دراسة تباين الشدد التدريبية في النشاط الكهربائي للعضلات العاملة والمضادة في اختبار القرفصاء الخلفي النصفي

أ.م.د. أسامة أحمد حسين
كلية التربية الرياضية - جامعة بغداد

١٤٣٣هـ ٢٠١٢م

ملخص البحث

هدفت الدراسة إلى المقارنة والتعرف على مقدار التغير في نسب الاختلاف بين عمل العضلات الأمامية (المستقيمة الفخذية) والخلفية (النصف وترية) للرجلين اليمين واليسار وعلى وفق الزيادة في الشدد قيد البحث (٢٥%- ٥٠%- ٧٥%- ١٠٠%)، وكذلك بين الرجلين اليمين واليسار. التعرف على الفروق نسبة الكهربائية المتحققة عند الشدد التدريبية (٢٥%-٥٠%-٧٥%) للعضلات قيد البحث من الإشارة الكهربائية المتحققة عند أقصى انقباض قصوي إرادي (١٠٠%) ومدى تطابقها مع الشدة الفعلية للأحمال. واشتملت عينة البحث على أربعة رباعين في رياضة رفع الأثقال بعمر (٢٢) سنة وانحراف معياري (٣.٤٦٤). واستعمل الباحث اختبار القرفصاء الخلفي (النصف دبني) بشدد (٢٥%-٥٠%-٧٥%-١٠٠%) مع تسجيل الإشارة الكهربائية (متوسط الإشارة والقمة) بواسطة جهاز (EMG) نوع (Myo

400 (Trace وتحليل الإشارة الكهربائية ببرنامج (Myo Research XP 1.06.67)، كما تم استعمال الحقيبة الإحصائية (SPSS) لتحليل البيانات والحصول على النتائج. واستنتج الباحث إن مبدأ: زيادة قوة الانقباض يكون بزيادة قوة العضلات العاملة وقلة كبح العضلات المساعدة، غير ممكن التطبيق في الشدد التدريبية العالية. وأن تكون قوة العضلات الخلفية والأمامية ٢-٣ مرات نسبة لا تتعدى (٧٠%). وعدم وجود فروق كبيرة في كهربائية العضلة المستقيمة الفخذية (الأمامية) بين الرجلين اليمين واليسار في الشدد العالية (٧٥-١٠٠%)، في حين توجد فروق كبيرة نسبياً في الشدد المنخفضة (٢٥-٥٠%). وعدم وجود فروق معنوية بين الشدد الأربعة قيد البحث (٢٢%-٥٠%-٧٥%-١٠٠%) في متوسط الكهربائية والقمة للعضلة المستقيمة الفخذية والنصف وترية للرجلين اليمين واليسار .

Study training intensities variation in the electrical activity of agonist and antagonist muscles in half-back squat test

By:
Asst. Prof. Dr. Usama Ahmed Hussein

This study aimed to compare and identify the amount of change in the proportions of the difference between the work of front thigh muscles (rectus femoral) and rear (Semitdinosus) for left and right legs and in accordance with the increase in intensities (25% - 50% - 75% - 100%), as well as between right and left legs. Identify differences electric rate achieved when training in these intensities (25% -50% - 75%) of the muscles under the electrical signal generated at maximum voluntary contraction (100%) and their conformity with the actual maximal loads. The research sample included four weightlifting age (22) years and a standard deviation (3.464). The researcher used the back squat test (half squat) with intensities (25% -50% -75% -100%) with electrical signal recording (average signal and peak) by (EMG)

device type (Myo Trace 400) and electrical signal was analysis by program (Myo Research XP 1.06.67). The researcher used SPSS statistical data to analysis and extracts the results. he concluded that the principle of: the strength of contraction increase with muscle strength and decrease curb of antagonistic muscles assistance, the application is not possible in training in high intensity. And that back and front muscle strength should not exceed 2-3 times or ratio does not exceed (70%). And there is a lack of significant differences in the electrical rectus femoris (front) between left and right legs in high intensities (75-100%), while there were relatively large differences in low intensities (25-50%). The lack of significant differences between the four intensities under discussion (22% -50% -75% -100%) in the average electric and peak of the rectus femoris muscle and Semitdinosus of the two left and right legs .

البـــاب الأول

١- التعريف بالبحث

١-١ مقدمة البحث وأهميته

تعد تمارين المقاومة من أكثر الطرائق الشائعة لتطوير القوة العضلية لدى اغلب الرياضيين وفي مختلف الألعاب الرياضية، فهي تستعمل لتطوير القوة والقدرة ومطاولة القوة العضلية. ولذلك يستعمل المدربون واللاعبون شدد تدريبية مختلفة الهدف منها تطوير نوع معين من القوة فضلاً عن استعمال أنواع مختلفة من الانقباضات العضلية (الثابتة والمتحركة بنوعيها، المركزي واللامركزي).

وإن عمل العضلات في جسم الإنسان يتطلب تزامنا في عمل تلك الوحدات الحركية بين كل من المجاميع العضلية العاملة (Agonist) والمضادة لها (Anagonist) العاملة

على المفصل المتحرك [١]. والباين للعيان إن عمل العضلات المضادة هو عكسي ومثبط للعضلات العاملة وهذا صحيح من جانب غير انه من غير الممكن أداء الحركات كافة بدون وجود هذا العمل المتعاكس لأنه يؤدي إلى إتمام الحركة بشكلها الأمثل، كما انه يساعد ويسهم بشكل كبير في تثبت المفاصل في أثناء أداء الحركات، إذ يسمى هذا العمل في بعض الأحيان بالانقباض المساعد للحركة (Co-Contraction) وهو يلعب دورا كبيرا أيضاً في تعلم المهارات. وعلى وفق ذلك فأن الضعف في عمل العضلات العاملة والمضادة وعدم التنسيق بينهما قد يسبب عدم ثبات المفصل وبالتالي حدوث الإصابات بمختلف أنواعها. كما إن الاختلاف في عمل العضلات العاملة والمضادة يجب أن يكون ضمن معدلات مقبولة؛ ليست قليلة إلى حد كبير تؤدي إلى عدم ثبات المفصل وعدم انجاز العمل الحركي بالمسار الصحيح المثالي؛ ولا كبيرة مما يؤدي بها إلى أن تكون عائقا كبيراً للتغلب على المقاومات وأداء الحركات بالشكل الأمثل، هذا التوازن والتناسق يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار عن تصحيح المناهج التدريبية لأجل الحصول على أفضل النتائج. وبما إن التدريب لأجل القوة يعتمد على أداء التمارين بشدد مختلفة فلابد من أن تكون هذه الشدد مقننة بشكل امثل لتطوير عمل تلك العضلات. وقد بحثت الكثير من الدراسات فاعلية العضلات العاملة والمضادة ومنها دراسات (Antony atel-2007) ودراسة (Keitarokubo etal-2004) ودراسة (H.Centomo et al-2006) ودراسة (Gael Guilhem et al-2011) ودراسة (Akihiro and Peter-2011) ودراسة (Kudo and Ontsuki-1998) ودراسة (Tine et al-2011) ودراسة (Maxime etal-2009) ودراسة (Emilie etal-2011) ودراسة (Guildum etal-2007). والتي استعملت اغلبها أجهزة قياس القوة العضلة الضابطة للسرعة وبزوايا عمل عضلة مختلفة وقد استخدمت قسم منها التخطيط الكهربائي للعضلات (EMG) وفي حركات الثني والمد

(1) Basmajian J. V; Motor Learning and Control, A working Hypothesis. Arch Phys Med Rehabil, 1977, 58: P38-41.

وللطرفين العلوي والسفلي وفي مجال التدريب والاختبار والتأهيل. وعلى وفق ذلك تكمن أهمية البحث في دراسة مقدار التغير الحاصل في عمل العضلات المتناظرة والعاملة والمضادة وبشدد تدريبية مختلفة باستعمال جهاز التخطيط الكهربائي للعضلة (EMG) ولكلا الطرفين السفليين مع إمكانية معرفة التزامن الحاصل في مقدار النشاط الكهربائي المقابل للشدد المحددة .

١-٢ مشكلة البحث

أصبحت الدراسات المختصة باختبار القوة العضلية تأخذ حيزاً كبيراً من البحوث العالمية المنجزة بهذا الشأن وذلك لأهمية صفة القوة واعتبارها الصفة البدنية الأهم من بين الصفات البدنية والحركية الأخرى، وعلى الرغم من كثرة الدراسات السابقة وخاصة الأجنبية منها التي درست التغيرات الحاصلة في مقدار القوة باستعمال الأجهزة الحديثة، إلا إنها بقيت تُنفذ ضمن إطار المختبر أي اختبارات تنفذ بأجهزة مختبرية عالية الدقة غير إنها لا تحاكي الوضع الخاص بالحركة. وقد أعطت تلك الدراسات الأساس النظري والتفسيري الصحيح للكثير من الحالات الخاصة بالانقباض العضلي ومراحله وسرعته وزواياه، وتظهر مشكلة البحث في إمكانية دراسة التغيرات المرافقة للنشاط الكهربائي للعضلات العاملة والمضادة في شدد تدريبية حقيقية مختلفة (٢٥%-٥٠%-٧٥%) معتمدة على الانقباض العضلي القصوي (١٠٠%) (1-RM) [*] ومعرفة مدى تطابق الكهربائية العضلية للشدد التدريبية وباستعمال اختبار ميداني .

[*] (1 Repetition Maximum – 1RM): يمثل أقصى انقباض عضلي إرادي تستطيع العضلة الهيكلية من تقديمه وهو يمثل الشدة التدريبية (١٠٠%) أو ما يعرف التكرار الأقصى لمرة واحدة.

٣-١ أهداف البحث

يهدف البحث إلى:

- التعرف على مقدار التغير الحاصل في النشاط الكهربائي(**)على وفق الزيادة في الشدد قيد البحث (٢٥%- ٥٠%- ٧٥%- ١٠٠%).
- المقارنة والتعرف على مقدار التغير في نسب الاختلاف بين عمل العضلات(***) الأمامية والخلفية للرجلين اليمين واليسار وعلى وفق الزيادة في الشدد قيد البحث (٢٥%- ٥٠%- ٧٥%- ١٠٠%).
- المقارنة والتعرف على مقدار التغير في كهربائية عمل العضلات الأمامية والخلفية بين الرجلين اليمين واليسار وعلى وفق الزيادة في الشدد قيد البحث (٢٥%- ٥٠%- ٧٥%- ١٠٠%).
- التعرف على نسبة الكهربائية المتحققة عند الشدد التدريبية (٢٥%-٥٠%-٧٥%) للعضلات قيد البحث من الإشارة الكهربائية المتحققة عند أقصى انقباض قصوي إرادي (١٠٠%) ومدى تطابقها مع الشدة الفعلية للأحمال.
- التعرف على الفروق في الإشارة الكهربائية بين الشدد الأربعة (٢٥%- ٥٠%- ٧٥%- ١٠٠%) للعضلات قيد البحث .

٤-١ فرضا البحث

- لا توجد فروق في مقدار التغير في نسب الاختلاف بين عمل العضلات الأمامية والخلفية للرجلين اليمين واليسار وعلى وفق الزيادة في الشدد قيد البحث (٢٥%- ٥٠%- ٧٥%- ١٠٠%).

(**)تمثلت الإشارة الكهربائية بمتغيري متوسط الكهربائية (Mean) والقمة (Peak).

(***)العضلة المستقيمة الفخذية (Rectus Femoris) (الأمامية) والعضلة نصف الوترية (Semitdinosus)(الخلفية) للرجلين اليمين واليسار

- لا توجد فروق في مقدار التغير في كهربائية عمل العضلات الأمامية والخلفية بين الرجلين اليمين واليسار وعلى وفق الزيادة في الشدد قيد البحث (٢٥%- ٥٠%- ٧٥%- ١٠٠%).
- لا توجد فروق نسبة الكهربائية المتحققة عند الشدد التدريبية (٢٥%-٥٠%-٧٥%) للعضلات قيد البحث من الإشارة الكهربائية المتحققة عند أقصى انقباض قصوي إرادي (١٠٠%) ومدى تطابقها مع الشدة الفعلية للأحمال.
- لا توجد فروق في الإشارة الكهربائية بين الشدد الأربعة (٢٥%- ٥٠%- ٧٥%- ١٠٠%) للعضلات قيد البحث .

١-٥ مجالات البحث

١-٥-١ المجال البشري : عينة من لاعبي رفع الأثقال (الرباعين) لمنتخب محافظة ديالى .

١-٥-٢ المجال الزماني : الفترة من ٢٠١٢/٣/١ لغاية ٢٠١٢/٣/٢٥.

١-٥-٣ المجال المكاني : قاعة رفع الأثقال في كلية التربية الرياضية / جامعة ديالى .

١-٦ تحديد المصطلحات

- القمة (Peak): هي أقصى نشاط كهربائي للعضلة في تلك المرحلة (المرحلة المستهدفة) ويعد بوصفه مؤشراً عن قوة العضلة.
- متوسط الكهربائية (Mean): هو معدل النشاط الكهربائي خلال الفترة المستهدفة من العمل العضلي للعضلة المستهدفة .

البـــاب الثانـــي

٢- الدراسات النظرية والمرتبطة

٢-١ القوة العضلية

تعرف القوة العضلية (القصوى) بأنها أقصى قوة أن تولدها العضلة أو المجاميع العضلية[١] وإن مقدار القوة المتولدة يعتمد أساساً على مجموعة من العوامل حددها (Wilmore and Costill-1994) بعدد ونوع الوحدات الحركية المحفزة، وحجم العضلة، وطول العضلة الأولي عند التحفيز، وزاوية العمل العضلي، وسرعة تنفيذ العضلات للحركة.[٢]

٢-٢ اختبارات القوة العضلية

يشير مصطلح اختبارات القوة (Strength Testing) إلى وصف وتحديد مقدار التمارين المنفذة بنوع معين من الفعل (العمل) العضلي، وبصورة عامة يوجد نوعين من التمارين التي تنفذ بوصفها اختبارات لقياس القوة العضلية هي المتحركة (Isotonic) والثابتة (Isometric) وتتضمن الاختبارات المتحركة الفعل العضلي المركزي (Concentric) والذي يحدث فيه تقصير للعضلة، واللامركزي (Eccentric) والذي يحدث فيه تطويل للعضلة، وفي معظم الاختبارات المتحركة تعد السرعة (سرعة الأداء) العامل المحدد لأداء الاختبارات. أما النوع الثاني من التمارين المستعملة في قياس القوة العضلة فهي التمارين الثابتة والتي تستعمل الفعل العضلي الثاني، وفي هذا النوع فإن العضلة لا يتغير طولها في أثناء الانقباض العضلي ويفسر ذلك بفعل المكون المطاطي للعضلة (SEC). أما النوع الثالث من التمارين الخاصة باختبارات القوة في المتحركة- الثابتة (Isokinetic) والذي اقترح على أساس أجهزة القوة العضلي الضابطة للسرعة

(1) Scott K. Power, Edward T. Howly: Exercise Physiology Theory and Application to Fitness and Performance, 6th Edition, USA, McGraw-Hill Companies Inc, 2007, P.434.
(2) Jack H. Wilmore and David L. Costill; Physiology of Sport and Exercise.2nd Edition, USA, Human Kinetics, 1994. P47.

(Isokinetic Machine) الذي يغير المقاومة الخاصة بالحمل جاعلاً الحمل يتحرك بسرعة ثابتة. (١)

٢-٣ الوسائل المستعملة في اختبارات القوة العضلية

- أجهزة قياس القوة العضلية الثابتة: ويكون قايس القوة فيها بزوايا عمل متعددة ويتضمن أداء محاولتين أو ثلاثة تحتسب المحاولة الأفضل من بينهم ويكون الاختبار بزمن انقباض ثابت مقداره (٥) ثانية(٢)، وان الأجهزة المستعملة في قياس القوة العضلية الثابتة تكون بدون حركة (أي عند سرعة حركية تساوي صفر في الثانية) وتتضمن أجهزة الداينموميتر (Dynamometer) لقياس قوة القبضة أو لقياس قوة عضلات الرجلين والظهر، كما يمكن استعمال شريط الشد (Cable Tensiometer) لقياس القوة العضلية الثابتة لعضلات الجسم المختلفة. (٣)
- قياس القوة بواسطة الأثقال الحرة: وتتم من خلال استخدام الأوزان الحرة (Free Weight) أو أجهزة التدريب بالأثقال الحرة وفيها تستعمل طريقة الانقباض العضلي المتحرك المركزي واللامركزي، ويعد هذا النوع اقرب إلى طبيعة الفعاليات الرياضية ويمكن من خلاله توظيف كل من الانقباض المركزي واللامركزي بالمستوى الأفقي أو الرأسي أو الدوراني، كما يتصف هذا النوع بانخفاض تكاليفه وتوفره في كل مكان تقريباً، أما سلبياته فتكون في قلة الأمان والسلامة مقارنة بالأجهزة الأخرى. (٤)
- أجهزة قياس القوة ذات السرعة المتساوية: وهي من الاختبارات المعملية التي تتطلب أجهزة خاصة محوسبة تعمل على ضبط سرعة الأداء وهي أجهزة مكلفة وغير محمولة

---

(١) Gene M. Adams; Exercise Physiology Laboratory Manual, USA, New York, McGraw-Hill Companies Inc, 2002. P43.

(٢) Scott K. Power, Edward T. Howly: Op-Cit, P.435.

(٣) هزاع بن محمد الهزاع؛ فسيولوجيا الجهد البدني الأسس النظرية والإجراءات المعملية للقياسات الفسيولوجية، ج١، المملكة العربية السعودية، جامعة الملك سعود، النشر العلمي والمطابع، ٢٠٠٩، ص٢٣٩.

(٤) هزاع بن محمد الهزاع؛ المصدر السابق، ٢٠٠٩، ص٢٣٧-٢٣٨.

والعمل عليها ليس بالأمر السهل [١]. وتتلخص فكرة عمل هذه الأجهزة في ضبط السرعات عند سرعات محددة تتراوح بين المنخفضة (٣٠-٦٠ درجة في الثانية) إلى المتوسطة (١٢٠-١٨٠ درجة في الثانية) إلى العالية (٣٠٠ درجة في الثانية أو أكثر) وبالتالي فإن الجهاز يولد لن يولد أي مقاومة تذكر حتى تصل سرعة الحركة عند مفصل المختبر إلى تلك السرعة المحددة، كما يقوم الجهاز بتوليد مقاومة تساوي القوة التي ينتجها المختبر مما يعني إن التوتر العضلي سيكون بشكله القصوي طوال المدى الحركي كاملاً، وعادة ما تكون القوة العضلية أعلى عند السرعات المنخفضة مقارنة بالسرعات العالية، كما يمكن لبعض الأجهزة المتطورة أن تقيس القوة العضلية في حالة العمل العضلي المركزي واللامركزي فضلاً عن الانقباض العضلي الثابت. [٢]

- أجهزة قياس القوة العضلية بتغير المقاومات: وهو أيضاً من الاختبارات المعملية التي تتطلب أجهزة خاصة محوسبة وهو يشبه من حيث المبدأ إلى حد ما عمل جهاز السرعات المنضبطة غير إن هذا الجهاز يوفر مقاومات مختلفة على طول المدى الحركي للمفصل وعلى وفق العوامل الفسلجية والبيوميكانيكية التي تحد من مقدار القوة المتولدة من العضلات العاملة. [٣]

(1) Gene M. Adams; Op-Cit, P70.

(٢) هزاع بن محمد الهزاع؛ المصدر السابق، ٢٠٠٩، ص٢٤٠-٢٤١.

(3) Scott K. Power, Edward T. Howly: Op-Cit, P.٤٣٧.

٢-٤ الدراسات المرتبطة

- **دراسة آكيرو ساكاموتو و بيتر جيمس سينكلار (٢٠١٢)[١]**

نشاط العضلات تحت سرع وشدد مختلفة في إثناء تمرين الدفع من وضع الاستلقاء على المسطبة (البينج بريس)

هدفت الدراسة إلى أداء مجموعة تمارين بالأثقال تنفذ لحد التعب (الإنهاك) وارتكزت الدراسة على العلاقة بين الشدة وعدد التكرارات ممكن أن تتأثر بسرعة الرفعة وانه مع السرعات العالية للأداء تكون التكرارات المنفذة أعلى. وبحثت الدراسة في فاعلية العضلات عند شدد وسرع مختلفة في أثناء تأدية تمرين الدفع من وضع الاستلقاء على المسطبة وباستعمال جهاز (EMG)، وتكونت عينة البحث من (٣٠) طالباً جامعياً يمارسون تدريبات الأثقال وبلغ المتوسط الحسابي لأعمارهم (٢١.٧) سنة وبانحراف معياري مقداره (٣.٦)، نفذوا جميعهم تمرين الدفع من وضع الاستلقاء على المسطبة حتى بلوغ التعب وبخمس شدد تدريبية هي (٤٠%-٥٠%-٦٠%-٧٠%-٨٠%) وبأربع سرع مختلفة هي البطيئة بمعدل سرعة (٥.٦) ثانية للتكرار ومتوسطة بمعدل سرعة (٢.٨) ثانية للتكرار وسريعة بمعدل سرعة (١.٩) ثانية للتكرار وبأقصى سرعة، وتم تسجيل إشارة (EMG) لثلاث عضلات هي العضلة الصدرية والدالية وذات الرأسين العضدية وتمثلت إشارة (EMG) بمتوسط الجذر التربيعي (RMS) فضلاً عن حساب متوسط التكرارات، واستنتج الباحثان بان خفض فاعلية العضلات أثناء الطور الأخير من الانقباض المركزي يسمح بعمل عضلي أفضل الأمر الذي فسر زيادة عدد التكرارات، وان مستوى التعب كان متشابهاً للسرع كلها ولكنه اكبر في الشدة الخفيفة.

---

(1) Akihiro Sakamoto and Peter James Sinclair: Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press, European Journal of Applied Physiology, Volume 112, Number 3, 2012, PP.1015-1025.(IVSL)

- **دراسة كويلاوم راو وآخرون (٢٠٠٩) [1]**

تأثير الأحمال الإضافية في القوة الدافعة للمجاميع العضلية العاملة والمضادة على مفصل الركبة في أثناء حلقة التمرين المغلق

هدفت الدراسة إلى التحقق من تأثير الأحمال الإضافية في قوة مفصل الركبة وقوة العضلات العاملة والمضادة ومعامل الانقباض المساعد في أثناء حلقة التمرين المغلق، وتم إضافة أحمال مقدارها (٨-٢٨-٤٨) كغم أي ما تعادل (١١.١%-٣٨.٨%-٦٦.٤%) من وزن اللاعب في أثناء أداء اختبار نصف القرفصاء الأمامي، وتم تقدير قوة العضلات باستعمال جهاز (EMG) وموديل حديث لقياس المتغيرات الكينماتيكية لرد فعل الأرض، وبينت النتائج معنوية التأثير لعامل الأحمال الإضافية في قوة مفصل الركبة والمجاميع العضلية المادة والثانية لمفصل الركبة عند مستوى خطأ (٠.٠٥)، والتأكيد على إن الزيادة في الأحمال تزيد من قوة عضلات الركبة كما بينت النتائج تقييم حقيقي لعمل العضلات الثانية والمادة لمفصل الركبة.

- **دراسة انوثي ريماود وآخران (٢٠٠٩) [2]**

مستوى فاعلية عمل العضلات العاملة والمضادة في اختبار مد الركبة المتحرك والمتحرك-الثابت

هدفت الدراسة إلى تحليل نوع الانقباض العضلي الثابت والمتحرك-الثابت، وتم دراسة فاعلية نشاط العضلات العاملة والمضادة وزوايا مفصل الركبة في أثناء اختبار مد الركبة، وتكونت عينة البحث من (١٢) رجلاً من الأصحاء قاموا بأداء ثلاث مجاميع من الانقباضات المتحركة لمد الركبة بشدة (٤٠%) من قوتهم القصوى ثم تبع ذلك أداء ثلاث

---

(1) Guillaume Rao, David Amarantini, Eric Berton; Influence of additional load on the moments of the agonist and antagonist muscle groups at the knee joint during closed chain exercise, Journal of Electromyography and Kinesiology 19 (2009) P.459–466 .(IVSL)

(2) Anthony Remaud, Christophe Cornu, Arnaud Gue´vel; Agonist muscle activity and antagonist muscle co-activity levels during standardized isotonic and isokinetic knee extensions, Journal of Electromyography and Kinesiology 19 (2009), P 449–458. (IVSL)

مجاميع أخرى باستعمال جهاز الايزوكنتيك (الضابط للسرعة) وتم حساب متوسط السرعة الزاوية للشغل ومقدار الشغل الكلي المنجز في أثناء أداء الاختبارين، كما تم تطبيق قياس النشاط الكهربائي السطحي للعضلات (sEMG) لعضلات الفخذ الأمامية (المتسعة الوحشية والمتسعة الوسطية والمستقيمة الفخذية) ولعضلات الفخذ الخلفية (النصف وترية وثنائية الرأس الفخذية) وتم حساب متوسط الجذر التربيعي (RMS) لكل (١٠) درجات وبين (٤٥-٨٥) درجة عند مد الركبة.وقد بينت النتائج إن نشاط العضلات العاملة والمضادة كان معنويا بشكل اكبر في الانقباض العضلي المتحرك بالمقارنة مع (المتحرك-الثابت) كما إن نشاط العضلات الأمامية والخلفية للفخذ كان اقل معنوياً في مرحلة مد الركبة ولكلا نوعي الانقباض العضلي، وأكدت الدراسة على أهمية نشاط العضلات الأمامية في الانقباض المتحرك مقارنتاً بالانقباض المتحرك-الثابت والذي يؤدي إلى نشاط اكبر من قبل العضلات الخلفية للفخذ.

- **دراسة كيتارو كوبو وآخرون** (٢٠٠٤) [1]

فاعلية العضلات العاملة والمضادة في زوايا عمل مختلفة في أثناء الجهد المتحرك القصوي

هدفت الدراسة بحث تأثير زوايا العمل المختلفة لمفصل الركبة في مستوى التحفيز الكهربائي للعضلة العاملة المستقيمة الفخذية والمضادة ذات الرأسين الفخذية من خلال نشاط العضلات الكهربائي (EMG) وتم قياس عزم القوة المتحرك لمفصل الركبة لثلاث وعشرون شخصاً من الأصحاء في زاويا عمل مختلفة في أثناء حركة الثني، وأظهرت النتائج إن مستوى التحفيز يختلف باختلاف زوايا العمل وأعلى المستويات كان في زوايا عمل (٩٠ و ١٠٠ و ١١٠) درجة وكان معنويا مقارنة مع زوايا العمل الأخرى .

(1) Keitaro Kubo, Naoya Tsunoda, Hiroaki Kanehisa, Tetsuo Fukunaga; Activation of agonist and antagonist muscles at different joint angles during maximal isometric efforts, Eur J Appl Physiology, 2004, 91, P349-352.(IVSL)

الباب الثالث

٣-منهج البحث وإجراءاته

٣-١ منهج البحث

استعمل الباحث المنهج الوصفي بأسلوب المسح لمناسبته لطبيعة البحث.

٣-٢ عينة البحث

تم اختيار عينة البحث بالطريقة العمدية والمتمثلة بأربعة لاعبين لرياضة رفع الأثقال (رباعين) وهم يمثلون منتخب محافظة ديالى لرفع الأثقال، والجدول (١) يبين مواصفات عينة البحث.

الجدول (١)

مواصفات عينة البحث

المتغيرات	وحدة القياس	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسيط	معامل الالتواء
الكتلة	كغم	٦٦.٠٠٠	٥.٥٦٨	٦٥.٠٠٠	٠.٧٨٢
الطول	سم	١٧٤.٣٣٣	٢.٠٦٥	١٧٥.٠٠٠	-٠.٩٦٩
العمر	سنة	٢٢.٠٠٠	٣.٤٦٤	٢١.٠٠٠	٠.٨٦٦
العمر التدريبي	سنة	٥.٦٦٧	٢.٠٨٢	٥.٠٠٠	٠.٩٦١

٣-٣ الأجهزة والأدوات المستخدمة في البحث

- المصادر العلمية العربية والأجنبية.
- شبكة المعلومات الدولية.
- المكتبة الافتراضية العراقية (IVSL).
- جهاز قياس الطول والوزن.
- أشرطة لاصقة وشريط قياس متري.

- جهاز (EMG) نوع (Myo Trace 400) يعمل بأربع قنوات يسجل كهربائية أربع عضلات في وقت واحد ويعمل بإشارة البلوتوث ولمسافة (٢٠)م.
- حاسوب شخصي (Laptop) نوع (Compac HP).
- كحول معدوم، شفرات حلاقة، أشرطة مطاطية لتثبيت أسلاك الجهاز على الرجل لمنع حركتها.

٣-٤ القياسات المستعملة في البحث

- قياس الطول والوزن.
- اختبار القرفصاء الخلفي (النصف دبني): [١]

✓ الغرض من الاختبار: قياس القوة القصوى الديناميكية لعضلات الرجلين.

✓ مستوى السن والجنس: مرحلة السن الجامعية ولكلا الجنسين.

✓ الأدوات المستخدمة: بار حديدي قانوني زنة (٢٠ كغم)، أقراص حديدية مختلفة الأوزان، حمالات حديدية.

✓ الإجراءات: حساب وزن البار الحديدي مع حساب وزن الأقراص الحديدية لكل مختبر، بما يتلائم وإمكانيته البدنية القصوى(1RM).

✓ وصف الأداء: وضع البار الحديدي على الأكتاف مستنداً على العضلة المربعة المنحرفة، ومن وضع الوقوف يبدأ المختبر بخفض الجسم لحين وصول مفصل الركبة إلى حدود (٩٠) درجة، مع مراعاة المحافظة على استقامة وشد عضلات الظهر، وعدم رفع العقب من الأرض وملامسة القدم كاملة للأرض.

✓ التسجيل: يسجيل الوزن القصوي المرفوع ولمرة واحدة والذي يمثل القوة القصوى.

✓ ملاحظة: تم تكرار أداء هذا الاختبار أربع مرات لكل لاعب وعلى وفق الشدد (٢٥% و ٥٠% و ٧٥% من الشدة القصوى ١٠٠%)

(1) Frederic Delavier; Strength Training Anatomy, Third Edition, Human Kinetics, 2010. P126.

٣-٥ تجربة البحث الرئيسة

تم البدء بتطبيق مفردات التجربة الرئيسة يوم الأربعاء الموافق (٢٠١٢/٠٣/١٤) في تمام الساعة (٠٩:٣٠) صباحاً في قاعة رفع الأثقال في كلية التربية الرياضية / جامعة ديالى ولمدة يوم واحد وبمساعدة فريق العمل المساعد(*)،وتم تسجيل الأداء بواسطة الكاميرا الخاصة بجهاز الحاسوب المحمول والمتزامنة مع تسجيل الإشارة الكهربائية لجهاز (EMG) وتم تسجيل البيانات الخاصة بعينة البحث في استمارة تسجيل خاصة تضمنت عمر اللاعبين وأطوالهم وأوزانهم وعمرهم التدريبي فضلاً عن حقول لتسجيل الشدة القصوى وما يقابلها من أوزان عند الشدد (٢٥%-٥٠%-٧٥%)، ثم تم شرح طريقة تنفيذ اختبار القرفصاء الخلفي (النصف دبني) لعينة البحث لغرض التجربة.

وتم وضع أربع لاقطات سطحية لتسجيل إشارة (EMG) فوق العضلة المستقيمة الفخذية (Rectus Femoris) (الأمامية) والعضلة نصف الوترية (Semitdinosus) (الخلفية) للرجلين اليمين واليسار، بعد حلاقة الشعر من سطح الجلد تحت موقع اللاقطات، ومسح المنطقة بالكحول لإزالة إفرازات الجلد والجلد المتقرن من سطحه وذلك للتقليل من مقاومته للإشارات الكهربائية وللحصول على إشارة كهربائية بجودة عالية، ومن ثم لصق اللاقطات على المواقع المحددة على العضلات، كما يوجد لاقط إضافي واحد للجهاز يعمل على إزالة الكهربائية التي يلتقطها الجسم من المحيط ويطلق عليه اللاقط الأرضي وقطره (١) سم والبعد بين مركزي اللاقطين فوق العضلة (٢) سم، ولتحديد حركة الأسلاك وضع فوقها شريط لاصق لتثبتها على الرجل بشكل محكم.

(*) فريق العمل المساعد ضم الذوات أدناه:

- م.م. صفاء عبد الوهاب إسماعيل/طالب دكتوراه/تدريسي في كلية التربية الرياضية/جامعة ديالى/تخصص بايوميكانيك.
- علاء جاسم/طالب ماجستير/كلية التربية الرياضية/جامعة ديالى.
- إيهاب نافع/طالب ماجستير/كلية التربية الرياضية/جامعة ديالى.

وعند قيام اللاعب بتمرين القرفصاء الخلفي (النصف دبني) بشدده الأربعة (٢٥-٥٠-٧٥-١٠٠%) يقوم جهاز (EMG) المثبت على خصر اللاعب باستلام الإشارات الكهربائية من اللاقطات الموجودة على العضلات السالفة الذكر وبثها لاسلكياً (Bluetooth) إلى جهاز الاستقبال الموجود عن بعد ليتم خزن الإشارة في جهاز الحاسوب وبوساطة ببرنامج خاص (Myo Research XP 1.06.67)، فضلاً عن ربط الكاميرا الخاصة بالحاسوب لتسجيل مراحل الأداء، إذ يعمل الجهاز على تزامن التخطيط الكهربائي للعضلات مع التصوير الفيديوي ليتم التعرف على الإشارات الكهربائية المختلفة في أثناء مراحل الأداء كافة. ثم تبع ذلك القيام بعملية تحليل الإشارة والحصول على البيانات الخام لغرض معاملتها إحصائياً.

٣-٦ الوسائل الإحصائية

استعمل الباحث الحقيبة الإحصائية الجاهزة (SPSS) للحصول على نتائج البحث من خلال القوانين الآتية: الوسط الحسابي، والانحراف المعياري، والوسيط، ومعامل الالتواء، والنسبة المئوية، واختبار (t) للعينات المستقلة وتحليل التباين الأحادي (ANOVA).

البـــاب الرابـــع

٤- عرض النتائج وتحليلها ومناقشتها

الجدول (٢)

يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية وقيمة (t) المحسوبة والفروق بين العضلتين المستقيمتين الفخذيتين اليمين واليسار في متغيري متوسط وقمة الكهربائية العضلية

المتغيرات الكهربائية uV	الشدة %	المستقيمة الفخذية اليمين		المستقيمة الفخذية اليسار		قيمة t المحسوبة	مستوى الخطأ	الفرق %
		سَ	ع	سَ	ع			
متوسط الكهربائية	٢٥ %	١٥٠	٤٧.٨٥	٢٠٤.٣٣	٤٥.٠٨	١.٤٣٢	٠.٢٢٦	26.59
قمة الكهربائية	٢٥ %	٣٨٩.٣٣	١٩٣.٨٥	٥١٢.٦٧	٦١.٠٨	١١٢٨	٠.٣٢٢	24.06
متوسط الكهربائية	٥٠ %	٢١٠.٣٣	٦٣.٥٢	٢٧٧.٦٧	٧٤.٥٧	١.١٩١	٠.٣٠٠	24.25
قمة الكهربائية	٥٠ %	٤٧٢	١٦٥.٥٦	٦٦٢.٣٣	١٧٢.٣٥	١.٣٧٩	٠.٢٤٠	28.74
متوسط الكهربائية	٧٥ %	٢٤٢.٣٣	٦٠.٣٠	٢٨٢	٥٦.٢٩	٠.٨٣٣	٠.٤٥٢	14.07
قمة الكهربائية	٧٥ %	٥٨٧.٣٣	١٠١.٠٨	٦٧٢.٣٣	١٥١.٢٤	٠.٨٠٩	٠.٤٦٤	12.64
متوسط الكهربائية	١٠٠%	٣١٥.٣٣	١٢٠.٤٣	٣٣١.٣٣	٧١.٢٩	٠.١٩٨	٠.٨٥٣	5.07
قمة الكهربائية	١٠٠%	٦٣٠.٣٣	١٦٣.٩٣	٦٩٥.٣٣	٨٣.٥٨	٠.٦١٢	٠.٥٧٤	9.35

* معنوي عند مستوى الخطأ (٠.٠٥) إذا كان مستوى الخطأ أصغر من (٠.٠٥).

الجدول (٣)

يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية وقيمة (t) المحسوبة والفروق بين العضلتين النصف وترية الفخذيتين اليمين واليسار في متغيري متوسط وقمة الكهربائية العضلية

المتغيرات الكهربائية uV	الشدة %	النصف وترية اليمين		النصف وترية اليسار		قيمة t المحسوبة	مستوى الخطأ	الفرق %
		سَ	ع	سَ	ع			
متوسط الكهربائية	% ٢٥	٥١.١٣	٣٤.٢٣	٥٤.٤٠	٢٦.٨٨	٠.١٣٠	٠.٩٠٣	6.01
قمة الكهربائية	% ٢٥	١١٥.٧٠	٤٧.٢٠	١٠٧.٨٠	٤٨.٦٧	٠.٢٠٢	٠.٨٥٠	6.83
متوسط الكهربائية	% ٥٠	٨٥.٤٧	٤٧.٢٧	٩٩.٩٧	٥٧.٢٨	٠.٣٣٨	٠.٧٥٢	14.50
قمة الكهربائية	% ٥٠	١٧٥.٥٧	٨١.٧١	٢٢٠.٦٧	١٠٨.٠١	٠.٥٧٧	٠.٥٩٥	20.44
متوسط الكهربائية	% ٧٥	٩٩.٣٣	٧٢.٨٢	١٣٦.٠٧	٨١.٣٥	٠.٥٨٣	٠.٥٩١	27.00
قمة الكهربائية	% ٧٥	٢٠٠.٦٧	١١٨.٥٩	٢٨٢.٣٣	١٣٩.١٤	٠.٧٧٤	٠.٤٨٢	28.92
متوسط الكهربائية	%١٠٠	١٠٨.٦٠	٥١.٣٧	١٣٢.٣٣	٣٠.١١	٠.٦٩٠	٠.٥٢٨	17.93
قمة الكهربائية	%١٠٠	٢٣٩.٣٣	٩١.٩٥	٣١٥	٨٤.٩٢	١.٠٤٧	٠.٣٥٤	24.02

* معنوي عند مستوى الخطأ (٠.٠٥) إذا كان مستوى الخطأ أصغر من (٠.٠٥).

نلحظ من الجدولين (٢)و(٣) الخاصة بالمقارنة ما بين عمل العضلتين المستقيمة الفخذية (الأمامية) ونصف الوترية (الخلفية) للرجلين اليمين واليسار عدم وجود فروق معنوية عند مستوى الخطأ (٠.٠٥) عند الشدد التدريبية (٢٥%-٥٠%٧٥%-١٠٠%) وفي كلا متغيري النشاط الكهربائي (متوسط الكهربائية) و (قمة الكهربائية). وعند ملاحظتنا لمستوى النشاط الكهربائي (المتوسط والقمة) نلحظ إن هناك زيادة تدريجية في الكهربائية وعلى وفق زيادة الأحمال التدريبية (الشدد) وهذا أمر يُعزى إلى زيادة الحمل التي تؤدي إلى زيادة القوة المنتجة إذ " تحصل زيادة في الإشارة الكهربائية العضلية مع زيادة قوة انقباض العضلات"[١]

(1) Robert A. Robergs, Scott O. Roberts; Exercise Physiology for Performance and Health, USA, Mc Graw-Hill Companies Inc, 2000, P93.

وهذا ما يتفق مع دراسة (Akihiro and Peter-٢٠١٢) التي بينت ارتفاع كهربائية العضلة بشكل تدرجي مع الزيادة في الشدة المستعملة (٤٠-٥٠-٦٠-٧٠-٨٠%).[١]

كما نلحظ إن كهربائية الرجل اليسار كانت كلها أعلى من كهربائية الرجل اليمين أي إن هناك فروقاً بين الرجلين وعند مستويات خطأ اكبر من (٠.٠٥) مع العلم إن الرجل المفضلة لدى الرباعين كلهم كانت اليمين ومع ذلك لم تولد كهربائية أعلى وسبب ذلك يعزوه الباحث إلى إن الرجل اليمين قامت بالعمل العضلي المطلوب منها بشكل مثالي وهي حاصلة على تكيف عضلي عصبي جيد في حين إن الرجل اليسار لم تصل إلى مرحلة التكيف الأمثل مما أدى بها إلى توليد قوة إضافية قد تكون غير لازمة لأداء هذا العمل، ولكنها يمكن أن تكون مؤشراً لإمكانية زيادة القوة القصوى لدى الرباعين، ومن جانب آخر يعزو الباحث ذلك إلى إن الرجل اليسار قامت بعملية التثبيت بشكل أكبر مما أدى إلى إنتاج كهربائية أعلى إذ "تؤثر السيطرة العصبية في القوة القصوى المنتجة من العضلات عن طريق تحديد عدد نوع ومعدل الوحدات الحركية المجندة المشاركة في الانقباض العضلي".[٢]

أما عن سبب زيادة الفرق في كهربائية العضلة (المتوسط والقمة) عند الشدد الخفيفة (٢٥%-٥٠%) وقلته عند الشدد العالية (٧٥%-١٠٠%) بين الرجلين اليمين عن اليسار للعضلة المستقيمة الفخذية فان الباحث يعزوه إلى تضافر عمل المجاميع العضلية في الطرفين اليمين واليسار في الأحمال العالية من اجل التغلب على المقاومة العالية وهذا مؤشر جيد لعمل المستقبلات الحسية لدى الرباعين وتكيفهم العصبي الجيد، وان كل الفروق كانت ضمن الحدود الموصى بها واقلها كانت عند الشدة (١٠٠%) وفي هذا الصدد يذكر (knapik etal- 1992) بان الرياضيين الذين تزيد قوة عضلات إحدى

(1)Akihiro Sakamoto and Peter James Sinclair: Op-Cit. P.1019.(IVSL)

(2) Thomas R. Baechle; Essentials of Strength Training and Conditioning, Human Kinetics, USA, 1994, P.31.

الرجلين عن قوة الأخرى بمقدار يتجاوز (١٥%) يعدون أكثر عرضة للإصابة في أطرافهم السفلى من اللذين ليس لديهم تفاوت ملحوظ من قوتي عضلات الرجلين اليمين واليسار[١]

أما العضلة النصف وترية (الخلفية) فقدت عملت بعكس عمل العضلة المستقيمة الفخذية في الإشارة الكهربائية (المتوسطة والقمة) إذ كان الفروق في كهربائية الرجل اليمين عن اليسار أعلى عند الشدد العالية (٧٥%-١٠٠%) وذلك من اجل زيادة ناتج القوة العضلية للعضلة المستقيمة الفخذية التي زادت إشارتها الكهربائية ووصلت إلى أعلى مستوياتها وهنا يجب أن ترتفع قمة كهربائية العضلات الخلفية من اجل تحقيق الثبات التام للمفصل وبدون أن يؤثر ذلك سلباً في انقباض العضلة الأمامية للفخذ أي قيامها بمساعدة الانقباض (Co-Activation). وفي هذا الصدد يذكر (Miller et al-2000) بأن نشاط العضلات الخلفية يسمح في المحافظة على المفصل الأمر الذي يحمي المفصل والعضلات من حدوث الإصابة.[٢] أما في الشدد الأوطأ (٢٥%-٥٠%) فنرى إن الكهربائية كانت اقل وذلك بسبب السماح للعضلات الأمامية بأداء الحركة بشكل متناسق ودون الحاجة إلى كبح أعلى إضافي يؤثر في الحركة وهو تكيف عصبي حاصل نتيجة التدريب المستمر إذ يذكر (الهزاع-٢٠١٠) بان تطوير القوة العضلية ممكن أن يحدث من خلال تدريبات القوة العضلية (المقاومة) وبدون حدوث تغير ملحوظ في حجم العضلة، وذلك من جراء زيادة توظيف وحدات حركية أكثر، ويحدث بعد فترة من تدريبات القوة زيادة في التثبيط العصبي للعضلات المضادة مما يسمح بانقباض أقوى للعضلات الشادة أو المنقبضة.[٣] كما إن العديد من الدراسات بين إن العضلات الخلفية للفخذ تكون فاعلة في أثناء الحمل القصوي

(1) Knapik J, Johes B, Bauman G, Harris J; Strength, Flexibility and Athletic Injuries, Sport Med. 1992, 14, P277-288. (IVSL)

(2) Miller JP, Croce RV, Hutchins R. Reciprocal; coactivation patterns of the medial and lateral quadriceps and hamstrings during slow, medium and high speed isokinetic movements. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2000;10:233–9. (IVSL)

(٣)هزاع بن محمد الهزاع؛ موضوعات مختارة في فسيولوجيا النشاط والأداء البدني، المملكة العربية السعودية، الرياض، جامعة الملك سعود، النشر العلمي والمطابع، ٢٠١٠، ص٩٨.

ودون القصوي للعضلات الأمامية للفخذ[١] ويذكر الباحث إن ذلك يدل انه كلما زاد الحمل البدني (الشدة) قلت الفروق بين العضلتين المتناظرتين بسبب إن العمل يحتاج إلى تضافر العضلتين للحفاظ على رفع الوزن وضمان توازن الجسم وللحد من السقوط، في حين انه في الأوزان الخفيفة فيمكن أن يحدث التفاوت بسبب اعتماد اللاعب على رجل أكثر من الأخرى.

(2) Tine Alkjær, Erik B. Simonsen, S. Peter Magnusson, Poul Dyhre-Poulsen, Per Aagaard; Antagonist muscle moment is increased in ACL deficient subjects during maximaldynamic knee extension, The Knee 19 (2012) 633–639. (IVSL)

الجدول (٤)

يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية وقيمة (t) المحسوبة والفروق بين العضلتين المستقيمة الفخذية والنصف وترية الفخذيتين اليمين واليسار في متغيري متوسط وقمة الكهربائية العضلية

المتغيرات الكهربائية uV	الجهة	الشدة %	المستقيمة الفخذية		النصف وترية		قيمة t المحسوبة	مستوى الخطأ	الفرق %
			سَ	ع	سَ	ع			
متوسط الكهربائية	اليمين	% ٢٥	١٥٠	٤٧.٨٤	٥١.١٣	٣٤.٢٣	٢.٩١١	٠.٠٤٤	65.91
قمة الكهربائية		% ٢٥	٣٨٩.٣٣	١٩٣.٨٥	١١٥.٧٠	٤٧.٢٠	٢.٣٧٦	٠.٠٧٦	70.28
متوسط الكهربائية	اليسار	% ٢٥	٢٠٤.٣٣	٤٥.٠٨	٥٤.٤٠	٢٦.٨٨	٤.٩٤٨	٠.٠٠٨	73.38
قمة الكهربائية		% ٢٥	٥١٢.٦٧	٦١٠٨	١٠٧.٨٠	٤٨.٦٧	٩.١٧٩	٠.٠٠١	78.97
متوسط الكهربائية	اليمين	% ٥٠	٢١٠.٣٣	٦٣.٥٢	٨٥.٤٧	٤٧.٢٧	٢.٧٣٢	٠.٠٥٢	59.36
قمة الكهربائية		% ٥٠	٤٧٢	١٦٥.٥٧	١٧٥.٦٧	٨١.٧١	٢.٧٨١	٠.٠٥٠	62.78
متوسط الكهربائية	اليسار	% ٥٠	٢٧٧.٦٧	٧٤.٦٦	٩٩.٩٧	٥٧.٢٨	٣.٢٧٣	٠.٠٣١	64.00
قمة الكهربائية		% ٥٠	٦٦٢.٣٣	١٧٢.٣٥	٢٢٠.٦٧	١٠٨.٠١	٣.٧٦١	٠.٠٢٠	66.68
متوسط الكهربائية	اليمين	% ٧٥	٢٤٢.٣٣	٦٠.٣٠	٩٩.٣٣	٧٢.٨٢	٢.٦٢٠	٠.٠٥٩	59.01
قمة الكهربائية		% ٧٥	٥٨٧.٣٣	١٠١.٠٨	٢٠٠.٦٧	١١٨.٥٩	٤.٢٩٨	٠.٠١٣	65.83
متوسط الكهربائية	اليسار	% ٧٥	٢٨٢	٥٦.٢٩	١٣٦.٠٧	٨١٣٥	٢.٥٥٥	٠.٠٦٣	51.75
قمة الكهربائية		% ٧٥	٦٧٢.٣٣	١٥١.٢٤	٢٨٢.٣٣	١٣٩.١٤	٣.٢٨٧	٠.٠٣٠	58.01
متوسط الكهربائية	اليمين	%١٠٠	٣١٥.٣٣	١٢٠.٤٣	١٠٨.٦٠	٥١.٣٧	٢.٧٣٥	٠.٠٥٢	65.56
قمة الكهربائية		%١٠٠	٦٣٠.٣٣	١٦٣.٩٣	٢٣٩.٣٣	٩١.٩٥	٣.٦٠٣	٠.٠٢٣	62.03
متوسط الكهربائية	اليسار	%١٠٠	٣٣١.٣٣	٧١.٢٩	١٣٢.٣٣	٣٠.١١	٤.٤٥٤	٠.٠١١	60.06
قمة الكهربائية		%١٠٠	٦٩٥.٣٣	٨٣.٥٨	٣١٥	٨٤.٩٢	٥.٥٢٨	٠.٠٠٥	54.70

* معنوي عند مستوى الخطأ (٠.٠٥) إذا كان مستوى الخطأ أصغر من (٠.٠٥).

أما من خلال الجدول (٤) الخاص بعمل العضلات العاملة المضادة فنلاحظ بشكل عام إن الكهربائية العضلية (المتوسط والقمة) كانت كلها اكبر في العضلة المستقيمة الفخذية الأمامية عن ما هو عليه في العضلة النصف وترية الخلفية ولكلتا الرجلين اليمين واليسار وعند الشدد التدريبية الأربعة قيد البحث (٢٥%-٥٠%-٧٥%-١٠٠%) ويعزو الباحث سبب ذلك إلى قوة العضلات الفخذية الأمامية مقارنة بالخلفية، وسبب ذلك يعود إلى عوامل تشريحية إذ يذكر (Kubota, Jun-2008)"بان العضلة النصف وترية تعد من العضلات المتوازية الألياف (المغزلية) في حين تعد العضلة المستقيمة الفخذية من العضلات الريشية والتي لها عدد كبير من الساركوميترات والمرتبة بشكل متوازي والتي تكون الأفضل في توليد القوة من العضلات المتوازية الألياف (النصف وترية) التي تميز بوجود الساكوميترات بشكل متسلسل.[1] ويذكر (McArdle etal-2007) بأن العضلات المغزلية (النصف وترية) ليس لها زاوية تريش مع الوتر (زاوية الاتصال الليف العضلي مع الوتر) وبالتالي فان مساحة المقطع العرضي للعضلة يمثل المساحة الحقيقية للمقطع العرضي للعضلة، أما في العضلات الريشية (المستقيمة الفخذية) فإن التنظيم المركب للأنسجة الرابطة والأوتار والألياف في العضلة القصيرة نسبيا تخلق مساحة عرضية اكبر للعضلة مما هو عليه في العضلات المغزلية بسبب وجود ساركوميرات أكثر في العضلة، وبشكل عام فان عضلات الفخذ الأمامية في المعدل يكون لها زاوية تريش بمعدل (٤.٦°) وبمعدل طول (٦٨ ملم) لليف أي بمساحة مقطع عرضي بحدود (٢١.٧)سم^{٢}. وعلى وفق ذلك فإنها تولد قوة اكبر بحوالي(٥٠%) من عضلات الفخذ الخلفية مجتمعتاً إي إن

(1) Kubota, Jun ; Architectural and functional properties of the semitendinosus muscle in the hamstring muscles, 2008. P94.

العضلات التي يكون فيها طول الليف قصيرا نسبة طول العضلي الكلي تولد قوة اكبر.[١] كما وعند ملاحظتنا للفرق بين العضلات العاملة والمضادة نجد إن هناك فروقاً معنوية بين العاملة والمضادة، ويعزو الباحث ذلك إلى كبر مساحة المقطع العرضي للعضلة المستقيمة الفخذية مقارنتاً بالعضلة النصف وترية، وذلك بسبب إن الألياف العضلية المرتبة طوليا مع اتجاه الوتر (النصف وترية) تستطيع إنتاج قوة قليلة ولكن لها قابلة على التقصير بمدى طولها نسبياً، في حين إن العضلات المرتبة أليافها بزاوية مع الوتر (المستقيمية الفخذية) تستطيع إنتاج قوة عالية ولكن بمدى قصير. [٢]

وتتفق الدراسة الحالية مع ما جاءت به دراسة (Anthony et al-2009) من وجود فروق معنوية في بناء عمل العضلات الأمامية والخلفية باستعمال جهاز (EMG)[٣] ويعزو الباحث سبب الفروق إلى كون قوة العضلات الأمامية تمثل ضعفي إلى ثلاثة أضعاف قوة العضلات الخلفية، في حين لم تتفق مع دراسة (Guillaume- 2009) التي تبين عدم وجود فروق بين العضلات العامل والمضادة عند الشدد الخفيفة ووجود الفروق عند الشدد العالية[٤]، إذ ظهر في الدراسة الحالة وجود فروق بين كهربائية العضلات الأمامية والخلفية في الشدد العالية والخفيفة، إذ إن شدة الحمل التدريبي تؤثر في طبيعة عمل العضلات العاملة وهذا يتفق مع ما جاء به (Pasquet etal - 2011) بان"شدة التدريب تؤثر في عمل العضلات"[٥].

(1) William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch; Exercise Physiology Energy Nutrition, and Human Performance, 6th ed, Lippincott Williams & Wilkine, USA, 2001.P370-371.

(2) Timothy R. Ackland, Bruce C. Elliott, John Bloomfield; Applied Anatomy and Biomechanics in Sport, Second Edition, Human Kinetics, 2009, P127-128.

(3) Anthony Remaud, Christophe Cornu, Arnaud Gue´vel; Op-Cit, P 449–458. (IVSL)

(4) Guillaume Rao, David Amarantini, Eric Berton; Op-Cit, P.459–466 .(IVSL)

(5) Gaël Guilhem, Christophe Cornu, Arnaud Gue´vel; Muscle architecture and EMG activity changes during isotonic and isokinetic eccentric exercises, Eur J Appl Physiol (2011) 111:2723–2733. (IVSL)

أما عن نسبة الفرق بين العضلات الأمامية والخلفية فانه يلاحظ انه انحصر بين (٥١.٧٥–٧٣.٣٨) لمتغير متوسطة الكهربائية وبين (٥٤.٧–٧٨.٩٧) في متغير القمة الكهربائية. وسبب ذلك يعزوه الباحث إلى قوة العضلات الأمامية نسبة إلى الخلفية، كما إن الفرق لم يقل عن (٥٠%) وسبب ذلك إن لاعبي الأثقال يقومون بأداء التمارين التدريبية بأوضاع الثني والمد مما يطور لديهم عمل المجاميع العضلية الأمامية والخلفية بشكل عام وهذا يعد متطلبا أساسياً لمنع حدوث الإصابات الرياضية. إذ تشير نتائج الدراسات التي أُجريت باستخدام أجهزة قياس القوة المتساوية السرعة (Isokinetic machine) عند سرعة (٦٠) درجة في الثانية بان الرياضيين الذين تقل لديهم نسبة قوة العضلات الخلفية للفخذ مقابل العضلات الأمامية عن (٦٠%) هم أكثر عرضة لإصابات مفصل الركبة، كما إن نسبة قوة العضلات الخلفية إلى الأمامية للفخذ ينبغي أن لا تقل عن (٦٠%) عند قياسها بواسطة الانقباض العضلي الثابت. [١] وهنا يجب التذكير بان الدراسة الحالية لم تستعمل جهاز قياس القوة المتساوية السرعة بل استعملت جهاز التخطيط الكهربائي السطحي (sEMG) وباستعمال الأوزان الحرة التي تحاكي الحركات الرياضية في التدريب والمنافسة إذ يعاب على جهاز قياس القوة المتساوية السرعة بكونه لا يحاكي التدريب بل يقوم بإعطاء فرصة للمختبر إلى أن يصل إلى السرعة الكافية قبل الشعور بالمقاومة على عكس الأوزان المتحركة. وقد ذكرت بعض الدراسات إن نسبة بين قوة العضلات الخلفية إلى الأمامية تكون بين (٤٠%– ٦٠%)[٢] وتتفق الدراسة الحالية مع هذه النسبة وعلى إن لا تتجاوز (٧٠%).

(١) هزاع بن محمد الهزاع؛ المصدر السابق، ٢٠٠٩، ص٢٤٥.

(2) Thomas R. Baechle; Op-Cit, P.424.

الجدول (٥)

متوسط القيم المتحققة عند الشدد الأربعة ونسبها المئوية عن الشدة القصوى (١٠٠%) في متغيري متوسط الكهربائية والقمة للعضلات قيد البحث في تمرين القرفصاء الأمامي

القياس الكهربائي	الشدة	المستقيمة الفخذية اليمين		المستقيمة الفخذية اليسار		النصف وترية اليمين		النصف وترية اليسار	
		القيمة المتحققة	% من القصوي	القيمة المتحققة	% من القصوي	القيمة المتحققة	% من القصوي	القيمة المتحققة	% من القصوي
متوسط الكهربائية uV	١٠٠ %	٣١٥.٣٣	١٠٠ %	٣٣١.٣٣	١٠٠ %	١٠٨.٦	١٠٠ %	١٣٢.٣٣	١٠٠ %
	٧٥ %	٢٤٢.٣٣	٧٦.٨٥ %	٢٨٢	٨٥.١١ %	٩٩.٣٣	٩١.٤٦ %	١٣٦.٠٧	١٠٢.٨٣ %
	٥٠ %	٢١٠.٣٣	٦٦.٧٠ %	٢٧٧.٦٧	٨٣.٨١ %	٨٥.٤٧	٧٨.٧٠ %	٩٩.٩٧	٧٥.٥٥ %
	٢٥ %	١٥٠	٤٧.٥٧ %	٢٠٤.٣٣	٦١.٦٧ %	٥١.١٣	٤٧.٠٨ %	٥٤.٤	٤١.١١ %
القمة الكهربائية uV	١٠٠ %	٦٣٠.٣٣	١٠٠ %	٩٦٥.٣٣	١٠٠ %	٢٣٩.٣٣	١٠٠ %	٣١٥	١٠٠ %
	٧٥ %	٥٨٧.٣٣	٩٣.١٨ %	٦٧٢.٣٣	٧٠.٣٠ %	٢٠٠.٦٧	٨٣.٨٥ %	٢٨٢.٣٣	٨٩.٦٣ %
	٥٠ %	٤٧٢	٧٤.٨٨ %	٦٦٢.٣٣	٦٨.٦١ %	١٧٥.٦٧	٧٣.٤٠ %	٢٢٠.٦٧	٧٠.٠٥ %
	٢٥ %	٣٨٩.٣٣	٦١.٧٧ %	٥٢١.٦٧	٥٣.١١ %	١١٥.٧	٤٨.٣٤ %	١٠٧.٨	٣٤.٢٢

الجدول (٦)

تحليل التباين الأحادي بين الشدد الأربعة في متغيري متوسط الكهربائية والقمة للعضلة المستقيمة الفخذية النصف وترية للرجلين اليمين واليسار

العضلة	القياس الكهربائي	الجهة	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة F المحسوبة	مستوى الخطأ
المستقيمة الفخذية	متوسط الكهربائية	اليمين	بين	٤٢٦٥٩.٠٠	٣	١٤٢١٩.٦٦٧	٢.٣٢٥	٠.١٥١
			داخل	٤٨٩٢٤.٠٠	٨	٦١١٥.٥٠٠		
		اليسار	بين	١٩٩٨٤.٩١٧	٣	٦٦٦١.٦٣٩	١.٧٥٥	٠.٢٣٣
			داخل	٣٠٣٦٨.٠٠٠	٨	٣٧٩٦.٠٠٠		
	القمة	اليمين	بين	١٠٨٢٥٤.٢٥	٣	٣٦٠٨٤.٧٥٠	١.٤١٤	٠.٣٠٨
			داخل	٢٠٤١٥٢.٠٠٠	٨	٢٥٥١٩.٠٠٠		
		اليسار	بين	٥٥٧٧٤.٢٥٠	٣	١٨٥٩١.٤١٧	١.١٧٥	٠.٣٧٨
			داخل	١٢٦٥٩٢.٦٦٧	٨	١٥٨٢٤.٠٨٣		
النصف وترية الفخذية	متوسط الكهربائية	اليمين	بين	٥٧١٣.٣٠٧	٣	١٩٠٤.٤٣٦	٠.٦٧١	٠.٥٩٣
			داخل	٢٢٦٩٣.١٤٠	٨	٢٨٣٦.٦٤٣		
		اليسار	بين	١٢٨٨٨.٠٨٩	٣	٤٢٩٦.٠٣٠	١.٤٩١	٠.٢٨٩
			داخل	٢٣٠٥٤.٦٦٠	٨	٢٨٨١.٨٣٣		
	القمة	اليمين	بين	٢٤٢٠٩.٨٩٧	٣	٨٠٦٩.٩٦٦	١.٠٢٧	٠.٤٣١
			داخل	٦٢٨٤٦.٢٠٠	٨	٧٨٥٥.٧٧٥		
		اليسار	بين	٧٤٩٢٥.٩٥٧	٣	٢٤٩٧٥.٣١٩	٢.٤٦٠	٠.١٣٧
			داخل	٨١٢١٥.٠٧٣	٨	١٠١٥١.٨٨٤		

* معنوي عند مستوى الخطأ (٠.٠٥) إذا كان مستوى الخطأ أصغر من (٠.٠٥).

نلحظ من الجدول (٥) إن قيم الكهربائية المسجلة لمتغيري (متوسط الكهربائية والقمة) كانت كلها أعلى من القيم الفعلية المناظرة لها لشدد الاختبار البالغة (٢٥%-٥٠%-٧٥%) وهذا دليل على إن الإشارة الكهربائية المسجلة بواسطة جهاز

(EMG) لا تتطابق مع الشدد الفعلية للأوزان في مرحلتي الثني والمد ويعزو الباحث سبب ذلك إلى إن التحفيز العصبي للعضلات يكون دائماً أكبر من المستوى الفعلي والحقيقي للوزن المرفوع وذلك من اجل التغلب على الوزن المرفوع والمحافظة على اتزان الجسم وحماية المفاصل، ، كما إن إدراك الرباع المسبق للحمل الذي يريد التغلب عليه يولد لديه فكرة أولية عن القوة اللازمة لإنجاز العمل وهي آتية من الخبرات السابقة الناتجة عن التدريب المستمر أما في أثناء أداء الاختبار فان دور المستقبلات الحسية يكون كبيراً جدا عن طريق عمليات التغذية الراجعة العصبية الداخلية.

وعلى العموم فأن زيادة نسب الإشارة الكهربائية كانت كلها في مسار خطي متطابق مع زيادة الأوزان الحقيقية إذ تحتاج الشد العالية إلى وحدات حركية أكبر كي تسمح بأداء العمل العضلي والعكس بالعكس. إذ إن هذه الزيادة المتدرجة في نسب الإشارة الكهربائية تفسر على وفق المبدأ العضلي المعروف بمبدأ الحجم (Size Principle) وفي هذا الصدد يذكر (Timothy et al -2009): يبدأ الانقباض العضلي بعمل الوحدات الحركية البطيئة (ST) ومع زيادة التوتر والشد تبدأ الوحدات الحركية السريعة (FT) بالعمل ويستمر هذا حتى التغلب على المقاومة الخارجية، كما إن التدريب بالأوزان الخفيفة يتم بعمل الألياف العضلية البطيئة دون السريعة وفي المقابل فأن عمل الألياف البطيئة والسريعة سيكون ممكناً مع الأحمال التدريبية القصوية أو تحت القصوية[١]. وذلك بفعل ما يعرف بمعدل الاستجابة أي التنظيم العصبي الذي يعمل على تنظيم القوة المنتجة من خلال تعديل عدد الوحدات الحركية المحفزة ذا يتم تحفيز وحدات حركية قليلة في الجهد الواطئ في حين إن الانقباضات الأقوى تتطلب تحفيز وحدات حركية أكثر وزيادة معدل استجابة هذه الوحدات الحركية[٢] .

(1) Timothy R. Ackland, Bruce C. Elliott, John Bloomfield; Op-Cit, P124-125.
(2) Akihiro Sakamoto and Peter James Sinclair: Op-Cit. P.1016.(IVSL)

كما يلحظ من الجدول (٦) عدم تحقق فروق معنوية بين الشدد الأربعة قيد البحث (٢٥%-٥٠%٧٥%-١٠٠%) في متغيري متوسط الكهربائية والقمة عند مستوى الخطأ (٠.٠٥) ولكلا العضلتين المستقيمة الفخذية والنصف الوترية للرجلين اليمين واليسار، ويعزو الباحث ذلك إلى التحفيز الحاصل في العضلات للتغلب على المقاومات وكما ذكر آنفاً، والذي يتطلب وجود تجنيد للألياف العضلية العاملة من اجل التغلب على المقاومات سواء الواطئة او العالية الشدة .

الباب الخامس

٥- الاستنتاجات والتوصيات

٥-١ الاستنتاجات

١. زيادة كهربائية العضلات بزيادة شدد الحمل البدني.
٢. إن مبدأ: زيادة قوة الانقباض يكون بزيادة قوة العضلات العاملة وقلة كبح العضلات المضادة، غير ممكن التطبيق في الشدد التدريبية العالية.
٣. أن تكون قوة العضلات الأمامية إلى الخلفية ٢-٣ مرات وبنسبة لا تتعدى (٧٠%).
٤. لا توجد فروق كبيرة في كهربائية العضلة المستقيمة الفخذية (الأمامية) بين الرجلين اليمين واليسار في الشدد العالية (٧٥-١٠٠%)، في حين توجد فروق كبيرة نسبياً في الشدد المنخفضة (٢٥-٥٠%).
٥. توجد فروق كبيرة نسبياً في كهربائية العضلة النصف الوترية (الخلفية) بين الرجلين اليمين واليسار في الشدد العالية (٧٥-١٠٠%)، في حين لا توجد فروق كبيرة في الشدد المنخفضة (٢٥-٥٠%).
٦. سجلت متوسطة كهربائية العضلة قيم لا تقل عن (٤١%) من الكهربائية القصوى في الشدة (٢٥%) في العضلات الأربعة قيد البحث.

٧. سجلت القيم الكهربائية لمتغيري (متوسط الكهربائية والقمة) مستويات أعلى من القيم الفعلية المناظرة لها لشدة الاختبار.

٨. سجلت قمة الكهربائية قيم لا تقل عن (٣٢%) من الكهربائية القصوى في الشدة (٢٥%) في العضلات الأربعة قيد البحث.

٩. لا توجد فروق معنوية بين الشدد الأربعة قيد البحث (٢٢%-٥٠%-٧٥%-١٠٠%) في متوسط الكهربائية والقمة للعضلة المستقيمة الفخذية والنصف وترية للرجلين اليمين واليسار.

٥-٢ التوصيات

١. التأكيد على استعمال الشدد التدريبية الواطئة والعالية في تدريب القوة لما لذلك دور في تكيف الألياف البطيئة والسريعة.

٢. التأكيد على الموازنة الصحيحة بين عمل العضلات العاملة والمضادة وعدم تجاوز النسب المقررة لتفادي حدوث الإصابات.

٣. التأكيد على تطوير القوة العضلية للطرفين اليمين واليسار وعدم وجود فروق كبيرة بين الطرفين.

٤. إجراء بحوث مشابهة أخرى باستعمال الانقباض العضلي الثابت للتأكد من مطابقة الشدة الكهربائية للشدد الفعلية من عدمها.

٥. إجراء دراسات حول إمكانية التنبؤ بنوع الألياف العضلية من خلال استعمال تقنية التخطيط الكهربائي للعضلات.

٦. دراسة الفروق في عمل العضلات العاملة والمضادة بزوايا عمل مختلفة .

المصـــادر العربيـــة والأجنبيـــة

- هزاع بن محمد الهزاع؛ موضوعات مختارة في فسيولوجيا النشاط والأداء البدني، المملكة العربية السعودية، الرياض، جامعة الملك سعود، النشر العلمي والمطابع، ٢٠١٠.
- هزاع بن محمد الهزاع؛ فسيولوجيا الجهد البدني الأسس النظرية والإجراءات المعملية للقياسات الفسيولوجية، ج١، المملكة العربية السعودية، جامعة الملك سعود، النشر العلمي والمطابع، ٢٠٠٩.

- Basmajian J. V; Motor Learning and Control, A working Hypothesis. Arch Phys Med Rehabil, 1977.
- Frederic Delavier; Strength Training Anatomy, Third Edition, Human Kinetics, 2010.
- Jack H. Wilmore and David L. Costill; Physiology of Sport and Exercise.2nd Edition, USA, Human Kinetics, 1994.
- Kubota, Jun ; Architectural and functional properties of the semitendinosus muscle in the hamstring muscles, 2008.
- Robert A. Robergs, Scott O. Roberts; Exercise Physiology for Performance and Health, USA, Mc Graw-Hill Companies Inc, 2000.
- Scott K. Power, Edward T. Howly: Exercise Physiology Theory and Application to Fitness and Performance, 6th Edition, USA, McGraw-Hill Companies Inc, 2007.
- Thomas R. Baechle; Essentials of Strength Training and Conditioning, Human Kinetics, USA, 1994.
- Timothy R. Ackland, Bruce C. Elliott, John Bloomfield; Applied Anatomy and Biomechanics in Sport, Second Edition, Human Kinetics, 2009.

- **William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch; Exercise Physiology Energy Nutrition, and Human Performance, 6th ed, Lippincott Williams & Wilkine, USA, 2001.**

مصادر المكتبة الافتراضية العراقية (IVCL)

- **Akihiro Sakamoto and Peter James Sinclair: Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press, European Journal of Applied Physiology, Volume 112, Number 3, 2012, PP.1015-1025.(IVSL)**
- **Anthony Remaud, Christophe Cornu, Arnaud Gue´vel; Agonist muscle activity and antagonist muscle co-activity levels during standardized isotonic and isokinetic knee extensions, Journal of Electromyography and Kinesiology 19 (2009), P 449–458. (IVSL)**
- **Gaël Guilhem, Christophe Cornu, Arnaud Gue´vel; Muscle architecture and EMG activity changes during isotonic and isokinetic eccentric exercises, Eur J Appl Physiol (2011) 111:2723–2733. (IVSL)**
- **Gene M. Adams; Exercise Physiology Laboratory Manual, USA, New York, McGraw-Hill Companies Inc, 2002. P43.**
- **Guillaume Rao, David Amarantini, Eric Berton; Influence of additional load on the moments of the agonist and antagonist muscle groups at the knee joint during closed chain exercise, Journal of Electromyography and Kinesiology 19 (2009) P.459–466 .(IVSL)**
- **Keitaro Kubo, Naoya Tsunoda, Hiroaki Kanehisa, Tetsuo Fukunaga; Activation of agonist and antagonist muscles at different joint angles during maximal isometric efforts, Eur J Appl Physiology, 2004, 91, P349-352.(IVSL)**
- **Knapik J, Johes B, Bauman G, Harris J; Strength, Flexibility and Athletic Injuries, Sport Med. 1992, 14, P277-288. (IVSL)**

- **Miller JP, Croce RV, Hutchins R. Reciprocal; coactivation patterns of the medial and lateral quadriceps and hamstrings during slow, medium and high speed isokinetic movements. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2000;10:233–9. (IVSL)**
- **Tine Alkjær, Erik B. Simonsen, S. Peter Magnusson, Poul Dyhre-Poulsen, Per Aagaard; Antagonist muscle moment is increased in ACL deficient subjects during maximaldynamic knee extension, The Knee 19 (2012) 633–639. (IVSL)**