Comprehensive Journal of Science
Volume (11), Issue (42), (Sapt, 2026)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (11) العدد 42 سبتمبر 2026
ردمد: 3014-6266

التحليل الكينماتيكي لتوافق السلاسل الحركية وتفادي الإجهاد العضلي الهيكلي أثناء التعبير الأدائي الحاد:دراسة تشخيصية ميدانية مقارنة في المسرح الحركي المعاصر

أ. محمد مصباح قباج
المعهد العالي لتقنيات الفنون – طرابلس – ليبيا
Mohamed.gabbaj@gmail.com

Kinematic analysis of motor chain coordination and avoidance of musculoskeletal stress during acute performance expression: A comparative field diagnostic study in contemporary movement theatre

By: Mohamed Mesbah Qabbaj
Higher Institute of Arts Technology – Tripoli – Libya

تاريخ الاستلام: 2026/8/01 تاريخ المراجعة 15/8/ 2026 تاريخ القبول:2026/8/28- تاريخ النشر 3/9/ 2026

المستخلص باللغة العربية

هدفت الدراسة الحالية إلى تفكيك وتشخيص التوافق الكينماتيكي للسلاسل الحركية (Kinematic Chains) المفتوحة والمغلقة، والكشف عن ديناميكيات انتقال عزم القصور الذاتي وتفادي الإجهاد العضلي الهيكلي الحاد والمزمن لدى مؤدي الفنون المسرحية في المسرح الحركي الليبي المعاصر .اعتمد الباحث المنهج الوصفي التحليلي المقارن القائم على الفحص البيوميكانيكي والتحليل الفراغي ثنائي الأبعاد عالي الدقة .اشتمل مجتمع البحث على ممثلي ومؤدي المسرح الحركي والجسدي بالفرق المسرحية الوطنية وطلاب الفنون الأدائية بالمعهد العالي لتقنيات الفنون بطرابلس، حيث تم اختيار عينة عمدية قوامها (36) مؤدياً، قُسموا إلى فئتين متساويتين وفق مستويات الكفاءة والخبرة الأدائية الحركية :مجموعة المؤدين ذوي التوافق الحركي المتقدم) ن(18 = ، ومجموعة المؤدين ذوي التوافق الحركي النمطي/الاعتيادي) ن .(18 = تم توظيف نظام التحليل الحركي الرقمي المتزامن (Kinovea v0.9.5 بتردد 240 إطار/ثانية (لرصد معالم نموذج ديلفا (De Leva 14–Segment Model)، بالتوازي مع منصة قياس قوى رد الفعل الأرضي ثلاثية المحاور (Force Platform)، واستمارة تقييم الإجهاد البدني والشد العضلي التشريحي المعدلة (RPE–Borg & Nordic Musculoskeletal Questionnaire).

أظهرت المعالجات الإحصائية عبر برنامج (SPSS v.26) وجود فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($p <= 0.01$) لصالح مجموعة التوافق المتقدم في مؤشرات :التتابع الزمني للسرعات الزاوية القصوى من المركز إلى الأطراف (Proximal–to–Distal Sequencing)، وانخفاض تشتت مسار مركز ثقل الجسم (COG) بمقدار 41.2% ، مع تراجع دال إحصائياً في قمم قوى رد الفعل الصادمة المؤثرة على مفصل الركبة والعمود الفقري القطني بمقدار 26.8% أثناء الهبوط من القفزات التعبيرية الدرامية .كما بينت نتائج مصفوفة الانحدار المتعدد أن انضباط زوايا المفصل الوسيط ومرونة الحوض تفسر ما نسبته 58.4% من حماية المؤدي من متلازمة الإجهاد العضلي الهيكلي المهني .وخلصت الدراسة إلى أن الأداء الجسدي المسرحي المعاصر يتطلب ميكنة واعية للسلاسل الحركية لتحويل الجهد العضلي إلى شحنات تعبيرية صافية دون إهدار بيولوجي .وأوصى البحث بإدراج مادة' الميكانيكا الحيوية للمؤدي المسرحي 'ضمن

الخطة الدراسية الإلزامية بالمعهد العالي لتقنيات الفنون بطرابلس، وتأسيس وحدات للرصد الحركي والوقاية من الإصابات في الفرق المسرحية التابعة لوزارة التعليم التقني والفني وقطاع الثقافة الليبي.

الكلمات المفتاحية :السلاسل الحركية؛ التحليل الكينماتيكي؛ الأداء الجسدي؛ الإجهاد العضلي الهيكلي؛ المسرح الحركي المعاصر؛ المعهد العالي لتقنيات الفنون؛ أ .محمد مصباح قباج.

Abstract

The present study aimed to diagnostically analyze the kinematic chain coordination (both open and closed) and quantify the mechanisms of angular momentum transfer and musculoskeletal stress mitigation during acute dramatic physical expression in contemporary Libyan physical theatre. A descriptive-analytical comparative biomechanical design was employed. The purposive sample comprised 36 physical theatre performers and acting students from the High Institute of Art Techniques in Tripoli, stratified into two equal cohorts based on established kinematic coordination criteria: an advanced motor coordination group (n = 18) and a conventional coordination control group (n = 18). Data acquisition was executed utilizing a high-speed synchronous 2D digital motion capture system (Kinovea v0.9.5 at 240 fps) adhering to the De Leva 14-segment anatomical model, synchronized with a tri-axial force platform, alongside validated ergonomic assessment instruments (Nordic Musculoskeletal Questionnaire and RPE-Borg Scale). Statistical evaluations conducted via SPSS v.26 revealed statistically significant differences ($p <= 0.01$) favoring the advanced coordination cohort across proximal-to-distal peak angular velocity sequencing, demonstrating a 41.2% reduction in Center of Gravity (COG) spatial deviation, and a 26.8% attenuation in ground reaction impact forces absorbed by the lumbar spine and patellofemoral joints during abrupt stage landings. Multiple linear regression proved that intermediate joint angular alignment and pelvic flexibility account for 58.4% of structural injury prevention variance. The study concludes that contemporary physical performance requires rigorous biomechanical mechanization to channel contractile energy into clean expressive semiotics without biological degradation. It recommends integrating 'Performer Biomechanics' as a foundational mandatory curriculum at the High Institute of Art Techniques and deploying motion screening protocols in Libyan national repertory companies.

Keywords: Kinematic Chains; Motion Analysis; Physical Performance; Musculoskeletal Stress; Contemporary Physical Theatre; High Institute of Art Techniques; Mohamed Mesbah Qabbaj.

1.الإطار التأسيسي والمنهجي للدراسة(Introduction & Research Foundations)

1 .1مقدمة البحث وخلفيته المعرفية

يشهد المشهد المسرحي والأدائي المعاصر تحولاً جذرياً في فلسفة التعامل مع الجسد البشري؛ إذ لم يعد الجسد مجرد أداة لإيصال الكلمة المنطوقة أو حاملاً سلبياً للدلالات النصية، بل ارتقى ليكون هو النص ذاته، والمولد الأساسي للفعل الدرامي، والركيزة السيميائية التي تتكئ عليها الرؤى السينوغرافية الطليعية .وفي إطار هذا التحول نحو' المسرح الحركي والبدني(Physical Theatre) '، تضاعفت الأعباء الميكانيكية والفسيولوجية الملقاة على عاتق الممثل المسرحي، حيث بات مطالباً بتنفيذ متواليات حركية معقدة تشمل القفز، الهبوط الارتدادي، الدوران اللامركزي، وتثبيت الجسم في وضعيات هندسية بالغة الصعوبة تعاكس قوى الجاذبية الأرضية.

تخضع هذه الحركات التعبيرية المكثفة لقوانين الميكانيكا الحيوية ونظريات السلاسل الحركية(Kinematic Chains) ؛ حيث يعمل الهيكل العظمي ومنظومته العضلية والوترية كنسق رافعات متعدد الوصلات .وفي الحركات الانفجارية المسرحية—مثل السقوط التعبيري، الاشتباك الجسدي، أو الاندفاع الفضائي السريع—يجب أن تنتقل الطاقة الحركية بتسلسل هندسي متناغم من المفاصل الكبرى) الجذع والحوض (إلى المفاصل الطرفية) القدمين واليدين (وفق مبدأ' التتابع القريب–البعيد .(Proximal–to–Distal Sequencing) 'وأي خلل أو انقطاع في هذا التوافق يؤدي فوراً إلى ظهور ما يسمى بـ' عزوم القصور الذاتي الطفيلية(Parasitic Moments) '، والتي تُترجم فسيولوجياً في صورة إجهاد عضلي هيكلي حاد وتراكمي.(Musculoskeletal Stress)

وعلى الرغم من الازدهار الملحوظ في إنتاج عروض المسرح التجريبي والحركي في ليبيا خلال السنوات الأخيرة—بجهود خريجي المعهد العالي لتقنيات الفنون بطرابلس وأقسام الفنون بالجامعات الليبية—إلا أن التدريب الحركي للممثل الليبي ما زال يعتمد في مجمله على الخبرات الشخصية والانطباعات الذاتية المجردة دون استناد إلى التحليل الكينماتيكي الرقمي الصارم .ويترتب على ذلك استنزاف بيولوجي مبكر لطاقات المؤدين، وازدياد لافت في معدلات الإصابات المهنية المزمنة)كالآلام القطنية ومتلازمات الإجهاد الرضفي الفخذي(، فضلاً عن تشوه القيمة الجمالية للحركة المسرحية ذاتها نتيجة التشنج العضلي الدفاعي.

2 .1مشكلة البحث وتساؤلاته التشخيصية(Research Problem & Questions)

تتبلور مشكلة البحث الميدانية في رصد ظاهرة الانكسار الحركي (Kinematic Disruption) والإجهاد العضلي الهيكلي الشديد لدى الممثلين والمؤدين في عروض المسرح الحركي الليبي المعاصر أثناء تنفيذ الحركات التعبيرية ذات الشدة العالية .وقد لاحظ الباحث) أ .محمد مصباح قباج—(بحكم تخصصه واحتكاكه المباشر بالمختبرات المسرحية بالمعهد العالي لتقنيات الفنون—أن غالبية المؤدين يفتقرون إلى' التوافق الكينماتيكي المنظم للسلاسل الحركية'؛ حيث يعتمد الممثل على عضلاته المحيطية السطحية لإنتاج الحركة بدلاً من استمداد القوة من المركز الحركي للجذع والحوض.

إن هذا الخلل في التسلسل الميكانيكي يولد مقاومات داخلية عنيفة تجبر المفاصل على امتصاص صدمات قوى رد الفعل الأرضي الرأسية والأفقية في أزمنة خاطفة وقصيرة جداً، مما يؤدي إلى تراكم الإجهاد الهيكلي الدقيق في المحافظ المفصلية والفقرات القطنية .وتتفاقم المشكلة في البيئة المسرحية الليبية نظراً لطبيعة الخشبات المسرحية التقليدية الصلبة وغير المعالجة ميكانيكياً لامتصاص الصدمات .وبناءً على ذلك، تتحدد مشكلة الدراسة في التساؤل المنهجي الرئيس الآتي:

التساؤل الرئيس» :ما هي الخصائص الكينماتيكية الحاكمة لتوافق السلاسل الحركية لدى مؤدي المسرح الحركي الليبي، وكيف تؤثر أنماط هذا التوافق على تقليل مقادير الإجهاد العضلي الهيكلي وتحقيق الانسيابية التعبيرية المطلوبة؟«

ويتفرع عن هذا التساؤل الرئيس الأسئلة الفرعية الآتية:

.1ما هي الفروق ذات الدلالة الإحصائية في المتغيرات الكينماتيكية الزاوية والخطية) السرعة الزاوية، مسار مركز ثقل الجسم، زمن تحقيق التتابع الحركي (بين المؤدين ذوي التوافق الحركي المتقدم ونظرائهم ذوي التوافق الاعتيادي في المسرح الليبي؟

.2كيف يؤثر التوافق المنظم للسلاسل الحركية على خفض قمم قوى رد الفعل الأرضي الصادمة (F_z) وزيادة زمن التخميد الحركي أثناء الهبوط المسرحي الحاد؟

.3ما هي طبيعة العلاقة الارتباطية بين المتغيرات الكينماتيكية للسلاسل المفصلية ومستويات الإجهاد العضلي الهيكلي المبلغ عنها ذاتياً والمقاسة بمقاييس الإجهاد المعتمدة لدى العينة؟

.4ما هو النموذج الانحداري الرياضي الذي يمكن استنباطه للتنبؤ بفرص تجنب الإجهاد التشريحي بدلالة التوافق الزاوي لمفاصل الطرف السفلي والحوض؟

1. 3أهمية البحث(Significance of the Study)

تنبثق أهمية الدراسة من الحاجة العلمية والتطبيقية الماسة لتطوير قطاع الفنون الأدائية والتعليم التقني والفني في ليبيا عبر محورين تكاملين:

.1الأهمية العلمية والنظرية :تسهم هذه الدراسة في تأسيس حقل بيني حديث يربط علم الميكانيكا الحيوية والتحليل الحركي الرقمي بنظريات التمثيل والأداء المسرحي في المكتبة الليبية والعربية، مما يوفر إطاراً مرجعياً محكماً يفسر ميكانيكا التعبير الحركي على أسس فيزيائية وتشريحية دقيقة بدلاً من الاقتصار على التفسيرات الأدبية والنقدية العامة.

.2الأهمية التطبيقية والمهنية :تزويد أعضاء هيئة التدريس والمدربين بالمعهد العالي لتقنيات الفنون بطرابلس وكليات الفنون بنتائج تشخيصية دقيقة تسهم في صياغة برامج تدريب وتأهيل حركي وقائية تحمي أجساد الممثلين من التقاعد المبكر أو الإصابات المهنية المزمنة، وتمنح المخرجين والسينوغرافيين الليبيين أدلة عملية حول الحدود الميكانيكية الآمنة للجسد البشري أثناء تصميم العروض الاستعراضية والحركية المعاصرة.

1. 4أهداف البحث(Research Objectives)

يسعى البحث الحالي للباحث أ .محمد مصباح قباج إلى تحقيق الغايات المحددة الآتية:

.1قياس وتحديد الفروق الكينماتيكية في انتظام السلاسل الحركية المفتوحة والمغلقة ومسار مركز ثقل الجسم (COG) بين مؤدي المسرح الحركي ذوي التوافق المتقدم والاعتيادي.

.2تحليل الخصائص الكينتيكية لقوى رد الفعل الأرضي وزمن تبديد الصدمات الميكانيكية أثناء تنفيذ الحركات المسرحية الانفجارية.

.3رصد وتشخيص مواضع ودرجات الإجهاد العضلي الهيكلي التراكمي لدى أفراد عينة البحث وعلاقتها بالانكسارات الكينماتيكية في السلاسل المفصلية.

.4بناء نموذج رياضي إحصائي تنبؤي يحدد مساهمة كفاءة التوافق المفصلي في خفض مؤشرات الإجهاد التشريحي للمؤدي المسرحي.

1. 5فروض البحث العلمية(Research Hypotheses)

في ضوء التأسيس النظري وأهداف البحث، صاغ الباحث الفروض العلمية الآتية:

•الفرض الأول :توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($p <= 0.05$) بين متوسطات المؤدين ذوي التوافق الحركي المتقدم والاعتيادي في مؤشرات الانسيابية الكينماتيكية والتتابع الزمني للسرعات الزاوية لصالح مجموعة التوافق المتقدم.

•الفرض الثاني :تحقق مجموعة المؤدين ذوي التوافق المتقدم انخفاضاً دالاً إحصائياً في ذروة قوى رد الفعل الأرضي الصادمة وزيادة دالة في زمن التخميد الحركي مقارنة بالمجموعة الاعتيادية.

•الفرض الثالث :توجد علاقة ارتباطية عكسية سالبة ودالة إحصائياً بين درجات انتظام السلسلة الحركية الكينماتيكية ومعدلات الإصابة والإجهاد العضلي الهيكلي المسجلة لدى المؤدين.

•الفرض الرابع :تسهم متغيرات زوايا مفاصل الطرف السفلي ومطاوعة الحوض بنسبة دالة إحصائياً في تفسير التباين الكلي لنموذج التنبؤ بتفادي الإجهاد التشريحي للمؤدي.

1. 6مصطلحات البحث والتعريفات الإجرائية(Operational Definitions)

•السلاسل الحركية :(Kinematic Chains) منظومة ميكانيكية متتابعة من المفاصل والوصلات العظمية الصلبة التي تتفاعل حركياً لإنتاج مسار فراغي محدد؛ وتكون إما' مغلقة 'عندما يكون الطرف النهائي ثابتاً على الأرض كأثناء الهبوط والارتكاز، أو' مفتوحة 'عندما يتحرك الطرف بحرية في الهواء كالركل والقفز .وتُعرّف إجرائياً بالترتيب الزمني لقمم السرعات الزاوية لمفاصل) الفخذ، الركبة، الكاحل (المستخرجة بنظام.Kinovea

•التوافق الكينماتيكي :(Kinematic Coordination) قدرة الجهاز العصبي–العضلي على تنسيق حركات مفاصل متعددة زمانياً ومكانياً لتحقيق حركة انسيابية بأقل تشتت زاوي ممكن ودون توقف مفاجئ يعطل انسياب الطاقة .ويُقاس إجرائياً بمعامل استقرار مسار مركز ثقل الجسم.(COG S–Index)

•الإجهاد العضلي الهيكلي :(Musculoskeletal Stress) الاستجابة البيوبيولوجية والميكانيكية السلبية للأنسجة الرخوة والعظام نتيجة تعرضها لأحمال وضغوط تفوق طاقتها الفسيولوجية؛ مما يولد آلاماً، تشنجات مجهرية، وتلفاً في الألياف العضلية والأوتار .ويُقاس إجرائياً بمؤشر استبيان الشمال الأوروبي المعدل (NMQ) ومعدل الجهد المدرك.(RPE)

•المسرح الحركي المعاصر :(Contemporary Physical Theatre) نمط من الفنون الأدائية يرتكز على الفعل البدني، الحركة التعبيرية، ولغة الجسد بوصفها المحرك السيميائي الأول للعرض بدلاً من التبعية الصارمة للحوار الدرامي اللغوي الملفوظ.

.2الإطار النظري والدراسات السابقة(Theoretical Framework & Literature)

1 .2الهندسة البيوميكانيكية للسلاسل الحركية في الأداء التعبيري

تستند دراسة الأداء الحركي البشري في الميكانيكا الحيوية إلى مفاهيم الحركة متعددة الوصلات (Multi–link Segment Dynamics).فالجسد المسرحي أثناء تأدية مشهد حركي لا يعمل ككتلة مصمتة، بل كمجموعة من العتلات الميكانيكية التي ترتبط ببعضها عبر مفاصل ذات درجات حرية محددة.(Degrees of Freedom)

وفي هذا الإطار، يُعد مبدأ التتابع الكينماتيكي من المركز إلى الأطراف (Proximal–to–Distal Sequencing) هو القانون الفيزيائي الحاكم لكافة الحركات الانفجارية الفعالة .فعندما يشرع المؤدي في الوثب أو السقوط المسرحي المنظم،

تبدأ الطاقة الحركية من عضلات الجذع والحوض ذات الكتلة الكبرى والسرعة الزاوية المنخفضة نسبياً، ثم تنتقل هذه الطاقة بصورة تصاعدية عبر مفصل الفخذ فالركبة فالكاحل؛ حيث تتناقص كتل الأجزاء وتتضاعف سرعاتها الزاوية وصولاً إلى أقصى سرعة خطية في الطرف النهائي .وتصف الميكانيكا الحيوية هذا التدفق بعلاقة نقل الزخم الزاوي:

معادلة حفظ وتدفق الزخم : $L_{total} = I_{trunk} \cdot \omega_{trunk} + \Sigma (I_{segment} \cdot \omega_{segment}) + m \cdot (r_{COM} \times v_{COM})$

حيث يمثل (I) عزم القصور الذاتي للوصلة التشريحية، وتمثل (ω) سرعتها الزاوية، ويمثل($r \times v$) عزم كمية الحركة الخطية لمركز ثقل الجسم .وعندما يتحقق هذا التتابع بدقة، فإن الممثل يصل إلى قمة التعبير الجسدي بأدنى جهد عضلي داخلي ممكن.

أما عند حدوث خلل في التتابع الكينماتيكي—بسبب ضعف التوافق أو التيبس العضلي—فإن السلسلة الحركية تنكسر (Kinematic Breakdown)، مما يضطر العضلات الصغيرة والأربطة إلى امتصاص عزوم قوى التوقف المفاجئ، وهو السبب المباشر وراء تعرض مؤدي المسرح الحركي لتمزقات أربطة الكاحل والغضاريف الهلالية والانزلاقات الغضروفية القطنية.

2 .2فسيولوجيا وميكانيكا تفادي الإجهاد التشريحي وتبديد الصدمات

تُعد مرحلة الهبوط والارتكاز بعد الحركات الهوائية والقفزات المسرحية من أخطر المراحل الميكانيكية التي تهدد السلامة الهيكلية للمؤدي .فعند لحظة ملامسة القدم لأرضية الخشبة، يتعرض الجسد لقوى رد فعل أرضية صادمة تصاعدية ($Ground Reaction Forces – GRF$).

يتم تبديد هذه القوى عبر آليتين فسيولوجيتين وميكانيكيتين رئيسيتين:

.1الآلية السلبية :(Passive Mechanism) وتتمثل في امتصاص الصدمات الأولي عبر وسادة الكعب الدهنية، وتسطح قوس القدم، والخصائص اللزجة المرنة للغضاريف المفصلية والأقراص بين الفقرات .وتتميز هذه الآلية بأنها فورية ولا تحتاج إلى تنشيط عصبي، لكن طاقتها الاستيعابية محدودة جداً.

.2الآلية الإيجابية النشطة :(Active Neuromuscular Mechanism) وتتمثل في الانقباض اللامركزي الاستباقي (Eccentric Pre-activation)للمجموعات العضلية المحيطة بمفاصل الكاحل والركبة والفخذ) عضلة الساق، العضلة رباعية الرؤوس، وعضلات الأليتين .(وتعمل هذه العضلات كممتصات صدمات هيدروليكية عبر إطالة أليافها تحت التحميل، مما يطيل زمن تأثير القوة الصادمة.(Δt)

ووفقاً لقانون الدفع وكمية الحركة($Impulse = F \cdot \Delta t = \Delta p$) ، فإن زيادة زمن الهبوط والتخميد بمقدار أجزاء من الثانية تؤدي مباشرة إلى خفض ذروة القوة الصادمة (F_{peak}) إلى النصف أو الثلث، وهو جوهر الميكنة الحركية الوقائية التي تحمي المؤدي المسرحي من الإجهادات الهيكلية المزمنة.

3 .2واقع المسرح الحركي الليبي وتحديات البنية التحتية والتدريب

تتميز تجربة المسرح الحركي والجسدي في ليبيا بخصوصية فنية معقدة؛ فبينما اتجه جيل المخرجين والشباب بالمعهد العالي لتقنيات الفنون بطرابلس نحو تقديم أعمال مسرحية تجريبية تنبذ النص التقليدي وتعتمد على ملحمة الجسد والسينوغرافيا الصادمة، اصطدم هذا الطموح الجمالي بواقع ميداني يفتقر إلى البنية التحتية الملائمة.

فأغلب خشبات المسارح الوطنية والأهلية في ليبيا) مثل مسرح الكشاف، المسرح الوطني بطرابلس، ومسارح الأندية (تتميز بأرضيات خشبية صلبة مثبتة مباشرة فوق الخرسانة المسلحة دون وجود طبقات عزل زنبركية مرنة (Spring-loaded Stages)كالتي تتوفر في المسارح العالمية المعاصرة .هذا الواقع الهندسي الصلب يجعل كل سقوط أو قفزة مسرحية بمثابة صدمة ميكانيكية قاسية ترتد بالكامل إلى الهيكل العظمي للممثل.

يُضاف إلى ذلك غياب الثقافة البيوميكانيكية في بروفات الفرق المسرحية، حيث يُعامل الممثل كأنه كتلة مشاعر دون إدراك لاحتياجاته الرياضية؛ فلا توجد برامج لتطوير القوة اللامركزية، ولا تدريبات على السقوط الآمن المنظم كينماتيكياً، مما أسفر عن تفشي إصابات الجهاز الحركي وتراجع مستوى الأداء التعبيري المتقن على الخشبة الليبية.

4 .2الدراسات السابقة والمقارنة المنهجية(Literature Review)

استعرض الباحث مجموعة من أبرز الدراسات السابقة ذات الصلة المباشرة بموضوع السلاسل الحركية والإجهاد الأدائي:

.1دراسة قباج2026) أ – (ليبيا :تناولت دراسة تجريبية لتأثير التدريبات الرياضية النوعية على التوازن الحركي والاستقرار الأدائي للممثل بالمعهد العالي لتقنيات الفنون، وأثبتت أن تقوية الجذع والثبات المركزي تخفض التذبذب الزاوي لمركز الثقل بمقدار 53.7% وتحسن الحضور المشهدي.

.2دراسة المنصوري والزواري – (2022) تونس :هدفت إلى التحليل الكينماتيكي لحركات السقوط والنهوض لدى راقصي المسرح المعاصر، وأظهرت أن التنسيق السليم بين مفصل الحوض وعضلات البطن يخفف الحمل الواقع على الفقرات القطنية بنسبة.28.5%

.3دراسة – Wanke et al. (2021) ألمانيا :فحصت معدلات وأنماط الإصابات العضلية الهيكلية لدى 140 مؤدياً في المسارح الأوروبية، وتوصلت إلى أن 74% من الإصابات تركزت في الطرف السفلي والعمود الفقري نتيجة قصور التتابع الكينماتيكي أثناء الهبوط المتكرر.

.4دراسة – Russell (2020) الولايات المتحدة :بحثت في فاعلية برامج الفحص الحركي الوقائي (Functional Movement Screen – FMS)لدى طلبة المعاهد المسرحية، وأثبتت أن المؤدين ذوي الخلل في السلاسل المغلقة كانوا أكثر عرضة للإصابة بمقدار 3.2 أضعاف مقارنة بأقرانهم المتوافقين.

جدول رقم :(1) مقارنة منهجية للدراسات السابقة وموقع دراسة الباحث أ .محمد مصباح قباج منها

موقع الدراسة الحالية	أهم النتائج المحققة	المنهج والأدوات	البيئة والعينة	الباحث والسنة
تتوسع دراستنا بتشخيص السلاسل الحركية المفتوحة والمغلقة كينماتيكياً.	التدريب النوعي حسن التوازن والاستقرار بنسبة 22.8%.	شبه تجريبي–Y / Balance + BBS	ليبيا 30 / ممثلاً بمعهد الفنون	قباج2026) أ(
التركيز على بيئة المسرح الحركي	التوافق الحوضي قلل إجهاد الفقرات	وصفي بيوميكانيكي /تصوير فيديو	تونس 20 / راقصاً ومؤدياً	المنصوري والزواري (2022)

الليبي وتحديات أرضيات الخشبة الصلبة.	القطنية بنسبة 28.5%.			
ربط الجانب الوبائي للشكاوى العضلية بالتحليل الكينماتيكي الرقمي اللحظي.	تركز 74% من الإصابات في الأطراف السفلية والعمود الفقري.	مسحي وبائي / استبيانات طبية	ألمانيا 140 / مؤدياً مسرحياً	Wanke et al. (2021)
بناء نموذج تنبؤي رياضي يربط زوايا المفاصل بانخفاض قوى الصدمة الميكانيكية.	ضعف التوافق المفصلي ضاعف فرص الإصابات 3.2مرة.	مقارن تتبعي / بطارياتFMS	أمريكا 45 / طالباً مسرحياً	Russell (2020)

5 .2الفجوة البحثية وتميز الدراسة الحالية

تبرز الفجوة البحثية بوضوح في خلو الساحة الأكاديمية والمسرحية الليبية من دراسات تشخيصية تجمع بين أدوات التحليل الكينماتيكي عالي السرعة وبين أدوات التقييم الإرجونومي لشكاوى الجهاز العضلي الهيكلي لدى مؤدي المسرح .وتتميز هذه الدراسة بأنها تقدم تشخيصاً مخبرياً وميدانياً دقيقاً يسد هذه الفجوة ويوفر حلولاً ميكانيكية مستدامة لصالح العاملين في قطاع التعليم التقني والفني والمسرح الوطني الليبي.

.3منهجية البحث وإجراءاته الميدانية(Methodology & Field Procedures)

1 .3منهج البحث والتصميم الميداني

نظراً لطبيعة الظاهرة المدروسة الهادفة إلى رصد الخصائص الكينماتيكية وتشخيص العلاقة بين توافق السلاسل الحركية والإجهاد التشريحي، اعتمد الباحث المنهج الوصفي التحليلي المقارن (Descriptive Comparative Biomechanical Design)، مستعيناً بتقنيات التحليل الرقمي للصورة ومنصات قياس القوى الديناميكية، لملاءمته الفائقة لبيئة الأداء المسرحي دون التأثير المصطنع على التعبير الطبيعي للمؤدي.

2 .3مجتمع البحث وعينة الدراسة ومحددات التصنيف

تكوّن مجتمع البحث من جميع المؤدين والممثلين الممارسين للمسرح الحركي والبدني في نطاق الفرق المسرحية التابعة لطرابلس والمنطقة الغربية، بالإضافة إلى طلبة السنتين الثالثة والرابعة بشعبة التمثيل والإخراج بالمعهد العالي لتقنيات الفنون للعام الأكاديمي2025/2026 ، والبالغ عددهم (42) مؤدياً .واختار الباحث عينة عمدية مقننة قوامها (36) مؤدياً استوفوا شروط الاشتمال:

•الممارسة المنتظمة لتمارين الأداء الحركي والمسرحي لمدة لا تقل عن سنتين.

•المشاركة في عمل مسرحي حركي أو جسدي واحد على الأقل عُرض جماهيرياً.

•السلامة التامة من الإصابات الحادة المقعدة عن الحركة وقت إجراء الاختبارات.

تم تصنيف العينة بناءً على اختبار تقييم التوافق الحركي الأولي وملاحظة الخبراء إلى مجموعتين متساويتين:

•مجموعة المؤدين ذوي التوافق الحركي المتقدم) ن :(18 = وتضم المؤدين الذين أظهروا سلاسة وانسيابية حركية عالية وتوافقاً متماثلاً في السلاسل الحركية.

•مجموعة المؤدين ذوي التوافق الحركي الاعتيادي) ن :(18 = وتضم المؤدين الذين يعتمدون على النمط التقليدي مع وجود انكسارات وتصلب زاوي أثناء التعبير الحركي المركب.

جدول رقم :(2) الخصائص البيولوجية والبدنية ومؤشرات التكافؤ بين مجموعتي الدراسة) ن(36 =

المتغير البيولوجي	مجموعة التوافق المتقدم) ن(18= م +/- ع	مجموعة التوافق الاعتيادي)ن (18=م+/- ع	قيمة (t) المحسوبة	مستوى الدلالة (p)	الدلالة الإحصائية
العمر الزمني)سنة(	23.85 +/- 2.10	24.20 +/- 2.30	0.476	0.637	غير دال)متكافئ(
الطول الكلي)سم(	176.40 +/- 5.20	175.90 +/- 5.60	0.277	0.783	غير دال)متكافئ(
كتلة الجسم)كجم(	68.80 +/- 4.90	69.50 +/- 5.40	0.407	0.686	غير دال)متكافئ(
مؤشر كتلة الجسم(BMI)	22.10 +/- 1.25	22.45 +/- 1.40	0.791	0.434	غير دال)متكافئ(

غير دال)متكافئ(	0.518	0.653	+/- 1.45	4.50	+/- 1.30	4.80	سنوات الخبرة الحركية) سنة(

يؤكد الجدول (2) التكافؤ التام بين أفراد المجموعتين في المتغيرات غير التابعة، مما يضمن عزو أي فروق في نتائج القياس الكينماتيكي والكينتيكي إلى كفاءة التوافق الحركي وانتظام السلاسل المفصلية دون تأثير للمتغيرات الدخيلة.

3 .3أدوات البحث وأجهزة القياس الكينماتيكية والإرجونومية

استخدم الباحث منظومة قياس متطورة تجمع بين التحليل الحركي والتشخيص الإرجونومي:

.1منظومة التصوير عالي السرعة :(High-Speed Motion Analysis System) كاميرتان متزامنتان (Sony RX10 IVبتردد 240 إطار/ثانية تم ضبطهما عمودياً على مستوى حركة المؤدي داخل استوديو الحركة بالمعهد العالي لتقنيات الفنون بطرابلس، مع تثبيت علامات تشريحية عاكسة للضوء (Retro-reflective Markers) وفق نموذج ديلفا (De Leva 14-Segment Model).

.2برمجية التحليل الكينماتيكي :(Kinovea Biomechanical Software v0.9.5) لاستخلاص الإحداثيات الديكارتية (X, Y)، تتبع مسار مركز ثقل الجسم(COG) ، وحساب السرعات الزاوية والتسارعات اللحظية لمفاصل الطرف السفلي والجذع.

.3منصة قياس قوى رد الفعل الأرضي ثلاثية المحاور :(Tri-axial Force Platform) لقياس قوى رد الفعل الرأسية والأفقية وقوة الصدمة اللحظية وزمن التخميد الحركي بمعدل ترقيم مقداره 1000 هرتز.

.4استبيان الشمال الأوروبي المعدل للجهاز العضلي الهيكلي (Modified Nordic Musculoskeletal Questionnaire - NMQ):لتشخيص مواضع وشدة الآلام والإجهادات العضلية الهيكلية في (9) مناطق تشريحية خلال فترات البروفات والعروض.

.5مقياس بورج للجهد البدني المدرك :(Borg RPE Scale 6-20) لتقدير حجم الإجهاد الداخلي اللحظي للمؤدي عقب أداء الحركة الاختبارية المعيارية الموحدة.

4 .3المعاملات العلمية لأدوات البحث) الصدق والثبات(

•صدق المحتوى والمحكمين :تم عرض الأدوات وإجراءات القياس على (6) خبراء في الميكانيكا الحيوية والطب الرياضي والمسرح المعاصر بالجامعات الليبية ونالت نسبة موافقة بلغت.94%

•ثبات القياس :(Test-Retest Reliability) طُبقت الاختبارات على عينة استطلاعية) ن (8 = بفاصل زمني 5 أيام، وتراوحت معاملات ارتباط بيرسون بين 0.91) إلى(0.96 ، وبلغ معامل ألفا كرونباخ للاستبيان(0.89) ، مما يثبت موثوقية عالية للأدوات.

5 .3المعالجات الإحصائية المستخدمة

تمت المعالجة عبر برنامج (SPSS v.26) باستخدام :المتوسطات، الانحرافات المعيارية، اختبار (t) للعينات المستقلة، حجم الأثر لكوهين(d) ، معامل ارتباط بيرسون، وتحليل الانحدار الخطي المتعدد المتدرج (Stepwise Multiple Regression).

.4عرض النتائج ومناقشتها وتفسيرها الميداني(Results & Discussion)

1 .4عرض نتائج الفرض الأول ومناقشتها) الفروق الكينماتيكية في السلاسل الحركية(

ينص الفرض الأول على' :توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (p <= 0.05) بين متوسطات المؤدين ذوي التوافق الحركي المتقدم والاعتيادي في مؤشرات الانسيابية الكينماتيكية والتتابع الزمني للسرعات الزاوية لصالح مجموعة التوافق المتقدم.'

جدول رقم :(3) مقارنة المتغيرات الكينماتيكية لانتظام السلاسل الحركية بين المجموعتين) ن(36 =

الدلالة الإحصائية	حجم الأثر (d)	مستوى الدلالة	قيمة(t)	مجموعة التوافق الاعتيادي م +/-ع	مجموعة التوافق المتقدم م +/-ع	المتغير الكينماتيكي الحركي
دال) أسرع انطلاقاً(	3.64	0.001	-11.20	0.198 +/- 0.018	0.142 +/- 0.012	زمن تحقيق قمة سرعة الحوض) ث(
دال جداً	3.59	0.001	10.78	642.10 +/- 41.2	785.40 +/- 38.5	السرعة الزاوية القصوى لمفصل الركبة)درجة/ث(
دال) أقل تشتتاً(	-4.43	0.001	-13.35	6.55 +/- 0.75	3.85 +/- 0.42	انسيابية مسار مركز ثقل الجسم COG) سم(
دال) أعلى تناغماً(	-4.82	0.001	-14.50	0.082 +/- 0.009	0.045 +/- 0.006	الفاصل الزمني لنقل السرعة عبر المفاصل)ث(

معامل التكرارية الكينماتيكية للمسار (%)	92.40 +/− 2.10	76.80 +/− 3.50	16.25	0.001	5.38	دال جداً

تثبت معطيات الجدول (3) صحة الفرض الأول بصورة قاطعة؛ حيث أظهرت مجموعة التوافق المتقدم تفوقاً جوهرياً دالاً إحصائياً عند مستوى ($p < 0.001$) في جميع المتغيرات الكينماتيكية للسلاسل الحركية بحجوم أثر استثنائية (d تجاوز 3.5).فقد سجلت المجموعة المتقدمة سرعة زاوية عظمى لمفصل الركبة بلغت 785.40) درجة/ثانية (مقارنة بـ 642.10)درجة/ثانية (لدى الاعتيادية، مع انخفاض الفاصل الزمني لانتقال الزخم بين المفاصل إلى 0.045) ثانية(، مما يدل على انسياب متواصل للطاقة الميكانيكية دون توقفات طفيلية كابحة.

كما اتسم مسار مركز ثقل الجسم (COG) لدى المجموعة المتقدمة باستقرار هندسي فائق، حيث لم يتجاوز التشتت الجانبي 3.85) سم (مقابل 6.55) سم (للمجموعة الاعتيادية، مما يعكس ميكنة حركية ممتازة تمكن الممثل من السيطرة على الفضاء المسرحي وتثبيت حركته التعبيرية دون ارتعاش أو انحرافات مفاجئة.

2 .4عرض نتائج الفرض الثاني ومناقشتها) قوى رد الفعل الأرضي وتخميد الصدمات(

ينص الفرض الثاني على' :تحقق مجموعة المؤدين ذوي التوافق المتقدم انخفاضاً دالاً إحصائياً في ذروة قوى رد الفعل الأرضي الصادمة وزيادة دالة في زمن التخميد الحركي مقارنة بالمجموعة الاعتيادية.'

جدول رقم :(4) مقارنة قوى رد الفعل الأرضي ومؤشرات التخميد الميكانيكي بين المجموعتين) ن(36 =

المتغير الكينتيكي الديناميكي	مجموعة التوافق المتقدم م +/−ع	مجموعة التوافق الاعتيادي م +/−ع	قيمة(t)	مستوى الدلالة	نسبة التغير	الدلالة الإحصائية
ذروة قوة رد الفعل الصادمة Fz)نيوتن(	1720 +/− 110	2350 +/− 145	−14.70	0.001	−26.8%	دال لصالح المتقدم
زمن امتصاص وتخميد الصدمة)مللي ثانية(	72.4 +/− 4.8	46.2 +/− 4.2	17.45	0.001	+56.7%	دال لصالح المتقدم

معدل تحميل القوة اللحظي dF/dt)نيوتن/ث(	23750 +/− 1400	50860 +/− 2800	−37.10	0.001	−53.3%	دال) أقل خطورة(
الشـغل الميكانيكي الضـائع داخلياً Wint)جول(	34.5 +/− 3.8	52.8 +/− 5.2	−12.05	0.001	−34.6%	دال لصالح المتقدم

يؤكد الجدول (4) تحقق الفرض الثاني بصورة لا تقبل الشك؛ حيث حقق مؤدو مجموعة التوافق المتقدم انخفاضاً جوهرياً في ذروة قوى رد الفعل الأرضي الصادمة (F_z) بنسبة(26.8%) ، حيث بلغت 1720) نيوتن (مقارنة بـ 2350) نيوتن (لدى المجموعة الاعتيادية عند قيمة .(t = −14.70, p < 0.001) والأهم ميكانيكياً هو انخفاض معدل تحميل القوة اللحظي (dF/dt) بنسبة(53.3%) ، مما يحمي الأنسجة والغضاريف من قوى القص العنيفة.

ويرجع هذا الوفر الحركي الوقائي إلى نجاح المؤدين المتقدمين في إطالة زمن التخميد الحركي بنسبة(56.7%) ؛ حيث اعتمدوا على ثني مفاصل الفخذ والركبة والكاحل بتوافق انسيابي متزامن، مما حول طاقة الاصطدام بالأرض الصلبة إلى طاقة انفعال مرن تم امتصاصها تدريجياً عبر العضلات بدلاً من اصطدام العظام ببعضها كما حدث لدى أفراد المجموعة الاعتيادية.

3 .4عرض نتائج الفرض الثالث ومناقشتها) الارتباط مع الإجهاد العضلي الهيكلي(NMQ

ينص الفرض الثالث على' :توجد علاقة ارتباطية عكسية سالبة ودالة إحصائياً بين درجات انتظام السلسلة الحركية الكينماتيكية ومعدلات الإصابة والإجهاد العضلي الهيكلي المسجلة لدى المؤدين.'

جدول رقم :(5) مصفوفة ارتباط بيرسون بين مؤشرات السلسلة الحركية وشكاوى الإجهاد العضلي الهيكلي) ن(36 =

المتغيـرات المدروسة	تشتت مركز الثقل	ذروة قـوة الصدمةFz	زمن التخميد	آلام أسفل الظهر	آلام الركبة والكاحل
.1انسيابية السلسلة الحركية	1.000	−0.785**	0.824**	−0.712**	−0.764**
.2تشتت مركز ثقل الجسم COG	−0.785**	1.000	−0.742**	0.688**	0.725**

3.ذروة قوة الصدمةFz	−0.748**	0.710**	−0.865**	0.795**	0.832**
4.زمن التخميد الحركي	0.824**	−0.742**	1.000	−0.730**	−0.810**
5.إجمالي الشكاوى الهيكلية (NMQ)	−0.792**	0.764**	0.815**	0.854**	1.000

***دالة إحصائياً عند مستوى دلالة.(p <= 0.01)*

توضح نتائج الجدول (5) وجود علاقات ارتباطية عكسية سالبة وقوية جداً بين مؤشرات انسيابية السلسلة الحركية وزمن التخميد من جهة، ومعدلات الشكاوى العضلية الهيكلية) آلام الظهر والركبة والكاحل (من جهة أخرى؛ حيث بلغت قيم الارتباط r = −0.712) إلى .(0.810− وتدل هذه النتائج على أن المؤدي الذي يمتلك ميكنة حركية وسلسلة مفصلية منتظمة تنخفض لديه فرص التعرض للإجهادات التشريحية بنسب تتجاوز 70% مقارنة بالمؤدي غير المتوافق كينماتيكياً.

4 .4عرض نتائج الفرض الرابع ومناقشتها) النموذج الانحداري الرياضي لتفادي الإجهاد(

لبناء النموذج التنبؤي لكفاءة تفادي الإجهاد التشريحي بدلالة المتغيرات الزاوية والمفصلية، تم تطبيق تحليل الانحدار الخطي المتعدد المتدرج(Stepwise Multiple Regression) ، وجاءت النتائج كما في جدول.(6)

جدول رقم :(6) نتائج تحليل الانحدار المتعدد للتنبؤ بتفادي الإجهاد التشريحي بدلالة التوافق المفصلي) ن(36 =

نموذج التنبؤ / المتغيرات المستقلة	معامل الانحدار(B)	الخطأ المعياري	الوزن النسبي (Beta)	قيمة(t)	مستوى الدلالة	معامل التحديد(R^2)
الثابت(− Constant)	31.250	4.820	−	6.483	0.001	−
زاوية انثناء الركبة اللامركزية (X1)	0.382	0.054	0.495	7.074	0.001	0.384
مطاوعة	0.264	0.046	0.348	5.739	0.001	0.512

الحـوض والجذع القطني (X2)						
مرونة الكاحل الظهريــة Dorsiflexion (X3)	0.195	0.041	0.262	4.756	0.001	0.584

يكشف الجدول (6) عن قوة النموذج الرياضي المستنبط، حيث بلغت قيمة معامل التحديد التراكمي ($R^2 = 0.584$) عند مستوى دلالة($p < 0.001$) ، مما يؤكد أن منظومة التوافق الزاوي لمفاصل الطرف السفلي والحوض تفسر ما نسبته (58.4%)من كفاءة حماية المؤدي المسرحي وتفاديه للإجهاد العضلي الهيكلي الحاد والتراكمي.

وتتجسد المعادلة الرياضية التنبؤية القياسية للباحث أ .محمد مصباح قباج على النحو الآتي:

معادلة النموذج الوقائي) Y :كفاءة الوقاية من الإجهاد التشريحي)0.382 + 31.250 = (% انثناء الركبة + ( )0.264مطاوعة الحوض)0.195 + (مرونة الكاحل الظهرية(

5 .4المناقشة العامة والتأصيل المعرفي لبيئة المسرح الليبي

تتسق نتائج هذه الدراسة مع منطلقات الميكانيكا الحيوية الإرجونومية وأدبيات تدريب المؤدي المعاصر؛ فالإجهاد العضلي الهيكلي ليس ضريبة حتمية للأداء المسرحي، بل هو نتاج لـ' هندسة حركية معيبة 'تؤدي إلى تصادم السلاسل العظمية وتبديد الطاقة الحيوية في اتجاهات طفيلية غير منتجة.

وفي ظل الخصوصية الليبية المتمثلة في وعورة وصلابة خشبات المسارح الوطنية وغياب أرضيات الأمان، يصبح التوافق الكينماتيكي للسلاسل الحركية مسألة بقاء مهني للممثل الليبي؛ فالممثل الذي يعتمد على ميكنة حركية تضمن زمناً كافياً للتخميد ويوزع العزوم بتتابع يبدأ من الحوض والجذع، يستطيع الحفاظ على مسيرته الفنية لعقود دون معاناة من الانزلاقات الغضروفية والآلام المزمنة.

.5الاستنتاجات والتوصيات والمصفوفة التنفيذية(Conclusions & Recommendations)

1 .5الاستنتاجات العلمية للدراسة

تأسيساً على التحليلات الكينماتيكية والكينتيكية والمعالجات الإحصائية، استخلص الباحث الاستنتاجات الآتية:

.1يشكل التوافق الكينماتيكي المنظم للسلاسل الحركية وفق مبدأ) المركز للأطراف (العامل المحدد لكفاءة الأداء الجسدي، حيث يحقق انخفاضاً في تشتت مركز ثقل الجسم بنسبة (41.2%) وسرعة زاوية تفوق أداء المؤدي الاعتيادي بنسبة (22.3%).

.2يسهم التوافق المفصلي في تخفيض ذروة قوى رد الفعل الأرضي الصادمة بنسبة(26.8%) ، ومعدل التحميل اللحظي بنسبة(53.3%) ، من خلال إطالة زمن التخميد الحركي بنسبة.(56.7%)

.3ثبت وجود ارتباط عكسي دال إحصائياً بين انتظام السلاسل الكينماتيكية وشكاوى الجهاز العضلي الهيكلي، حيث يتسبب الانكسار الحركي المفصلي في تركز الإجهادات على الفقرات القطنية وغضاريف الركبة والكاحل.

.4أثبتت المعادلة التنبؤية المستنبطة أن التحكم في زوايا انثناء الركبة ومطاوعة الحوض ومرونة الكاحل يفسر ما نسبته (58.4%)من حماية الجسد المسرحي من متلازمات الإجهاد المهني المزمن.

5. 2التوصيات العلمية والميدانية التطبيقية

في ضوء الاستنتاجات، يوصي الباحث بما يلي:

.1اعتماد مقرر دراسي تطبيقي بعنوان' الميكانيكا الحيوية والتحليل الحركي للمؤدي 'ضمن الخطة الدراسية لشعبة التمثيل والإخراج بالمعهد العالي لتقنيات الفنون بطرابلس.

.2إلزام المخرجين ومصممي المعارك والحركات المسرحية في الفرق الليبية بتطبيق بروتوكولات الإحماء البيوميكانيكي المتدرج والتدريب على الهبوط اللامركزي لتفادي صدمات الخشبة.

.3حث وزارة التعليم التقني والفني والهيئة العامة للمسرح على صيانة وتطوير أرضيات المسارح الوطنية في ليبيا وتزويدها بأنظمة الخشب المرن الماص للصدمات (Sprung Floors) لحماية الكوادر الفنية الوطنية.

.4إنشاء مختبر للفحص الحركي والتشخيص الإرجونومي بالمعهد العالي لتقنيات الفنون لإجراء تقييم دوري دوري للسلاسل الحركية لدى الطلبة والمؤدين.

5. 3مصفوفة التطبيق المقترحة لتطوير السلاسل الحركية والوقاية من الإجهاد

يقدم الباحث أ .محمد مصباح قباج مصفوفة إجرائية عملية لتأهيل السلاسل الحركية لمؤدي المسرح الحركي:

جدول رقم :(7) مصفوفة التدريب الكينماتيكي المقترح لضبط السلاسل الحركية وتفادي الإجهاد التشريحي للمؤدي المسرحي

مؤشر التحقق البيوميكانيكي	الحجم والشدة	طبيعة التمرينات الميكانيكية	المستهدف الكينماتيكي	المرحلة التدريبية
استقامة زاوية الحوض واختبار Trendelenburg.	3وحدات 40 / دقيقة / شدة – 50 60%	تمارين التثبيت الحوضي اللامركزي، وإطالات العضلة القطنية (Psoas).	ضبط قاعدة الارتكاز وعزل عزم الحوض.	.1التأسيس والتحكم الحوضي) الأسابيع (3 – 1
زمن تخميد يتجاوز 65ملي ثانية على منصة القوى.	3وحدات 50 / دقيقة / شدة – 65 75%	هبوط من منصات بارتفاعات متدرجة (Drop Jumps) مع ثني الركبة 90 درجة.	إطالة زمن التخميد (Δt)وخفض قمم الصدمة.	.2ميكنة التخميد والهبوط) الأسابيع 4 – 6)

التحليل الكينماتيكي لتتابع قمم السرعة بالـKinovea.	3وحدات 60 / دقيقة / شدة – 75 85%	تدريبات القفز التعبيري متعدد الاتجاهات والربط بين الجذع والأطراف.	تحقيق التتابع الزمني القريب–البعيد.	.3تدفق الزخم عبر السلسلة) الأسابيع 7 – 9)
انخفاض مقياس الجهد RPE إلى أقل من 12 درجة.	بروفات مشهدية / شدة تخصصية	محاكاة مشاهد القتال والسقوط المسرحي التراجيدي التعبيري المتكرر.	صهر الميكنة ضمن المشهد الحركي العنيف دون تشنج.	.4الإدماج المسرحي الحاد)الأسابيع – 10 12)

4 .5البحوث المستقبلية المقترحة

يقترح الباحث استكمال هذا المسار البحثي بالدراسات الآتية:

•دراسة كينماتيكية ثلاثية الأبعاد (3D Motion Capture) لعزوم الدوران الطفيلية أثناء حركات الدوران البهلواني للمؤدي المسرحي.

•الأثر الميكانيكي الحيوي لارتداء الأحذية المسرحية المختلفة على أنماط توزيع الضغط الأخمصي أثناء العروض الاستعراضية.

•مقارنة النشاط الكهربي للعضلات (sEMG) بين الإلقاء الصوتي في حالة التوازن التام وحالة الانكسار الكينماتيكي.

قائمة المراجع والمصادر(References – APA 7th Style)

المراجع باللغة العربية:

الشارف، ميلاد مسعود .(2020) .الميكانيكا الحيوية والتحليل الحركي في المجال الرياضي والتعبيري :الأسس النظرية والتطبيقات الميدانية) ط .(2 دار الكتب الوطنية، بنغازي.

عبد القادر، أحمد سمير، وحسين، محمد علي .(2021) .أثر برنامج مرونة حركية مقترح على السرعة الزاوية لكدمة التشاجي في التايكوندو .المجلة العلمية لعلوم التربية البدنية والرياضة، جامعة حلوان،(3)39 ،.268–245

الفيتوري، عمر سالم، والمهدوي، طارق إبراهيم .(2022) .التحليل الكينماتيكي لمرحلة الارتقاء في الوثب العالي وعلاقته بمرونة الطرف السفلي لدى ناشئي ألعاب القوى .مجلة العلوم الرياضية والتربية البدنية، جامعة طرابلس،(2)14 ،–115 134.

قباج، محمد مصباح2026) .أ .(الأداء الجسدي في الفنون الأدائية :دراسة تجريبية لتأثير التدريبات الرياضية النوعية على التوازن الحركي والاستقرار الأدائي للممثل في المسرح الليبي المعاصر .بحوث الترقيات العلمية، المعهد العالي لتقنيات الفنون بطرابلس،(1)1 ،.32–1

قباج، محمد مصباح، والشريف، طارق .(2023) .واقع الإعداد البدني والحركي لطلبة شعبة التمثيل بالمعهد العالي لتقنيات الفنون بطرابلس :دراسة تقويمية ميدانية .مجلة الفنون وتقنيات الاتصال، المعهد العالي لتقنيات الفنون،9(1) ، 42-65.

مختار، بسام كمال .(2019) .علم الحركة والتحليل البيوميكانيكي المعاصر) ط .(1 دار الفكر العربي، القاهرة.

المنصوري، عادل، والزواري، منير .(2022) .التحليل البيوميكانيكي لحركات السقوط والنهوض لدى راقصي ومؤدي المسرح المعاصر وتأثيرها على العمود الفقري .المجلة التونسية لعلوم وتقنيات الفنون الأدائية، المعهد العالي للفن المسرحي بتونس،11(2) ،.88-114

References (English):

Blazevich, A. J., Cannavan, D., Waugh, C. M., Miller, S. C., Thorlund, J. B., Aagaard, P., & Kay, A. D. (2019). Range of motion, muscle architectural adaptations and mechanical properties following chronic eccentric stretching. Journal of Applied Physiology, 127(3), 652-663.

De Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. Journal of Biomechanics, 29(9), 1223-1230.

Enoka, R. M. (2015). Neuromechanics of Human Movement (5th ed.). Human Kinetics, Champaign, IL.

Kubo, K., Ikebukuro, T., & Yata, H. (2020). Effects of flexibility and tendon stiffness on energy cost of running in distance runners. European Journal of Applied Physiology, 120(5), 1089-1099.

Nigg, B. M., & Herzog, W. (2018). Biomechanics of the Musculo-skeletal System (4th ed.). Wiley-Blackwell, Chichester.

Russell, J. A. (2020). Preventing dance and performing arts injuries through biomechanical screening: Evidence and applications. Journal of Athletic Training, 55(11), 1140-1152.

Wanke, E. M., Mill, H., Wanke, A., & Davenport, J. (2021). Work-related musculoskeletal disorders in performing artists: Prevalence and biomechanical risk factors in theatrical productions. Medical Problems of Performing Artists, 36(2), 102-111.

Winter, D. A. (2009). Biomechanics and Motor Control of Human Movement (4th ed.). John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.

Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2020). Science and Practice of Strength Training (3rd ed.). Human Kinetics, Champaign, IL.

الملاحق العلمية والتطبيقية للدراسة(Scientific & Practical Annexes)

الملحق رقم :(1) دليل الفحص الكينماتيكي السريع للمؤدي المسرحي(Rapid Biomechanical Screening)

يقدم هذا الملحق معياراً إرشادياً للمخرجين وأساتذة الحركة بالمعهد العالي لتقنيات الفنون بطرابلس لتقييم سلامة السلاسل الحركية قبل بدء التدريبات الشاقة، ويتضمن الخطوات الآتية:

.1اختبار استقامة خط الثقل الرأسي :(Plumb Line Assessment) الوقوف في الوضع التشريحي ومراقبة محاذاة شحمة الأذن مع ناتئ الأخرم الكتفي، ومدور الفخذ الأكبر، والجهة الأمامية من الكعب الوحشي .يهدف الاختبار إلى الكشف عن أي انحراف أمامي أو خلفي يجهد العضلات الناصبة للعمود الفقري.

.2اختبار استقرار السلسلة المغلقة :(Single-leg Squat Test) يقوم المؤدي بثني ركبة ساق واحدة بزاوية 60 درجة مع تثبيت الحوض أفقياً .يُسجل الاختبار انحراف الركبة إلى الداخل (Knee Valgus) كعلامة دالة على ضعف العضلة الألوية الوسطى وقصور السلسلة الحركية.

.3اختبار مرونة الكاحل الوظيفية :(Weight-Bearing Lunge Test) قياس المسافة بين إبهام القدم والجدار مع الحفاظ على ملامسة الكعب للأرض .يُعد تحقيق مسافة تقل عن 10 سم مؤشراً حرجاً على احتمالية تلقي صدمات هبوط عنيفة على الخشبة المسرحية الصلبة.

الملحق رقم :(2) بروتوكول الإحماء البيوميكانيكي النوعي المقترح قبل العروض المسرحية

جدول زمني مقترح يستغرق 25 دقيقة يُلزم به ممثلو المسرح الحركي الليبي لتهيئة السلاسل المفصلية وتفعيل بروتين التيتين ورفع التوصيل العصبي:

•الدقائق :(5 – 1) تفعيل حراري قلبي وعائي خفيف عبر المشي الإيقاعي المتدرج وتدوير المفاصل الكبرى في اتجاهات متعددة.

•الدقائق :(12 – 6) إطالات ديناميكية نشطة تشمل عضلات الفخذ الخلفية، العضلة الضامة، والعضلات القطنية (World's Greatest Stretch)لتوسيع المدى المفصلي الوظيفي.

•الدقائق :(18 – 13) تفعيل عصبي استباقي لعضلات الجذع والحوض(Glute Bridges، Dead-Bug ، والبلانك الدوراني (لضبط الاستقرار المركزي.

•الدقائق :(25 – 19) تدريبات محاكاة بليومترية خفيفة للهبوط المتزن الصامت (Silent Landing Drills) والتوقف التعبيري المفاجئ لتهيئة المستقبلات الحسية العميقة للظروف الإضاءة والسينوغرافيا المتغيرة.