الوقاية من الإصابة بدلالة نسب مساهمة العضلات العاملة أثناء الأداء المهاري للرباعين

*أ.د/ أحمد علي حسن
**أ.د/ أشرف حافظ محمود
***م.د/ مصطفي محمود عبد العزيز
****الباحث/ هيثم محمد حافظ

مقدمة ومشكلة البحث

الاليكترومايوجراف:

تعتمد الفكرة الاساسية للاليكترماجراف على النشاط الكهربي المصاحب للانقباض العضلي حيث يتم تسجيل هذا النشاط بعد تكبيره وتسجيله رقميا وبيانيا , وقد كشفت المعلومات الدقيقة التى امدنا بها هذا الجهاز , عن عدم صحة العديد من تخمينات العلماء السابقة في تفسير العمل العضلي , حيث انه ساعد فى الكشف عن انشطة عضلية ليس فى متناول الطرق الاخري التعرف عليها , فالى جانب قياس عمل العضلات المحركة و المضادة فهو ايضا يقيس عمل العضلاتالمساندة والمكافئة ,هذا الي جانب امكان قياس العمل العضلي لكل من العضلات السطحية والغائرة وبصفة عامة فقد ادي ظهور الاليكترومايوجراف الي حدوث الي حدوث ثورة في مجال دراسة حركة الانسان باشكالها العامة والرياضية كما اكد علي ضرورة توافره فى معامل دراسة الحركة للحصول على المزيد من المعلومات الدقيقة عن النشاط العضلي.(٢: ٣٦-٣٧)

ودراسة هذه الاشارة الكهربائية عن طريق تكبيرها وتسجيلها بالنسبة للزمن تعرف بالاليكترومايو جرافى وهى تعتمد فى الاساس على مجموعة من القواعد او المبادئ الاساسية التى يجب الالمام بها جيدا قبل الشروع فى الاعتماد على مثل هذاالنوع من الدراسات , فالاشارة الكهربائية المرتبطة بالانقباض العضلي تزيد بزيادة قوة الانقباض , الا ان هناك العديد من المتغيرات التي يمكن ان تؤثر في ناتج هذه الاشارة الكهربائية , ومن اهمها سرعة تقصير العضلة اثناء الانقباض ومعدل حدوث التوتر الانقباضي , والتعب ونشاط المستقبلات الحسية المنعكسة . (٤)(٩)

النشاط الكهربائي الفسيولوجي للانقباض العضلي:

ينتج النسيج العضلي فرق جهد كهربي يعبر بشكل مباشر عن فرق الجهد الكهربائي الناتج من اكسونات الجهاز العصبي المغذي له ويعرف هذا الفرق فى الجهد بفرق جهد الوحدة

*استاذ الصحة الرياضية بكلية التربية الرياضية جامعة حلوان
** استاذ تدريب المصارعة بقسم تدريب الرياضات الفردية بكلية التربية الرياضية جامعة حلوان
***مدرس بقسم علم النفس الرياضي كلية التربية الرياضية جامعة حلوان
****باحث بقسم تدريب الرياضات الفردية بكلية التربية الرياضية جامعة حلوان

الحركية ومن خلال وضع موصلات خاصة تعرف بالالكترودات سواء علي سطح الجلد او بغرسها داخل العضلة , فانه يمكن الحصول على المجموع الجبري لفرق الجهد الكهربائي للوحدات الحركية المشاركة فى الانقباض العضلي في وقت واحد , علما بان فرق الجهد الكهربائي للوحدات الحركية البعيدة عن مكان وضع هذه الموصلات يكون اقل منه فى الوحدات الحركية القريبة. (٩)

صفائح النهايات الحركية :-

تحتوي كل عضلة علي عدد من الوحدات الحركية يتحكم في كل منها نيورون حركي من خلال وصلة عصبية خاصة وتعرف بصفائح النهايات الحركية ويصل فرق الجهد الكهربائي الناتج عن النيورونات الحركية والذي يعرف فى بعض الاحيان بالمسار النهائي المعتاد الي صفائح النهايات الحركية , فيؤدي الي حدوث تفاعلات كيميائية ينتج عنها فرق فى الجهد الكهربائي , حيث يتم اطلاق كل من البروتين والاستيل ليعبر فيمر من خلال الفراغ العصبي الذي يصل اتساعه من (٢٠٠- ٥٠٠ A) مما يسبب استقطابية غشاء الخلية العصبية , وهذا النوع من الاستقطابية يمكن تسجيله عن طريق موصلات خاصة , ويطلق عليه فرق الجهد لصفائح النهايات العصبية.

وفى الظروف العادية يكون غرق الجهد كبيرا بالقدر الذي يسمح بالوصول الي عتبة فارقة تؤدي الي حدوث فرق جهد فى غشاء الليفة العضلية , وفى حالة وجود عيوب فى توصيل الاشارات العصبية للجهاز العضلي ومنها على سبيل المثال نقص فى البروتين و الاستيل كولين فانه من الممكن الا تصل علاقة كل من فرق الجهد الناتج من العصب الحركي وفرق جهد الوحدة الحركية الى حد هذه العتبة , فيؤدي الي توقف صفائح النهايات الحركية عن إحداث فرق جهد كهربي , وبالتالي يتأثر الانقباض العضلي. (١٩١:٣)

تسلسل التفاعلات الكيميائية المؤدية لاستجابة الليفة العضلية :-

تحدث اول هذه العمليات فى المكون الانقباضي للالياف العضلية , وعند الخط المسمى بالمنطقة (Z)(السركومير) عن طريق انتشار داخلي للمثير خلال نظام الفتحات الانبوبية العكسية فيؤدي الي انطلاق الصوديوم من النسيج الشبكي للسركوبلازم , وتزداد نفاذية الصوديوم لتصل الي خيوط الاكتين و الميوسين حيث يتواجد مركب الادنيوسين ثلاثي الفوسفات , فتتم هدرجته لكي ينتج الادنيوسين ثنائي الفوسفات , بالاضافة حرارة وطاقة ميكانيكية (توتر عضلي).

وتتحرر الطاقة الميكانيكية من نفسها لتتحول الي قوة دافعة عن طريق جسور المايوسين المتقاطعة. (٣٥:١٦)(٦٧:١٥)

توليد فرق الجهد الكهربائي في العضلة :-

تؤدي استقطابية الفتحات الانبوبية العكسية وكذلك النسيج الشبكي للسركوبلازم , الي ظهور موده استقطابية على طول الليفة العضلية , وهذه الموجه الاستقطابية هي مايسجله جهاز رسم النشاط الكهربائي للعضلات وتستخدم انواع مختلفة من الموصلات (الكترودات) التي تم تطويرها على مدي السنوات الماضية , ولكنه يمكن تقسيمها بشكل عام الي مجموعتين رئيسيتين هما الموصلات السطحية والموصلات الداخلية , وقد ناقش باسماجيان (١٩٧٣), هذا الموضوع بالتفصيل , بالاضافة الي استخدام كل نوع من هذه الانواع , فالموصلات السطحية تتكون من قاعدة معدنية وعادة ما تكون مصنوعة من كلوريد الفضة , ونصف قطرها واحد سنتيمتر , وهذا النوع يقوم بنقل القيمة المتوسطة للنشاط الناتج فى العضلات السطحية , ويمكن ان يحقق نتائج مقبولة قد تفوق فى بعض الاحيان النتائج الخاصة بالموصلات الداخلية (١٢٢:٥)

وقد تستخدم قواعد معدنية اقل حجما في حالات التعامل مع عضلات صغيرة . اما بالنسبة للموصلات الداخلية فقد تستخدم فى حالات قياس نشاط العضلات الغائرة , وعادة ما يكثر استخدامها فى حالات اعادة تأهيل المصابين .ولاغراض البحث العلمي تم تطوير نوع من الموصلات يعرف بالموصلات المتعددة لفحص وحدة حركية بعينها , وهي مودودة بمقاسات ينحصر قطرها بين (٢- ١٥ ملليميتر) مع استخدام اسلاك توصيل يصل قطرها الي نفس شعرة الانسان تقريبا (١٩٢:٩)

تسجيلات النشاط الكهربائي للعضلات :-

يتطلب تسجيل النشاط الكهربائي للعضلات وجود مايسمي بالمكبر البيولوجي سواء استخدمت الموصلات السطحية او الداخلية , ولعل من الضروري مناقشة اهمية هذا المكبر البيولوجي في الحصول على اشارات كهربية واضحة , فمثل هذه الاشارات هي مجموع ما تنتجه صفائح النهايات الحركية من اشارات يجب استقبالها دون تشويش , ويعني ذلك ضرورة ان يتم تكبير الاشارة مباشرة وتحويلها الي جهاز التسجيل على ان يتم التكبير بنفس النسبة لكل من الاشارات القوية والضعيفة وهو ما يحدث في حالة استخدام المكبر البيولوجي.

فمن اكثر عيوب استخدام المكبرات العادية انتشارا هو حدوث اختصار للاشارات القوية التي تزيد عن قدرة المكبر , فالمكبر يجب ان يتميز بوجود مدي ديناميكي يسمح باستقبال الاشارات الناتجة عن الانقباض من اقل مدي الى اقصي مدي لها . بالاضافة الي التشويش الناتج عن عيوب فى الموصلات ذاتها , او فى توصيلات الاسلاك فى حالة استخدام الموصلات السلكية , هذه بالاضافة الى عيوب التشويش الناتج عن اى اجهزة اخري فى حالة استخدام الموصلات اللاسلكية. (٤ :٢٠٤-٢٠٧)

نظرية رسم العضلات الكهربائي :-

تعتبر طريقة رسم العضلات الكهربائي من الطرق المهمة لدراسة خصائص نشاط الجهاز العصبي العضلي حيث يعتمد هذا الاسلوب علي تسجيل النشاط الكهربائي للعضلات فى حالة انقباضها حيث يتم تسجيل العلاقة بين عمل كل من الجهاز العصبي والجهاز العضلي من خلال تسجيل التغيرات الكهربائية التي تحدث بالعضلات أثناء الانقباض العضلي. (١: ١٩٨)

ففي حالة الراحة يختلف توزيع ايونات الصوديوم والبوتاسيوم فى داخل الليفة العضلية وخارجها حيث يزيد نسبة تركيز ايونات الصوديوم والكلور خارج الليفة العضلية بينما تعمل نسبة ايونات البوتاسيوم علي زيادة الشحنة داخل الليفة العضلية اكثر من خارجها وهذا الاختلاف فى توزيع الايونات ذات الشحنات الموجبة والسالبة حول غشاء الليفة العضلية بنسب في فرق جهد كهربائي تتراوح ما بين ٥٠ – ١٠٠ مللي فولت , وعندما يطلق العصب الحركي اشارة عصبية الي الليفة العضلية يحدث تغير فى الحالة الكهربائية لليفة العضلية وتحدث حالة فقد الاستقطاب حيث يسمح بنفاذ ايونات الصوديوم الي داخل الليفة العضلية , وفي نفس الوقت تخرج ايونات البوتاسيوم الي الخارج وبذلك يتغير توزيع الشحنات الكهربائية وتستمر هذه الحالة اجزاء من الثانية وتنتشر هذه الاستثارة علي طول الليفة العضلية وتكون سببا في حدوث الاستجابة الكيميائية لانتاج الطاقة واتمام الانقباض العضلي . (١: ١٩٨ – ١٩٩)

ويمثل مقدار الاستقطاب الذي يظهر في شكل خط يتجه لاعلي بمقدار درجة التغير الكهربائي ثم يعود هذا الخط في الرجوع الي المستوي العادي عندما تعود حالة الخلية العضلية الي حالتها العادية , وبذلك فان رسم هذه الاستثارة يعطي فكرة عن عاملين هامين احدهما قوة هذه الاستثارة كما يعبر عنها بالميكروفولت , والاخر زمن هذه الاستثارة كما يعبر عنها باجزاء من الالف من الثانية (١: ١٩٨)

القاعدة الأيونية لفرق الجهد الكهربائي :-

نظرا لحالة الاستقرار الايوني النسبي التي يوجد عليها غشاء الخلية العضلية , فانه من السهل حدوث تغيير في توزيع ايونات هذا الغشاء , وبالتالي تغيير في فرق الجهد الكهربائي فيه , فعلي سبيل المثال تؤدي حركة الايونات الوجبة او السالبة الي داخل او خارج غشاء الخلية العضلية , الي تغير في حالة الاستقرار ذالايوني لهذا العشاء , وهذا التغير يحدث نتيجة لتغير في استقطابية الغشاء سواء بالزيادة او بالنقص وفقا لشحنات الايونات المتحركة.

وتحدث حركة الايونات عبر الغشاء نتيجة لتغيرات فى كيميائية الغشاء , وبالتالي في كهربيته ودرجة نفاذيته فغلي الرغم من ان ايونات الصوديوم تمر عبر الغشاء في الحالات العادية بدرجة من الصعوبة الا ان زيادة درجة نفاذية الغشاء والتي تزيد ال ٥٠٠ ضعف عندما تبدا

عملية تغيير استقطابيتة فتسهل مرور ايونات الصوديوم بشكل واضح , وبمجرد مرور ايونات الصوديوم بشكل واضح , وبمجرد مرور ايونات الصوديوم تختل درجة تركيزه ما بين خارج وداخل الخلية العضلية , وبمجرد تحرك الايونات الموجبة تتغير درجة استقطابية الغشاء فيؤدي ذلك الي زيادة فى قدرة الصوديوم على التوصيل , وبالتالي إعادة تناقص استقطابية الغشاء مرة اخري , ويؤدي مثل هذا التغيير فى قدرة الصوديوم على التوصيل الي بدء ظهور مايسمي بقنوات فرق الجهد الكهربائي. (١٦٤:١٢)

ويظهر مما سبق ان مرور كل من ايونات الصوديوم والبوتاسيوم خلال قنوات فر ق الجهد الخاصة بهم يتم مقاومته عن طريق انوية خلايا هذه القنوات والتي يتحكم فى توزيعها حالة فر ق الجهد الكهربائي لغشاء الخلية , ففي الحالة العادية تكون هذه الانوية متقاربة بحيث يؤدي ذلك الي اغلاق هذه القنوات تقريبا, وبمجرد ان يحدث تغير فى استقطابية الغشاء تتباعد الانوية ويتم فتح القنوات لتسهيل مرور ايونات كل من الصوديوم والبوتاسيوم.

ويحدث الاتصال بين الجهاز العصبي والعضلي عن طريق الموصلات وفرق الجهد الحادث فى غشاء الخلية , وبصفة عامة يتم هذا الاتصال عن طريق شكلين رئيسيين اولهما فرق الجهد الخاص بالوصلات العصبية وثانيهما فرق الجهد الكهربائي الخاص بالخلايا العضلية , ويعمل كلا من النوعين بنفس الاسلوب وهو عيارة عن طريق تحرك الايونات من خلال غشاء الخلية .

وتقل سعة موجات فرق الجهد الخاص بالموصلات العصبية (النيورونات) مع انتشارها على سطح غشاء الخلية العصبية , فى حين ان فرق الجهد الكهربائي الخاص بالخلايا العضلية يعيد توليد نفسه عن طريق ظاهرة تعرف بالانتشارية حيث تحد هذه الظاهرة من تناقص سعة الموجه ويمكن تسجيل ذلك عن طريق موصلات دقيقة توضع داخل الخلية . (١٩٦:٤)

ونظرا الى ان مرور ايونات الصوديوم من خلال قنوات فرق الجهد يحدث قبل مرور ايونات البوتاسيوم , هذا بالاضافة الى ونظرا الي إن قدرة التوصيل لايونات الصوديوم تزيد بمعدلات اسرع من البوتاسيوم فإن غشاء الخلية يبدا اولا بتناقص قدرته الاستقطابية ثم يعود وتزيد هذه القدرة , وبناءً على ذلك فان حالة فرق الجهد الكهربائي للغشاء فى اي لحظة, تعبر عن درجة عدم التوازن بين ايونات الصوديوم والبوتاسيوم.

فعدد ايونات الصوديوم والبوتاسيوم التي تمر عبر غشاء الخلية تعتمد علي درجة نفاذيته , والتي تسببها شحنات هذه الايونات , وفى النهاية فان قابلية الصوديوم على التوصيل تعود الى حالتها الطبيعية فى حين تستمر هذه القدرة التوصلية اعلي من معدلها الطبيعي لفترة بالنسبة للبوتاسيوم بما ينتد عنه زيادة استقطابية الغشاء.

ويبدا نظام ضخ الصوديوم والبوتاسيوم فى التغير بحيث يعكس توزيع الايونات بعودة الصوديوم خارج الغشاء والبوتاسيوم داخلة , فيحدث إعادة ظهور فرق الجهد الكهربائي فى الغشاء كما هو الحال فى حالة الراحة.

وتصل سرعة انتشار فرق الجهد الكهربائي للنيورونات الى زمن يصل الي حوالي (١٢٠ ms), وبما ان فرق الجهد الكهربائي يعكس توزيع الايونات حول الغشاء فانه يمكن التعبير عن القيم المحددة لكل من فرق الجهد الكهربائي, وسرعة انتشاره حيث يظهر ارتباط الاشارة الكهربائية بالتوزيع الايوني. (١٢: ١٦٠ – ١٦٢)

ويلعب البروتين المكون لغشاء الخلية دورا رئيسيا فى عمليات التبادل التي تحدث بين مكونات غشاء الخلية , فمن الناحية الوظيفية يمكن تقسيم البروتين الى مجموعتين احداهما بروتينات ناقلة والاخري بروتينات مستقبلة , وتعمل البروتينات التاقلة على انتقال المواد الموجودة داخل الخلية الي خارجها من خلال تسهيل مرورها من قنوات فرق الجهد بالغشاء او العكس, وتتميز هذه البروتينات بدرجة عالية من الخصوصية, حيث يتخصص كل نوع منها فى نقل كمية محدودة من مادة واحدة من المواد الموجودة سواء داخل الخلية او خارجها, ويطلق على هذه البروتينات عده مسميات وفقا لتخصصها فى العمل فمنها الانوية الناقلة, ومضخات الغشاء او قنوات الغشاء.

اما بالنسبة للبروتينات المستقبلة , فهي تعمل عن طريق الاتحاد بانوية مواد اخري و اهمها الهرمونات لكي تساعد على نقل المعلومات من خلال غشاء الخلية. (٤ : ١٩٢)

وهناك اختلاف فى تركيب السوائل داخل وخارج الخلية وبصفة خاصة بالنسبة لتركيز الايونات للمواد الموجودة فى هذه السوائل , وهذه التوزيع غير المتعادل من الايونات داخل وخارج غشاء الخلية يسبب وجود فرق جهد كهربائي اولي لهذا الغشاء , وهذا الفرق فى الجهد الاولي لغشاء اي خلية فى جسم الانسان ينحصر بين (-٦٠ : -٩٠ MV) فى الظروف الطبيعية , حيث تشير العلامة السالبة الي ان داخل العضلة يكون سالبا بمقارنته بخارج الخلية , وتؤدي معظم المكونات الموجودة داخل الخلية الي استقرار حالة فرق الجهد فى غشائها , وقد يظهر فرق جهد محدود فى غشاء الخلية نتيجة لتغيرات محدودة فى التركيب الايوني للسوائل خارج وداخل الخلية , اما بالنسبة للخلايا العصبية فهي تختلف تماما عن الخلايا العضلية , فغشاء الخلايا العصبية يعتبر من النوع القابل للاستثارة, حيث انه من الممكن تزايد فرق الجهد الكهربائي للخلايا العصبية خلال عدد محدود من الملي ثانية يصل (+٢٠ :- ٥٠MS) , وهذا التغير المفاجئ فى كهربية الغشاء تعرف بالقوة الدافعة الكهربائية التي تساعد على سرعة انتقال المعلومات , كما إنها تعمل على استثارة الخلايا العضلية للانقباض .

وهناك علاقة طردية بين الاشارة الكهربية التي يمكن تسجيلها و القوة الدافعة الكهربائية , ولكي يتم فهم تفاصيل التغيرات الكهربائية التي تحدث نتيجة لاستثارة الخلايا العضلية , قان هناك العديد من الاسس والعمليات الفسيولوجية التي يمكن تلخيصها فيما يلي :-

تركيز الايونات فى الخلية العضلية:-

ان كل عضلة يحيط بها غشاء خلوي يفصل بين السوائل خارج وداخل الخلية , هذه بالاضافة الى اختلاف توزيع ايونات المواد المكونه لهذه السوائل , حيث يتميز السائل داخل الخلية بدرجة تركيز عالية لعنصري البوتاسيوم (+K) والبروتين (-A) , فى حين يكون السائل خارج الخلية غني بالصوديوم وكذلك ايونات الكلوريد (-CL). (١٢: ١٦١)

هذا بالاضافة الى ايونات مواد اخري مثل الكالسيوم والماغنسيوم والبيكربونات والفوسفات , الا ان عدم تاثيرها على القوة الدافعة الكهربية لغشاء الخلية والخاصية الكهربائية للغشاء اثناء تزايد هذا الفرق في الجهد سوف يجعلنا نهمل تناولها.ويوضح جدول (1) تركيز ايونات كل من الصوديوم والبوتاسيوم والبروتين والكلوريد.

جدول (1)

نسبة تركيز الايونات داخل وخارج الخلية

العنصر	داخل الخلية	خارج الخلية
الصوديوم +N	١	١٢
البوتاسيوم +K	٤٠	١
الكلوريد -CL	١	٣٠
البروتين -A	ـــــ	ـــــ

(١٢: ١٦١)(١٥: ٥٥)

ويرجع عدم التساوي فى توزيع ايونات كل من البوتاسيوم والصوديوم داخل وخارج الخلية الى احتواء غشاء الخلية فى تركيبه على البروتينات الناقلة السابق الاشارة اليها , والتي تعمل علي تنشيط عملية الانتقال , والمقصود بالتنشيط هنا هو مساعدة الايون على الانتقال خلال غشاء الخلية فى عكس اتجاه التركيز , فايونات الصوديوم تنتقل من خارج الخلية الي داخلها فى حين تنتقل ايونات البوتاسيوم من داخل الخلية الى خارجها , وفى هذه الحالة فان كلا من نوعي الايونات ينتقل من المنطقة الاقل تركيز الى المنطقة الاعلي تركيز مما يؤدي الي ظهور الطاقة التمثيلية , وتسمي هذه الحالة العكسية لانتقال الايونات بمضخات الايونات , وهذا التوزيع غير المنتظم الناتج عن الانتقال النشط لكل من البوتاسيوم والصوديوم , يرجع بالمقام الاول الى ان ايونات البروتين لايمكنها المرور الي خارج الخلية نتيجة لكبر حجم انويتها , وبالتالي فانها تتجمع

داخل الخلية حيث يتكون غشاء الخلية من طبقات دهنية يتخللها البروتين , وهو شيه نفاذفبعض هذه الدهون تحتوي على مواد صلبة هذا بالاضافة الى صغر حجم انويتها , ويعرف هذا النوع من الغشاء بغشاء البلازما ويدخل فى تركيبه نسبة تصل الي ٥٠ : ٧٠ % من البروتين , وهو بهذا التركيب بالاضافة الى وجود الانزيمات والمستقبلات وقنوات التوصيل وعمل مضخات الايونات يساهم فى قدرة الغشاء علي كل من اختزان ونقل وانطلاق الطاقة .(١٢: ١٦٢- ١٦٦)

فعلي سبيل المثال يكون تركيز الصوديوم (١٢,٠٨) , والبوتاسيوم (٠,٠٣) , والكلوريد (٣٠) , وهذا التوزيع غير المتعادل من المكونات يؤدي الي وجود فرق الجهد للغشاء , ويحدث هذا الفرق فى الجهد نتيجة لتنافر المكونات ذات الشحنات الواحدة وتجاذب المكونات ذات الشحنات المختلفة , وعندما يكون غشاء الخلية فى حالة الراحة يكون فرق الجهد الكهربائي قليل الى حد كبير حيث يكون الوسط داخل الخلية سالبا بمقارنته بخارجها , ويلعب توزيع ايونات كل من البوتاسيوم والكلوريد بالاضافة الي البوتاسيوم والبروتين الدور الرئيسي فى تحديد هذه الحالة (فرق الجهد الكهربائي فى حالة الراحة) (١٢: ١٦٣)

أما الأقطاب السطحية الكهربائية فانه من الممكن ان تسجل فرق الجهد الكهربائي المصاحب لانقباض الليفة العضلية مما يشير الي النشاط العضلي , وتسمي الاشارة الناتجة عن ذلك بالالكترومايوجرام , وقد اصبح من الممكن حديثا متابغة نشاط الوحدة الحركية , وذلك باستخدام ناقلات الحركة السطحية حيث يحدث تغير فى شكل الليفة العضلية المنقبضة , ويمكن نقله عن طريق الاقطاب السطحية .

وخلال الانقباض العضلي الاقصي الارادي للوحدة الحركية , وبصفة خاصة بالنسبة للالياف السريعة والتي تعتبر الاكثر عرضه للتعب , يحدث انه عند الوصول الي الحد الاقل من الاقصي يتم إعادة تجنيد وحدات حركية جديدة لتساعد علي منع الهبوط الميكانيكي المفاجئ للانقباض , وتحقيق الحد الأقصي . (١٣: ٤٨٢ – ٤٩٦)

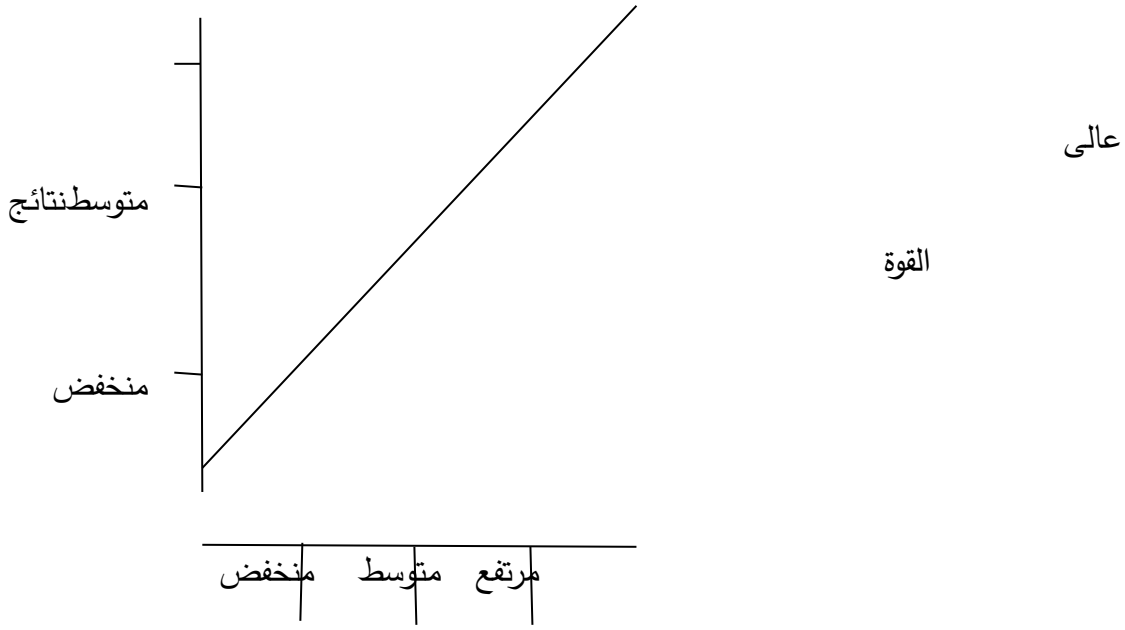
ولقد اصبح من المؤكد ان تجنيد الوحدات الحركية ومعدل الاشعال يعتمدان بالدرجة الاولي على مستوي قوة وسرعة الانقباض المطلوب , فعندما يتم تجنيد الوحدات الحركية ذات العتبة الفارقة المنخفضة , وغالبا ما تكون وحدات من النوع البطئ , فان ذلك يؤدي الي قوة انقباض منخفض مع تاخير ظهور التعب فى حين انه فى حالة الحاجة الي قوة اكبر او مع سرعة انقباض , فانه يتم تجنيد الوحدات الحركية ذات العتبة الفارقة الاعلي وفى نفس الوقت الاكثر عرضه للتعب (فروند ١٩٧٥) وهتمان ومندل . (١٢ : ١٦٠ – ١٦٣)

نظام تجنيد الوحدات الحركية :-

رغم ان هناك اختلاف كبير بين الالياف العضلية المكونة للوحدات الحركية , سواء من حيث

الحجم او من حيث الخصائص التمثيلية (روي , اديجرتون ١٩٩٢) , فان الالياف العضلية المكونة للوحدة الحركية تتشابه الي حد كبير فيما بينها عما هو الحال بالنسبة للوحدات الحركية الاخري , ويعتبر نظام تجنيد الوحدات الحركية نظامنا ثابتا فى معظم العضلات , ففي ضوء مبدا الحجم المتبع في تفسير نظام تجنيد الوحدات الحركية , فان الوحدات الاصغر او ذات العتبة الفارقة المنخفضة تحتاج الي مثير ضعيف حتي تجند فى العمل العضلي , وهي عادة ما تتكون من الياف من النوع السريع. (١١)

فيعتبر استخدام اثقال يمكن تكرار رفعها ما بين (٣- ٥ تكرارت) من الاعمال البدنية التي تحتاج الي تجنيد الوحدات الحركية ذات اعلي عتبة فارقة للاستثارة الا ان بداية تجنيد الوحدات الحركية يتم من خلال الوحدات البطيئة (SF) اولا ثم الوحدات الاسرع فالاسرع وفقا لمتطلبات النشاط العضلي , و يوضح شكل (١) هذا المفهوم الأساسى فى تجنيد الوحدات الحركية :-



شكل رقم (١)

تجنيد الوحدات الحركية

تجنيد الوحدات الحركية بناء على مستوى العتبة الفارقة للأشعال و الأستثناء الوحيد من هذه القاعدة , و ناتج قدرة كبير حيث يعتمد ذلك على الأساليب التدريب المتبعة (تمرينات نوعية) , فالرمى بشكل عام قد لا يجوز تطبيق مبدأ حجم الوحدة الحركية عليه بشكل مطلق , و بناء عليه فأنه قد يتم تجنيد الوحدات الحركية السريعة قبل الوحدات البطيئه

مثل هذه الأنواع من الأدوات التى تحتاج الى انتاج قدرة عالية فى زمن محدود , و هذا يعنى ان الوحدات البطيئه سوف تجند فى هذا النوع من العمل العضلى , و لكن فان تجنيدها

يكون بغرض المساندة فى انتاج القدرة .

و يرى سال SALE(١٩٩٢) (١٤) ان تجنيد الوحدات ذات العتبه الفارقة العالية (الوحدات السريعة) من الممكن ان يحدث نتيجة لاسلوب التدريب المتبع في اي برنامج للاعداد البدني الخاص طويل المدي.

فمن خلال التدريب ترتفع قدرة الجهاز العصبي (الاعصاب الحركية) علي تجنيد الوحدات السريعة اولا.

فالحقائق المرتبطة بعمليات تجنيد الوحدات الحركية سواء البطيئة او السريعة , تتمثل فقط في مقدار القوة العضلية المطلوبة فى اي عمل , فاذا ما كان مقدار القوة المطلوب كبيرا سواء لتحريك ثقل كبير بسرعة بطيئة او ثقل اقل بسرعة عالية , فان الوحدات الحركية السريعة سوف تعمل اولا , ونظرا لما تحتويه العضلات من كميات كبيرة نسبيا من الالياف السريعة , فان ذلك يعني ان تجنيدها سوف يؤدي الي ناتج قدرة كبير.

ويمثل نظام ترتيب تجنيد الوحدات الحركية اهمية بالغة من وجهة النظر العلمية لعده اسباب اولها , ان يتم تجنيد الالياف السريعة والمحافظة على حالتها التدريبية وذلك من خلال تدريبات ذات شدة عالية , وثانيها ان هذا الترتيب في تجنيد الوحدات الحركية يرتبط بشكل مباشر بنوع العمل المطلوب فى اي اداء رياضي ويتميز بالخصوصية العالية جدا. (٥: ٢٦٤- ٢٧٣)

فترتيب تجنيد الوحدات الحركية فى العضلة ذات الاربعة رؤوس الفخذية عند اداء المد السريع للركبة فى تمرين الوثب العمودي يختلف تماما عما يحدث فى حالة اداء تمرين ثني الركبتين باستخدام ثقل (Squat), حيث يري كل من هارومني و دنير فان درجون وجيلن (١٩٨٢) ان نظام ترتيب تجنيد الوحدات الحركية , قد يكون احد العوامل المسئولة عن خصوصية ناتج القوة العضلية باختلاف نوع التمرين , مما يؤكد ايضا علي اهمية تنمية القدرة العضلية من خلال اشكال مختلفة من تدريبات القوة. (٨)

اساليب معالجة النشاط الكهربائي للعضلات :-

بمجرد ان يتم تكبير الاشارة الكهربائية الناتجة عن انقباض اي عضلة فانه يمكن معالجتها بحيث تصبح قابلة للمقارنة مع اي اشارة كهربية لاي متغير بيولوجي او بيو ميكانيكي اخر , وترجع الحاجة الي تحويل الاشارة الكهربائية لنشاط اي عضلة الي قيم يمكن التعامل معها , الى الحقيقة القائلة ان الصورة الخام لهذا النشاط الكهربائي , لايمكن استخدامها لاجراء اي مقارنات او علاقات باي متغيرات اخري.

فعلي سبيل المثال يؤدي التردد العالي لنشاط العضلة كهربيا الي صعوبة تسجيله , وبخاصة فى حالة استخدام اجهزة التسجيل التي تعتمد على الطرق التقليدية . فالقدرة الاستجابية

لمعظم اجهزة التسجيل من هذا النوع تصل (من صفر الي ٦٠Hz), وهذا يعني ان معظم الترددات العالية لاي نشاط كهربائي للعضلة لن يتم تسجيلها اذا ما زادت عن (٦٠Hz).

هذا البحث محاولة منهجية لدراسة طبيعة العمل العضلي والعضلات العاملة خلال الأداء المهاري الحركي لرفع الأثقال وكذلك مقاديير ونسب مشاركة العمل العضلي لكل مجموعة عضلية ؛ ولقد استخدمت العديد من الدراسات تحليل النشاط الكهربي للعضلات للتأثير في الأداء المهاري فقط ولم تستخدم أي منها تحليل النشاط الكهربي للعضلات كمؤشرات تنبؤ لحدوث الإصابات الرياضية بدلالة نسب مساهمة العضلات وفي التالي عرض لبعض من هذه الدراسات:

يذكر جون لير John lear (1980)(١٠) أن الحركة في رياضة رفع الأثقال تعتبر من الحركات الوحيدة الغير متكررة والتي تمر بثلاثة مراحل أساسية وهى المرحلة التمهيدية : وهى التي يتخذ فيها اللاعب الوضع المناسب بالنسبة للثقل من حيث(القدمين ، القبضة) على عمود الأثقال ، والمرحلة الأساسية : التي يحاول فيها اللاعب رفع الثقل من مربع الرفع إلى أعلى والتى تعتمد على القوة المنتجة من العضلات المادة للجذع والرجلين. (١٠: ٣٥)

وأثناء هذا الأداء وبذل القوة المتبادلة بين الرباع وعمود الثقل وخاصة في مرحلة السحب والسقوط اسفل البار قد يتعرض الرباع لإصابات مختلفة أوضحتها نتائج دراسة اللجنة الطبية بالاتحاد الدولي وكانت عبارة عن **الاجهاد والتوتر والالتواء , التهاب الأوتار ,الالتهاب الكيسي ,الخلع dislocation والكسر fracture.**

ولقد وجد إن معدل حدوث الإصابات الرياضية يقل إلى حد كبير حينما يقوم المدرب باتباع الأساليب العلمية في التدريب وبمعرفة الأسباب التي يمكن أن تؤدي إلى حدوث الإصابة وفي مقدمتها معرفة المفاصل المسئولة عن الحركة والعضلات العاملة عليها والتي من شأنها أداء هذه الحركة.

لذا جاءت فكرة دراسة نسب مساهمة العضلات في الأداء المهاري للرفع برفع الأثقال حتى يمكن التنبؤ بحدوث إصابات ومن ثم عمل البرامج الوقائية لها.

ومن ثم تعد هذه الدراسة إحدى المحاولات لمواكبة الاتجاه الحديث فى مجال التدريب الرياضي الذي يؤكد على أهمية معرفة أسباب حدوث الإصابة و طرق الوقاية منها قبل حدوثها لضمان بقاء البطل الرياضي أطول فترة ممكنة فى ميدان البطولة.

أهداف البحث :

هدف هذا البحث إلى:

- التعرف على نسب مساهمة العضلات في الأداء المهاري لرفع الأثقال كمؤشر لتجنب حدوث

الإصابة

تساؤلات البحث :

١- ما نِسَب مساهمة العضلات في الأداء المهاري لرفع الأثقال.

الدراسات المرجعية:

وسوف يستعرض الباحثون مجموعة من الدراسات المرجعية التي تناولت تحليل النشاط الكهربي للعضلات من حيث العضلات المختارة للدراسة، ، وأهداف كل منها:

١- قام **بوخاتسوكايا، بوكهووف، جورودنيشيف (2012)Buchatskaya et al.,** (27):بدراسه هدفت التعرف على النشاط الكهربي لمجموعة العضلات المختارة خلال مراحل الرمي للتأثير في الأداء واستخدم المنهج المستخدم الوصفي وعينة الدراسة١٠٨ رماة من المستويات العليا و أدوات الدراسة الكترومايوجراف وكانت أهم النتائج كانت اكثر العضلات نشاط المنحرفة المربعة العليا اليمنى- المنحرفة المربعة العليا اليسرى- الباسطة للرسغ الزندية اليسرى- الباسطة للرسغ الزندية اليمنى- القابضة للرسغ الكعبرية اليسرى- القابضة للرسغ الكعبرية اليمنى- الدالية الخلفية اليمنى- الدالية الوسطى اليسرى- المنحرفة المربعة السفلية اليمنى.

٢- قامت **إدين سوارجاندا، روهيل رازالي، باري ويلسون، أحمد فارمي Edin Suwarganda, Ruhil Razali, Barry Wilson, Ahmed Pharmy (2012)** (7): بدراسه هدفها للتعرف على نشاط العضلات ومقارنتها بالنتائج وسرعة إطلاق السهم واستخدم المنهج المستخدم التجريبي وعينة الدراسة ٣ من الرماة الأولمبيين و أدوات الدراسة الكترومايوجراف وكانت أهم النتائج ان اكثر العضلات نشاطا العضلة المنحرفة المربعة اليمنى- العضلة الدالية اليسرى- العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية اليمنى- ذات الثلاث رؤوس العضدية اليسرى.

التعليق على الدراسات المرتبطة :

وقد استفاد الباحث من تلك الدراسات من خلال ما توصلت اليه من نتائج والاسلوب الاحصائي والتصميم التجريبي المتبع وقياس النشاط الكهربائي للعضلات.

إجراءات البحث:

اتبع الباحثون المنهج الوصفي لمناسبته طبيعة هذه الدراسة حيث تم قياس النشاط الكهربي للعضلات العاملة أثناء الرفع باستخدام جهاز الـElectromyography EMG.

- اختيار عينة الدراسة (1) من لاعبي رفع الاثقال المشاركين فى بطولة الجمهورية.

١- في هذه الأثناء تم إعداد العضلات المختارة للدراسة وإعدادها على سوفت وير الحاسب الآلي

المرتبط بجهاز الـ EMG. (وذلك بإضافة العضلات المراد قياسها إلى قائمة كل قناة من قنوات القياس)

العضلات المستهدفة:

بعد إجراء المسح المرجعي تم تحديد اهم اربع عضلات عاملة في الطرف السفلي تمثل الجزء الرئيسي فى اغلب مراحل الرفعة وهم :-

١- العضلة المستقيمة الفخذية.

٢- العضلة المتسعة الوحشية.

٣- العضلة النصف الوترية.

٤- العضلة ذات الراسين الخلفية.

٢- تم تجهيز كاميرات تصوير فيديو ثابتة للتأكد من أن زوايا العمل العضلي سليمة ولم تتأثر بالقياسات.

٣- بعد ذلك تم تجهيز الرباع لتثبيت الإلكترودات على العضلات المختارة كالآتي: (إزالة الشعر بماكينة الحلاقة- تنظيف الجلد بماسحات كحولية- تثبيت الإكترودات باللاصقات)

٤- تم تثبيت الإلكترودات على العضلات المختارة بحيث تم لصق ثلاثة من الإلكترودات اثنين في وسط العضلة والثالث (الأرضي) بالجانب.

٥- بعد التأكد من استعداد الجهاز وسلامة الوصلات وأماكن الإكترودات أعطى الرباع إشارة البدء للرفع.

٦- تم قياس النشاط الكهربي للعضلات .

٧- تم إخراج النتائج لجهاز الـEMG وإدراجها في برامج التحليل.

عرض نتائج البحث:

من خلال عرض نتائج تحليل النشاط الكهربي للعضلات المختارة قيد الدراسة تبين الآتي:

نتائج الشغل والحمل للنشاط الكهربائي للعضلات فى مهارة الخطف باليدين

جدول (2)

نِسَب العمل العضلي لعضلات الطرف السفلي العاملة فى الخطف

المتغيرات / العضلات	المساحة (uVs)	النسبة المئوية (%)
العضلة المستقيمة الفخذية اليمني	١٢٤٩	٪١٢
العضلة المتسعة الوحشية اليمني	٢٣٦٨	٪٢٣
العضلة النصف الوترية اليمني	٦٣٢	٪٦

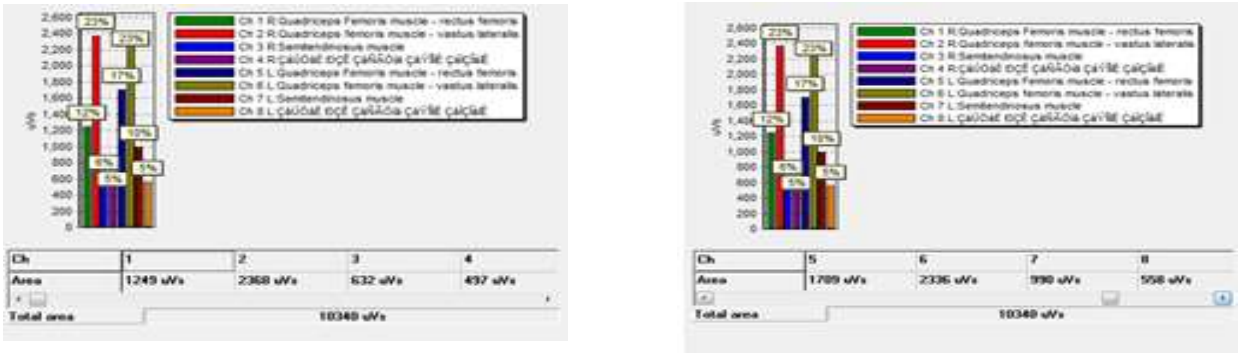
العضلة ذات الراسين الخلفية اليمني	٤٩٧	٤٪
العضلة المستقيمة الفخذية اليسري	١٧٠٩	١٧٪
العضلة المتسعة الوحشية اليسري	٢٣٣٦	٢٣٪
العضلة النصف الوترية اليسري	٩٩٠	١٠٪
العضلة ذات الراسين الخلفية اليسري	٥٥٨	٥٪
المساحة الكلية	١٠٣٣٩	١٠٠٪

يتضح من الجدول (2) أنه قد تم اختيار عدد (8) ثمانية عضلات من العضلات العاملة وكان الاختيار لهذه العضلات وفقًا لما وجده الباحثون متكررًا في الدراسات المرجعية.

من خلال ما أظهره نتائج جدول (2) لتحليل النشاط الكهربي للعضلات Electromyography (EMG) أمكن التوصل إلى ترتيب ونسب مساهمة العضلات العاملة المختارة أثناء الأداء المهاري وكانت كالتالي:

جاءت العضلة المتسعة الوحشية اليمني كاعلي قيمة مقدارها (uVs٢٣٦٨) وكانت النسبة aالمئوية وهي (٢٣٪) , ثم جاءت العضلة المتسعة الوحشية اليسري بقيمة مقدارها (uVs٢٣٣٦) والنسبة المئوية (٢٣٪), ثم جاءت العضلة المستقيمة الفخذية اليسري بقيمة مقدارها (uVs١٧٠٩) والنسبة المئوية وهي (١٧٪) , ثم جاءت العضلة المستقيمة الفخذية اليمني بقيمة مقدارها (uVs١٢٤٩)) والنسبة المئوية (١٢٪), ثم جاءت العضلة النصف الوترية اليسري بقيمة مقدارها (uVs٩٩٠) والنسبة المئوية (١٠٪), ثم جاءت العضلة النصف الوترية اليمني بقيمة مقدارها (uVs٦٣٢) والنسبة المئوية (٦٪),

ثم جاءت العضلة ذات الرأسين الخلفية اليسري بقيمة مقدارها (uVs٥٥٨) والنسبة المئوية (٥٪), ثم جاءت العضلة ذات الرأسين الخلفية اليمني بقيمة مقدارها (uVs٤٩٧) والنسبة المئوية (٥٪).



شكل(2)

نسب مساهمة العضلات خلال الأداء المهاري لرفعة الخطف برفع الأثقال

الاستنتاجات:

ويمكن تفسير هذه النتائج كالتالي:

الترتيب بالنسبة للمساحة :-

١- العضلة المتسعة الوحشية اليمني ٢ - العضلة المتسعة الوحشية اليسري.

٣- العضلة المستقيمة الفخذية اليسري ٤- العضلة المستقيمة الفخذية اليمني.

٥- العضلة النصف الوترية اليسري ٦ - العضلة النصف الوترية اليمني

٧- العضلة ذات الرأسين الخلفية اليسري ٨ - العضلة ذات الرأسين الخلفية اليمني

التوصيات :

بناءًا على ما أظهرته نتائج تحليل النشاط الكهربي للعضلات أثناء الأداء المهاري للرفع برفع الأثقال يمكن أن نصل لمجموعة من التوصيات أهمها:

- الاهتمام بتقوية العضلات **(العضلة المتسعة الوحشية - العضلة المستقيمة الفخذية) (العضلة النصف الوترية)** بتدريبات الانقباضات المشابهة للحركة Isokinetic.

-الاهتمام بتقوية(**العضلة المتسعة الوحشية - العضلة المستقيمة الفخذية) (العضلة النصف الوترية)**العضلة بالتدريبات الخاصة بذلك حتى يمكن حمايتها من حدوث الإصابات التي يمكن أن يتعرض لها الرباع نتيجة التدريب الزائد الواقع على هذه العضلة أثناد الأداء المهاري.

-إجراء المزيد من الدراسات لتحليل انشاط الكهبي للعضلات على مجموعات عضلية أخرى تساهم في الأداء المهاري لرفع الأثقال.

قائمة المراجع العربية والأجنبية:

١- **أبوالعلا عبد الفتاح و صبحي حسانين** : فسيولوجيا ومورفولوجيا الرياضي وطرق القياس والتقويم, الطبعة الأولى, دار الفكر العربي, القاهرة, ١٩٩٧م.

٢- **طلحة حسين حسام الدين و آخرون:** مبادئ الميكانيكا الحيوية وعلم الحركة التطبيقي، الطبعة الأولى، مركز الكتاب للنشر،مصر,١٩٩٧.

3- **Counsilman J.E.**: Competitive swimming manual councilman co , Jnc. Bloomington Indiana (1977).

4- **David A . Winter** : Biomechanics and motor control of human movement second wd , waterloo Ontario Canada (1990)

5- **Desmedt J. E, Godauxn, E**: Ballistic contractions in man chararcteristic Recruitment pattern of singlr motor units of the tibialis muscle , Journal of physiology 264 :73 – 94.-(1977).

6-**Gourgoulis V., Mavormatis , G:** Agelousis N. Godolias G., Taxildaris K .; Myoelectrical activity pettens of Lower Limb during vertical Jump with the dominant and non- dominant leg Exere &Soc Komotini 21(1999).

7 -Hakkinen K., keskinen K. paavo . komi antti mero: EMG, force and hormonal responses to high intensity strength and running exercise units in male power athlestes, Book of Abstracts, university of Jyvaskyla , Tinland,(1995)

8- **Harr Romenys Denier van Der Gon J.J , Gielen , C.C.**; changes in recruitment order of motor units in the human biceps muscle, Experimental Neurology 78:360-68. (1982).

9- **Hof.A.l :** The Relationship between Electromyogram and muscle force ,Dep . Of medical physiology ,university of Groningen &Dep of Rehabilitation ,university hospital Groningen , Netherland , (1997)

10- **John , Lear**: Weight lifting , Great Britain, 1980

11- **Roy, R.R., Edgertion V.p.**: skeletal muscle architector and performance , in strength and power in sport ed. P.V. Komi 115-29 , oxford:

Blackwell scientific . (1992).

12 - **Rogar M. Enoka** ; Neuromechanical basis of kinesiology , second ed ., (1990).

13- **Robert A. Robergs , Dcott O. Koberts**; Exercise physiology, (1997), mosby-year book, Inc U.S.A. P.p482-496

14- **Sale D.G**.; Neural adaptation to strength training in strength and power in sport , ed .p.v. Komi 249-65. Oxford . Blackwell scientific, (1992).

15- **Shrawan Kunmar , Anil Mital**: Electromyography in Ergonomics, Taylor & Francis, UK , U.S.A. (1996).

16- **Tortora grabowski** : principles of anatomy and physiology john Wiley . Sons . Inc n.y.(2000).

ملخص البحث

الوقاية من الإصابة بدلالة نسب مساهمة العضلات العاملة أثناء الأداء المهاري للرباعين

أ.د/ أحمد علي حسن

أ.د/ أشرف حافظ محمود

م.د/ مصطفي محمود عبد العزيز

الباحث/ هيثم محمد حافظ

تهدف الدراسة إلى الوقاية من الإصابة بدلالة نسب مساهمة العضلات العاملة أثناء الأداء المهاري للرباعين، ولتحقيق هذه اتبع الباحثون المنهج الوصفي لمناسبته طبيعة هذه الدراسة حيث تم قياس النشاط الكهربي للعضلات العاملة أثناء الرمي باستخدام جهاز الـEMG Electromyography على لاعب رفع الاثقال المشاركين فى بطولة الجمهورية وبعد إجراء المسح المرجعي تم تحديد اهم اربع عضلات عاملة في الطرف السفلي تمثل الجزء الرئيسي فى اغلب مراحل الرفعة وهم :-

١- العضلة المستقيمة الفخذية.

٢- العضلة المتسعة الوحشية.

٣- العضلة النصف الوترية.

٤- العضلة ذات الراسين الخلفية،

وكانت أهم النتائج الاهتمام بتقوية العضلات **(العضلة المتسعة الوحشية – العضلة المستقيمة الفخذية) (العضلة النصف الوترية)** بتدريبات الانقباضات المشابهة للحركة Isokinetic.

-الاهتمام بتقوية(**العضلة المتسعة الوحشية – العضلة المستقيمة الفخذية) (العضلة النصف الوترية)**العضلة بالتدريبات الخاصة بذلك حتى يمكن حمايتها من حدوث الإصابات التي يمكن أن يتعرض لها الرباع نتيجة التدريب الزائد الواقع على هذه العضلة أثناد الأداء المهاري.

-إجراء المزيد من الدراسات لتحليل انشاط الكهربي للعضلات على مجموعات عضلية أخرى تساهم في الأداء المهاري لرفع الأثقال.