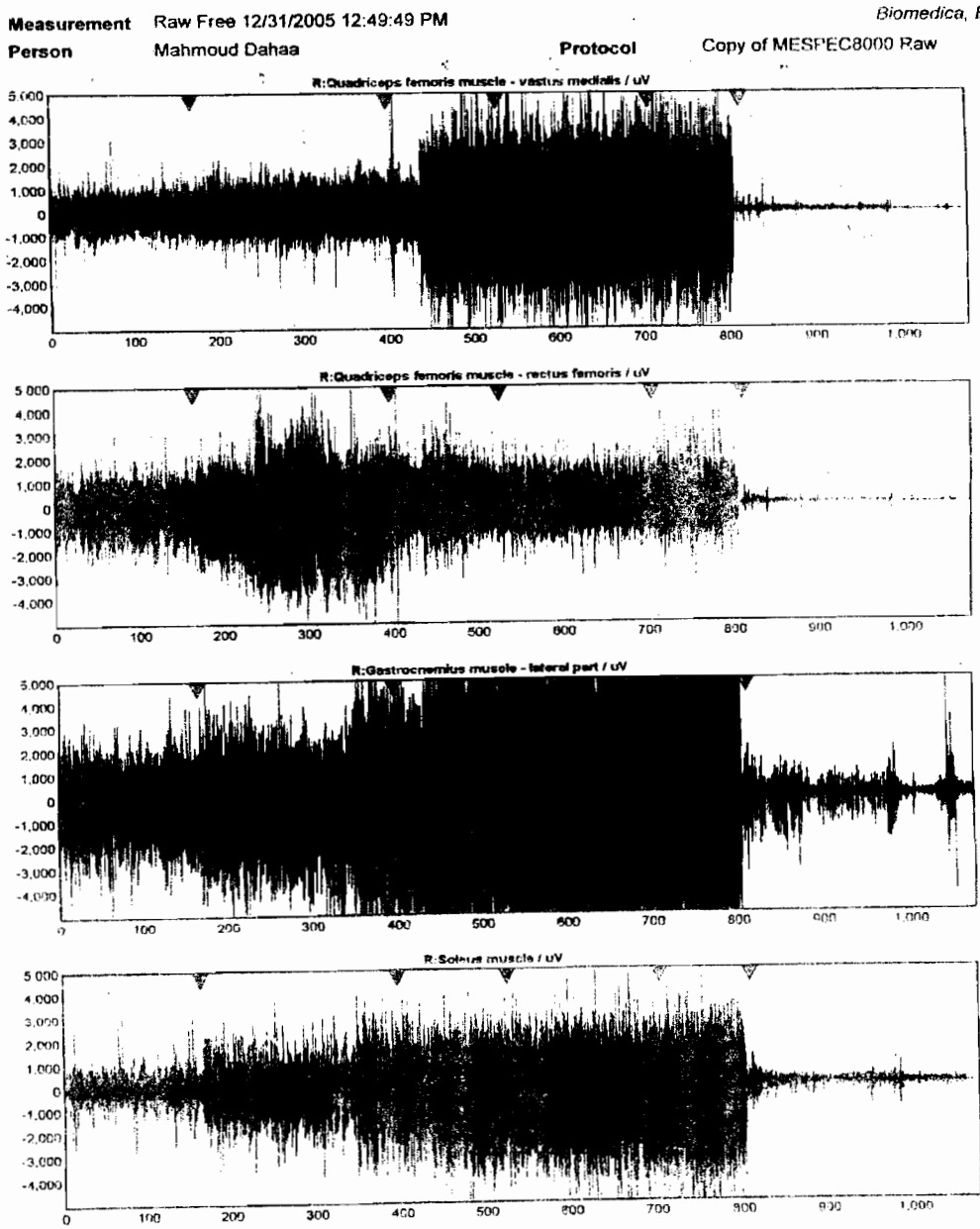
وقد لوحظ عدم قدرة اللاعب علي الاستمرار في بذل المجهود بعد المرور بالعتبة الفارقة اللاهوائية حيث توقف عن أداء الاختبار بعد مرور (٣,٩٠ ق)، فعلي الرغم من أن العضـلات المشاركة في العمل والتي تم تسجيل نشاطها الكهربي، لم تصل إلـي حالـة الاجهـاد الكامـل والتوقف عن العمل إلا أنه يمكن إعتبار أسباب توقف اللاعب مرتبطة بكفاءة الجهازين الدوري والتنفسي.

أما بالنسبة لمتغير التهوية الرؤية والذي بدأ عند مرحلة الراحة قبل بداية الاختبار فقد بلغ (١١,٢ لتر/ ق) إرتفع إلي ٦٤,٧ لتر/ ق) عند الوصول إلي العتبة الفارقة اللاهوائية ثم ارتفـع بعد ذلك إلي (١٥٢,٣ لتر/ ق) عند أقصي مجهود. وبمقارنة هذه القيم بالقيم المتوقعة في ضوء معطيات بيانات اللاعب سوف نجد أنها تمثل ٩٢% من القيمة المتوقعة وهي (١٦٥ لتـر/ ق) ويشير ذلك إلي إمكانية الاعتماد علي متغير التهوية الرؤية في تحديـد قـدرة اللاعـب علـي استمرار بذل المجهود.

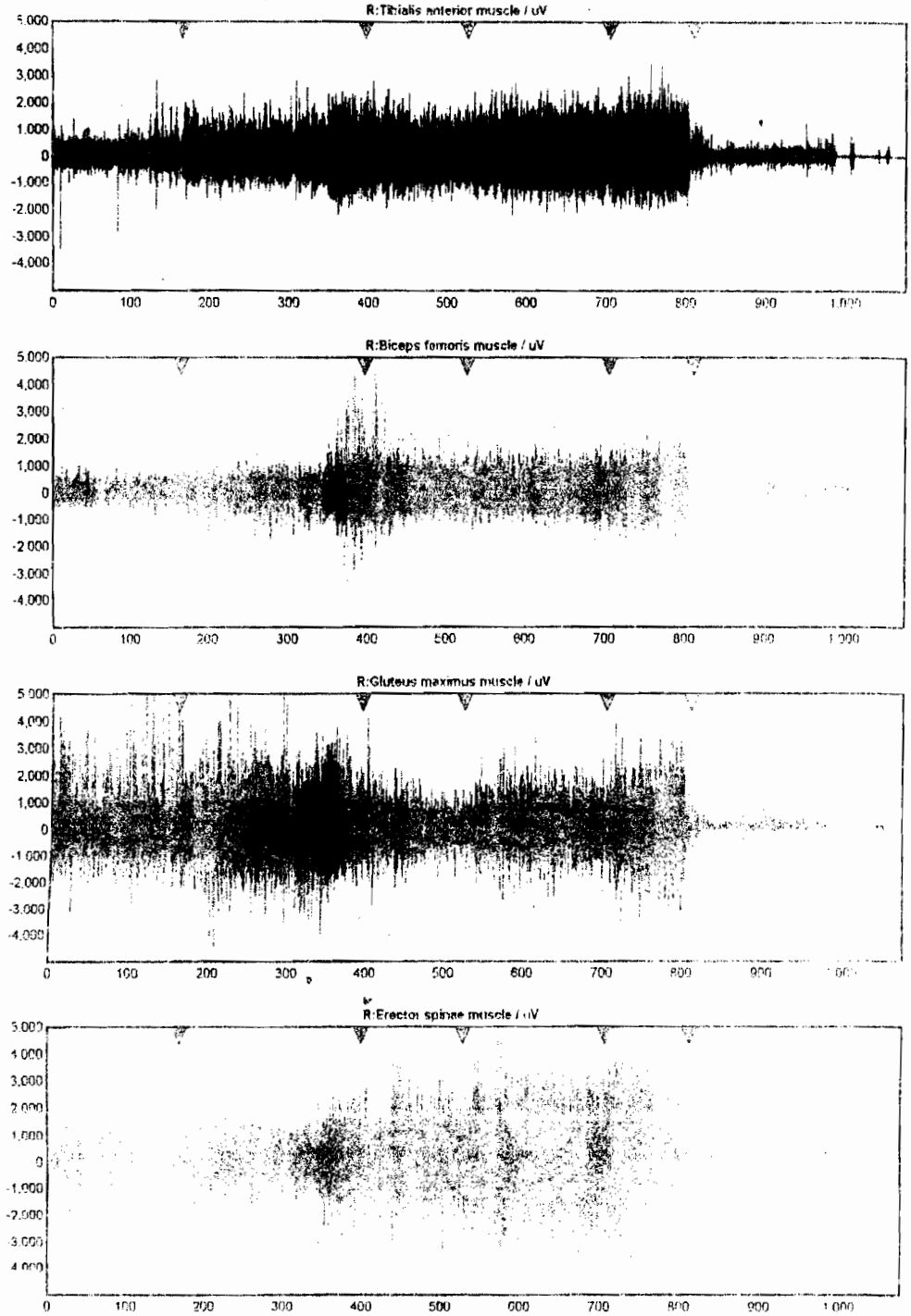
ونظرا إلي أن حدوث التعب قد يرتبط بأسباب تخص الجهاز التنفسي كما أظهرت نتائج قياسات جهاز الكفاءة البدنية، أو لأسباب تخص الجهاز الدوري كما يوضحها شـكل (٤) فـإن منحني العلاقة بين معدل التنفس عند الراحة (TV) والتهوية الرؤية (VE) تشير إلي عدم كفـاءة الجهاز التنفسي في إمداد العضلات بالأكسجين اللازم لاستمرار المجهود في حـين أن منحنـي العلاقة بين معدل ضربات القلب والحد الأقصي لاستهلاك الاكسجين وإنتاج ثاني أكسيد الكربون يشير إلي إمكانية الاستمرار في بذل المجهود لفترة تزيد عن تلك الفترة التي إنحصـرت بـين

وصول اللاعب إلي العتبة الفارقة اللاهوائية والتوقف عن إستمرار أداء الاختبار والتي بلغـت ٢,٩٠ ق١.

ثانياً : نتائج قياس النشاط الكهربي:



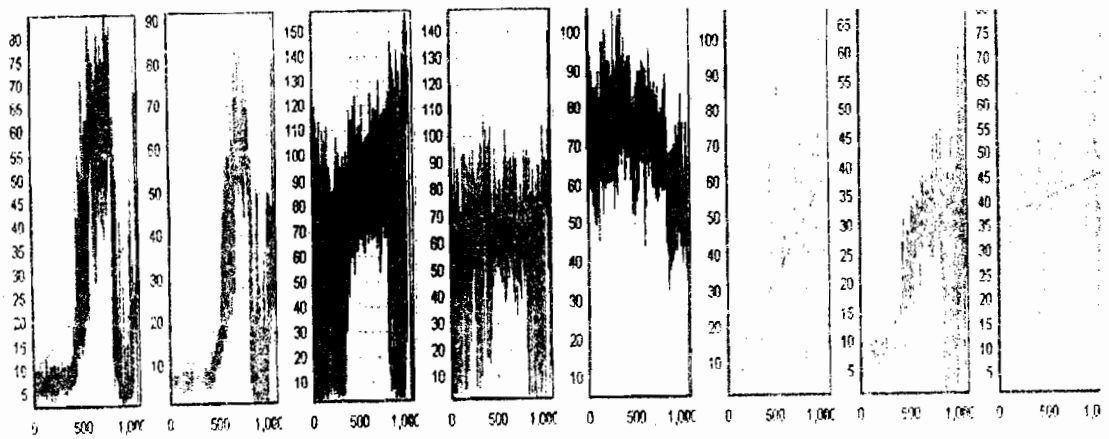
شكل (٥) النشاط الكهربي للعضلات المنسعة الانسية ، المستقيمة الفخذية ، الخلفية (الجزء الخارجي) والنعلية خلال مراحل اداء المجهود البدني بالجري على السير المتحرك.



شكل (٦١) النشاط الكهربي للعضلات العضلية الأمامية وذات الرأسين الفخذية والإلتوية العظمى والناصبة للعمود الفقري خلال مراحل اداء المجهود البدني بالجري على السير المتحرك.

يتضح من شكلي ٥ ، ٦ أن أعلي معدلات نشاط جاءت في المراحل (٣، ٤، ٥) باستثناء عضلتي المستقيمة الفخذية، الاليوية العظمي، حيث بدا هذا المعدل عالياً خلال المرحلة الثانية والثالثة، مما يشير إلي أن هاتين العضلتين بدأتا في العمل بأعلي ترددات في مرحلة مبكرة قبل حدوث التعب بمقارنتهما بالعضلات الأخري موضوع الإختبار.

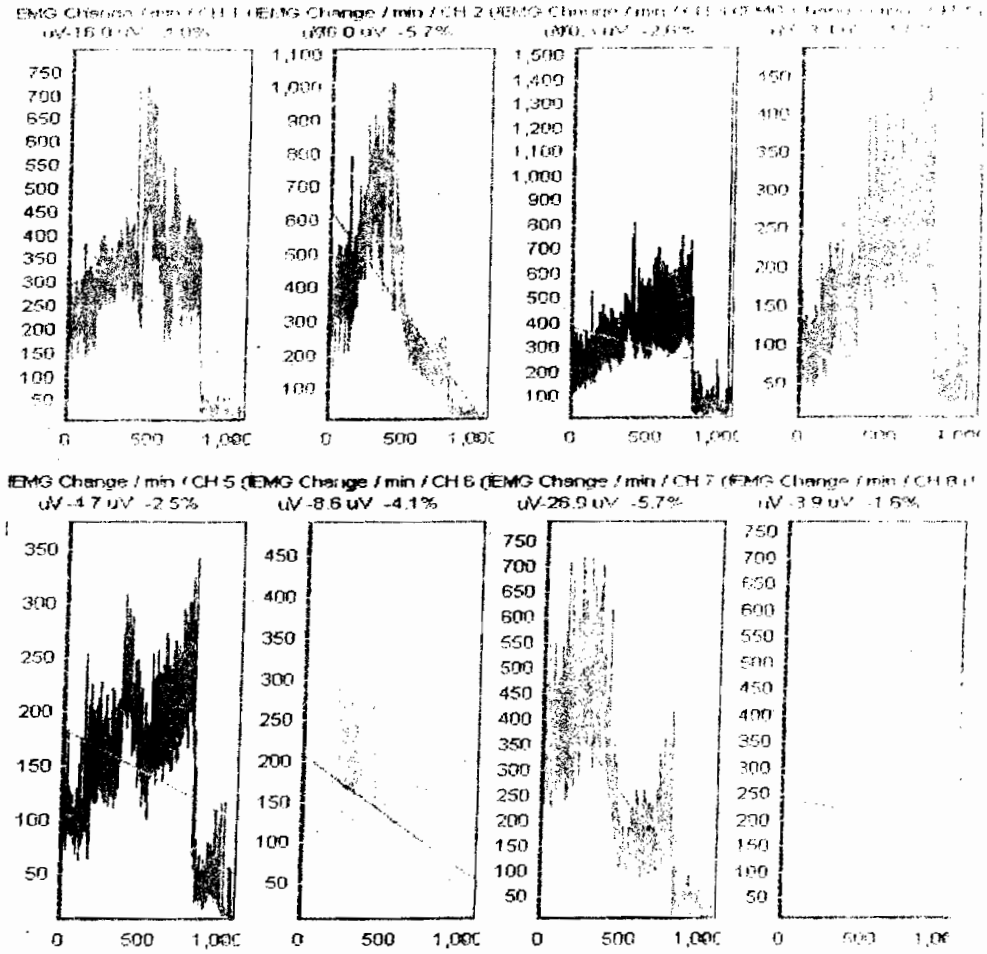
كما يتضح أن أعلي كثافة ترددات كانت للعضلة الخلفية (الجزء الخارجي) gastroconemius إعتباراً من المرحلة الثالثة وحتي نهاية الاختبار.



شكل (٧) اتجاه التعب للعضلات الثمانية موضوع البحث خلال المرحلة التى تسبق العتبة الفارقة اللاهوائية.

يتضح من الشكل إتجاه كل العضلات نحو زيادة معدلات تجنيد تحقيق الوحدات الحركية وإن كان هناك إختلاف في درجة هذه المعدلات من عضلة إلي أخري، كما يوضح الشكل أيضا أنه بالنسبة للعضلة النعلية Soleus فقد بدأ معدل تجنيد الوحدات الحركية ثابتاً تقريباً حتي الوصول إلي العتبة الفارقة اللاهوائية.

أما بالنسبة للعضلة القصبية الأمامية فقد ظهر إنخفاض في معدل تجنيد الوحدات الحركية منذ بداية الدخول في المراحل المتقدمة من الاختبار وقبل الوصول إلي العتبة الفارقة اللاهوائية.



شكل (٨) التغيرات فى متوسط الاشارات الكهربيه ومعدل ميل منحنى التعب للعضلات الثمانية المستخدمة فى البحث بعد المرور بالعتبة الفارقة اللاهوائية.

يتضح من شكل (٨) ميل خط التعب للانحراف لاسفل بدرجات متفاوتة بعد المرور بالعتبة الفارقة اللاهوائية مما يشير إلى ان هذه العضلات قد بدات فى الدخول فى مرحلة التعب، وبمقارنة درجات الميل فسوف نلاحظ ان اعلى درجات التعب قد ظهرت فى عضلتى المستقيمة الفخذية والاليوية العظمى، فى حين كانت اقل درجات التعب فى العضلة الفعلية، ويبدو ان العضلة الفعلية على الرغم من ان بداية تجنيد وحداتها الحركية جائت اعلى من بعض العضلات الاخري إلا ان تعرضها لحالة التعب جاء متاخرا نسبيا وقد يكون السبب فى ذلك إلى توزيع الالياف داخل هذه العضلة او لعدم إشتراكها بشكل فعال فى الاداء وهو عيب فنى يتميز به لاعبى كرة اليد بصفة عامة.

الإستنتاجات

١- افادت نتائج قياس النشاط الكهربى بوجود تفاوت كبير بين العضلات موضوع البحث من حيث التحليل الترددي المحصل Average Spectrum والذي يشير إلى معدلات تجنيد الوحدات الحركية للمشاركين فى العمل سواء كان ذلك من حيث بداية الاستشارة او من حيث معدلات التزايد فى تجنيد الوحدات مما يؤكد على إرتباط حدوث التعب بإنخفاض معدل تجنيد الوحدات الحركية وهو يعتبر سبب عصبى بالمقام الاول.

٢- إن معدلات الهبوط فى تجنيد الوحدات الحركية بعد المرور بالعتبة الفارقة اللاهوائية تشير إلى ان العضلات الثمانية موضوع البحث، تختلف فيما بينها فى القدرة اللاهوائية وبالتالى فهى تختلف فى قدراتها على تحمل التعب، وان توقف اللاعب عن إستكمال الإختبار ليس له علاقة بقدرة الجهاز العصبى على تجنيد الوحدات الحركية، المطلوب مشاركتها فى الاداء. إلا ان إنخفاض معدل التجنيد بشكل واضح بعد العتبة الفارقة اللاهوائية، قد يشير إلى وجود ارتباط بين نقص الاكسجين وصعوبة مرور الاشارات العصبية.

٣- علي الرغم من ان معدلات الدخول في مرحلة التعب تشير إلي قدرة العضلات علي الاستمرار في بذل المجهود، إلا ان اللاعب توقف عن الاستمرار في اداء الاختبار لاسباب ترتبط بمشكلات في التنفس.

وبالتالي فإنه يمكن إعتبار الوصول بمعدل التنفس إلي الحد الذي يتوقف عنده الفرد عن اداء المجهود. مؤشراً لحالة التعب العام بغض النظر عن طبيعة النشاط الكهربي للعضلات.

٤- إن الإرتفاع الملحوظ في معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون منذ العقبة الفارقة اللاهوائية وحتي الوصول إلي حالة التوقف عن الاستمرار في الإختبار وارتباط ذلك بمنحني التعب الذي أظهره رسام النشاط الكهربي يشير إلي العلاقة بين زيادة هذا المعدل وإنخفاض معدلات تجنيد الوحدات الحركية. أي إلي وجود علاقة عكسية بين معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون ومعدل تجنيد الوحدات الحركية.

التوصيات:

١- يوصي الباحثان باستخدام وسيلتي القياس (الرسام الكهربي لنشاط العضلات – قياس الكفاءة البدنية) بالتزامن في محاولة للتعرف علي تفاصيل التعب العضلي في نماذج مختلفة من الإختبارات للتوصل إلي قاعدة عامة تفسر هذه الظاهرة.

٢- يوصي الباحثان بالاعتماد علي نتائج رسام النشاط الكهربي للعضلات في تفسير التعب العضلي الموضعي، بدراسة حالة التعب في العمل العضلي الثابت ومحاولة التعرف علي

خصائص عملية تجنيد الوحدات الحركية والتحليل الترددي المحصل للاشارة الكهربية الناتجة عن هذا الإنقباض.

٣- يوصي الباحثان بالأخذ في الاعتبار بأهمية زيادة الفترة التي يتم فيها بذل المجهود بعد العتبة الفارقة اللاهوائية وذلك بالإختيار الدقيق لنوع التمرينات وتوزيع الأحمال التدريبية لمحاولة المحافظة علي إرتفاع معدلات استهلاك الاكسجين بالمقارنة بمعدلات إنتاج ثاني أكسيد الكربون.

٤- يوصي الباحثان بإجراء العديد من الدراسات في إتجاه كل من التعب العضلي الموضعي والتعب العضلي العام للكشف عن مدي الارتباط بين كلا نوعي التعب.

المراجع والمصادر

١- أبو العلا عبد الفتاح الإستشفاء في المجال الرياضي، دار الفكر العربي القاهرة ١٩٩٩.

٢- ـــــــــــــ بيولوجيا الرياضة وصحة الرياضي، دار الفكر العربي القاهرة ١٩٩٨.

٣- أحمد محمود سعيد الدالي رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية التربية الرياضية للبنين – جامعة حلوان ٢٠٠٥.

٤- حمدي عبد الرحيم أثر التعب العضلي الناتج عن الحمل البدني مختلف الشدة على كفاءة الجهازين الدوري والتنفسي. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية الرياضية للبنين – جامعة حلوان ١٩٨٣.

٥- محمد عبد الظاهر تأثير بعض وسائل الاستشفاء علي سرعة إزالة التعب لدي الرياضيين "دراسة مقارنة". رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية الرياضية للبنين – جامعة حلوان،١٩٩٦.

٦- ـــــــــــــ تأثير بعض وسائل الاستشفاء علي سرعة نشاط انزيم اللاكتات دي هيدروجيناز والكرياتين كيناز لدي الرياضيين (دراسة مقارنة) رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية التربية الرياضية للبنين – جامعة حلوان ٢٠٠٢.

٧- محمد سمير سعد الدين علم وظائف الأعضاء والجهد البدني، الطبعة الثالثة، منشأة المعارف بالاسكندرية، ٢٠٠٠ صـ ٧٦ –٨٣.

٨- نيفين فكري رسالة دكتوراة غير منشورة. كلية التربية الرياضية للبنين – جامعة حلوان، ٢٠٠٤.

٩- Linnarsson, D :Dynamics of pulmonary gas Exchange and hart Rate changes at start and end of Exercise Acta. Physiol. Scond. ٤١٥ (Suppl. ١): ٥ – ٦٨ – ١٩٩٧.

١٠- Miller, W. F. Johnson, R. L. Jr., Wu, n. :Relationships Between Maximal breathing capacity and timed expiratory capacities, J, Appl. Physiol. ١٤, ٥١٠-٥١٦.

١١- Roger M. Enaka :Neuromecharical Basis of Kinesiology, Fefth ed. ١٩٩٩, Human Kinetics. N. Y P.P ٢٤٨ – ٢٥٥.

١٢- Sullivan M.J, Green H.J., Cobb, F.R. :Alterd skeletal muscle metabolic response to exercise in chronic hart failure: Relationship to skeletal muscle aerobic enzyme activity. J. Appl. Physiol. ٨٤: ١٥٩٧- ١٦٠٧. ١٩٩٩.

١٣- **Wasserman K., Beaver, W.L., whipp, BJ.**	:Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold, circulation, ٨١ (suppl.١١) ١١-١٤-١١-٣٠, ١٩٩٠.
١٤- **Wasserman, K. James E. Hansen, Darryle. Sue, Brian J. whipp, Richard casaburi**	:Principles of Exercise testing and interpretation, lea febiger, Awaverly com. ١٩٩٤ P.P (٤ --٥).
١٥- **Wasserman K., vankessel A, Burton, G.G**	:Interaction of physiological mechanisms during Exercise, Journal of Applaied physiology ٢٢: ٧١-٨٥ ١٩٩٧.
١٦- **Wasserman, K. whipp, B.J, David, J.A**	:Respiratory physiology of Exercise: Metabolism, gas exchange, and veutilatory control, in international review of physiology III. Vol. ٢٣, Edited by J.G widdicombe. Baltimore, university park press, ١٩٩٤, P.P ١٤٩ – ٢١١.
١٧- **Zhany, Y. Y., Johnson, M. C., ١١ chow, N, Wasserman, K**	:Effect of Exercise testing protocol on parameters of aerobic function, Med. Sci. Sports Exerc. ٢٣: ٦٢٥-٦٣٠. ١٩٩٤.