دراسة مقارنة للنشاط الكهربائي للعضلة الصدرية العظيمة المتناظرة في تمرين الضغط على المسطبة المستوية باستعمال جهاز سميث والأثقال الحرة

عبدالله غازي حمدان الشمري[1]، أسامة احمد حسين الطائي[2]،

تأريخ تقديم البحث: (2019/11/16)، تأريخ قبول النشر (2019/12/24).

DOI: https://doi.org/10.37359/JOPE.V32(2)2020.984

المستخلص

هدفت الدراسة إلى قياس النشاط الكهربائي (المعدل والقمة) للعضلة الصدرية العظيمة لجهتي اليمين واليسار في تمرين الضغط على المسطبة المستوية باستعمال الأثقال الحرة وجهاز سميث، والتعرف على الفروق في النشاط الكهربائي للعضلة الصدرية العظيمة اليمين واليسار في تمرين الضغط على المسطبة المستوية باستعمال الأثقال الحرة وجهاز سميث وفي الشدد (50% و 75% و100%). واستعمل الباحث المنهج التجريبي بأسلوب المقارنة. وتم اختيار عينة البحث بالطريقة العمدية والمتمثلة باربعة طلاب من الممارسين لرياضة رفع الاثقال في كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة/جامعة بغداد بوزن (69.38 ± 5.56) كغم، وبطول (171.52 ± 1.15) سم، وبعمر (20.25 ± 2.25) سنة. وتم اجراء اختبار الضغط على المسطبة المستوية (Bench Press) ثم يتم تنفيذ نفس الاختبار السابق ولكن باستعمال جهاز سميث وبالشدد (50% و 75% و 100% من الشدة القصوى) لكلا الاختبارين. واستعمل الباحث الحقيبة الإحصائية الجاهزة (SPSS) للحصول على نتائج البحث من خلال: الوسط الحسابي، والانحراف المعياري، والوسيط، ومعامل الالتواء، اختبار (t-test) للعينات المستقلة. اما نتائج البحث فلم تُظهر فروقاً معنوية بين العضلة الصدرية العظيمة اليمين واليسار في متغيري النشاط الكهربائي (المعدل والقمة) عند استعمال الاثقال الحرة وجهاز سميث. وحدوث زيادة مطردة في متغيري النشاط الكهربائي (المعدل والقمة)، بزيادة الشدة ولكلا طريقتي اداء التمرين بالاثقال الحرة وجهاز سميث ولكلا العضلتين الصدريتين العظيمتين اليمين واليسار، كما ظهرت الفروق كلها في العضلة الصدرية العظيمة اليمنى لصالح استعمال الاثقال الحرة. في حين ظهرت الفروق كلها في العضلة الصدرية العظيمة اليسرى لصالح استعمال جهاز سميث. وأوصى الباحث باستعمال جهاز سميث او الاثقال الحرة لتطوير قوة العضلات الصدرية، واجراء دراسات للتأكد من سبب ظهور الفروق لمصلحة احدى الطريقتين دون الاخرى وذلك عن طريق اشراك لاعبين تكون الذراع المسيطرة عندهم هي الذراع اليسرى.

الكلمات المفتاحية: العضلة الصدرية العظيمة، ماكنة سميث، النشاط الكهربائي العضلي، تمرين الضغط على المسطبة، الاثقال الحرة.

ABSTRAC

A comparative study of sEMG signal of the symmetrical pectoral major muscle in bench press exercise using Smith machine and free weights

The study aimed to measure the electrical activity (mean and peak) of the pectoral major muscle of the right and left side in bench press exercise using the free weights and Smith machine to identify the differences in the electrical activity in the intensity (50%, 75%, and 100%) of (1RM). The researcher used the experimental method. The subject was four students who are practicing weightlifting sport in the College of Physical Education and Sports Sciences / University of Baghdad. Their body mass were (69.38 ± 5.56) kg, height (171.52 ± 1.15) cm, and age (20.25 ± 2.25) years. Bench press test was performed on the flat level, and then the same previous test carried out again, but using Smith machine with the intensity of (50%, 75%, and 100%) of (1RM) for both tests. The researchers used the SPSS to obtain the results by using t-test for independent samples. The results did not show significant differences between the right and left pectoral major muscle in sEMG signal (mean and peak) when using free weights and smith machine. The increasing in the electrical activity (mean and peak) associated with increasing in intensity for both pectoral major muscle. the rustles showed significant differences in the right pectoral major muscle for using free weight, and a significant differences in the left pectoral major muscle for using smith machine. The researchers recommended the use of smith machine or free weights to develop the pectoral major muscle.

Key words: *pectoral major muscle, Smith Machine, sEMG, bench press exercise, Free Weights*

(1) بكالوريوس تربية رياضية، جامعة بغداد، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة.(abdullah.g@cope.uobaghdad.edu.iq)

Abdullah Ghazi Hamdan, Bachelor of Physical Education, University of Baghdad, College of Physical Education and Sport Sciences, (abdullah.g@cope.uobaghdad.edu.iq). (+9647734217154)

(2) أستاذ، دكتوراه تربية رياضية، جامعة بغداد، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة. (drusamaaltay@yahoo.com)

Usama A. Altay, (PH.D), University of Baghdad, College of Physical Education and Sport Sciences, (drusamaaltay@yahoo.com).(+9647702303737)

المقدمة:

إن التطور الذي شهدته العملية التدريبية أسهم بشكل كبير في تطوير مستويات الفرق الرياضية في الألعاب الفردية والجماعية من خلال استخدام الوسائل والأساليب التدريبية الحديثة التي كان لها الأثر الفعال في تقدم مستوى اللاعبين في مختلف النواحي البدنية والمهارية والخططية، إذ أثبتت العديد من الدراسات العلمية الحديثة أن استخدام تمارين بدنية تخصصية لتطوير نواحي فسيولوجية وبدنية معينة تسهم بشكل فعال في إحراز التكيف الوظيفي لمتطلبات التدريب، فتقدم المستوى الرياضي للاعب يعتمد على مدى ايجابية التغيرات الفسيولوجية وبما يحقق التكيف لأجهزة وأعضاء الجسم كي تواجه متطلبات الأداء العالية.

وتعد الاختبارات والقياسات من العلوم المهمة في التربية الرياضية، فمن خلالها يمكن التعرف على درجة فاعلية التدريب والتمارين وبهذا فإن الاختبارات هي المحك الذي يتعرف من خلاله على قابلية، وان فائدتها تظهر في تعديل وتغيير العملية التدريبية إذا كانت نتائج هذه الاختبارات لا تتماشى مع ما هو مخطط له سلفاً.

وفرض التطور الحديث على القائمين على العملية التدريبية استعمال الأجهزة الحديثة التي سهلت عمليات القياس والتقويم وأصبح المدربون ملمين بإمكانيات لاعبيهم الحقيقية بوساطة هذه الأجهزة، ومنها جهاز التخطيط الكهربائي للعضلات (Electromyography-EMG) إذ تعطي الإشارة الكهربائية للعضلة تصوراً واضحاً للعمل العضلي الحاصل داخل العضلة العاملة نفسها، إذ عن طريقها يكمن تحديد قمة الإشارة الكهربائية ومعدلها ومساحتها. "يعطي جهاز (EMG) قياسات حقيقية للتغير في النشاط الكهربائي الحاصل في العضلة (Staudenmann and Enoka-2008).

كما ان التدريب لتطوير القوة العضلية يفرض على المدربين استعمال اجهزة تدريب حديثة لغرض تطوير القوة اذ ان تطوير القوة باستعمال الوسائل التقليدية قد يصل حداً لا يمكن بعده تطوير قوة اللاعبين وعلى هذا الاساس قامت العديد من الشركات المتخصصة بصناعة الكثير من الاجهزة التدريبية المساعدة ومنها جهاز سميث او ما يعرف بماكنة سميث (Smith Machine). وان ظهور الاجهزة التدريبية الجديدة معناه فتح افاق جديدة للبحث العلمي من اجل اثبات فاعلية هذه الاجهزة من عدمها عن طريق مقارنتها بالطرائق التقليدية (الاثقال الحرة) وعلى وفق ذلك اجرى العديد من الباحثين بحوثهم لغرض اثبات كفاية هذا الجهاز، اذ بينت دراسة (Schick EE et al - 2010) فاعلية اكبر للعضلة الدالية الوسطى باستعمال الاثقال الحرة مقارنتاً بجهاز سميث في تمرين الضغط على المسطبة المستوية والتوصية باستعمال الاثقال الحرة لتطوير القوة العضلية. في حين ان دراسة (Schwanbeck S et al-2009) وجود فروقاً معنوية في النشاط الكهربائي للعضلة التوأمية الساقية وذات الرأسين الفخذية والمتسعة الأنسية في تمرين القرفصاء (Squat) لمصلحة استعمال الاثقال الحرة والى عدم وجود فروقاً معنوية بين استعمال جهاز سميث والاثقال الحرة في باقي العضلات. أما دراسة (Cotterman ML et al -2005) فبينت وجود فروقاً معنوية في تمرين الضغط على المسطبة المستوية والقرفصاء الخلفي، اذ كانت القوة المنتجة بتمرين القرفصاء الخلفي باستعمال جهاز سميث اكبر من نظيرتها باستعمال الاثقال الحرة. في حين ان القوة المنتجة في تمرين الضغط على المسطبة المستوية باستعمال الاثقال الحرة كان اكبر من نظيرتها باستعمال جهاز سيمث. كما بينت دراسة (Saeterbakken AH et al-2011) بان القوة المنتجة باستعمال الدمبلص كانت اقل بنسبة (14%) عن جهاز سميث و (17%) عن الاثقال الحرة، ولم تظهر فروقاً معنوية في النشاط الكهربائي للعضلات الصدرية العظيمة والدالية الأمامية بين استعمال الدمبلص والاثقال الحرة وجهاز سميث.

ومن ما تقدم من دراسات سابقة تظهر اهمية البحث في التعرف على النشاط الكهربائي للعضلة الصدرية العظيمة المتمثلة بقمة الإشارة (Peak) و متوسط الكهربائية (Mean) عند استعمال شدد مختلفة (50–75–100%) باستعمال الاثقال الحرة وجهاز سيمث ولكلا الطرفين العلويين اليمين واليسار، لمعرفة هل ان هناك فروقاً بين النشاط الكهربائي للطرف اليمين عن اليسار. إذ لم تطرق الدراسات السابقة (على حد علم الباحث) الى المقارنة بين النشاط الكهربائي

للطرفين الأيمن والأيسر عند اداء تمرين الضغط على المسطبة المستوية باستعمال الاثقال الحرة وجهاز سميث وكي تكون هذه الدراسة مكملتاً للدراسات العلمية السابقة ولاجل افادة المدربين من نتائجها والعمل بها في اثناء تدريب لاعبيهم.

الطريقة:

استعمل الباحث المنهج التجريبي بأسلوب المقارنة. وتم اختيار عينة البحث بالطريقة العمدية والمتمثلة باربعة طلاب من الممارسين لرياضة رفع الاثقال في كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة / جامعة بغداد.

الجدول (1) مواصفات عينة البحث

المتغيرات	وحدة القياس	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسيط	الالتواء
الكتلة	كغم	69.384	5.568	70.652	0.782
الطول	سم	171.525	1.155	170.025	0.862
العمر	سنة	20.254	2.254	20.000	0.427

وتم استعمال جهاز قياس الطول والوزن وجهاز (sEMG) نوع (Myo Trace 400) يعمل باربع قنوات يسجل كهربائية اربع عضلات في وقت واحد ويعمل بإشارة البلوتوث عن بعد، والذي تم مزامنته مع (Web Cam) يابانية المنشأ. كما تم استعمال اختبار الضغط على المسطبة المستوية (Bench Press) لقياس القوة العضلية الديناميكية للعضلات المادة للذراعين من حركة الدفع للأمام (رضوان–2001). علماً انه تم تكرار أداء هذا الاختبار مرتين لكل لاعب وعلى وفق الشدد (50% و 75% و 100% من الشدة القصوى). ثم تم تنفيذ نفس الاختبار اعلاه ولكن باستعمال جهاز سميث وبالشدد (50% و 75% و 100% من الشدة القصوى) ايضاً.

تم البدء بتطبيق مفردات التجربة لمدة أربعة ايام في تمام الساعة (10:30) صباحاً في قاعة اللياقة البدنية في كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة/جامعة بغداد وبمساعدة فريق العمل المساعد، إذ تم تسجيل الأداء لاختبار الضغط على المسطبة المستوية باستعمال المسطبة وجهاز سميث بواسطة الكاميرا الخاصة والمتزامنة مع تسجيل الاشارة الكهربائية لجهاز (sEMG) وتم تسجيل البيانات الخاصة بعينة البحث في استمارة تسجيل خاصة تضمنت عمر اللاعبين وأطوالهم وأوزانهم فضلاً عن حقول لتسجيل الشدة القصوى وما يقابلها من أوزان عند الشدد (50%–75%–100%)، وقد راعى الباحثان وتحت الظروف المكانية والزمانية والمناخية نفسها.

وتم وضع لاقطان سطحيان لتسجيل إشارة (sEMG) فوق العضلة الصدرية العظيمة وعلى كلتا العضلتين اليمين واليسار، بعد أن تم حلاقة الشعر من سطح الجلد تحت موقع اللاقطات، ومسح المنطقة بالكحول لإزالة إفرازات الجلد والجلد المتقرن من سطحه وذلك لتقليل مقاومته للإشارات الكهربائية وللحصول على إشارة كهربائية بجودة عالية، ومن ثم لصق اللاقطات على العضلتين الصدريتين العضيمتين اليمين واليسار، كما يوجد لاقط إضافي واحد للجهاز يعمل على إزالة الكهربائية التي يلتقطها الجسم من المحيط ويطلق عليه اللاقط الأرضي. علماً إن قطر اللاقط الواحد هو (1) سم والبعد بين مركزي اللاقطين المزدوجين فوق العضلة (2) سم، ولتحديد حركة الأسلاك وضع فوقها شريط لاصق للتثبت. وعند قيام اللاعب بتمرين الضغط على المسطبة المستوية بالشدد (50–75–100%) يقوم جهاز (sEMG) المثبت على خصر اللاعب بحزام جلدي باستلام الإشارات الكهربائية من اللاقطين الموجودين على العضلة الصدرية العظيمة اليمين واليسار وبثها لاسلكياً (Bluetooth) إلى جهاز الاستقبال الموجود عن بعد ليتم خزن الإشارة في جهاز الحاسوب، وبوساطة ببرنامج خاص (Myo Research XP 1.06.67) يتم تحليل الاشارة الكهربائية ووصفها كمياً، فضلاً عن ربط الكاميرا الخاصة لتسجيل مراحل الأداء إذ يعمل الجهاز على تزامن التخطيط الكهربائي للعضلة مع التصوير الفيديوي ليتم التعرف على الإشارات الكهربائية المختلفة في أثناء مراحل الأداء كافة.

كما استعمل الباحثان النظام الإحصائي (Microsoft Excel) لتجميع النتائج وتبسيطها، والحقيبة الإحصائية الجاهزة (SPSS V20) للحصول على نتائج البحث المتمثلة بالقياسات الوصفية واللتعرف على معنوية الفروق من خلال اختبار (t-test) للعينات المستقلة.

المناقشة:

الجدول (2) اختبار الفروق لمعدل الاشارة الكهربائية وقمتها لكلا الطرفين للشدة 50%

المتغيرات	الطرف	ماكنة سميث		الأثقال الحرة		قيمة t المحسوبة	مستوى الخطا
		سَ	ع	سَ	ع		
المعدل uV	اليمين	172.50	65.41	201.25	122.55	0.414	0.693
	اليسار	196.25	63.54	153.25	55.78	1.017	0.348
القمة uV	اليمين	295.25	167.27	384.75	318.49	0.498	0.636
	اليسار	330.75	110.18	263.00	94.05	0.935	0.386

معنوي عند مستوى الخطأ (0.05) إذا كان مستوى الخطأ أصغر من (0.05)، درجة الحرية (4+4−2=6)

الجدول (3) اختبار الفروق لمعدل الاشارة الكهربائية وقمتها لكلا الطرفين للشدة 75%

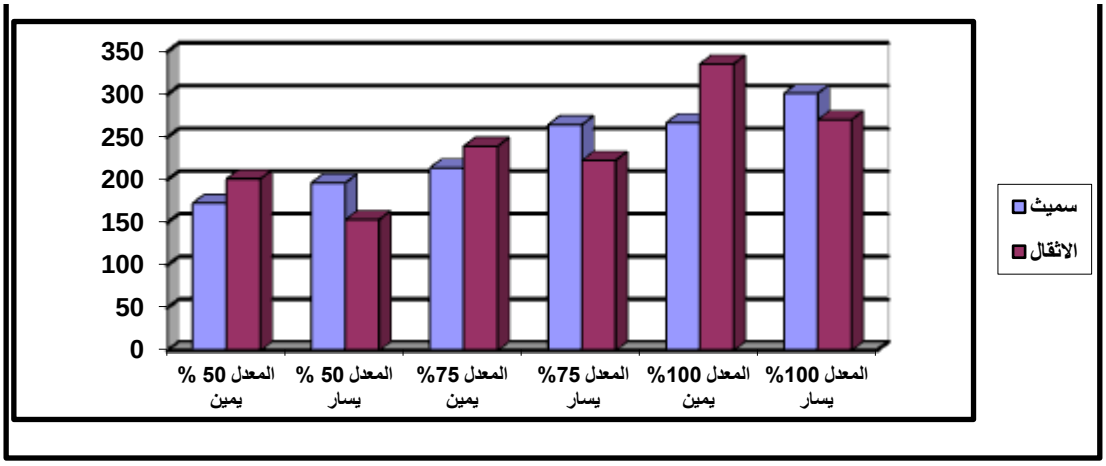
المتغيرات	الطرف	ماكنة سميث		الأثقال الحرة		قيمة t المحسوبة	مستوى الخطا
		سَ	ع	سَ	ع		
المعدل uV	اليمين	213.75	75.19	264.50	114.03	0.743	0.485
	اليسار	239.25	74.26	222.75	63.35	0.338	0.747
القمة uV	اليمين	358.00	145.55	515.75	354.06	0.824	0.441
	اليسار	391.00	102.89	378.25	135.81	0.150	0.886

معنوي عند مستوى الخطأ (0.05) إذا كان مستوى الخطأ أصغر من (0.05)، درجة الحرية (4+4−2=6)

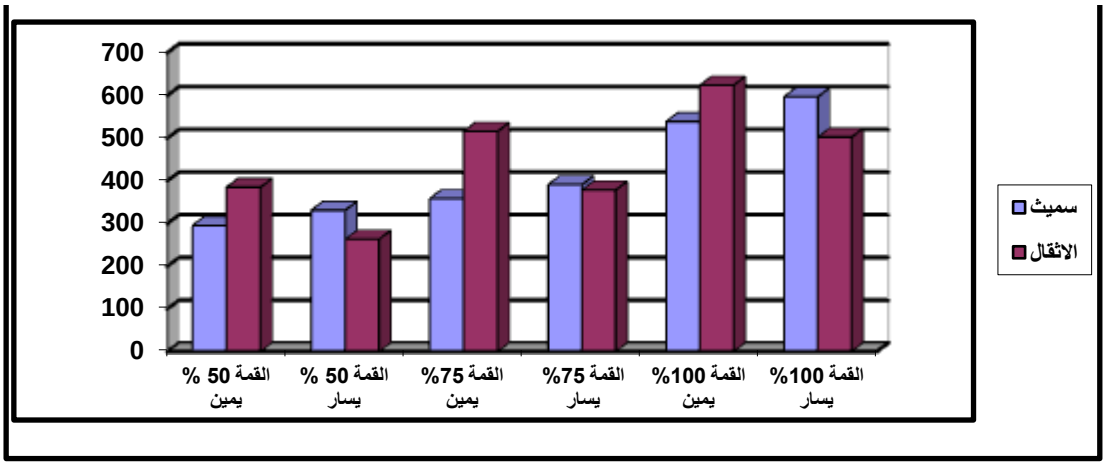
الجدول (4) اختبار الفروق لمعدل الاشارة الكهربائية وقمتها لكلا الطرفين اليمين واليسار للشدة 100%

المتغيرات	الطرف	ماكنة سميث		الأثقال الحرة		قيمة t المحسوبة	مستوى الخطا
		سَ	ع	سَ	ع		
المعدل uV	اليمين	266.50	102.52	301.25	92.72	0.503	0.633
	اليسار	335.50	140.16	270.25	93.35	0.775	0.468
القمة Uv	اليمين	538.50	232.23	623.50	279.27	0.468	0.656
	اليسار	596.50	172.45	502.25	145.59	0.835	0.436

معنوي عند مستوى الخطأ (0.05) إذا كان مستوى الخطأ أصغر من (0.05)، درجة الحرية (4+4−2=6)



الشكل (1) الأوساط الحسابية لمعدل الاشارة الكهربائية لاختبار الضغط على المسطبة بين ماكنة سميث والاثقال الحرة في العضلة الصدرية العظيمة ولكلتا الطرفين اليمين واليسار للشدد الثلاثة قيد البحث



الشكل (2) الأوساط الحسابية لقمة الاشارة الكهربائية لاختبار الضغط على المسطبة بين ماكنة سميث والاثقال الحرة في العضلة الصدرية العظيمة ولكلتا الطرفين اليمين واليسار للشدد الثلاثة قيد البحث

مناقشة النتائج:

من خلال الجداول سابقة الذكر (2) (3) (4)، نلحظ عدم وجود الفروق المعنوية عند مستوى الخطأ (0.05) في متغيري الاشارة الكهربائة المتوسط والقمة للعضلة الصدرية العظيمة اليمنى واليسرى بين ماكنة سميث والاثقال الحرة. وهذه النتيجة ليست بالغريبة اذ ان عدم وجود الفروق معناه عمل العضلة الصدرية العظيمة بالشدد المحتلفة بشكل متوازن تقريباً عند استعمال الاثقال الحرة وماكنة سميث وقد يعود سبب ذلك الى كون عينة البحث من الممارسين لرياضة رفع الاثقال وبالتالي ضبط المسار الحركي لديهم كان بمستوى جيد ادى الى عدم ظهور فروق معنوية اي ان عملية رفع الثقل بالاثقال الحرة كان بمسار حركي قريب من رفعه بجهاز سميث وقد تظهر الفروق في حالة كون عينة البحث من غير المتدربين الذين سوف لن يستطيعوا من ضبط المسار الحركي للثقل الحر وبالتالي قد تظهر فروقاً معنوية بين عمل العضلات اليمين واليسار. وهذا ما تم التوصل اليه في دراسة (القرعان–2004) الذي بينت نتائجه وجود فروقاً معنوية باستخدام جهاز سميث والاثقال الحرة عند اداء تمرين القرفصاء بين الرياضيين الممارسين من اجل الصحة وبين لاعبي المنتخب الاردني لرفع الاثقال. إذ يمكن ان يكون هناك اختلاف بين في قيم النشاط الكهربائي للعضلات كلما زاد الوزن المرفوع وبكلام اخر (كلما زادت الشدة) لان ذلك يتطلب من اللاعب الدفع بشكل متوازن لغرض التغلب على المقاومة وممكن ان يحدث هناك ارتفاع

في الاشارة الكهربائية لطرف دون الاخر بسبب حدوث انحراف في مسار الثقل في رفع الاثقال، في حين ان ذلك قد يكون بعيد الحدوث في جهاز سميث كونه يعتمد في الرفع على سكة سير محددة. كما ان عدم ظهور الفروق المعنوية يتفق مع دراسات اخرى اجريت في هذا المجال منها دراسة (Saeterbakken AH et al-2011).

ان النتائج اظهرت ان هناك زيادة مطردة في معدل وقمة الاشارة الكهربائي للعضلة الصدرية العظيمة للطرفين اليمين واليسار بزيادة الشدة، ويعزو الباحث ذلك الى ان زيادة في الشدة تعني الزيادة في التحشيد العضلي وتجنيد عدد اكبر من الالياف العضلية من اجل القدرة على التغلب على المقاومة المتزايدة وعلى وفق قاعدة التجمع متعدد الاياف. والذي يتم عن طريق زيادة عدد الوحدات الحركية المتقلصة معاً فعندما يرسل الجهاز العصبي المركزي إشارة ضعيفة تتقلص إحدى العضلات وتنبه الوحدات الحركية فيها التي تحوي على اصغر الألياف العضلية واقلها عددا، مفضلة ذلك على تنبه الوحدات الحركية الكبيرة وعند زيادة شدة الإثارة يبدأ تنبيه الوحدات الحركية الأكبر فالأكبر تدريجياً ويسمى ذلك مبدأ الحجم (Size Principle)، وهذا مهم لأنه يسمح لتدرج شدة التقلص العضلي بأن يكون بدرجات صغيرة بينما تصبح الدرجات اكبر شدة تدريجيا عندما تدعو الحاجة إلى درجات اكبر من الشدة، وسبب ذلك هو إن الوحدات الحركية الصغيرة تغذى بألياف عصبية حركية صغيرة وهي أكثر استثارة من الألياف العصبية الكبيرة التي تغذى الوحدات الحركية الكبيرة لذلك فأن الأولى تستثار أولاً. (كايتون و هول–1997)

ومن الجدير بالملاحظة والامر الذي لم تذكره اي من الدراسات السابقة يمكن ملاحظته في معدل الاشارة الكهربائية وقمة الاشارة الكهربائية. اذ كانت الفروق كلها في العضلة الصدرية العظيمة اليمنى لصالح استعمال الاثقال الحرة اي ان معدل الاشارة وقمتها كانت اعلى عند استعمال الاثقال الحرة من جهاز سميث وعند الشدد الثلاثة (50%–75%–100%). وبالعكس كانت الفروق كلها في العضلة الصدرية العظيمة اليسرى لصالح استعمال جهاز سميث اي ان معدل الاشارة وقمتها كانت اعلى عند استعمال جهاز سميث من الاثقال الحرة وعند الشدد الثلاثة (50%–75%–100%).

ولا يمكن ان نعزي سبب ذلك الى الصدفة بسبب تكرر الحالة وكونها حالة نمطية تثير الفضول والاستغراب وهي تحتاج الى المزيد من الدراسة والبحث والسبب الذي يعزيه الباحث لهذه الحالة هو ان الذراع المفضلة لعينة البحث كانت كلها الذراع اليمنى وهي المسيطرة في الاثقال الحرة والتي اظهرت اشارة كهربائية اعلى من نظيرتها اليسار، أما عند استعمال جهاز سميث فلم يكن الاعتماد على الذراع اليمين بل قلل اللاعبين من الضغط على هذا الطرف بسبب شعورهم بالأمان من عدم سقوط الثقل كونه مؤمن ومتحرك على سكة خاصة مما حذا بهم الى زيادة الدفع بالذراع اليسار لأجل دفع الثقل. وهذا الشيء ان اثبتت صحته يمكن ان يكون مبدأً لتدريب الذراع الضعيفة بجهاز سميث من اجل موازنتها بالذراع المفضلة والتي عادة ما تكون هي الاقوى.

الاستنتاجات:

- لم تُظهر نتائج البحث فروقاً معنوية بين العضلة الصدرية العظيمة اليمين واليسار في متغيري النشاط الكهربائي (المعدل والقمة) عند استعمال الاثقال الحرة وجهاز سميث.
- حدوث زيادة مطردة في متغيري النشاط الكهربائي (المعدل والقمة)، بزيادة الشدة ولكلا طريقتي اداء التمرين بالاثقال الحرة وجهاز سميث ولكلا العضلتين الصدريتين العظيمتين اليمين واليسار
- ظهرت الفروق كلها في العضلة الصدرية العظيمة اليمنى لصالح استعمال الاثقال الحرة.
- ظهرت الفروق كلها في العضلة الصدرية العظيمة اليسرى لصالح استعمال جهاز سميث.

المصادر

- محمد حسن علاوي ومحمد نصر الدين رضوان. اختبارات الأداء الحركي. القاهرة. دار الفكر العربي، 2001. ص50–51.
- محمد لطفي القرعان. التحليل الحركي اثناء اداء تمرين السكوات الحر واستخدام جهاز سميث. رسالة ماجستير. الجامعة الاردنية. كلية الدراسات العليا. 2004.
- كايتون وهول؛ المرجع في الفسيولوجيا الطبية، ترجمة صادق الهلالي، بيروت، لبنان ، دار أكاديميا انترناشونال، 1997، ص98.
- Rudroff T, Staudenmann D, Enoka RM (2008) Electromyographic measures of muscle activation and changes in muscle architecture of human elbow flexors during fatiguing contractions. J Appl Physiol 104:1720–1726
- Schick EE, Coburn JW, Brown LE, Judelson DA, Khamoui AV, Tran TT, Uribe BP. A comparison of muscle activation between a Smith machine and free weight bench press - J Strength Cond Res - Mar 2010; 24(3); 779-84.
- Schwanbeck S, Chilibeck PD, Binsted G. A comparison of free weight squat to Smith machine squat using electromyography - J Strength Cond Res - Dec 2009; 23(9); 2588-91.
- Cotterman ML, Darby LA, Skelly WA. Comparison of muscle force production using the Smith machine and free weights for bench press and squat exercises - J Strength Cond Res - Feb 2005; 19(1); 169-76
- Saeterbakken AH, van den Tillaar R, Fimland MS. A comparison of muscle activity and 1-RM strength of three chest-press exercises with different stability requirements - J Sports Sci - Mar 2011; 29(5); 533-8.