Journal of Sports Sciences
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
Journal Homepage: https://pessj.uodiyala.edu.iq

Information Article

Analyzing the Effect of Strength Training on Mechanical and Functional Adaptations of Muscle Tissue Using Mechanical Signals Resulting from Muscle Contraction in Strength Athletes

Ammar Samir Mohammed
Diyala Education Directorate/ Maytham Al-Tammar Intermediate School for Boys

ARTICLE INFO

Keywords:
Strength training.
mechanical and functional adaptations of muscle tissue.
mechanical signals.
physical strength.

ABSTRACT

This research aims to analyze the effect of strength training on mechanical and functional adaptations of muscle tissue in strength athletes, by studying mechanical signals resulting from muscle contraction. The sample included six strength athletes with an advanced training history, with an average age of 33 years and a weight of 76 kg. The study focused on the biceps brachii and radialis muscles of both limbs, using advanced techniques to measure mechanical properties. The results showed that dynamic stiffness is clearly affected by muscle activity and training intensity, making it a vital indicator for assessing muscle adaptations. A decrease in the natural vibration frequency of muscles was also observed after intensive training, reflecting the effects of central and peripheral muscle fatigue. The study revealed variation in muscle response, particularly with regard to relaxation time and deformation after exercise, reflecting the diverse mechanical properties of the targeted muscles. However, the study indicated the need for further research to understand the relationship between training and muscle tissue behavior through the concept of Deborah's number, the effect of which has not been sufficiently clarified. The researcher recommended the necessity of adopting objective analysis using modern devices to obtain accurate results, in addition to conducting future studies to explore the effect of fibrous structures on muscle stiffness indicators. This study contributes to providing a deeper understanding of the mechanical adaptations resulting from resistance training, which supports improving the quality of training programs and enhancing athletic performance.

Corresponding Author
E-mail address: sport.ammar.phd22@uodiyala.edu.iq
DOI: https://doi.org/10.26400/sp/64/10
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

تحليل تأثير تدريبات القوة على التكيفات الميكانيكية والوظيفية للنسيج العضلي باستخدام الإشارات الميكانيكية الناتجة عن انقباض العضلات لدى رياضيي القوة البدنية

عمار سمير محمد

المديرية العامة لتربية ديالى/ اعدادية ميثم التمار للبنين

معلومات المقال

الكلمات المفتاحية:
تدريبات القوة.
التكيفات الميكانيكية والوظيفية للنسيج العضلي.
الإشارات الميكانيكية.
القوة البدنية.

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تحليل تأثير تدريبات القوة على التكيفات الميكانيكية والوظيفية للنسيج العضلي لدى رياضيي القوة البدنية، من خلال دراسة الإشارات الميكانيكية الناتجة عن انقباض العضلات. شملت العينة ستة لاعبين متخصصين في رياضة القوة البدنية يتمتعون بتاريخ تدريبي متقدم، بمتوسط عمر 33 سنة ووزن 76 كغ. ركزت الدراسة على العضلة ذات الرأسين العضدية والعضلة الكعبرية لكلا الطرفين باستخدام تقنيات متقدمة لقياس الخصائص الميكانيكية. أظهرت النتائج أن الصلابة الديناميكية تتأثر بشكل واضح بالنشاط العضلي وشدة التدريب، مما يجعلها مؤشرًا حيويًا لتقييم التكيفات العضلية. كما لوحظ انخفاض تردد الاهتزاز الطبيعي للعضلات بعد التدريب المكثف، وهو ما يعكس تأثير التعب العضلي المركزي والطرفي. وبيّنت الدراسة وجود تباين في الاستجابة العضلية، خاصة فيما يتعلق بزمن الاسترخاء والتشوه بعد أداء التمارين، مما يعكس خصائص ميكانيكية متنوعة للعضلات المستهدفة. في المقابل، أشارت الدراسة إلى الحاجة لمزيد من الأبحاث لفهم العلاقة بين التدريب وسلوك الأنسجة العضلية من خلال مفهوم رقم ديبورا، والذي لم يتضح تأثيره بشكل كافٍ. وأوصى الباحث بضرورة اعتماد التحليل الموضوعي باستخدام الأجهزة الحديثة للحصول على نتائج دقيقة، بالإضافة إلى إجراء دراسات مستقبلية لاستكشاف تأثير التراكيب الليفية على مؤشرات الصلابة العضلية. تساهم هذه الدراسة في تقديم فهم أعمق للتكيفات الميكانيكية الناتجة عن تدريبات المقاومة، مما يدعم تحسين جودة البرامج التدريبية وتطوير الأداء الرياضي.

1- المقدمة:

تعد تدريبات القوة من الموضوعات المهمة التي تحظى باهتمام كبير من قبل المدربين المتخصصين في تطوير الأداء البدني. يُعزى ذلك إلى ارتباط هذه التدريبات الوثيق بالقدرات البدنية الخاصة مثل الرمي، رفع الأثقال، المصارعة، والملاكمة، حيث تُعد القوة العضلية الأساس لكل حركة (Melo et al., 2022). هذه القوة هي نقطة الانطلاق التي يعتمد عليها الأداء الحركي والمهاري، كما أنها تؤدي دوراً محورياً في بناء قدرات مشتقة مثل الرشاقة، التوازن، وحتى تطوير السمات البدنية الأساسية. إن تمرينات القوة تترك تأثيرات عميقة على تكيف النسيج العضلي، مما ينعكس على خصائصه

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

وسلوكه الوظيفي. يمكن لهذه التكيفات أن تعمل كمؤشرات حيوية على مدى استجابة العضلات للتدريب، مما يساعد في تقييم الأثر التراكمي لبرامج التدريب النوعية (Rigoni et al., 2022a; Uwamahoro et al., 2021). وعلى النقيض، فإن دراسة ردود فعل النسيج العضلي يمكن أن تكشف عن مستوى الفائدة المكتسبة ومدى تحقيق الأهداف المرجوة من التدريب.(Nema, 2022)

النسيج العضلي، باعتباره نسيجاً حياً، يتفاعل مع البيئة المحيطة ويكتسب خصائص جديدة نتيجة للتدريب والمقاومة. تُظهر العضلات هذه التغيرات في شكل انقباضات متنوعة وخصائص قابلة للقياس، مما يوفر فهماً معمقاً لنوعية التدريب وأثره على مدى زمني مدروس (Shiri et al., 2018; Jiménez-Sánchez et al., 2012). وعليه، فإن دراسة العضلات تحت تأثير تدريبات المقاومة بأوزان مختلفة تسهم في تقديم تصور واضح عن التكيفات التي تحدث داخل النسيج العضلي ومدى الفائدة الموضوعية المحققة في فترات زمنية قصيرة وبجهد أقل.(Guo & Zhang, 2022) تبرز أهمية هذه الدراسة في تقديم رؤى علمية قائمة على تقنيات وأجهزة حديثة تسهم في تفسير ظواهر وسلوكيات النسيج العضلي لم تكن متاحة من قبل. تساعد هذه التقنيات في ربط الأحداث الميكانيكية والسلوكية الناتجة عن انقباض العضلة بما ينعكس على تحسين الأداء الرياضي. (S. A. Ismaeel, n.d.; Wu et al., 2020)

اما مشكلة البحث فتمثلت في وجود ظواهر ميكانيكية داخلية مسجلة نظرياً في الدراسات الطبية، إلا أن استثمارها وتفسيرها في سياق التدريب الرياضي لا يزال محدوداً، خصوصاً في فعاليات مثل رفع الأثقال (Varesco et al., 2022). لذا سعى الباحث إلى استخدام أجهزة متقدمة ومؤشرات جديدة لتتبع تأثير تدريبات المقاومة على خصائص العضلات، بما يسهم في تحسين جودة التدريب الرياضي.(IJAEP, n.d.) أحد أبرز المؤشرات التي تناولتها الدراسة هو التذبذبات الميكانيكية الطبيعية (Natural Mechanical Oscillations) (Lin et al., 2014)، التي تنتج بشكل طبيعي من العضلات الهيكلية في أثناء الانقباض الإرادي. تنتج هذه الاهتزازات من التغيرات التي تحدث في الألياف العضلية عند تطبيق جهد معين، ويتم قياسها باستخدام تقنيات مختلفة تعرف بـ "الميكانومايوغرامز" (Mechanomyograms) (Uwamahoro et al., 2021).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

2- إجراءات البحث:

2-1 منهج البحث: استخدم الباحث المنهج الوصفي.

2-2 مجتمع وعينة البحث:

شملت عينة البحث ستة لاعبين مختصين في رياضة القوة البدنية يتميزون بتاريخ تدريبي متقدم. بلغ متوسط أعمارهم 33 سنة (±2.4)، وبمتوسط وزن 76 كغ (±2.8). ركز البحث على دراسة عضلات الذراع للطرفين الأيمن والأيسر، ممثلة بالعضلة ذات الرأسين العضدية والعضلة الكعبرية.

إجراءات الفحص الميدانية:

- تهيئة اللاعبين وإجراء قياسات بدنية تشمل الوزن والطول وجمع البيانات الرقمية ذات الصلة.
- التأكد من حصولهم على فترات راحة تامة واسترخاء (Zaina et al., 2023).
- إعداد مناطق التسجيل على الجلد بتنظيفها باستخدام الكحول.
- إجراء الفحص باستخدام تقنية Myotone Rec. في أثناء جلوس اللاعبين على الكرسي.
- تسجيل ثلاث محاولات لكل لاعب ولكل عضلة على جانبي الجسم، ليصبح إجمالي الفحوصات لكل لاعب 12 تسجيلاً لضمان دقة البيانات المستخلصة.
- إعادة القياسات بعد تنفيذ وحدة تدريبية عالية الشدة، مع الانتظار 45 دقيقة من انتهاء الوحدة التدريبية.
- تضمنت الوحدة التدريبية تمرينات مركزة على عضلات الأطراف العلوية.

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

الشكل (2) يوضح عملية القياس (للعضلة ثانية الرسغ الزندية)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

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 في أثناء التقلص والاسترخاء. وتعد 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

الشكل (3) يوضح جهاز MyotonePRO المستخدم في البحث

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

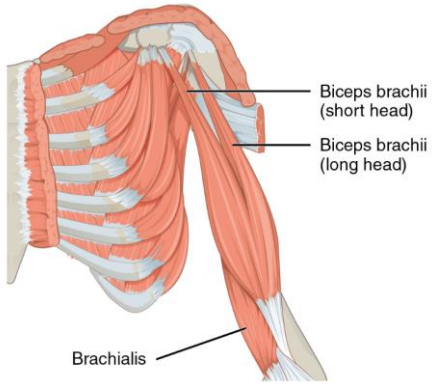
مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

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:

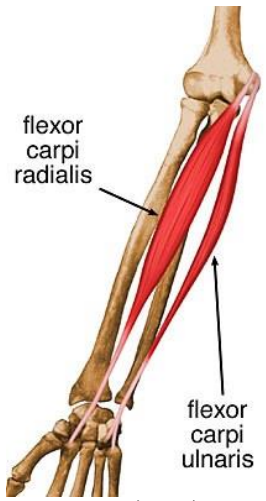
شمل البحث طريقة الفحص المتناظر Symmetryلبعض عضلات الأطراف العليا والمتمثل بالعضلات:

- العضلة ثنائية الرؤوس العضدية Biceps brachii: هي عضلة كبيرة وسميكة تقع في الجزء الأمامي من الذراع العلوي بين الكتف والكوع.



الشكل (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.



الشكل (5) يوضح العضلة ثانية الرسغ الزندية

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

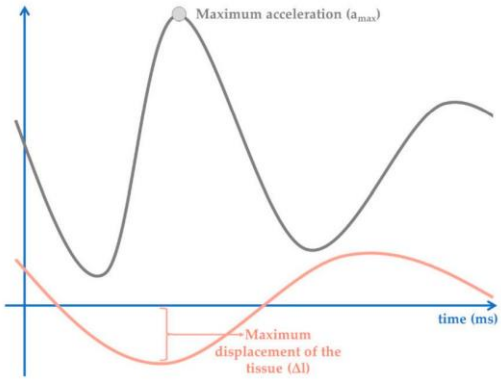
مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

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.



3-عرض النتائج ومناقشتها

3-1 عرض نتائج العينة. بعد استكمال متطلبات العمل ومراعاة الشروط الخاصة بذلك تم الحصول على البيانات المدرجة في ادناه قبل وبعد وحدة تدريبية لعضلات الذراع.

الجدول(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

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

الجدول (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)*

الجدول (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)*

3-2 مناقشة النتائج

من الجدول (1) الذي يوضح القيم الوسطية والانحرافات المعيارية لمتغيرات العضلات (ثنائية الرؤوس العضدية وثانية الرسغ الكعبرية) قبل وبعد تنفيذ وحدة تدريبية بشدة قصوى، يتبين أثر التدريب عالي الشدة على العضلات العاملة. وقد تم قياس هذه المتغيرات باستخدام جهاز MyotonePro المصمم خصيصًا لرصد المؤشرات العضلية الدقيقة. أظهرت البيانات المستخلصة من القياسات تغيّرات واضحة في خصائص العضلات، حيث ركز البحث على مقارنة حالتي الاسترخاء الذاتي قبل وبعد التعرض للشدة القصوى، ما أتاح إمكانية الكشف عن الفروق الإحصائية في متغيرات الدراسة. وفقًا للجدولين (2) و(3)، لوحظت فروق معنوية في متغير تردد الاهتزاز الطبيعي (F) بين حالتي الاختبار. أظهرت النتائج انخفاضًا ملحوظًا في قيم التردد بعد التعرض لمستويات عالية من الشدة، مما يعكس تأثير التعب العضلي الناجم عن الإجهاد المركزي أو الطرفي. تتفق هذه النتائج مع دراسات سابقة تشير إلى أن التعب العضلي يؤثر على تنظيم الأنماط العضلية، حيث يتسبب في تقليل قوة التردد مع المحافظة نسبيًا على النمط العام للاهتزاز العضلي.(Lin et al., 2014) علاوة على ذلك، تُظهر الأبحاث أن التردد الطبيعي للاهتزاز العضلي يتراوح بين 10 هرتز في حالة الاسترخاء و50 هرتز في حالة النشاط الكامل. يُعرّف هذا التردد بأنه التردد الذي تميل العضلة إلى الاهتزاز عنده في غياب أي قوة دافعة خارجية (Beck et al., 2005). وأن النشاط العضلي المكثف يؤدي إلى انخفاض قيمة التردد نتيجة التغيرات في الخصائص الميكانيكية للعضلات بفعل التعب والإجهاد.(Wakeling et al., 2002) من الجدير بالذكر أن

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

الخصائص الميكانيكية للعضلات، بما في ذلك التردد الطبيعي للاهتزاز، تُعتبر عوامل مهمة في تحديد استراتيجيات الحركة والنمط الحركي المناسب للاستجابة للظروف المتغيرة (Yamada et al., 2022). كما أوضحت الدراسات أن الانقباض العضلي الإيقاعي في ظل حالات التعب يؤدي إلى انخفاض تردد الاهتزاز العضلي مقارنة بالحالة الطبيعية.(Lin et al., 2014) بناءً على ذلك، يمكن الاستنتاج أن تردد الاهتزاز الطبيعي يُعدّ مؤشرًا حيويًا لتقييم الخصائص الميكانيكية للعضلات ومدى استجابتها للإجهاد والتعب العضلي. ويُمكن استخدام هذا المؤشر كأداة تحليلية لدراسة تأثير التدريب العالي الشدة على العضلات وتكيّفها مع متطلبات الأداء البدني.

تشير الدراسات المذكورة إلى الاهتزازات الميكانيكية التي تم قياسها باستخدام اختبار الصلابة المترددة، حيث تم اختبار دقة المحاكاة العاملية من خلال دوائر تناظرية. يتم تحفيز الحركة عبر خطوة سرعة ثابتة ومتماثلة في كل حالة، بينما تُظهر النتائج أن الاهتزازات تظل متسقة في الحجم للكتل المختبرة (9.9، 24.6، 39.4 كغم). وتوضح هذه الدراسات أن الصلابة الديناميكية للعضلات تتأثر بعوامل متنوعة، مثل النشاط العضلي، وضعية الجسم، ونوع التمرين المنفذ، مما يبرز الحاجة إلى مزيد من البحث لفهم الآليات المحددة لهذه التأثيرات. من خلال الجدولين المشمولين في البحث، يتضح أن متغير الصلابة العضلية (S) أظهر فروقًا معنوية بين حالتي الراحة الذاتية قبل وبعد الإجهاد البدني. تعد الصلابة الديناميكية للعضلات مجالًا رئيساً في علم التمارين الرياضية، حيث تشير إلى مقاومة العضلة للتشوه في أثناء الحركة (Way et al., 2021).وأظهرت بعض الدراسات أن التدريب بالمقاومة يمكن أن يُحدث زيادة في صلابة الأوتار لدى الأفراد الأصحاء(Islam et al., 2013) ، بينما تشير دراسات أخرى إلى أن التدريب على القوة الانبساطية والانغراسية يزيد من صلابة العضلات الهيكلية. (Melo et al., 2022) ورغم ذلك، لم تظهر مراجعات البيانات تأثيرات طويلة المدى للتدريب بالمقاومة على صلابة العضلات. (Rigoni et al., 2022b) وأظهرت بعض الأدلة زيادة صلابة الأنسجة بعد التدريبات الانفجارية، لكن الدراسات لم تصل إلى استنتاجات قاطعة حول تأثيرها على صلابة الأوتار. فضلاً عن أظهر متغير زمن الاسترخاء الميكانيكي ونسبة زمن الاسترخاء إلى زمن التشوه تباينًا في الدلالة الإحصائية، حيث ظهرت معنوية في عضلة ثانية الرسغ الكعبرية وغير معنوية في العضلة ثنائية الرؤوس العضدية. ويُفسر هذا التباين من خلال مفهوم رقم ديبورا، وهو مقياس عديم

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
الصفحة الرسمية: https://pessj.uodiyala.edu.iq

الأبعاد يُستخدم لتوصيف سلوك المواد تحت ظروف تدفق معينة. يقيس الرقم ديبورا الزمن الذي تستغرقه المادة للتكيف مع التشوه أو الإجهاد المطبق، مما يتيح دراسة الخصائص المرنة للأنسجة العضلية ذات اللزوجة الداخلية.(Dankel & Razzano, 2020) تشير بعض الأبحاث إلى أن التدريب البدني يؤثر على متغيرات مثل الزحف (Creep) والتشوه الزمني تحت ضغط ثابت، حيث تظهر الأنسجة العضلية مرونة وقتية تعتمد على ظروف الإجهاد. أظهرت الدراسات أن التدريب بالمقاومة يمكن أن يزيد من صلابة الأوتار والعضلات في بعض الحالات، مع تباين في التأثير بحسب نوع التدريب وشدته (Ettema & Huijing, 1994). وأشارت دراسات أخرى إلى أن تقليل زمن الاسترخاء يمكن أن يُعد مؤشرًا على التلف العضلي الناتج عن التدريبات بمقاومة متغيرة، مما يشير إلى أن كلا النوعين من التدريبات قد يؤديان إلى تأثيرات تدريبية مشابهة على العضلات (Chen et al., 2019). في الختام، يُعد تأثير التدريب على القوة على نسبة زمن الاسترخاء إلى زمن التشوه، والذي يُعرَف بمتغير Creep أو رقم ديبورا، مجالًا يستدعي مزيدًا من البحث. يمكن أن تساهم هذه الدراسات في فهم أكثر دقة لتأثيرات التدريب على الخصائص الميكانيكية واللزوجية لأنسجة العضلات، مما يعزز تطبيقات التدريب الرياضي واستراتيجيات التأهيل.

4- الخاتمة: ختماً توصل الباحث الى مجموعة من الاستنتاجات والتوصيات جاءت أهمها:

الصلابة الديناميكية: تتأثر صلابة العضلات بالنشاط العضلي وشدة التمارين، مما يجعلها مؤشرًا حيويًا لتقييم التكيف العضلي، وتردد الاهتزاز الطبيعي: ينخفض تردد الاهتزاز الطبيعي للعضلات بعد الإجهاد العالي، مما يعكس تأثير التعب العضلي المركزي والطرفي، وتباين الاستجابة العضلية: تختلف استجابة العضلات (زمن الاسترخاء والتشوه) بعد التدريب المكثف، مما يعكس تباين خصائصها الميكانيكية، ورقم ديبورا: لا تزال العلاقة بين التدريب البدني وسلوك الأنسجة العضلية وفق رقم ديبورا بحاجة لمزيد من الدراسة لفهم تأثيره بشكل أفضل، واعتماد التحليل الموضوعي باستخدام الاجهزة الحديثة لغرض الوقوف على اهم النتائج، وضرورة اجرا دراسة لاحقة في تعرف على تأُير التراكيب الليفية في المؤشرات الصلابة.

المصادر:

- Ahmed Abdel-Imamah, Dynamic Flexibility Exercises in Developing Speed-Distinguished Strength and Some Basic Skills in Youth Basketball. (2021). Journal of Sports Science, 13(46), 62–75. https://doi.org/10.26400/sp/46/4

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
https://pessj.uodiyala.edu.iq :الصفحة الرسمية

- Ahmed, M. (2020). Special exercises using the strength training balanced rate according to some kinematic variables and their impact on the muscular balance and pull of young weightlifters. 24(01), 7612–7617. 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
- Diyar Muhammed Ali. (2025). The Effect of the Weight Watchers Diet on the Body Composition and Blood Parameters in Obese Men . *Journal of Sport Science*, *17*(63), 102-111. https://doi.org/10.26400/63/9
- 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.
- Fakhri Al-Din Qasim et al., The Effect of Tribulus terrestris Consumption on Some Biochemical Indicators in Young Weightlifters. (2015). Journal of Sports Science, 7(20), 24–33. https://doi.org/10.26400/sp/20/3
- 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
- IJAEP Differences in biomechanical and EMG variables among Iraqi, Iranian, Turkish and Syrian weightlifters during Olympic lifts. (n.d.). www.ijaep.com
- 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
- Ismaeel, S. A. (n.d.). The 8th International Scientific Conference of the European Journal of Sports Science and Technology, Special Issue No. 10, held by the Scientific Society of Arab States.
- Ismaeel, S., Abdulwahab Ismaeel, S., Habib Kaddouri, R., & Ali Hassan, A. (2015). AN ANALYTICAL STUDY OF SOME KENMATICAL VARIABLES AND SUMMIT OF ELECTRICAL ACTIVITY OF THE STRIKING ARM MUSCLES OF THE STRAIGHT TRANSMISSION IN TENNIS. In *The Swedish Journal of Scientific Research* (Vol. 2). www.sjsr.se
- Jalal Abdul Zahra Kanaan. (2025). Designing and Standardizing a Test of Measuring the Distinctive Strength by the Speed of the Arms Using the Wrestling Dummy for

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
https://pessj.uodiyala.edu.iq :الصفحة الرسمية

Wrestlers Aged (13-15) years. *Journal of Sport Science*, *17*(63), 13-26. https://doi.org/10.26400/63/1

- 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
- Nema, N. S. (2022). *THE EFFECT OF SPECIAL EXERCISES IN LEARNING SOME BASIC SKILLS IN VOLLEYBALL AND SOME BIOMECHANICAL VARIABLES ACCORDING TO MAGNETIC RESONANCE MEASUREMENTS OF THE UPPER LIMBS*. *17*(26), 143–145.
- Qahtan Fadel Muhammad, "Identifying a Neural Network Model for the Most Important Physical Capabilities of the Handball Shooting Skill from a Standing Position." (2024). Journal of Sports Sciences, 16(62), 100-111. https://doi.org/10.26400/
- Randy Matti Afram, The Effect of a Training Method Based on Physiological Analysis on the Explosive Power of the Legs and Arms and the Smashing Skill of Female Volleyball Players: Physiological Analysis of the Explosive Power of the Legs and Arms. (2024). Journal of Sports Sciences, 16(60), 61-76. https://pessj.uodiyala.edu.iq/index.php/1/article/view/1795
- 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
- Safaa Abdel-Wahab Ismail, The Relationship of Some Anthropometric Measurements to the Hook Arc of the Snatch in Weightlifting. (2012). Journal of Sports Sciences, 4(3), 286-302. https://doi.org/10.26400/sp/10/9
- Safaa Abdulwahab Ismaeel, A., Falih Hashim Fenjan, A., & Rafid Habib Qadori, L. (n.d.). Biomechanical analysis of some variables and EMG of the muscles during the performance of the snatch lift in weightlifting. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, *24*, 2020.
- 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

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة علوم الرياضة
ISSN: 2074 - 6032 ISSN-e: 2710 - 5016
https://pessj.uodiyala.edu.iq الصفحة الرسمية:

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
- Wu, C., Yan, Y., Cao, Q., Fei, F., Yang, D., Lu, X., Xu, B., Zeng, H., & Song, A. (2020). SEMG Measurement Position and Feature Optimization Strategy for Gesture Recognition Based on ANOVA and Neural Networks. *IEEE Access*, *8*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2982405
- 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

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License