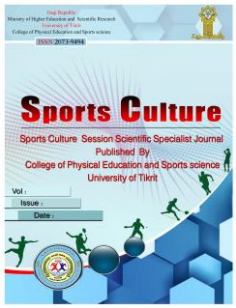
Sports Culture
IRAQI Academic Scientific Journals
العراقية المجلات الاكاديمية العلمية
https://jsc.tu.edu.iq/index.php/jsc
ISSN: 2073 – 9494
E-ISSN: 2664 - 0988



Effect training in maximum resistance on mechanomyograms and muscle contraction properties for weightlifters

Haider Azeez Jabbar[1] , Mohammed Jaafer Majeed[2] and Safaa A. Ismaeel [3]

Diyala Education Directorate / Ministry of Education/Diyala/Iraq
Collage of physical education and sports science / Diyala University / Diyala /Iraq

A r t i c l e i n f o.

Article history:
-Received: 15/11/2023
-Accepted: 10/12/2023
-Available online: 31/12/2023

Keywords:
- Training
- Muscle contraction
- Stiffness
- Muscle properties
- Weightlifting

© 2024 This is an open access article under the CC by licenses
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Sports Culture Sports Culture Sports Culture ports Culture

Abstract

Strength training is of great interest to trainers working in the field of physical development, particularly in relation to specific physical abilities such as throwing, weightlifting, wrestling, and gymnastics. Muscle strength is the fundamental source of all movement and is essential for the development of various derived abilities such as agility, balance, and even basic physical characteristics. Strength training has multiple implications for muscle tissue adaptations and its resulting state and functional behavior, which reflect the extent of the tissue's response to training. At times, studying the tissue's reactions can be considered vital indicators of the cumulative effects of specific training on muscle tissue.

The focus on studying muscles as a result of being under the influence of different resistance exercises can provide a clear understanding of the adaptation occurring in this tissue and the objective benefits achieved through training in shorter periods and with less effort. The effects of strength training on the ratio of relaxation time to deformation time, characterizing creep (Deborah number) in muscles, is an area that requires further investigation to elucidate the specific impact of strength training on the viscoelastic properties of muscle tissue. Additional research in this area may provide a deeper understanding of the relationship between strength training and the Deborah number in muscles.

[1]**Corresponding author**: Haidarazeez7@gmail.com Diyala Education Directorate / Ministry of Education/Diyala/Iraq
[2] **Corresponding author** Moh_hud_2014@yahoo.com Diyala Education Directorate / Ministry of Education/Diyala/Iraq
[3]**Corresponding author**: sc_safaaismaeel@uodiyala.edu.iq Collage of physical education and sports science / Diyala University / Diyala /Iraq

تأثير تدريبات المقاومات القصوية على المخططات الميكانيكية وخصائص الانقباض العضلي لرباعي القوة البدنية

تاريخ البحث
- متوفر على الانترنت 2023/12/31

الكلمات المفتاحية
- الانقباض العضلي
- التدريب الرياضي
- التركيب العضلي
- الصلابة
- رفع الاثقال

م.م حيدر عزيز جبار
د. محمد جعفر مجيد
أ.د صفاء عبدالوهاب إسماعيل
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة – جامعة ديالى – ديالى– العراق
وزارة التربية – مديرية تربية ديالى – ديالى – العراق

الخلاصة:

يعد النسيج العضلي هو نسيج حي وقابل للتفاعل مع البيئة والمحيط الخارجي بمعنى أنه يكتسب صفات معينة من خلال تأثيرات المقاومة والتدريب عليه وبالمقابل يعطي مؤشرات ونتائج متمثلة بالانقباض العضلي وأشكاله. وبما ان التدريب باستخدام المقاومات القصوى تعد شكل من اشكال التدريب ومتطلبات لبعض الفعاليات كان من الجدير بالاهتمام التعرف على التكيفات التي يمكن ان تطرأ على النسيج العضلي. هدف البحث الى التعرف على نوع الاستجابات العضلية لتدريبات المقاومة القصوي بدلالة موشرات تخطيط العضلات وبعض المتغيرات الميكانيكية لها. شملت عينة البحث رافعي اثقال في فعالية القوة البدنية بواقع ستة لاعبين وتم تتبع التكيف العضلي باخذ عضلات تمثل الكل وهي عضلات الذراع (ثنائية الرؤوس العضدية و ثانية الرسغ الكعبرية) وتم اعتماد مؤشرات (تردد الاهتزاز الطبيعي, الصلابة الديناميكية للعضلات, زمن ميكانيكية الاسترخاء, نسبة زمن الاسترخاء الى زمن التشوه). وتم اعتماد تقنية حديثة في تسجيل النواتج الميكانيكية للنسيج العضلي من خلال تقنية MyoTonePro المعتمدة من قبل الاتحاد الأوربي للطب الرياضي والصحة العامة. أجريت تجارب ميدانية قبل وبعد جهد قصوي مع تطبيق الشروط الخاصة بالاختبار وظهرت نتائج ذات دلالات بحثية أعطت تفسيرات تأكيدية من جهة لمعلومات سابقة ومن جهة أخرى جاءت نتائج تعزز جوانب فيزيائية مقرونة بالجانب الحيوي لتعديل مسارات بحثية قادمة.

1 – التعريف بالبحث:

1–1 المقدمة واهمية البحث:

تعد تدريبات القوة من أهم ما يشغل اهتمام المدربين الذين يعملون في مجال تطوير الفعاليات بعد الارتباط الوثيق بالقدرة البدنية الخاصة مثل فعاليات الرمي فالي فعاليات رفع الأثقال و المصارعة والملاكة وغير ذلك حيث تعتبر القوة العضلية هي المصدر الأساس لكل حركة(Melo et al., 2022) وهي أساس كل نشوء لاحق مرتبط في أداة مها رئة أو حركيه وتدخل بشكل أساسي في تكوين قدرات مشتقة أخرى مثل الرشاقة التوازن بل حتى الصفات البدنية الأساسية ان لتدريبات القوة انعكاسات عديدة على تكيفات النسيج العضلي(Rigoni et al., 2022a) وما تؤول إليه من وضعية هذه النسيج وسلوكه الوظيفية التي تعبر عن مقدار استجابت هذا النسيج للتدريبات(Uwamahoro et al., 2021) وأحيانا على العكس حيث يمكن دراسة ردود أفعال النسيج واعتبرها مؤشرات حيوية لمقدار ما يكتسبه هذا النسيج والمتمثل العضلات من ناتج تراكمي للتدريبات النوعية التي يخضع لها الرياضي.

وبما أن النسيج العضلي هو نسيج حي وقابل للتفاعل مع البيئة والمحيط الخارجي بمعنى أنه يكتسب صفات معينة من خلال تأثيرات المقاومة والتدريب عليه وبالمقابل يعطي مؤشرات ونتائج متمثلة بالانقباض العضلي وأشكاله(Shiri et al., 2018) وقياسات تعبر عن خصائص النسيج العضلي تفسر أثر ونوع التدريبات بالمقاومات الموضوعة خلال فترات زمنية مدروسة على هذا النسيج(Jiménez-Sánchez et al., 2012). لذلك نلاحظ أن الاهتمام بدراسة العضلات نتيجة وقوعها تحت تأثير التمرينات مقاومات أثقال مختلفة يمكن أن تعطينا تصورا واضحا عن التكيف الحاصل في هذا النسيج ومقدار الاستفادة الموضوعية وتحقيق أهداف التدريب لفترات زمنية مقتضبة وبجهد اقل(Guo & Zhang, 2022).

أن الأهمية من تنفيذ هذه الدراسة هو للوقوف على حقائق علمية يمكن الوصول إليها باستخدام تقنيات وأجهزة حديثة تحاكي التطور العلمي والتكنولوجيا الحديث ويمكن أن تفسر لنا سلوكيات وظواهر لم نكن نضعها من أهداف عملية وعدم توفر فرصة الربط بين جملة من الأحداث الظواهر والسلوكيات التي نسجلها من انقباض العضلة.

وتمثلت مشكلة البحث في أن هناك ظواهر ميكانيكية داخلية يمكن أن نتعرف عليها بشكل نظري وسجلت بعض الدراسات في مجال الطب الحياتي ولكن لم نتمكن من استخدامها وتفسير في مجال التدريب الرياضي وبالخصوص في فعاليات رفع الأثقال(Varesco et al., 2022) لذلك عمل الباحثون على استخدام أجهزة حديثة واعتماد مؤشرات جديدة في تتبع أثر التدريب بمقاومات مختلفة باستخدام الأثقال وإمكانية تفسير ناتج هذا التمرين على خصائص العضلات.

إن من بين اهم المؤشرات المدروسة هو (التذبذبات الميكانيكية الطبيعية Natural mechanical oscillations)(Lin et al., 2014) بحيث أن التذبذبات الميكانيكية السطحية تنشأ بشكل طبيعي من قبل العضلات الهيكلية أثناء الانقباض الإرادي وتنتج هذه الاهتزازات الطبيعية المتولي داخل العضلات نتيجة للتغيرات التي تطرأ على اللي في العضلي من خلال تسليط جهد معين على هذه العضلة حيث أن هناك العديد من الوسائل والأجهزة التي يمكن قياس هذا المؤشر من خلاله وبشكل عام يطلق عليه اسم (الميكانومايوغرامز mechanomyograms)(Uwamahoro et al., 2021).

إجراءات البحث

شملت عينة البحث ستة من لاعبي القوة البدنية ممن يمتازون بتاريخ رياضي (تدريبي) متقدم كانت أعمارهم (بمتوسط 31 سنة ± 1.5) وواقع كتلة (بمتوسط 85 كيلوغرام ± 7.8) وتم اعتماد عضلات الذراع للطرف الأيمن والطرف الأيسر المتمثلة بالعضلة ثنائية الرؤوس العضدية والعضلة ثانية الرسغ الكعبرية.

إجراءات الفحص الميدانية:

- تهيئة اللاعبين واجراء القياسات البدنية (وزن وطول واخذ البيانات الرقمية)
- التأكد من اخضاعهم للراحة التامة والاسترخاء(Zaina et al., 2023).
- فحص منطقة التسجيل على الجلد وتنظيفها بالكحول.
- باستخدام تقنية Myotone Rec. (تقنية تسجيل استجابة النسيج العضلي) تمت عملية الفحص والتسجيل من وضع الجلوس على الكرسي.
- تم اخذ ثلاث محاولات تسجيل لكل رباع ولكل عضلة وعلى جانبي الجسم ليكون مجمل الفحوصات لكل رباع 12 تسجيل لغرض التأكد من البيانات المستخلصة.
- بعد تنفيذ وحدة تدريبية عالية الشدة تم إعادة القياس لنفس العينة وبعد مرور 45 دقيقة من الانتهاء من الوحدة التدريبية.
- تم اعتماد تمرينات الوحدة التدريبية بأن تشمل التركيز على عضلات الأطراف العليا.

شكل (1) يوضح عملية القياس (للعضلة ثنائية الرؤوس العضدية)

شكل (2) يوضح عملية القياس (للعضلة ثنائية ثانية الرسغ الزندية)

المتغيرات قيد البحث:

- تردد الاهتزاز الطبيعي (Natural oscillation frequency)(Wakeling et al., 2002): ويمثل حالة النغمة الطبيعية للعضلة في حالة الراحة ويرمز لها بـ F ويقاس بوحدة الهيرتز.
- الصلابة الديناميكية للعضلات (Dynamic STIFFNESS)(Melo et al., 2022): تشير إلى قدرة العضلات على مقاومة الحمل الديناميكي أو الاهتزازي أثناء التقلص والاسترخاء. وتعتبر الصلابة الديناميكية مؤشرًا على قدرة العضلات على التكيف مع التغيرات الديناميكية في الحمل والحركة. وتعتمد الصلابة الديناميكية على عوامل متعددة مثل السرعة والتمدد ودرجة التحريك ودرجة الحرارة. وتقاس بوحدة نت/م ويرمز لها بـ S.
- زمن ميكانيكية الاسترخاء نتيجة جهد (Mechanical Stress Relaxation time)(Chen et al., 2019) : مؤشر زمني يعبر عن إمكانية عودة النسيج الى وضعه بعد تشوه مصاحب نتيجة جهد معين. وهو مؤشر تقييمي لحالة العضلة نتيجة التدريبات ويقاس بوحدة ملي ثانية ms ويرمز له بـ R.

- نسبة زمن الاسترخاء الى زمن التشوه في النسيج (ratio of Relaxation time to Deformation time) : تُستخدم لتقييم كيفية تغير الإجهاد مع مرور الوقت عند تطبيق تشوه ثابت. يُمكن أن يكون لهذه النسبة تأثيرات هامة على تصميم وفهم سلوك الاجسام الواقعة تحت تأثير اجهاد معين وعادة ما يستخدم للتوضيح عنه مصطلح (Deborah number). ويرمز له بـ C.

الجهاز المستخدم:

تم اعتماد تقنية تسجيل الخصائص الميكانيكية للعضلات بواسطة جهاز MyotonePRO

شكل (3) يوضح جهاز MyotonePRO المستخدم في البحث

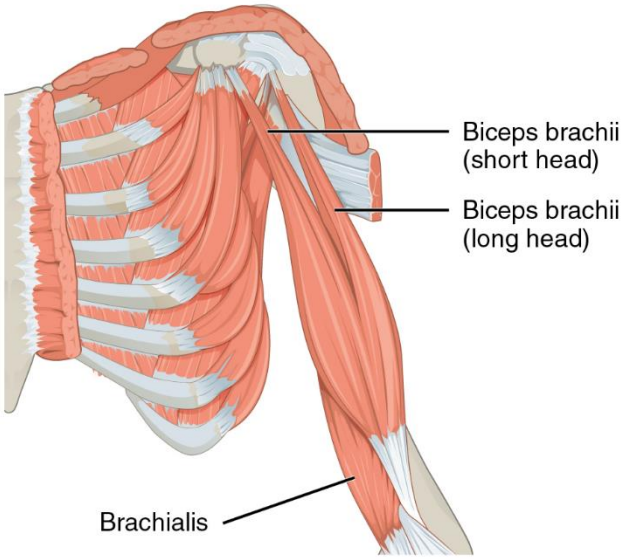
يعد جهاز MyotonePRO هو جهاز للتحسس الرقمي مخصص للاستخدام في البحوث فقط (غير طبي) حائز على المطابقة للتشريعات الدولية للاتحاد الأوربي لمعايير الأجهزة الطبية. يتوافق الجهاز مع المتطلبات الأساسية للسلامة في استخدام الأجهزة الطبية + MDD 93/42/EEC 2007/47/EC. تم تصميم الجهاز وتصنيعه وفقًا للمعايير التالية: EN 60601-1-2: 2007؛ EN 55011: 2007 + A2: 2007؛ EN 61000. جهاز خفيف الوزن سهل الاستخدام لا يتطلب عينات نسيجية او خزع عضلية ويعتمد في عمله على التحسس السطحي للعضلة من خلال سطح الجلد. يتمتع الجهاز بطريقتين للبيانات (مرئية) على شكل مخططات بيانية تصلح

للتحليل النوعي, وأخرى (رقمية) على شكل جداول لكل متغير ولكل حالة على حدة يمكن الاستفادة منها في التحليل الكمي والتحليل الاحصائي.

العضلات المستهدفة:

شمل البحث طريقة الفحص المتناظر Symmetryلبعض عضلات الأطراف العليا والمتمثل بالعضلات:

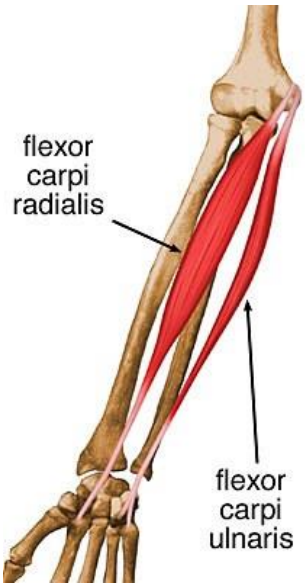
- العضلة ثنائية الرؤوس العضدية Biceps brachii: هي عضلة كبيرة وسميكة تقع في الجزء الأمامي من الذراع العلوي بين الكتف والكوع. تتكون العضلة من رأسين، الرأس القصير والرأس الطويل، وتنشأ كل رأس من العظمة الكتفية وتنضم لتشكل بطنًا واحدًا يرتبط بالذراع العلوي. على الرغم من أن العضلة تعبر كل من مفصل الكتف والكوع، فإن وظيفتها الرئيسية تكمن في المفصل الكوعي حيث تقوم بثني الذراع وتدويرها إلى الخارج.



شكل (4) يوضح العضلة ثنائية الرؤوس العضدية

- العضلة ثانية الرسغ الزندية (Flexor Carpi Radialis): تعمل على ثني المعصم وتحريك اليد نحو الجانب الشعاعي. تنشأ هذه العضلة من النتوء الإبري الداخلي لعظم العضد (الكعبرة) وتمتد عبر المعصم حيث تنتهي في قاعدة عظم الإبهام والأصابع الثانية والثالثة. تُعتبر هذه

العضلة جزءًا من الطبقة السطحية للمقصورة الأمامية للذراع. تُزوَّد هذه العضلة عصبيًا من العصب الوسطي، وتتلقى إمدادها الدموي من الشريان الزندي. تعمل العضلة ثنائية الرؤوس العضدية على ثني المعصم وتحريك اليد نحو الجانب الشعاعي.



شكل (5) يوضح العضلة ثانية الرسغ الزندية

بعض المواصفات والشروط الاعتبارية والية عمل الجهاز:

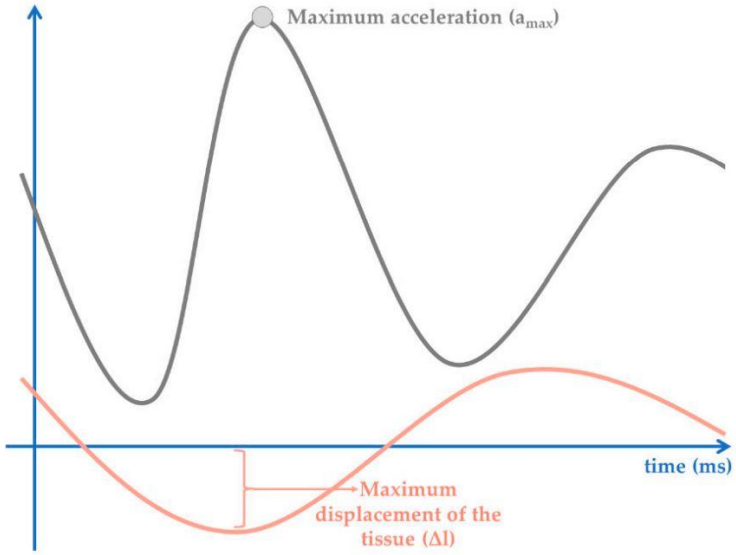
- يعد الجهاز من التقنيات الغير–تداخلي أي لا يتطلب تداخل جراحي.
- تمت مطابقة نتائجه مع أجهزة رصينة مثل Shear Wave Elastography وأعطى درجة موثوقية عالية.
- تسلسل قياس تلقائي كامل من خلال التسجيل والتحليل والعرض الرقمي والمرئي.
- باختلاف النسيج المستهدف بالقياس الا ان عمق القراءة يصل من 20–30 ملم.
- عملية القراءة والقياس ما تحت الجلد تكون 3D.
- والاهم من كل ذلك هو سهولة الحمل سرعة الاختبار تكلفة اقل.

يتطلب معرفة الية العمل وذلك من خلال ارسال نبضات متتالية بفارق زمني 0.8 ثانية بين كل نبضة وأخرى (قابلة للتعديل مما تتطلب دراية بالناتج النهائي المتغير للقيم الرقمية للمؤشرات المقاسة), وبزمن دفع مقداره 15 ملي ثانية. ومن الجدير بالذكر ان مقدار قوة النبضة المسلطة على النسيج هي 0.18 نيوتن. ويتم اعتماد المعادلة التالية في حساب متغير الصلابة العضلية:

$$\text{Dynamic stiffness (N/m)} = a_{max} \cdot m_{probe} / \Delta l$$

حيث يمثل (a_{max}) السعة القصوى لتعجيل التذبذب, في حين ان (m_{probe}) يمثل كتلة النيدل الابري للجهاز, في حين ان (1Δ) يمثل التغير في إزاحة النسيج العمودية.

والشكل (6) يوضح ذلك.



نتائج البحث:

بعد استكمال متطلبات العمل ومراعاة الشروط الخاصة بذلك تم الحصول على البيانات المدرجة في ادناه قبل وبعد وحدة تدريبية لعضلات الذراع.

جدول(1) يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعياري لمتغيرات العضلات (ثنائية الرؤوس وثانية الرسغ) قبل وبعد التدريب بشدة قصوى.

Ref_{after}		Ref_{before}		Bic_{after}		Bic_{befoe}		المتغيرات
sd.	mean	sd.	mean	sd.	mean	sd.	mean	
0.99	24	0.14	18.7	0.1009	12.3	0.241	14.2	F
2.96	494	1.16	334	1.78	223	4.7	230	S
0.08	10.2	1.72	14.8	1.22	24.2	0.202	19.7	R
0.01	0.64	0.03	0.91	0.09	1.46	0.03	1.15	C

جدول (2) يبين الفروق احصائياً بين الاختبارين (قبل وبعد التمرين القصوي) لمتغيرات البحث للعضلة ثنائية الرؤوس العضدية.

Sig.	Df.	t	Std.	Mean	Groups
0.00	11	23.6	0.28	1.92	Biceps Pre-Post(F)
0.01	11	4.3	6.006	7.58	Biceps Pre-Post (S)
0.33	11	1	1.241	0.35	Biceps Pre-Post (R)
0.33	11	1	0.089	0.02	Biceps Pre-Post (C)

جدول (3) يبين الفروق احصائياً بين الاختبارين (قبل وبعد التمرين القصوي) لمتغيرات البحث للعضلة ثانية الرسغ الكعبرية.

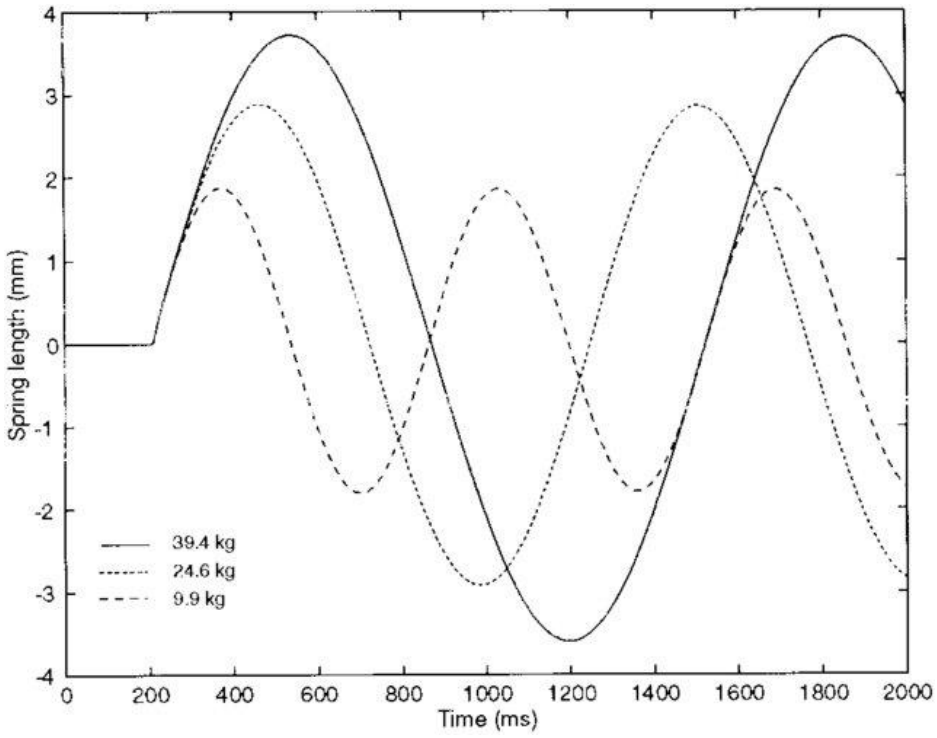
Sig.	Df.	t	Std.	Mean	Groups
0.000	11	17.757	1.01	5.20	Biceps Pre-Post(F)
0.000	11	198	2.79	160.16	Biceps Pre-Post (S)
0.000	11	9.539	1.77	4.88	Biceps Pre-Post (R)
0.000	11	31.021	0.03	0.2700	Biceps Pre-Post (C)

مناقشة النتائج

من الجدول ( ) الذي يبين الأوساط الحسابية والانحرافات المعياري لمتغيرات العضلات (ثنائية الرؤوس وثانية الرسغ) قبل وبعد التدريب بشدة قصوى يمكن الاطلاع على القيم التي ظهرت كنتيجة للبحث من خلال قراءات جهاز MyotonePro المخصص لهذا الغرض والتي اخذت

قياساته من خلال تهيئة الرباعين قبل وبعد وحدة تدريبية قصوية تستهدف عضلات الذراع العاملة وقد بين الجدول قيم متغيرات البحث قيد الدراسة. ومن بين اهم الهداف البحث هو الكشف عن الفروق بين حالتي الاسترخاء الذاتي قبل الشدة والاسترخاء الذاتي بعد الشدة والتي انعكست مؤشراتها على متغيرات البحث واعطت نتائج متباينة بين المعنوية في الفروق من عدمها. حيث يتبين من خلال الجدولين ( ) و ( ) المتعلقة بالعضلتين ثنائية الرؤوس العضدية وثانية الرسغ الكعبرية وعلى التوالي. حيث يتبين فيما يخص متغير تردد الاهتزاز الطبيعي F ان هناك فروق معنوية بين الاختبار في الحالتين حيث تبين ان هناك هبوط في قيمة هذا المتغير بعد التعرض لمستويات شدة عالية وتأثير التعب المركزي او الطرفي. تشير الدراسات إلى أن التعب والراحة يمكن أن يؤثرا على تردد الاهتزاز الطبيعي للعضلات. فعندما يحدث التعب العضلي، يتأثر تعديل قوة نمط القوة بشكل أكبر من تأثيره على قوة الاهتزاز(Lin et al., 2014), بالإضافة إلى ذلك، يؤدي نشاط العضلات إلى تقليل الارتفاع في تردد الاهتزاز الناتج عن الاهتزازات المتقطعة والمستمرة(Wakeling et al., 2002). تشير الدراسات إلى أن تردد الاهتزاز الطبيعي للعضلات يتراوح بين 10 هرتز في حالة الاسترخاء إلى 50 هرتز في الحالة النشطة بالكامل. وبالتالي يعتبر تردد الاهتزاز الطبيعي هو التردد الذي يميل فيه النظام إلى الاهتزاز في غياب أي قوة دافعة(Beck et al., 2005). ويشير البحث إلى أن الخصائص الميكانيكية للعضلات تعتبر مهمة بنفس القدر مثل الجهاز العصبي في تحديد اختيار نمط الحركة والاستراتيجية المعتمدة في الاستجابة للظروف المتغيرة(Yamada et al., 2022). وتشير دراسة أخرى إلى أن تعب العضلات يؤثر على تقليل تردد القوة والاهتزازات العضلية خلال الانقباض الإيقاعي الثابت(Lin et al., 2014).

بشكل عام، يمكن القول إن تردد الاهتزاز الطبيعي للعضلات يعتمد على حالة العضلة والنشاط العضلي، ويمكن أن يكون مؤثرًا في تقييم الخصائص الميكانيكية للعضلات والاستجابة للتعب.



تتعلق الدراسات المذكورة بالاهتزازات الميكانيكية باستخدام اختبار الصلابة المترددة لاختبار دقة المحاكاة العاملية بالدوائر التناظرية. يتم بدء الحركة بخطوة في السرعة (بنفس القيمة في كل حالة) وتبقى الاهتزازات على نفس الحجم للكتل الثلاث المختبرة (9.9 و 24.6 و 39.4 كجم). وتشير هذه الدراسات إلى أن الصلابة الديناميكية للعضلات يمكن أن تتأثر بعوامل مختلفة، بما في ذلك نشاط العضلات ووضع الجسم ونوع التمرين المنفذ. ويحتاج المزيد من البحث لفهم الآليات المحددة التي تكمن وراء هذه التأثيرات.

ومن الجدولين مدار البحث نجد ان لمتغير الصلابة العضلية S دلالة معنوية في التأثير بين حالتي الراحة الذاتية قبل الجهد والرحة الذاتية بعد الجهد. تشكل صلابة العضلات الديناميكية "Dynamic Stiffness" مجال اهتمام في مجال علم التمرينات. تشير الدراسات إلى أن صلابة العضلات الديناميكية تعني مقاومة العضلة للتشوه أثناء الحركة(Way et al., 2021). وقد قامت العديد من الدراسات بدراسة تأثير التدريب على القوة على صلابة العضلات، ولكن النتائج متباينة(Ettema & Huijing, 1994). أظهرت بعض الدراسات أن التدريب بالمقاومة يمكن أن يزيد من صلابة الأوتار في الأفراد الأصحاء(Islam et al., 2013). ووجدت دراسة أخرى أن التدريب على القوة الانبساطية والانغراسية يزيد من صلابة العضلات الهيكلية في عضلة الفخذ

الخارجية(Melo et al., 2022). ومع ذلك، لم تجد المراجعة وتحليل البيانات أي تأثير للتدريب بالمقاومة على تغيرات في صلابة العضلات على المدى الطويل(Rigoni et al., 2022b).من المهم ملاحظة أن صلابة العضلات يمكن أن تتأثر بعوامل مختلفة، بما في ذلك نشاط العضلات ووضع الجسم ونوع التمرين المنفذ. على سبيل المثال، تم رصد زيادة صلابة الأنسجة العضلية بعد التدريب الانفجاري، ولكن لم يتم الوصول إلى أي دليل قاطع لزيادة صلابة الأوتار.

في حين نجد ان متغير زمن ميكانيكية الاسترخاء نتيجة جهد ومتغير نسبة زمن الاسترخاء الى زمن التشوه في النسيج قد تباينت درجة المعنوية في الفروق حيث كانت معنوية في عضلة ثانية الرسغ الكعبرية وغير معنوية في العضلة ثنائية الرؤوس العضدية. تتعلق الدراسات المذكورة بتأثير التدريب على القوة على نسبة وقت الاسترخاء إلى وقت التشوه، (المتمثلة برقم ديبوراه) في العضلات هو عبارة عن رقم غير ذو ابعاد، يُستخدم لتوصيف سريان المواد تحت ظروف تدفق محددة. يعمل الرقم ديبورا على تقييم الفكرة التي تمثل تأثر تركيب المادة خلال مدة زمنية معينة والتي تقع تحت تأثير حمل معلوم بغض النظر عن صلابة المادة، حتى المواد التي تمتاز بالصلادة يمكن أن تتدفق، أو أن المواد التي تشبه السوائل يمكن أن تظهر صفات صلبة عند تشوهها بسرعة كافية. المواد التي تحتاج الى ازمنة قليلة للعودة الى حالتها الطبيعية تتدفق بسهولة وتظهر انحلال الإجهاد بسرعة نسبية. يُعرف الرقم ديبورا على أنه نسبة لأوقات مميزة بشكل أساسي. ويُعرف الرقم ديبورا على أنه نسبة بين الوقت الذي يستغرقه المادة للتكيف مع الإجهادات المطبقة أو التشوهات(Dankel & Razzano, 2020)، وهي مجال دراسة معقد يتضمن الخصائص المرنة لأنسجة العضلات التي تمتاز بلزوجة داخلية. وعلى الرغم من عدم وجود وثائق مفصلة حول العلاقة المحددة بين التدريب على القوة ورقم ديبوراه في العضلات، إلا أن بعض الأبحاث المتعلقة بتكيفات نشاط العضلات وصلابة العضلات وصلابة الأنسجة في استجابة للتمرين يمكن أن توفر بعض الإضاءة على هذا الموضوع(Exercise & Journal, 2021). قامت دراسة بدراسة تكيفات نشاط العضلات للزحف في الأنسجة الشوكية في وجود التعب العضلي، مما يشير إلى أن تأثير التشوه على النشاط العضلي للتثبيت يتعافى جزئيًا حتى 25٪ بعد راحة دامت 10 دقائق. وركزت دراسة أخرى على تأثير التدريب على القوة على صلابة العضلات والأوتار في كبار السن، مما

يشير إلى أن التدريب على القوة قد يؤدي إلى تغييرات في الخصائص العصبية الميكانيكية للمثبطات النباتية، بما في ذلك التغييرات في الخصائص المرنة للنظام العضلي الوتري(Way et al., 2021).

علاوة على ذلك، أظهرت الأبحاث حول تأثير أنواع التمارين الرياضية المختلفة على صلابة الأنسجة المختلفة أن التدريب بالمقاومة يزيد من صلابة الأوتار في الأفراد الأصحاء، مع توافر أدلة محدودة على تكيفات صلابة العضلات(Ettema & Huijing, 1994). وفي دراسة أخرى حول قوة العضلات والضرر الناتج عن التدريب بمقاومة متغيرة، وجد أن الوقت الأقصر للاسترخاء، وهو مؤشر على الضرر العضلي، يظهر استجابة مماثلة عبر كلا وسائط التدريب، مما يشير إلى أن كلا الوسائط توفر ضغطًا تدريبيًا مماثلًا(Chen et al., 2019).وعليه فأن مؤشر creep والمتمثل برقم ديبوراه، وهو ظاهرة قابلة للعكس تتميز بزيادة التشوه الزمني تحت ضغط ثابت، بالسلوك المروني لأنسجة العضلات.

وبشكل ملخص، فإن تأثير التدريب على القوة على نسبة وقت الاسترخاء إلى وقت التشوه، والتي تميز متغير creep او (رقم ديبورا) في العضلات، هو مجال يتطلب مزيدًا من البحث لتوضيح التأثير المحدد للتدريب على القوة على الخصائص اللزجة والمرونة لأنسجة العضلات.

المصادر

Beck, T. W., Housh, T. J., Cramer, J. T., Weir, J. P., Johnson, G. O., Coburn, J. W., Malek, M. H., & Mielke, M. (2005). Mechnomyographic amplitude and frequency responses during dynamic muscle actions: A comprehensive review. In *BioMedical Engineering Online* (Vol. 4). https://doi.org/10.1186/1475-925X-4-67

Chen, Y. L., Chen, Y., Lin, W. C., Liao, Y. H., & Lin, C. J. (2019). Lumbar posture and individual flexibility influence back muscle flexion-relaxation phenomenon while sitting. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *74*, 102840. https://doi.org/10.1016/J.ERGON.2019.102840

Dankel, S. J., & Razzano, B. M. (2020). The impact of acute and chronic resistance exercise on muscle stiffness: a systematic review and meta-analysis. In *Journal of Ultrasound* (Vol. 23, Issue 4, pp. 473–480). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/s40477-020-00486-3

Ettema, G. J. C., & Huijing, P. A. (1994). Skeletal muscle stiffness in static and dynamic contractions. *Journal of Biomechanics*, *27*(11), 1361–1368. https://doi.org/10.1016/0021-9290(94)90045-0

Exercise, A., & Journal, S. S. (2021). *Rationing Training Load according to the Nature of the Prevailing Muscular Work and its Effect on the Functional adaptation, Specific Strength and Snatch Achievement for Weightlifters at (14-16 year-old)*. *5*(1), 1–17.

Guo, L. X., & Zhang, C. (2022). Development and Validation of a Whole Human Body Finite Element Model with Detailed Lumbar Spine. *World Neurosurgery*, *163*, e579–e592. https://doi.org/10.1016/J.WNEU.2022.04.037

Islam, M. A., Sundaraj, K., Ahmad, R. B., & Ahamed, N. U. (2013). Mechanomyogram for Muscle Function Assessment: A Review. *PLoS ONE*, *8*(3). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058902

Jiménez-Sánchez, S., Fernández-de-las-Peñas, C., Carrasco-Garrido, P., Hernández-Barrera, V., Alonso-Blanco, C., Palacios-Ceña, D., & Jiménez-García, R. (2012). Prevalence of chronic head, neck and low back pain and associated factors in women residing in the Autonomous Region of Madrid (Spain). *Gaceta Sanitaria*, *26*(6), 534–540. https://doi.org/10.1016/J.GACETA.2011.10.012

Lin, Y. T., Kuo, C. H., & Hwang, I. S. (2014). Fatigue effect on low-frequency force fluctuations and muscular oscillations during rhythmic isometric contraction. *PLoS ONE*, *9*(1). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085578

Melo, A. S. C., Cruz, E. B., Vilas-Boas, J. P., & Sousa, A. S. P. (2022). Scapular Dynamic Muscular Stiffness Assessed through Myotonometry: A Narrative Review. In *Sensors* (Vol. 22, Issue 7). MDPI. https://doi.org/10.3390/s22072565

Rigoni, I., Bonci, T., Bifulco, P., & Fratini, A. (2022a). Characterisation of the transient mechanical response and the electromyographical activation of lower leg muscles in whole body vibration training. *Scientific Reports*, *12*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-022-10137-8

Rigoni, I., Bonci, T., Bifulco, P., & Fratini, A. (2022b). Characterisation of the transient mechanical response and the electromyographical activation of lower leg muscles in whole body vibration training. *Scientific Reports*, *12*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-022-10137-8

Shiri, R., Coggon, D., & Falah-Hassani, K. (2018). Exercise for the prevention of low back and pelvic girdle pain in pregnancy: A meta-analysis of randomized controlled trials. In *European Journal of Pain (United Kingdom)* (Vol. 22, Issue 1, pp. 19–27). Blackwell Publishing Ltd. https://doi.org/10.1002/ejp.1096

Uwamahoro, R., Sundaraj, K., & Subramaniam, I. D. (2021). Assessment of muscle activity using electrical stimulation and mechanomyography: a systematic review. In *BioMedical Engineering Online* (Vol. 20, Issue 1). BioMed Central Ltd. https://doi.org/10.1186/s12938-020-00840-w

Varesco, G., Lapole, T., Royer, N., Singh, B., Parent, A., Féasson, L., Millet, G. Y., & Rozand, V. (2022). Performance fatigability during isometric vs. concentric quadriceps fatiguing tasks in men and women. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *67*, 102715. https://doi.org/10.1016/J.JELEKIN.2022.102715

Wakeling, J. M., Nigg, B. M., & Rozitis, A. I. (2002). Muscle activity damps the soft tissue resonance that occurs in response to pulsed and continuous vibrations. *Journal of Applied Physiology*, *93*(3), 1093–1103. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00142.2002

Way, K. L., Lee, A. S., Twigg, S. M., & Johnson, N. A. (2021). The effect of acute aerobic exercise on central arterial stiffness, wave reflections, and hemodynamics in adults with diabetes: A randomized cross-over design. *Journal of Sport and Health Science*, *10*(4), 499–506. https://doi.org/10.1016/J.JSHS.2020.02.009

Yamada, Y., Hirata, K., Iida, N., Kanda, A., Shoji, M., Yoshida, T., Myachi, M., & Akagi, R. (2022). Membrane capacitance and characteristic frequency are associated with contractile properties of skeletal muscle. *Medical Engineering and Physics*, *106*. https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2022.103832

Zaina, F., Côté, P., Cancelliere, C., Di Felice, F., Donzelli, S., Rauch, A., Verville, L., Negrini, S., & Nordin, M. (2023). A Systematic Review of Clinical Practice Guidelines for Persons With Non-specific Low Back Pain With and Without Radiculopathy: Identification of Best Evidence for Rehabilitation to Develop the WHO's Package of Interventions for Rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. https://doi.org/10.1016/J.APMR.2023.02.022