JMMBS
Journal of Movement Mechanics & Biomechanics Science
ISSN 3070-3662 (ऑनलाइन)

हिन्दी अनुवाद · Hindi translation of the English original

- यह लेख मूल अंग्रेज़ी लेख "Whole Limb Landing Mechanics in Female Athletes and Implications for Injury Prevention" का हिन्दी अनुवाद है। मूल अंग्रेज़ी लेख ही आधिकारिक संस्करण (Version of Record) है; किसी भी विसंगति की स्थिति में अंग्रेज़ी मूल मान्य होगा।
- **DOI:** https://doi.org/10.66078/jmmbs.2026.v3i2.022 — यह DOI मूल अंग्रेज़ी लेख का है; इस अनुवाद के लिए कोई अलग DOI जारी नहीं किया गया है।
- यह अनुवाद मशीन-सहायित है (नवंबर 2026)। लेखकों के नाम, संबद्धताएँ, DOI, ISSN और संदर्भ अपरिवर्तित रखे गए हैं। इसकी विशेषज्ञ हिन्दी भाषा-समीक्षा अभी नहीं हुई है।

समीक्षा लेख | खुली पहुँच | हिन्दी अनुवाद

महिला एथलीटों में संपूर्ण अंग लैंडिंग यांत्रिकी और चोट की रोकथाम के लिए निहितार्थ

मूल अंग्रेज़ी शीर्षक: Whole Limb Landing Mechanics in Female Athletes and Implications for Injury Prevention

Juan Francisco Garcia Vazquez
Centro Universitario FISIDEC (adscrito a la Universidad de Córdoba), Spain

Imen Achouri
High Institute of Sport and Physical Education of Sfax, University of Sfax, Tunisia

Sunita Malhotra
Clinical Research & Ethical Board Coordinator, MMSx Authority Institute, USA

Alireza Fatahian
Department of Nutrition and Movement Sciences, NUTRIM, Maastricht University, The Netherlands

Anee Thomas
Department of Nutrition and Movement Sciences, Indian Institute of Kinesiology & Biomechanics Science, India

Susmita Das
Assistant Professor, E and CSE; PhD (IIIT); MTech (Calcutta University); IEEE, IEI, ISPO, FOSET

पत्रिका

Journal of Movement Mechanics & Biomechanics Science (JMMBS) · ISSN 3070-3662 (ऑनलाइन)

खंड / अंक

खंड 3, अंक 2 · 2026

लेख का प्रकार

समीक्षा लेख (Review Article)

DOI (मूल अंग्रेज़ी लेख)

https://doi.org/10.66078/jmmbs.2026.v3i2.022

प्राप्त

20 अक्टूबर 2026

स्वीकृत

10 नवंबर 2026

मूल लेख प्रकाशित

11 नवंबर 2026

प्रकाशक

MMSx Authority Institute for Movement Mechanics & Biomechanics Research

लाइसेंस

CC BY 4.0 (मूल लेख का लाइसेंस)

सार

पृष्ठभूमि: लैंडिंग निचले अंगों और धड़ में समन्वित क्रियाओं पर निर्भर करती है। पूर्वकाल क्रूसिएट लिगामेंट चोट की रोकथाम के लिए आंदोलन माप की व्याख्या करने के लिए यांत्रिक विवरण, ऊतक लोडिंग, पूर्वानुमान और हस्तक्षेप प्रभावों को अलग करने की आवश्यकता होती है। उद्देश्य: महिला एथलीटों में संपूर्ण अंग लैंडिंग यांत्रिकी की जांच करना और माप, व्याख्या और अनुवाद के लिए एक रूपरेखा विकसित करना। तरीके: एक उद्देश्यपूर्ण कथा संश्लेषण एकीकृत प्रयोग, चोट समूह, रोकथाम परीक्षण, माप अध्ययन और सर्वसम्मति मार्गदर्शन। लक्षित वेब खोजों और उद्धरण सत्यापन को 10 नवंबर 2026 को अद्यतन किया गया था। मेटा-विश्लेषण या औपचारिक निश्चितता ग्रेडिंग के बिना डिजाइन, जनसंख्या, कार्य और मापा निर्माण द्वारा साक्ष्य की जांच की गई थी। संश्लेषण: समान प्रदर्शन या सापेक्ष संयुक्त योगदान विभिन्न निरपेक्ष मांगों के साथ सह-अस्तित्व में हो सकते हैं। पूर्वकाल क्रूसिएट लिगामेंट पुनर्निर्माण के बाद महिलाओं में, निकट-सममित हॉप दूरी कम पुनर्निर्मित-घुटने प्रणोदन कार्य को छिपा सकती है। शुद्ध क्षण और कार्य सीधे तौर पर लिगामेंट लोडिंग की मात्रा निर्धारित नहीं करते हैं। पूर्वानुमानित अध्ययनों से असंगत परिणाम मिलते हैं, जिसमें पहले बताए गए औसत दर्जे का-घुटना-विस्थापन संबंध को हटाकर सुधार भी शामिल है। हाल के अध्ययन उम्मीदवार के उपाय सुझाते हैं लेकिन स्वतंत्र सत्यापन की आवश्यकता है। मल्टीकंपोनेंट न्यूरोमस्कुलर प्रोग्राम में रोकथाम के सबूत हैं, हालांकि लाभ को एकल लैंडिंग वैरिएबल को नहीं सौंपा जा सकता है। कार्य उपलब्धि, माप त्रुटि, प्रदर्शन और कार्यक्रम वितरण व्याख्या को प्रभावित करते हैं। निष्कर्ष: संपूर्ण अंग विश्लेषण कार्य रणनीति का वर्णन कर सकता है, कमियों की पहचान कर सकता है और परिभाषाएँ और अनिश्चितता स्पष्ट होने पर अनुकूलन का मूल्यांकन कर सकता है। यह पुनर्वास और रोकथाम कार्यक्रमों का पूरक है; यह संश्लेषण कोई सार्वभौमिक संयुक्त योगदान, चोट सीमा या खेल में वापसी निकासी नियम स्थापित नहीं करता है।

हाइलाइट

- समान प्रदर्शन या सापेक्ष संयुक्त योगदान विभिन्न पूर्ण यांत्रिक मांगों को छुपा सकते हैं।
- एसीएल पुनर्निर्माण के बाद निकट-सममित हॉप दूरी पुनर्निर्मित-घुटने प्रणोदन कार्य को कम कर सकती है।
- शुद्ध संयुक्त क्षण और कार्य लिगामेंट भार नहीं हैं; पूर्वानुमानित स्क्रीनिंग निष्कर्ष असंगत रहते हैं।
- मल्टीकंपोनेंट न्यूरोमस्कुलर प्रोग्राम में रोकथाम के साक्ष्य होते हैं और पहुंच के लिए एक मान्य व्यक्तिगत-जोखिम लेबल की आवश्यकता नहीं होती है।

अंग्रेजी में प्रकाशित लेखों का पूरा विवरण, पंजीकरण के संस्करण का संदर्भ। एल रिज्यूमे, लॉस पुंटोस क्लेव, लॉस एन्काबेज़ाडोस वाई लॉस टिटुलोस डी फिगुरस वाई लॉस एस्टान डिस्पोनिबल्स एन लॉस कुआत्रो इडियोमास।

يُنشر النص الكامل للمقالة باللغة الإنجليزية، وهي لغة النسخة المسجّلة المرجعية. ويتوفر الملخص وأبرز النقاط والعناوين وعناوين الأشكال والجداول باللغات الأربع.

लेख का पूर्ण पाठ अंग्रेज़ी में प्रकाशित है, जो पंजीकृत संस्करण की संदर्भ भाषा है। सार, मुख्य बिंदु, शीर्षक तथा चित्रों और तालिकाओं के शीर्षक चारों भाषाओं में उपलब्ध हैं।

धारा 1

परिचय

लैंडिंग के लिए एथलीट को अगली कार्रवाई की तैयारी करते समय पूरे शरीर की गति को पुनर्निर्देशित करने की आवश्यकता होती है। निचले अंग और धड़ इस समाधान में योगदान करते हैं, और संयुक्त गति और शुद्ध यांत्रिक कार्य के कई संयोजनों के माध्यम से एक संतोषजनक प्रदर्शन परिणाम प्राप्त किया जा सकता है। इसलिए घुटने का माप एक समन्वित कार्य के भीतर एक अवलोकन है। इसकी उपयोगिता पूछे जाने वाले प्रश्न पर निर्भर करती है: किसी रणनीति का वर्णन करना, पुनर्वास घाटे की पहचान करना, चोट तंत्र की जांच करना या भविष्य के परिणाम का अनुमान लगाना। इन प्रश्नों को विनिमेय मानने से अनुसंधान और नैदानिक संचार दोनों कमजोर हो जाते हैं।

2025 महिला, महिला और/या लड़की एथलीट चोट रोकथाम (एफएआईआर) सर्वसम्मति प्रशिक्षण, कार्यान्वयन और सहायक खेल वातावरण के भीतर रोकथाम को स्थापित करती है [1]। यह व्यापक परिप्रेक्ष्य विस्तृत बायोमैकेनिक्स के साथ संगत है, बशर्ते कि मापा आंदोलन पैटर्न को चोट के एकमात्र निर्धारक के रूप में नहीं माना जाता है। महिला एथलीटों में ऊर्ध्वाधर और पार्श्व ड्रॉप जंप की तुलना करने वाला 2026 का एक प्रयोग पूर्ण यांत्रिक मांगों और व्यक्तिगत जोड़ों के लिए जिम्मेदार अनुपात के बीच अंतर को स्पष्ट करता है [2]। साथ में, ये विकास एक ऐसे ढाँचे को प्रेरित करते हैं जो यांत्रिक अवलोकनों को व्यावहारिक निर्णय के लिए आवश्यक साक्ष्य की ताकत और प्रकार से जोड़ता है।

यह समीक्षा लैंडिंग और निकट से संबंधित हॉपिंग कार्यों की जांच करती है, जिसमें पूर्वकाल क्रूसिएट लिगामेंट (एसीएल) की चोट और पुनर्वास पर विशेष जोर दिया गया है। केंद्रीय प्रस्ताव यह है कि संपूर्ण अंग मूल्यांकन तब उपयोगी हो जाता है जब कार्य, चर और इच्छित अनुमान को एक साथ निर्दिष्ट किया जाता है। अधिक चर स्वचालित रूप से अधिक सटीक चोट का पूर्वानुमान उत्पन्न नहीं करते हैं। इसके बजाय एक चिकित्सकीय रूप से मूल्यवान माप यह बता सकता है कि एक एथलीट किसी कार्य को कैसे पूरा करता है और पुनर्वास के दौरान पहचानी गई कमी में बदलाव होता है या नहीं।

धारा 2

साक्ष्य की पहचान और महत्वपूर्ण मूल्यांकन

इस आलोचनात्मक कथा समीक्षा में उद्देश्यपूर्ण साक्ष्य चयन का उपयोग किया गया। 10 नवंबर 2026 को पूरा किया गया अद्यतन PubMed रिकॉर्ड, प्रकाशक पृष्ठों और सार्वजनिक रूप से सुलभ पूर्ण पाठों का पता लगाने के लिए लक्षित वेब खोजों का उपयोग करता है। खोज में महिला एथलीटों या महिलाओं को लैंडिंग बायोमैकेनिक्स, संयुक्त कार्य, एसीएल चोट, संभावित स्क्रीनिंग, थकान, न्यूरोमस्कुलर रोकथाम, माप विश्वसनीयता और खेल में वापसी के साथ जोड़ा गया। सटीक-शीर्षक और डीओआई खोजों का उपयोग मूलभूत कागजात,

हाल के अध्ययनों और जुड़े सुधारों को सत्यापित करने के लिए भी किया गया था। प्रासंगिक यांत्रिक और पद्धति संबंधी कार्यों के लिए महत्वपूर्ण कागजात से उद्धरण ट्रेल्स की जाँच की गई।

मूल प्रयोगों, संभावित समूहों और नियंत्रित रोकथाम परीक्षणों को प्राथमिकता दी गई जो एक विशिष्ट व्याख्यात्मक प्रश्न को हल कर सकते हैं। माप परिभाषाओं, भविष्यवाणी-मॉडल मूल्यांकन, महिला प्रतिभागी अनुसंधान और चोट निगरानी के लिए आम सहमति और पद्धति संबंधी प्रकाशन शामिल किए गए थे। कार्य प्रत्याशा को प्रासंगिक बनाने के लिए हाल ही में एक व्यवस्थित समीक्षा का उपयोग किया गया था। महिला समूहों को प्राथमिकता दी गई; पुरुष या मिश्रित समूहों को तभी बनाए रखा गया जब उनका योगदान और सीमाएँ स्पष्ट थीं। अध्ययनों को शामिल करने के लिए समीक्षा के केंद्रीय तर्क का समर्थन करने की आवश्यकता नहीं थी। प्रारंभिक पूर्वानुमानित निष्कर्षों और बाद में नकारात्मक या सही परिणामों के बीच अंतर की जानबूझकर जांच की गई।

मूल्यांकन में डिज़ाइन, नमूना और घटना गणना, कार्य विशिष्टता, निर्माण वैधता, सांख्यिकीय अनिश्चितता और मापा परिणामों और लेखकों के स्पष्टीकरण के बीच अंतर पर विचार किया गया। उपलब्ध पूर्ण पाठों से महत्वपूर्ण समूह, परीक्षण और मॉडलिंग व्याख्याओं की जानकारी मिलती है। जब केवल एक सार ही पहुंच योग्य था, तो निष्कर्ष वहां स्पष्ट रूप से रिपोर्ट की गई जानकारी तक ही सीमित थे; 2026 दिशात्मक ड्रॉप-जंप अध्ययन ऐसा ही एक स्रोत है। खोज संपूर्ण नहीं थी, स्क्रीनिंग की नकल नहीं की गई थी, कोई संभावित रूप से पंजीकृत समीक्षा प्रोटोकॉल का उपयोग नहीं किया गया था, और कोई औपचारिक जोखिम-पूर्वाग्रह स्कोर या निश्चितता ग्रेड नहीं सौंपा गया था। तालिकाएँ व्याख्यात्मक सारांश हैं, संपूर्ण साक्ष्य सूची या नया मान्य मूल्यांकन उपकरण नहीं।

धारा 3

यांत्रिक मात्राएँ और उनकी व्याख्या

3.1बाहरी बल और संपूर्ण शरीर का संवेग

ग्राउंड-रिएक्शन बल एथलीट और समर्थन सतह के बीच बातचीत का वर्णन करता है। अतिरिक्त बाहरी समर्थन के बिना जमीन से संपर्क करने वाले एथलीट के लिए, पूरे शरीर की रैखिक गति संतुष्ट होती है

$$m(\mathbf{v}_{\mathrm{COM},2} - \mathbf{v}_{\mathrm{COM},1}) = \int_{t_1}^{t_2} \left(\sum_i \mathbf{F}_{\mathrm{GRF},i} + m\mathbf{g}\right) dt.$$

यहाँ, m शरीर का द्रव्यमान है, $\mathbf{v}_{\mathrm{COM}}$ द्रव्यमान वेग का केंद्र है, $\mathbf{g}$ गुरुत्वाकर्षण त्वरण है, और योग में प्रत्येक जमीनी संपर्क शामिल है। उपस्थित होने पर अन्य बाहरी ताकतों को भी शामिल किया जाना चाहिए। शरीर के वजन को घटाए बिना ऊर्ध्वाधर बल को एकीकृत करने से शुद्ध ऊर्ध्वाधर आवेग नहीं मिलता है। द्विपक्षीय लैंडिंग के दौरान, एक पैर के नीचे एक एकल बल प्लेट अपने आप में पूरे शरीर के आवेग का वर्णन नहीं कर सकती है जब तक कि अन्य संपर्क को भी शामिल नहीं किया जाता है।

चरम बल और आवेग विभिन्न प्रश्नों का उत्तर देते हैं। चरम बल एक क्षण को दर्शाता है, जबकि शुद्ध आवेग एक अंतराल पर गति परिवर्तन को नियंत्रित करता है। समान आवेग विभिन्न चरम बलों और संपर्क समय के साथ हो सकते हैं। इसी तरह, निचला शिखर बल स्वचालित रूप से घुटने की कम मांग का प्रमाण नहीं है: बल की दिशा, दबाव का केंद्र, शरीर का विन्यास और सभी पदार्थों के संपर्क के बाद होने वाली गति। बल प्लेट बाहरी अंतःक्रिया को मापती है, ACL में बल को नहीं।

3.2नेट क्षण और घूर्णी संयुक्त कार्य

व्युत्क्रम गतिकी शुद्ध संयुक्त क्षणों का अनुमान लगाने के लिए बाहरी ताकतों, खंड गति और जड़त्वीय गुणों को जोड़ती है। एक शुद्ध क्षण मॉडल के भीतर मांसपेशियों, निष्क्रिय ऊतकों और संयुक्त बाधाओं की संयुक्त यांत्रिक क्रिया का प्रतिनिधित्व करता है। यह एक अद्वितीय मांसपेशी-बल समाधान या लिगामेंट लोड की पहचान नहीं करता है। उन अनुमानों के लिए उनके इच्छित उपयोग के लिए उपयुक्त अतिरिक्त मान्यताओं और स्वतंत्र सत्यापन की आवश्यकता होती है [3]। संयुक्त-समन्वय प्रणालियाँ, घूर्णन अनुक्रम और क्या क्षणों को आंतरिक या बाहरी के रूप में रिपोर्ट किया गया है, यह स्पष्ट होना चाहिए; मानकीकरण मार्गदर्शन इन विकल्पों की रिपोर्ट करने के लिए एक आधार प्रदान करता है [4]।

घूर्णी संयुक्त शक्ति के लिए, एक लगातार परिभाषित शुद्ध क्षण और सापेक्ष कोणीय वेग देते हैं

$$P_j(t) = \mathbf{M}_j(t) \cdot \boldsymbol{\omega}_j(t), \qquad W_j = \int_{t_1}^{t_2} P_j(t)\,dt.$$

पल $\mathbf{M}_j$ और सापेक्ष कोणीय वेग $\boldsymbol{\omega}_j$ संगत अक्षों और संकेतों का उपयोग करना चाहिए। शक्ति को वाट में तथा कार्य को जूल में व्यक्त किया जाता है। एक परंपरा के तहत जिसमें नकारात्मक शक्ति शुद्ध अवशोषण का प्रतिनिधित्व करती है, एक गैर-नकारात्मक अवशोषण माप को इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है

$$A_j = -\int_{t_1}^{t_2} \min\{P_j(t), 0\}\,dt.$$

यह शक्ति वक्र के नकारात्मक भाग को सकारात्मक कार्य से अलग करता है जो अन्यथा इसे रद्द कर सकता है। एक पेपर में यह बताना होगा कि क्या यह हस्ताक्षरित नेटवर्क कार्य, सकारात्मक कार्य, नकारात्मक कार्य या अवशोषण परिमाण की रिपोर्ट करता है, और एकीकरण अंतराल निर्दिष्ट करता है। चरम घुटने के लचीलेपन से संपर्क, न्यूनतम केंद्र-द्रव्यमान ऊंचाई से संपर्क और संपूर्ण रुख चरण विनिमेय खिड़कियां नहीं हैं।

शुद्ध जोड़ का कार्य किसी व्यक्तिगत मांसपेशी या कण्डरा का कार्य नहीं है। प्रतिपक्षी गतिविधि आंशिक रूप से शुद्ध क्षण में रद्द हो सकती है, और बायआर्टिकुलर संरचनाएं जोड़ों के बीच ऊर्जा स्थानांतरित कर सकती हैं। जब ये मॉडल के लिए प्रासंगिक होते हैं तो घूर्णी शक्ति अनुवाद संबंधी शब्दों को भी छोड़ देती है। ज़ेलिक और हॉनर्ट ने विश्लेषणात्मक तर्क और चलने के मामले के अध्ययन के माध्यम से प्रदर्शित किया है कि पैर को एक कठोर खंड के रूप में मानने से टखने और पैर की शक्ति का अनुमान विकृत हो सकता है [5]। पद्धतिगत पाठ मॉडल चयन के लिए प्रासंगिक है, लेकिन उनके चलने के प्रभाव का आकार संख्यात्मक रूप से एथलेटिक लैंडिंग में स्थानांतरित नहीं किया जाना चाहिए।

3.3 भिन्नों के लिए दृश्यमान हर की आवश्यकता होती है

सापेक्ष अवशोषण योगदान को इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है $q_j = A_j / \sum_k A_k$, जहां हर में एक ही अंग और अंतराल में जोड़ों का एक पूर्वनिर्धारित सेट शामिल होता है। यह भिन्न तभी सार्थक है जब हर धनात्मक हो और अंतर्निहित मात्राएँ संगत हों। यह किसी सहायता-क्षण का योगदान, मांसपेशियों का योगदान या पूरे शरीर की ऊर्जा अपव्यय का अनुपात नहीं है। बिना मापे गए पैर की विकृति, नरम-ऊतक गति और अन्य खंड मापे गए संयुक्त योग को पूरे सिस्टम का प्रतिनिधित्व करने से रोक सकते हैं।

एक उदाहरणात्मक गणना से पता चलता है कि निरपेक्ष और सापेक्ष परिणामों को एक साथ क्यों रिपोर्ट किया जाना चाहिए। यदि घुटने का अवशोषण 30 से 60 J तक बढ़ जाता है, जबकि मापा गया जोड़ 100 से 240 J तक बढ़ जाता है, तो घुटने का अंश 30% से 25% तक गिर जाता है, भले ही घुटने का पूर्ण अवशोषण दोगुना हो जाता है। ये संख्याएँ अंकगणितीय उदाहरण हैं, प्रतिभागी डेटा नहीं। अकेले अंश में बदलाव से बड़ी कुल मांग के भीतर अनलोडिंग को पुनर्वितरण से अलग नहीं किया जा सकता है। तालिका 1 मुख्य माप सीमाओं का सारांश प्रस्तुत करती है।

तालिका 1

यांत्रिक मात्राएँ और व्याख्या की सीमाएँ

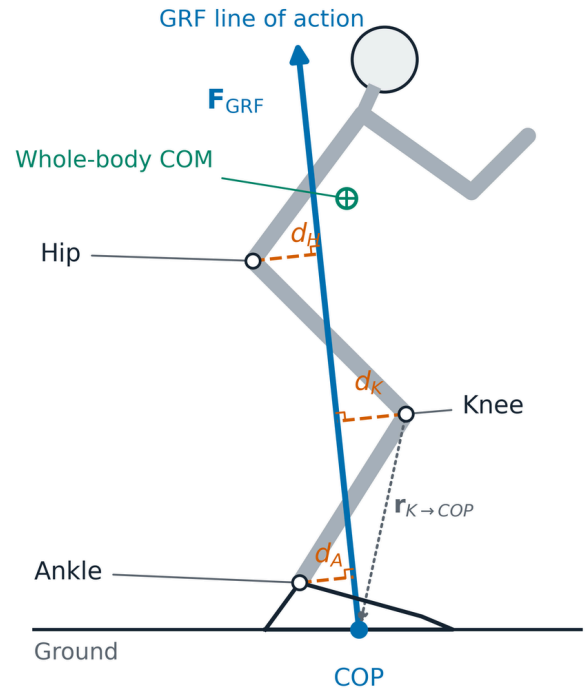
मात्रा	परिभाषा और इकाइयाँ	व्याख्या सीमा
भू-प्रतिक्रिया बल	एन में बाहरी संपर्क बल	सीधे तौर पर आंतरिक ऊतक बल को मापता नहीं है
शुद्ध बाह्य आवेग	एन एस में सभी बाहरी ताकतों का अभिन्न अंग	शरीर के वजन और सभी संपर्कों का हिसाब रखना आवश्यक है
शुद्ध संयुक्त क्षण	एन एम में व्युत्क्रम-गतिशीलता अनुमान	किसी व्यक्तिगत मांसपेशी या स्नायुबंधन बल की पहचान नहीं करता है
घूर्णी संयुक्त शक्ति	डब्ल्यू में संगत क्षण और कोणीय-वेग डॉट उत्पाद	मॉडल, अक्षों और संकेत परिपाटी पर निर्भर करता है
संयुक्त कार्य या अवशोषण	जे में परिभाषित शक्ति अभिन्न	हस्ताक्षरित नेटवर्क कार्य और नकारात्मक-कार्य परिमाण भिन्न-भिन्न हैं
सापेक्ष संयुक्त योगदान	निर्दिष्ट अंश को निर्दिष्ट कुल से विभाजित किया गया	हर परिवर्तन पूर्ण वृद्धि को छिपा सकता है

परिभाषाएँ चोट की सीमा के बजाय यांत्रिक मात्राएँ हैं। मॉडल और समन्वय-प्रणाली संबंधी विचार संदर्भों [3, 4, 5] द्वारा समर्थित हैं। चित्र 1 स्पष्ट रूप से परिभाषित लैंडिंग अंतराल के भीतर बाह्य-बल ज्यामिति, शुद्ध संयुक्त क्षणों और घूर्णी अवशोषण को अलग करता है।

Landing mechanics: force, moment and absorption

Conceptual sagittal plane | Initial contact to first peak knee flexion

A External-force geometry



d_H, d_K, d_A: perpendicular lever arms

B Mechanical definitions

GRF moment contribution about joint j

$$\mathbf{M}_{GRF,j} = \mathbf{r}_{j\to COP} \times \mathbf{F}_{GRF}$$

$$|M_{GRF,j}| = F_{GRF}\, d_j \quad \text{(sagittal plane)}$$

r: joint centre to COP (m); F: N.
One force-moment contribution (N m).

Net joint moment: inverse dynamics

Requires segment inertia, gravity, joint forces and all external loads. The GRF lever arm alone is insufficient.

Rotational joint power

$$P_j = \mathbf{M}_j \cdot \boldsymbol{\omega}_j$$

Compatible moment and relative angular-velocity axes; negative power denotes net mechanical absorption here.

$$A_j = -\int_{t_{IC}}^{t_{PKF}} \min(P_j, 0)\, dt \;\geq 0$$

Power: W | Absorption magnitude: J

IC = initial contact; PKF = first peak knee flexion. Geometry is illustrative, not measured.

Net joint moment and work do not identify ligament force or individual muscle work.

Single support shown; account for every contact and other external loads. Sources: [3–5].

चित्र 1. लैंडिंग यांत्रिकी: बल, क्षण और अवशोषण

प्रारंभिक लैंडिंग का वैचारिक धनु-तल प्रतिनिधित्व, यहां प्रारंभिक संपर्क से लेकर पहले चरम घुटने के लचीलेपन तक परिभाषित किया गया है। पैनल ए दबाव के केंद्र (सीओपी), पूरे शरीर के द्रव्यमान के केंद्र (सीओएम), कूल्हे, घुटने और टखने के केंद्रों, जमीन-प्रतिक्रिया बल (जीआरएफ), और संयुक्त केंद्रों से इसकी कार्रवाई की रेखा तक लंबवत दूरी को अलग करता है। सचित्र घुटने से सीओपी स्थिति वेक्टर एक बाहरी-बल क्षण योगदान को परिभाषित करता है। पैनल बी उस योगदान को पूर्ण व्युत्क्रम गतिशीलता के माध्यम से प्राप्त शुद्ध संयुक्त क्षण से अलग करता है। संगत क्षण और सापेक्ष कोणीय-वेग अक्ष घूर्णी शक्ति को परिभाषित करते हैं; नकारात्मक शक्ति बताए गए सम्मेलन के तहत शुद्ध अवशोषण को दर्शाती है। केवल इसके नकारात्मक भाग को एकीकृत करने से एक गैर-नकारात्मक अवशोषण परिमाण मिलता है। ज्यामिति उदाहरणात्मक है, भागीदार डेटा नहीं। शुद्ध संयुक्त मात्रा स्नायुबंधन बल, व्यक्तिगत मांसपेशियों के काम या चोट की सीमा की पहचान नहीं करती है। मॉडल और समन्वय-प्रणाली सिद्धांत संदर्भों का पालन करते हैं [3-5]।

धारा 4

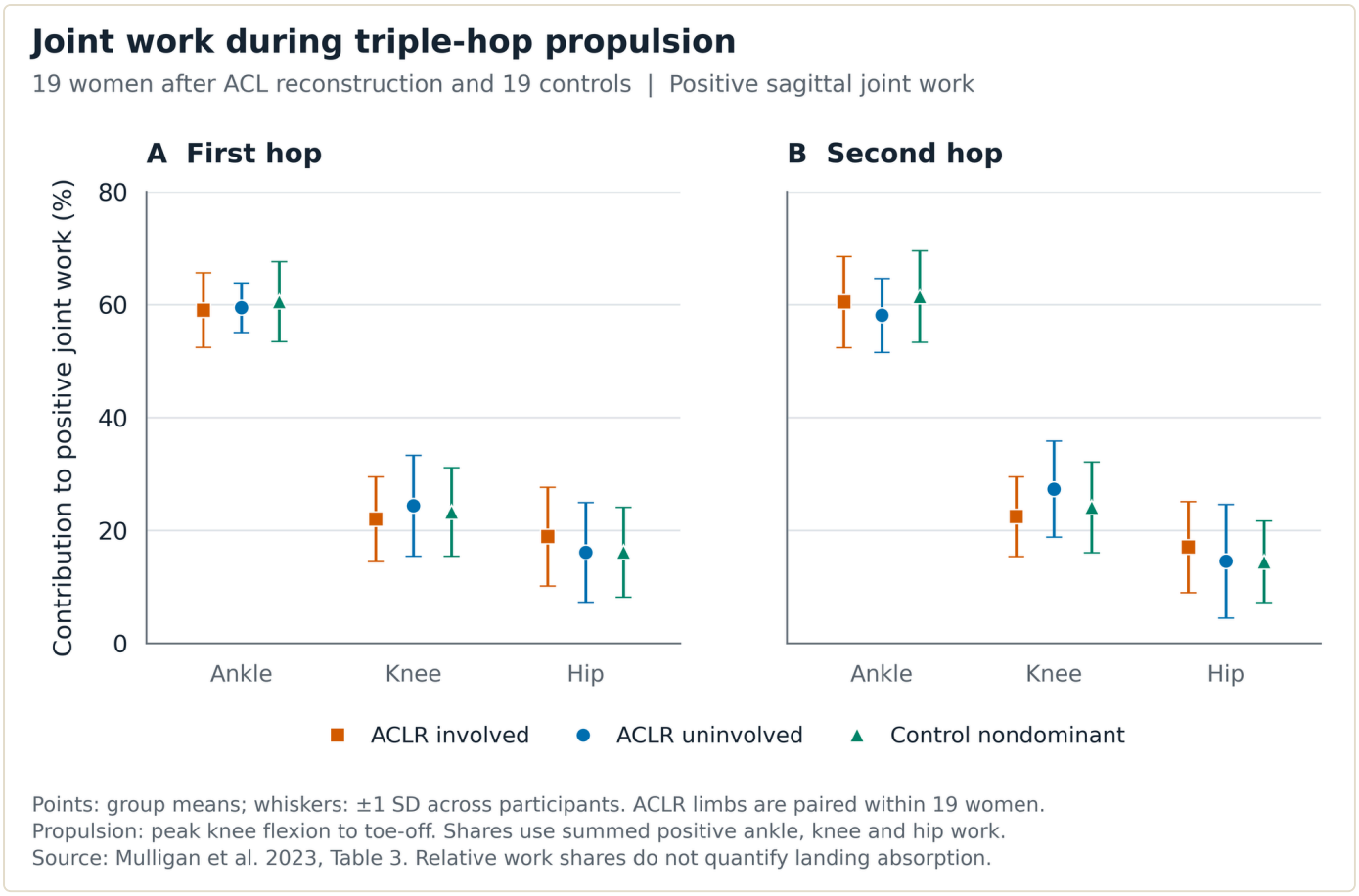
संपूर्ण अंग प्रयोग छिपी हुई कार्य रणनीतियों को प्रकट करते हैं

लिन और कैनन ने ऊर्ध्वाधर और पार्श्व ड्रॉप जंप के दौरान 18 महिला एथलीटों का मूल्यांकन किया। उनका सार अलग-अलग पूर्ण अंग और संयुक्त मांगों की रिपोर्ट करता है लेकिन अध्ययन-परिभाषित त्रि-आयामी समर्थन क्षण में समान औसत कूल्हे, घुटने और टखने का योगदान देता है [2]। ये निष्कर्ष पूर्ण और सापेक्ष मात्रा को एक साथ रिपोर्ट करने का समर्थन करते हैं। वे एक इष्टतम वितरण स्थापित नहीं करते हैं या यह नहीं दिखाते हैं कि तंत्रिका तंत्र ने सभी स्थितियों में एक समान नियंत्रण प्रक्रिया का उपयोग किया है। विशेष रूप से, सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण अंतःक्रिया का अभाव तुल्यता का औपचारिक परीक्षण नहीं है। रिपोर्ट किए गए समर्थन-क्षण अंशों को संयुक्त-कार्य अंशों या ऊर्जा-अवशोषण प्रतिशत के रूप में पुनः लेबल नहीं किया जाना चाहिए।

हॉप अध्ययन प्रदर्शन को छुपाने वाली संयुक्त रणनीति का चिकित्सकीय रूप से प्रासंगिक उदाहरण प्रदान करते हैं। कोत्सिफाकी और सहकर्मियों ने एसीएल पुनर्निर्माण (एसीएलआर) के बाद 26 पुरुषों और 23 पुरुष नियंत्रणों का अध्ययन किया। एसीएलआर समूह में, औसत हॉप-दूरी समरूपता 97% थी जबकि घुटने के प्रणोदन-कार्य समरूपता लगभग 69% थी [6]। समूह उम्र और गतिविधि स्तर में भिन्न थे, और प्रयोग ने भविष्य में चोट के कारण को स्थापित नहीं किया। इसका सबसे मजबूत योगदान यह प्रदर्शित करना है कि दूरी में समरूपता और संयुक्त कार्य में समरूपता अलग-अलग निर्माण हैं।

महिलाओं में प्रत्यक्ष प्रमाण उस भेद का समर्थन करते हैं। मुलिगन और सहकर्मियों ने ट्रिपल हॉप के दौरान एसीएलआर के बाद 19 महिलाओं की तुलना 19 नियंत्रणों से की। लगभग 96% की औसत दूरी समरूपता के बावजूद, पुनर्निर्मित घुटने ने असंबद्ध घुटने की तुलना में कम प्रणोदन कार्य उत्पन्न किया [7]। परिणाम पहले दो प्रणोदन चरणों की चिंता करते हैं, न कि सार्वभौमिक लैंडिंग घाटे या पुनः क्षति सीमा की। इन अध्ययनों में, घुटने की रिकवरी के पूर्ण माप के रूप में हॉप दूरी की व्याख्या करना उचित ठहराना मुश्किल है, लेकिन प्रदर्शन तब उपयोगी रहता है जब यह आकलन किया जाए कि इसे कैसे हासिल किया गया।

ट्रिपल-हॉप प्रणोदन के दौरान संयुक्त-कार्य योगदान प्राप्त हॉप दूरी से परे जानकारी प्रदान करता है (चित्र 2)।



चित्र 2. ट्रिपल-हॉप प्रणोदन के दौरान संयुक्त कार्य

एकल-पैर ट्रिपल हॉप के पहले (ए) और दूसरे (बी) प्रणोदक हॉप के दौरान सापेक्ष सकारात्मक यांत्रिक संयुक्त कार्य। पॉइंट और व्हिस्कर्स पूर्वकाल क्रूसिएट लिगामेंट पुनर्निर्माण (एसीएलआर) और 19 नियंत्रणों के बाद 19 महिलाओं के लिए प्रकाशित साधन और प्रतिभागी मानक विचलन दिखाते हैं। सम्मिलित और असंबद्ध एसीएलआर अंग एक ही महिला के युग्मित माप हैं; नियंत्रण अंग गैरप्रमुख है। प्रणोदन अधिकतम घुटने के लचीलेपन से लेकर पैर के अंगूठे तक फैला हुआ है। प्रत्येक संयुक्त योगदान सकारात्मक टखने, घुटने और कूल्हे के काम का एक प्रतिशत है, जिसमें प्रतिभागी-स्तर के विश्लेषण से पहले तीन सफल परीक्षणों का औसत होता है। प्रकाशित गोलाकार साधन बरकरार हैं। मूल्यों को मुलिगन एट अल से एक नए लेआउट में दोहराया गया है। (2023), तालिका 3 [7]। ये सापेक्ष योगदान प्रणोदन का वर्णन करते हैं; वे पूर्ण संयुक्त कार्य, लैंडिंग अवशोषण, लिगामेंट लोडिंग या भविष्य में चोट के जोखिम की मात्रा निर्धारित नहीं करते हैं। कोई महत्व परीक्षण या व्यक्तिगत समरूपता मूल्यों का पुनर्निर्माण नहीं किया गया है।

तुलना अंग को भी जांच की आवश्यकता है। वेलसैंड्ट और सहकर्मियों ने पाया कि समवर्ती अंग-समरूपता उपाय असंबद्ध अंग के पूर्व-सर्जिकल माप के सापेक्ष पुनर्प्राप्ति को अधिक महत्व दे सकते हैं [8]। प्रीसर्जिकल फ़ंक्शन स्वयं वास्तविक प्रीइंजरी बेसलाइन नहीं है। जहां संभव हो, व्याख्या में पूर्ण प्रदर्शन, ऐतिहासिक मूल्य, एक उचित संदर्भ समूह और द्विपक्षीय माप शामिल होना चाहिए। एकता के करीब पहुंचने वाला अनुपात शामिल अंग के सुधार, तुलनात्मक अंग की गिरावट, या दोनों को प्रतिबिंबित कर सकता है।

ट्रंक उस कॉन्फ़िगरेशन को बदल सकता है जिसके माध्यम से बल कार्य करते हैं। नियंत्रित ड्रॉप लैंडिंग के दौरान ब्लैकबर्न और पडुआ ने प्रयोगात्मक रूप से ट्रंक लचीलेपन को बढ़ाया और कूल्हे और घुटने के लचीलेपन में परिवर्तन देखा [9]। यह कार्य के भीतर युग्मन को प्रदर्शित करता है, लेकिन यह साबित नहीं करता है कि अधिकतम ट्रंक लचीलापन एसीएल की चोट को रोकता है। फीडबैक का मूल्यांकन इच्छित आंदोलन लक्ष्य, अगली कार्रवाई और जोड़ों में पुनर्वितरण के आधार पर किया जाना चाहिए। एक संकेत जो एक मापी गई मांग को कम करता है वह संतुलन, दूसरे जोड़ की मांग या खेल प्रदर्शन को बदल सकता है।

धारा 5

ऊतक तंत्र व्यक्तिगत चोट की संभावनाएँ स्थापित नहीं करते हैं

चयनित पुनर्वास गतिविधियों में प्रत्यक्ष माप से पता चलता है कि एसीएल तनाव घुटने की स्थिति और मांसपेशियों के संकुचन की स्थिति पर निर्भर करता है [10]। कैडेवरिक प्रयोग इसी तरह प्रदर्शित करते हैं कि क्वाड्रिसेप्स और हैमस्ट्रिंग लोडिंग एसीएल बल और घुटने कीनेमेटिक्स को प्रभावित करते हैं [11]। ये अध्ययन यंत्रवत स्पष्टीकरण को बाधित करते हैं, लेकिन उनकी लोडिंग स्थितियां उच्च गति वाले खेल से भिन्न होती हैं। वे प्रतिस्पर्धी लैंडिंग के दौरान घुटने के कोण, इलेक्ट्रोमोग्राफिक आयाम या बल-प्लेट शिखर से लिगामेंट तनाव तक रूपांतरण फॉर्मूला प्रदान नहीं करते हैं।

सतही इलेक्ट्रोमोग्राफी उत्तेजना के समय को सूचित कर सकती है और मस्कुलोस्केलेटल मॉडल को बाधित कर सकती है, लेकिन यह प्रत्यक्ष बल माप नहीं है। इलेक्ट्रोड प्लेसमेंट, सामान्यीकरण और उत्तेजना, मांसपेशियों की लंबाई, संकुचन वेग और बल के बीच संबंध व्याख्या को प्रभावित करते हैं। यांत्रिक रूप से सुसंगत अनुमान में अभी भी शरीर रचना विज्ञान, भौतिक गुणों और बल-साझाकरण धारणाओं में अनिश्चितता हो सकती है। संवेदनशीलता विश्लेषण को यह पहचानना चाहिए कि दृष्टिगत रूप से प्रशंसनीय अनुकरण को स्वतंत्र सत्यापन के रूप में मानने के बजाय कौन सी धारणाएँ किसी निष्कर्ष को भौतिक रूप से बदल देती हैं [3]।

कोगा और सहकर्मियों ने वीडियो और मॉडल-आधारित छवि मिलान का उपयोग करके महिला हैंडबॉल और बास्केटबॉल में दस गैर-संपर्क एसीएल चोट की घटनाओं का पुनर्निर्माण किया [12]। अनुमानित चोट अवधि के आसपास तीव्र मल्टीप्लानर गति वास्तविक खेल से मूल्यवान यंत्रवत साक्ष्य प्रदान करती है। हालाँकि, वीडियो सीधे तौर पर सूक्ष्म टूटने के समय को प्रकट नहीं करता है, और कुछ देखी गई गति लिगामेंट की विफलता के बाद हो सकती है। तुलनीय गैर-चोट जोखिम के बिना, केस श्रृंखला यह अनुमान नहीं लगा सकती है कि एक ही स्पष्ट आंदोलन कितनी बार सुरक्षित रूप से होता है। इसलिए एक तंत्र अध्ययन और एक संभावित स्क्रीनिंग अध्ययन विभिन्न प्रश्नों का उत्तर देते हैं।

धारा 6

संभावित सहयोग और स्क्रीनिंग प्रदर्शन

प्रभावशाली हेवेट समूह ने एक सीज़न से पहले 205 महिला एथलीटों को मापा, जिनमें से नौ को बाद में एसीएल चोटें आईं, और घुटने की मुद्रा और लोडिंग से जुड़े संबंधों की सूचना दी [13]। चोटों की कम संख्या सटीकता और बहुपरिवर्तनीय अनुमानों की स्थिरता को सीमित करती है। बाद में 710 विशिष्ट महिला फुटबॉल और हैंडबॉल खिलाड़ियों के अध्ययन में 42 गैर-संपर्क एसीएल चोटें दर्ज की गईं और वर्टिकल ड्रॉप जंप के लिए खराब स्क्रीनिंग प्रदर्शन पाया गया [14]। इसके शुद्धिपत्र ने औसत दर्जे के घुटने के विस्थापन को ठीक किया और मूल रूप से उस चर के लिए रिपोर्ट की गई एसोसिएशन को हटा दिया [15]। व्याख्याओं को सही परिणाम का उपयोग करना चाहिए।

एक यांत्रिक रूप से प्रशंसनीय विशेषता भविष्य में घायल और गैर-घायल एथलीटों के बीच खराब भेदभाव कर सकती है। व्यक्तिगत वितरण ओवरलैप होते हैं, एक्सपोज़र भिन्न होता है, और एक संक्षिप्त प्रयोगशाला परीक्षण में नमूना किया गया आंदोलन चोट की स्थितियों का प्रतिनिधित्व नहीं कर सकता है। बह्व संबंधित कारक की पहचान करने, एक उपयोगी स्क्रीनिंग परीक्षण विकसित करने और स्क्रीनिंग-निर्देशित हस्तक्षेप से लाभ प्रदर्शित करने के लिए आवश्यक साक्ष्य को अलग करता है [16]। एक महत्वपूर्ण समूह अंतर चिकित्सकीय रूप से उपयोगी सीमा प्रदान नहीं करता है, और उपयोगी भविष्यवाणी की अनुपस्थिति यह नहीं दिखाती है कि यांत्रिकी चोट के कारण अप्रासंगिक है।

द्वितीयक चोट मॉडल समान संयम की गारंटी देते हैं। पैटरनो और सहकर्मियों ने एसीएलआर के बाद 56 एथलीटों का अनुसरण किया, जिनमें 13 सेकंड की एसीएल चोटें थीं, और लैंडिंग और स्थिरता उपायों का उपयोग करके भेदभाव का वादा किया गया था [17]। एक छोटा सा विकास समूह आशावादी स्पष्ट प्रदर्शन उत्पन्न कर सकता है, खासकर जब कई उम्मीदवार चर पर विचार किया जाता है। मॉडल की रिपोर्ट की गई सटीकता को सार्वभौमिक रूप से मान्य निकासी नियम के रूप में नहीं माना जाना चाहिए या किसी भिन्न खेल, पुनर्वास सेवा या महिला उपसमूह में अपरिवर्तित स्थानांतरित नहीं किया जाना चाहिए।

उन आवश्यकताओं को हटाए बिना नए निष्कर्षों पर विचार किया जाना चाहिए। एओकी और सहकर्मियों के 2026 पायलट ने 44 महिला बास्केटबॉल खिलाड़ियों का अनुसरण किया और छह एसीएल-घायल घुटनों की सूचना दी। धनु गति के सापेक्ष ललाट गति का माप एक परीक्षण किए गए घुटने के लचीलेपन कोण पर चोट समूहों के बीच भिन्न होता है [18]। यह एक उम्मीदवार सुविधा प्रदान करता है, लेकिन छोटी घटना गणना और कई कोण-विशिष्ट तुलनाएं एक निश्चित स्क्रीनिंग सीमा को रोकती हैं। स्ट्राब और पॉवर्स ने पूर्वव्यापी केस-नियंत्रण अध्ययन में खेल में वापसी से पहले के वीडियो का विश्लेषण किया, जिसमें गैर-संपर्क माध्यमिक एसीएल चोट वाली 23 महिला एथलीटों का मिलान 57 गैर-घायल एथलीटों से किया गया [19]। कार्य-व्युत्पन्न समग्र स्कोर के संबंध आगे के मूल्यांकन का समर्थन करते हैं। हालाँकि, एक ही डेटासेट के भीतर प्राप्त परिणाम-निर्भर नमूनाकरण और सीमाएँ कैलिब्रेटेड पूर्ण जोखिम या बाहरी प्रदर्शन स्थापित नहीं करती हैं। द्वि-आयामी कोणीय सरोगेट्स भी मापे गए त्रि-आयामी संयुक्त क्षणों से अलग रहते हैं।

पूर्वानुमान अध्ययन को विकास, आंतरिक सत्यापन और वास्तविक बाहरी मूल्यांकन को अलग करना चाहिए। रिपोर्ट अंशांकन के साथ-साथ भेदभाव, पूर्व चोट और जोखिम का हिसाब, लापता डेटा का वर्णन और प्रदर्शन अनुमानों में अनिश्चितता प्रदान करता है। प्रतिभागी स्तर का पृथक्करण आवश्यक है: प्रशिक्षण और परीक्षण सेट दोनों में एक ही एथलीट से बार-बार परीक्षण कराने से नए एथलीट के लिए सामान्यीकरण का मूल्यांकन नहीं होता है। TRIPOD+AI पारदर्शी रिपोर्टिंग का समर्थन करता है, जबकि PROBAST+AI प्रदर्शन मूल्यांकन में पूर्वाग्रह से मॉडल-विकास की गुणवत्ता को अलग करता है [20, 21]। किसी भी ढांचे के अनुपालन से मूल्यांकन में सुधार होता है; यह स्वयं नैदानिक उपयोगिता स्थापित नहीं करता है। चयनित अनुभवजन्य निष्कर्षों और उनकी अनुमान सीमाओं को तालिका 2 में संक्षेपित किया गया है। ये अध्ययन विभिन्न निर्माणों को संबोधित करते हैं और इन्हें एक प्रभाव के अनुमान के रूप में एकत्रित नहीं किया जाना चाहिए।

तालिका 2
चयनित अनुभवजन्य साक्ष्य और स्वीकार्य निष्कर्ष

अध्ययन और डिजाइन	जनसंख्या या सूचना का आकार	समर्थित निष्कर्ष और प्रमुख सीमा
लिन और तोप प्रयोगशाला प्रयोग [2]	18 महिला एथलीट	विभिन्न निरपेक्ष माँगों के बावजूद समान रिपोर्ट किए गए समर्थन-क्षण अंश; समतुल्यता या संभावित जोखिम साक्ष्य नहीं
मुलिगन एट अल क्रॉस-सेक्शनल प्रयोग [7]	एसीएलआर और 19 नियंत्रण के बाद 19 महिलाएं	निकट-सममित ट्रिपल-हॉप दूरी निचले पुनर्निर्मित-घुटने प्रणोदन कार्य को छुपा सकती है; लैंडिंग या पुनः चोट सीमा नहीं
हेवेट एट अल संभावित समूह [13]	205 महिला एथलीट और 9 एसीएल चोटें	प्रारंभिक भविष्यसूचक संघ; छोटी घटना गणना सटीकता और मॉडल स्थिरता को सीमित करती है
क्रोशौग एट अल और शुद्धिपत्र [14, 15]	710 विशिष्ट महिला खिलाड़ी और 42 गैर-संपर्क एसीएल चोटें	खराब ड्रॉप-जंप स्क्रीनिंग प्रदर्शन; सही औसत दर्जे का विस्थापन चोट से जुड़ा नहीं था
पैटरनो एट अल संभावित समूह [17]	ACLR के बाद 56 एथलीट और 13 सेकंड की चोटें	उम्मीदवार की पूर्वानुमान संबंधी विशेषताएं; स्पष्ट विकास प्रदर्शन के लिए बाहरी मूल्यांकन की आवश्यकता होती है
आओकी और अन्य संभावित पायलट [18]	44 महिला बास्केटबॉल खिलाड़ी और 6 घुटनों में चोट	उम्मीदवार के घुटने टेकने की सुविधा; छोटी घटना गणना और कोण-विशिष्ट तुलनाएं अनुमान को सीमित करती हैं
स्ट्राब और पॉवर्स पूर्वव्यापी केस-नियंत्रण अध्ययन [19]	23 महिला माध्यमिक-चोट के मामले और 57 मिलान नियंत्रण	मल्टीटास्क वीडियो एसोसिएशन; आंतरिक रूप से व्युत्पन्न सीमाएँ और परिणाम नमूनाकरण सीमा भविष्यवाणी दावे

धारा 7

कार्य की बाधाएं और महिला एथलीट संदर्भ

7.1 प्रत्याशा और थकान

एक पूर्वाभ्यास किया गया द्विपक्षीय ड्रॉप जंप एक बाधित गति समस्या का नमूना पेश करता है। खेल में एकतरफा समर्थन, गेंद या प्रतिद्वंद्वी, अप्रत्याशित दिशा और तेजी से त्वरण की ओर संक्रमण शामिल हो सकता है। 2025 की एक व्यवस्थित समीक्षा अप्रत्याशित कटाई और लैंडिंग के लिए अलग-अलग बायोमैकेनिकल प्रतिक्रियाओं की रिपोर्ट करती है, जिसमें इस बात पर जोर दिया गया है कि कार्य श्रेणियों को समकक्ष नहीं माना जा सकता है [22]। प्रासंगिक प्रश्न यह है कि कौन सा कार्य इच्छित मूल्यांकन के लिए आवश्यक मांगों का नमूना लेता है, बजाय इसके कि क्या अधिक जटिल परीक्षण आंतरिक रूप से बेहतर है।

बोरोतिकर और सहकर्मियों ने 25 महिला कॉलेजिएट एथलीटों में थकान बढ़ने पर प्रत्याशित और अप्रत्याशित सिंगल-लेग लैंडिंग की जांच की। अप्रत्याशित स्थिति में थकान के प्रति कई गतिकीय प्रतिक्रियाएँ अधिक स्पष्ट थीं [23]। यह प्रयोगात्मक बाधाओं के बीच परस्पर क्रिया को प्रदर्शित करता है; अध्ययन में बाद की चोटों का पता नहीं चला। एक प्रयोगशाला थकान प्रोटोकॉल को स्वतंत्र साक्ष्य के बिना मैच थकान के एक वफादार अनुकरण का लेबल नहीं दिया जाना चाहिए। इसकी व्यायाम सामग्री, रुकने की कसौटी, बीता हुआ समय और प्राप्त प्रदर्शन की सूचना दी जानी चाहिए।

कार्य सिद्धि दिखनी चाहिए। कम अनुमानित घुटने की मांग कम ताकत से कूदने, अधिक धीरे-धीरे आने, कम प्रभावी ऊंचाई से उतरने या लंबे समय तक जमीन के संपर्क को स्वीकार करने के परिणामस्वरूप हो सकती है। ये माप त्रुटियों के बजाय उद्देश्यपूर्ण अनुकूलन हो सकते हैं, लेकिन वे मिलान प्रदर्शन पर पुनर्वितरण से विभिन्न प्रश्नों का उत्तर देते हैं। मानकीकृत-मांग और प्राकृतिक-प्रदर्शन डिज़ाइन दोनों उपयोगी हो

सकते हैं। जांचकर्ताओं को यह तय करने से पहले इच्छित तुलना बतानी चाहिए कि क्या गति, ऊंचाई या संपर्क समय को नियंत्रित किया जाना चाहिए, परिणाम के रूप में विश्लेषण किया जाना चाहिए या सहसंयोजक के रूप में शामिल किया जाना चाहिए।

7.2परिपक्वता और प्रतिभागी लक्षण वर्णन

क्रॉस-सेक्शनल शोध दर्शाता है कि लिंग और परिपक्वता को लैंडिंग रणनीतियों से जोड़ा जा सकता है [24]। इस तरह की तुलना किसी व्यक्ति के विकासात्मक प्रक्षेप पथ को स्थापित नहीं कर सकती है या प्रशिक्षण के अवसर में अंतर से जैविक परिपक्वता को अलग नहीं कर सकती है। अध्ययन में सभी महिला एथलीटों को एक सजातीय संदर्भ समूह के रूप में मानने के बजाय उम्र, प्रासंगिक परिपक्वता उपाय, खेल, प्रतिस्पर्धी स्तर, पिछली चोट और प्रशिक्षण इतिहास की रिपोर्ट दी जानी चाहिए। वयस्कों के परिणाम स्वचालित रूप से किशोरों में उचित गतिविधि को परिभाषित नहीं करना चाहिए।

जहां एक प्रश्न विशेष रूप से अंतःस्रावी प्रभावों से संबंधित है, प्रतिभागी लक्षण वर्णन और चरण सत्यापन को उस परिकल्पना का परीक्षण करने में सक्षम डिजाइन का पालन करना चाहिए। महिलाओं से जुड़े शोध के लिए पद्धतिगत मार्गदर्शन बताता है कि मासिक धर्म की स्थिति, हार्मोनल गर्भनिरोधक और जीवन स्तर के लिए प्रश्न-विशिष्ट उपचार की आवश्यकता क्यों होती है [25]। ऐसे मापों की अनुपस्थिति को पूर्वव्यापी रूप से हार्मोनों के समूह अंतर को जिम्मेदार ठहराकर ठीक नहीं किया जा सकता है। न ही यह समीक्षा प्रशिक्षण प्रतिबंध या व्यक्तिगत एसीएल भविष्यवाणी के लिए मासिक धर्म-चरण नियम स्थापित करती है।

लिंग-संबंधी जीव विज्ञान और लिंग-संबंधी स्थितियों का स्पष्ट रूप से वर्णन किया जाना चाहिए। शक्ति प्रशिक्षण, कोचिंग, सुविधाओं और पुनर्वास तक पहुंच एथलीटों को अभ्यास करने और बनाए रखने में सक्षम बना सकती है। एफएआईआर रोकथाम के हिस्से के रूप में सहायक वातावरण और न्यायसंगत कार्यान्वयन की पहचान करता है [1]। बायोमैकेनिक्स अनुसंधान के लिए, इसका अर्थ है प्रासंगिक अवसरों और बाधाओं का दस्तावेजीकरण करना, अध्ययन डिजाइन में एथलीटों को शामिल करना, और ऐसी भाषा से बचना जो एक अंतर्निहित महिला दोष के रूप में एक आंदोलन पैटर्न को चित्रित करती है।

धारा 8

रोकथाम के साक्ष्य और तंत्र प्रश्न

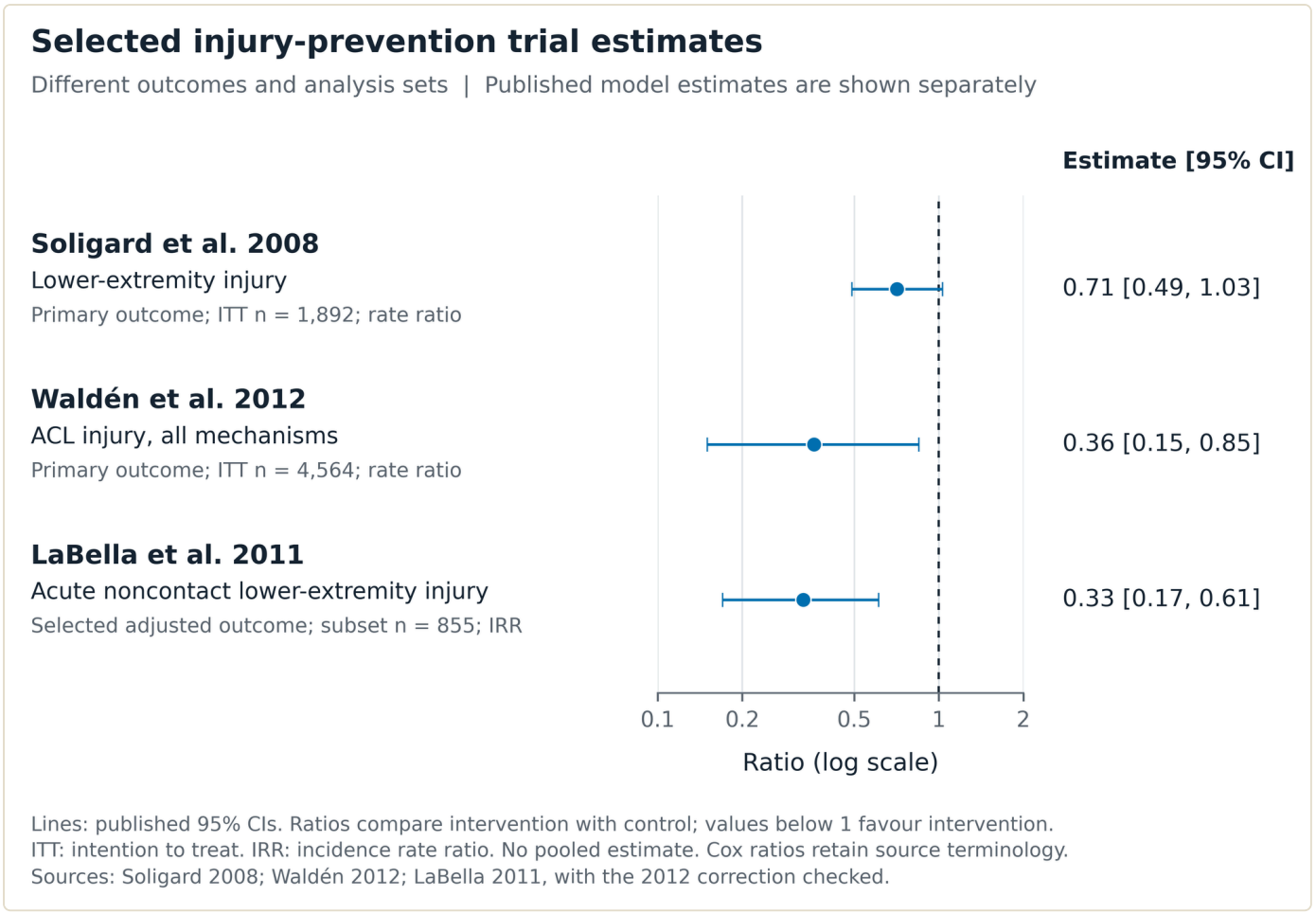
नियंत्रित परीक्षण ऐसे कार्यक्रमों का समर्थन करते हैं जो कई न्यूरोमस्कुलर प्रशिक्षण तत्वों को जोड़ते हैं। सोलिगार्ड और सहकर्मियों ने 1,892 किशोर महिला फुटबॉलरों का अध्ययन किया। क्लस्टर-समायोजित प्राथमिक निचले-छोर परिणाम का दर अनुपात 0.71 था और 95% विश्वास अंतराल 0.49 से 1.03 था; कई माध्यमिक परिणामों ने हस्तक्षेप का समर्थन किया [26]। जब परीक्षण का हवाला दिया जाए तो प्राथमिक परिणाम दृश्यमान रहना चाहिए। यह न तो इस दावे का समर्थन करता है कि प्रत्येक चोट श्रेणी को कम कर दिया गया है और न ही प्रभावी बायोमैकेनिकल घटक की पहचान का समर्थन करता है।

वाल्डेन परीक्षण में, 4,564 किशोर महिला फुटबॉलरों ने फॉलो-अप पूरा किया। एसीएल की चोट 7 हस्तक्षेप और 14 नियंत्रण खिलाड़ियों में हुई, जिसका दर अनुपात 0.36 (95% आत्मविश्वास अंतराल 0.15 से 0.85) बताया गया है [27]। इस प्राथमिक परिणाम में आम तौर पर एसीएल चोटें शामिल थीं। खोजपूर्ण गैर-संपर्क-केवल इरादा-से-इलाज परिणाम कम सटीक था और इसमें कोई अंतर नहीं था। किसी विशिष्ट चोट तंत्र के दावों में रोकथाम परीक्षण का अनुवाद करते समय अंतर मायने रखता है।

लाबेला और सहकर्मियों ने शहरी सार्वजनिक उच्च विद्यालयों में महिला फुटबॉल और बास्केटबॉल एथलीटों में कोच के नेतृत्व वाले वार्म-अप का भी मूल्यांकन किया; 1,492 एथलीटों ने अध्ययन पूरा किया [28]। परीक्षण कार्यान्वयन संदर्भ को विशिष्ट कार्यक्रमों से आगे बढ़ाता है

और विभिन्न संसाधनों के साथ सेटिंग्स में रोकथाम का समर्थन करता है। इसके सहसंयोजक-समायोजित प्रतिगमन विश्लेषण उपलब्ध व्यक्तिगत जानकारी वाले प्रतिभागी उपसमूह तक ही सीमित थे। तालिका 3 परीक्षणों के बीच अंतर को एक सार्वभौमिक प्रतिशत में कमी करने के बजाय संरक्षित करती है।

चयनित रोकथाम परीक्षण अलग-अलग परिणामों और विश्लेषण सेटों की रिपोर्ट करते हैं, जो तब स्पष्ट रहना चाहिए जब उनके प्रभाव अनुमान एक साथ प्रदर्शित किए जाएं (चित्रा 3)।



चित्र 3. चयनित चोट-रोकथाम परीक्षण अनुमान

महिला युवा खेल में न्यूरोमस्कुलर वार्म-अप कार्यक्रमों के चयनित मॉडल-आधारित प्रभाव। समान आकार के बिंदु और क्षैतिज रेखाएँ प्रकाशित अनुमान और 95% विश्वास अंतराल दिखाते हैं; ऊर्ध्वाधर संदर्भ 1 का अनुपात है। सभी अनुपात हस्तक्षेप की तुलना नियंत्रण/सामान्य अभ्यास से करते हैं; 1 पक्ष हस्तक्षेप से नीचे के मान। सोलिगार्ड एट अल. (2008) मजबूत क्लब-क्लस्टर भिन्नता के साथ इरादे-से-उपचार कॉक्स विश्लेषण का उपयोग करके 1,892 खिलाड़ियों में प्राथमिक निचले-छोर की चोट के परिणाम की रिपोर्ट करता है। वाल्डेन एट अल. (2012) मजबूत क्लब-क्लस्टर भिन्नता के साथ जिला-स्तरीकृत कॉक्स विश्लेषण का उपयोग करके 4,564 खिलाड़ियों में प्राथमिक ऑल-मैकेनिज्म एसीएल चोट परिणाम की रिपोर्ट करता है। उनके लेखक-लेबल दर अनुपात बरकरार रखे गए हैं। लाबेला एट अल. (2011) 855-खिलाड़ियों की व्यक्तिगत-जानकारी उपसमुच्चय में कोवरिएट-समायोजित पॉइसन प्रतिगमन और टीम-स्तरीय सामान्यीकृत आकलन समीकरणों का उपयोग करके चयनित तीव्र गैर-संपर्क निचले-चरम परिणाम की रिपोर्ट करें। इसका घटना दर अनुपात एकमात्र प्राथमिक परिणाम के रूप में प्रस्तुत नहीं किया गया है। परिणाम, आबादी और अनुमान अलग-अलग हैं; प्रदर्शन मेटा-विश्लेषण नहीं है और किसी एकत्रित अनुमान की गणना नहीं की जाती है। स्रोत: [26-28]। लाबेला 2012 सुधार [36] ने कच्ची गणना, एक्सपोज़र, दरें और एक पाठ वाक्य को बदल दिया, लेकिन प्लॉट किए गए समायोजित अनुमान और अंतराल को अपरिवर्तित छोड़ दिया।

तालिका 3

कार्यक्रम साक्ष्य को परिणाम और सेटिंग बरकरार रखनी चाहिए

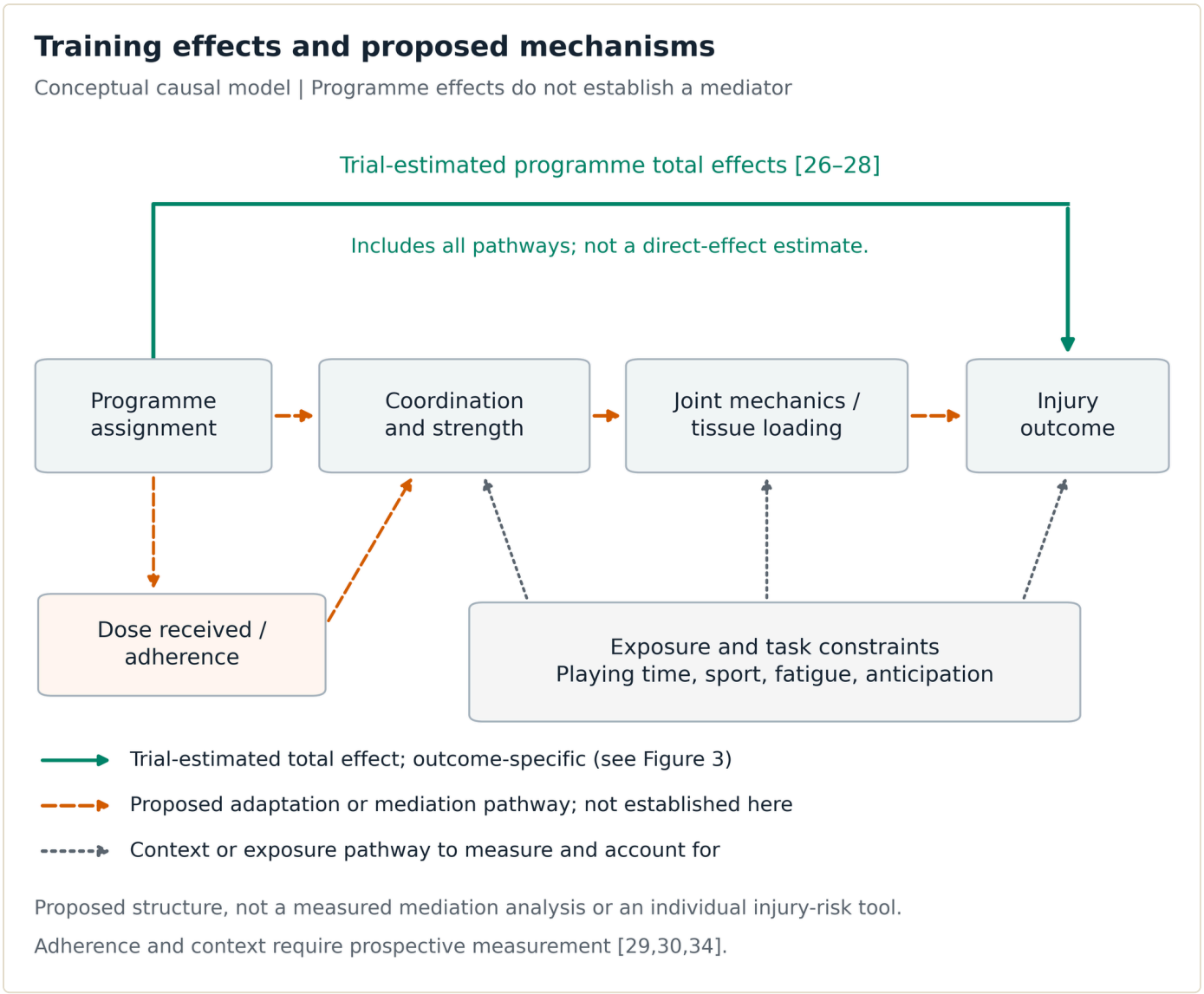
परीक्षण	सेटिंग और नमूना	व्याख्या के लिए प्रासंगिक परिणाम
सोलिगार्ड एट अल [26]	किशोर महिला फुटबॉल और 1,892 खिलाड़ी	प्राथमिक निचला-छोर दर अनुपात 0.71, 95% सीआई 0.49-1.03; द्वितीयक लाभ प्राथमिक अनुमान को निर्णायक नहीं बनाते हैं
वाल्डेन एट अल [27]	किशोर महिला फुटबॉल और 4,564 खिलाड़ी	प्राथमिक एसीएल दर अनुपात 0.36, 95% सीआई 0.15–0.85; 7 बनाम 14 घटनाएँ; केवल गैर-संपर्क प्रभाव अनुमान नहीं
लाबेला एट अल [28]	शहरी पब्लिक-स्कूल महिला फुटबॉल और बास्केटबॉल और 1,492 पूर्णकर्ता	एक अलग सेटिंग में कोच के नेतृत्व वाली रोकथाम का समर्थन करता है; समायोजित विश्लेषण में सहसंयोजक डेटा के साथ एक उपसमूह का उपयोग किया गया

अनुमानों को मूल परीक्षणों में लेबल किए गए अनुसार रिपोर्ट किया गया है और परिणामों, भाजक या आबादी में सीधे तुलनीय नहीं हैं। सीआई, आत्मविश्वास अंतराल।

किसी एथलीट को भागीदारी से लाभ उठाने से पहले इन कार्यक्रमों में एक मान्य व्यक्तिगत-जोखिम लेबल की आवश्यकता नहीं होती है। स्क्रीनिंग अभी भी मौजूदा घाटे की पहचान कर सकती है या व्यक्तिगत प्रगति का मार्गदर्शन कर सकती है, लेकिन स्थापित रोकथाम तक पहुंच के लिए एक अनुमानित जोखिम सीमा एक शर्त नहीं बननी चाहिए। एक कार्यक्रम प्रदान करने का निर्णय और अतिरिक्त मूल्यांकन जारी रखने का निर्णय अलग-अलग हैं।

हस्तक्षेप की प्रभावकारिता भी अपना तंत्र स्थापित नहीं करती है। एक कार्यक्रम कई मार्गों से ताकत, आंदोलन की रणनीति, तैयारी या आत्मविश्वास को बदल सकता है। कम चोटों के साथ बेहतर लैंडिंग यांत्रिकी का अवलोकन यह साबित नहीं करता है कि यांत्रिक परिवर्तन के कारण लाभ हुआ। कार्यक्रम का यादृच्छिकीकरण मध्यस्थ को यादृच्छिक नहीं बनाता है। एक कारण मध्यस्थता अध्ययन के लिए चोट से पहले बार-बार माप, पर्याप्त घटना की जानकारी, एक स्पष्ट कारण मॉडल और अनुकूलन और परिणाम दोनों को प्रभावित करने वाले कारकों पर ध्यान देने की आवश्यकता होगी। तब तक, संयुक्त यांत्रिकी में परिवर्तन उम्मीदवार स्पष्टीकरण या संबंधित अनुकूलन हैं।

कार्यक्रम के कुल प्रभावों और प्रस्तावित बायोमैकेनिकल मध्यस्थता मार्गों के लिए अलग-अलग साक्ष्य की आवश्यकता होती है (चित्र 4)।



चित्र 4. प्रशिक्षण प्रभाव और प्रस्तावित तंत्र

न्यूरोमस्कुलर प्रशिक्षण कार्यक्रम को चोट के परिणामों से जोड़ने वाले प्रस्तावित कारण मार्ग। सॉलिड ग्रीन कनेक्शन क्लस्टर-यादृच्छिक परीक्षणों में अनुमानित कार्यक्रम के कुल प्रभावों का सारांश देता है [26-28]; इसमें सभी रास्ते शामिल हैं और यह प्रत्यक्ष प्रभाव का अनुमान या प्रमाण नहीं है कि हर चोट के परिणाम में सुधार होता है। नारंगी धराशायी तीर समन्वय, शक्ति, संयुक्त यांत्रिकी और ऊतक लोडिंग के माध्यम से उम्मीदवार अनुकूलन और मध्यस्थता मार्गों की पहचान करते हैं। प्राप्त खुराक और अनुपालन अनुकूलन को प्रभावित कर सकता है। ग्रे बिंदीदार तीर एक्सपोज़र और कार्य-संदर्भ पथों की पहचान करते हैं जिनके लिए माप की आवश्यकता होती है। आरेख परिकल्पनाओं को व्यवस्थित करता है; इन परीक्षणों ने सचित्र मध्यस्थता प्रभाव स्थापित नहीं किया। प्रोग्राम असाइनमेंट अनुपालन या जैविक मध्यस्थ को यादृच्छिक नहीं बनाता है। संभावित, अस्थायी रूप से आदेशित मध्यस्थ माप और उचित कारण धारणाओं की आवश्यकता है। यह योजनाबद्ध एक व्यक्तिगत चोट-जोखिम भविष्यवाणी मॉडल नहीं है [29,30,34]।

डिलिवरी हस्तक्षेप का हिस्सा है. सोलिगार्ड और सहकर्मियों के बाद के अनुपालन अध्ययन में भागीदारी, कोच के रवैये और चोट के परिणामों के बीच संबंध पाया गया [29]। क्योंकि पालन को यादृच्छिक रूप से नहीं सौंपा गया था, ये एसोसिएशन एक सरल खुराक-प्रतिक्रिया तंत्र साबित नहीं करते हैं। वे यह मापने का समर्थन करते हैं कि एथलीटों को वास्तव में क्या मिलता है। फिंच का अनुवाद अनुसंधान को चोट निवारण अभ्यास ढांचे में कार्यान्वयन संदर्भ को रोकथाम अनुसंधान का एक स्पष्ट चरण बनाता है [30]। इसलिए स्टाफ का समय, प्रगति, खिलाड़ी की उपस्थिति और प्रतिस्पर्धी प्रशिक्षण मांगों को अभ्यास सामग्री के साथ सूचित किया जाना चाहिए।

धारा 9

अनुदैर्ध्य व्याख्या से पहले माप गुणवत्ता

विश्वसनीयता परिवर्तनशील-विशिष्ट और संदर्भ-विशिष्ट है। जब प्रतिभागी व्यापक रूप से भिन्न होते हैं तो एक उच्च इंट्राक्लास सहसंबंध पर्याप्त पूर्ण त्रुटि के साथ सह-अस्तित्व में हो सकता है। इंट्राक्लास-सहसंबंध मॉडल, आत्मविश्वास अंतराल और एक पूर्ण त्रुटि अनुमान की रिपोर्ट करना एक परीक्षण के लिए सामान्य विश्वसनीयता लेबल निर्दिष्ट करने की तुलना में अधिक जानकारीपूर्ण है [31]। 41 विशिष्ट महिला हैंडबॉल और फुटबॉल एथलीटों में, मोक और सहकर्मियों ने पाया कि दोहराव घुटने के चर और सत्र के भीतर और सत्र के बीच की तुलनाओं के बीच भिन्न होता है [32]। इन परिणामों को किसी अन्य ऑपरेटर, डिवाइस, कार्य या प्रसंस्करण पाइपलाइन का वर्णन करने के लिए नहीं माना जा सकता है।

जहां स्वतंत्र बार-बार माप में समान भिन्नता की लगभग सामान्य त्रुटियां होती हैं और कोई बेहिसाब व्यवस्थित बदलाव नहीं होता है, एक पारंपरिक व्यक्तिगत सबसे छोटा पता लगाने योग्य परिवर्तन होता है

$$\mathrm{SDC}_{95} = 1.962\,\mathrm{SEM}.$$

यहां, SEM प्रासंगिक प्रोटोकॉल के लिए माप की मानक त्रुटि है [31]। सूत्र अपनी मान्यताओं की जांच किए बिना अनुपयुक्त है, और एक पता लगाने योग्य परिवर्तन आवश्यक रूप से एक सार्थक नैदानिक सुधार नहीं है। एक प्रोटोकॉल एक छोटे से बदलाव का पता लगा सकता है जिसका कार्य, लक्षण या चोट से कोई स्थापित संबंध नहीं है। इसके विपरीत, समूह प्रभाव का सटीक अनुमान लगाया जा सकता है जबकि व्यक्तिगत परिवर्तन अनिश्चित रहता है।

प्रसंस्करण निर्णय भौतिक रूप से गतिकी को बदल सकते हैं। क्रिस्टियनलंड और सहकर्मियों ने प्रदर्शित किया कि बल और गति डेटा के लिए अलग-अलग फ़िल्टरिंग विकल्प व्युत्क्रम-गतिकी कलाकृतियों का निर्माण कर सकते हैं और अनुमानित संयुक्त क्षणों को बदल सकते हैं [33]। इसलिए नमूनाकरण दर, फ़िल्टर प्रकार और क्रम, कटऑफ़ आवृत्ति, सिंक्रनाइज़ेशन और व्युत्पन्न गणना की सूचना दी जानी चाहिए। एक ही कटऑफ को सार्वभौमिक रूप से सही नहीं माना जाना चाहिए। इसकी पर्याप्तता कार्य और परिणाम पर निर्भर करती है, और संवेदनशीलता विश्लेषण को यह जांचना चाहिए कि क्या उचित विकल्प मुख्य निष्कर्ष को बदलते हैं।

अन्य आवश्यक विवरणों में अंशांकन, खंड परिभाषाएँ, शारीरिक मील का पत्थर प्लेसमेंट, पैर मॉडल, घटना सीमाएँ, सफल-परीक्षण मानदंड और लापता प्रक्षेपवक्र का उपचार शामिल हैं। रिपोर्ट करें कि कितने परीक्षणों का प्रयास किया गया, अस्वीकार किया गया और कारणों सहित विश्लेषण किया गया। केवल सफल संपर्कों को बनाए रखने से चिकित्सकीय रूप से महत्वपूर्ण कठिनाई दूर हो सकती है। असफल माप और असफल कार्य निष्पादन को अलग-अलग दर्ज किया जाना चाहिए। अस्थायी सामान्यीकरण तरंगरूप तुलना का समर्थन करता है लेकिन वास्तविक घटना अवधि में अंतर छिपा सकता है; चिकित्सकीय रूप से प्रासंगिक चोटियाँ और अंतराल समय पर व्याख्या योग्य बने रहने चाहिए।

सामान्यीकरण के लिए भी एक तर्क की आवश्यकता होती है। शरीर के वजन के आधार पर क्षणों को विभाजित करने से कुछ तुलनाओं की सुविधा मिलती है लेकिन कद, अंग की लंबाई या गति के हर प्रभाव को दूर नहीं किया जा सकता है। जब संभव हो तो निरपेक्ष और सामान्यीकृत मान उपलब्ध होने चाहिए, और आयाम रहित स्केलिंग को आकार के समायोजन के रूप में शिथिल रूप से वर्णित करने के बजाय परिभाषित किया जाना चाहिए। बार-बार सत्र की तुलना में समान परिभाषाओं का उपयोग करना चाहिए और अंशांकन या सॉफ़्टवेयर परिवर्तनों की निगरानी करनी चाहिए। प्रसंस्करण पाइपलाइन में बदलाव को जैविक अनुकूलन समझने की भूल नहीं की जानी चाहिए।

धारा 10

अनुसंधान और पुनर्वास के लिए एक व्यावहारिक रूपरेखा

प्रस्तावित रूपरेखा एक निर्णय से शुरू होती है और इसे उचित ठहराने के लिए आवश्यक साक्ष्य के माध्यम से आगे बढ़ती है। यह समीक्षा किए गए साहित्य और यांत्रिक तर्क का संश्लेषण है, न कि कोई मान्य नैदानिक स्कोर। तालिका 4 लैंडिंग मूल्यांकन के चार अलग-अलग उपयोग प्रदान करती है, प्रत्येक का एक अलग साक्ष्य समापन बिंदु है।

तालिका 4
अध्ययन डिज़ाइन का इच्छित निर्णय से मिलान करें

इच्छित उपयोग	आवश्यक साक्ष्य	निर्णय सीमा
किसी कार्य रणनीति का वर्णन करें	वैध परिभाषाएँ, कार्य उपलब्धि और माप अनिश्चितता	विवरण रोगविज्ञान स्थापित नहीं करता है
अनुकूलन की निगरानी करें	बार-बार सत्र में त्रुटि, स्थिर प्रोटोकॉल और पूर्ण परिवर्तन	पता लगाने योग्य परिवर्तन स्वचालित रूप से लाभकारी नहीं होता है
भविष्य के परिणाम का अनुमान लगाएं	पर्याप्त घटनाएँ, अंशांकन और बाहरी सत्यापन	संगति या आंतरिक सटीकता अपर्याप्त है
रोकथाम या पुनर्वास में सुधार करें	तुलनात्मक परिणाम साक्ष्य, व्यवहार्यता और वितरण मूल्यांकन	सरोगेट बदलने से परिणामी लाभ सिद्ध नहीं होता

10.1डिज़ाइन से जुड़ी लेकिन विशिष्ट अनुसंधान धाराएँ

एक बहुकेंद्रीय कार्यक्रम अलग-अलग प्राथमिक प्रश्नों को बनाए रखते हुए अधिग्रहण मैनुअल और प्रसंस्करण कोड साझा कर सकता है। एक माप धारा ऑपरेटरों और साइटों पर दोहराव और सहमति स्थापित करेगी। एक अनुदैर्ध्य धारा स्पष्ट रूप से परिभाषित परिणामों के विरुद्ध पूर्वनिर्धारित यांत्रिक विशेषताओं का परीक्षण करेगी। एक व्यावहारिक हस्तक्षेप धारा यह निर्धारित करेगी कि क्या एक व्यवहार्य कार्यक्रम चोट के बोझ या उपयोगी पुनर्वास परिणामों को बदलता है। धाराओं का संयोजन तब मूल्यवान हो जाता है जब एक विश्वसनीय रूप से मापा गया अनुकूलन किसी परिणाम से पहले होता है और हस्तक्षेप को इच्छित उद्देश्य के अनुसार वितरित किया जा सकता है; उन्हें एक साथ एकत्रित करना स्वयं कारणात्मक संबंध को सिद्ध नहीं करता है।

संभावित निगरानी को सूचकांक, आवर्ती और बाद की चोटों को अलग करना चाहिए, मामले की परिभाषाओं और पता लगाने की रिपोर्ट करनी चाहिए, और व्यक्तिगत जोखिम को रिकॉर्ड करना चाहिए। आईओसी निगरानी सर्वसम्मति प्रशिक्षण और प्रतिस्पर्धा प्रदर्शन की अलग-अलग रिपोर्टिंग की सिफारिश करती है और बताती है कि हर को प्रश्न से मेल क्यों खाना चाहिए [34]। प्रति सीज़न चोटों की संख्या, प्रति एक्सपोज़र घंटे में चोटें और समय-हानि का बोझ अलग-अलग परिणाम हैं। एक एथलीट जो अधिक भागीदारी में लौटता है उसे कार्यात्मक क्षमता में सुधार होने पर भी चोट लगने के अधिक अवसरों का सामना करना पड़ सकता है। इसलिए एक्सपोज़र अध्ययन के तहत मार्ग का हिस्सा हो सकता है, न कि केवल एक उपद्रव सहवर्ती।

पूर्वानुमान के लिए प्रभावी सूचना का आकार काफी हद तक चोट की घटनाओं और स्वतंत्र एथलीटों पर निर्भर करता है, न कि रिकॉर्ड की गई लैंडिंग की संख्या पर। कुछ एथलीटों के सैकड़ों परीक्षण जटिल चोट मॉडल का समर्थन नहीं करते हैं। विश्लेषण में बार-बार किए गए अवलोकनों और टीम क्लस्टरिंग को ध्यान में रखना चाहिए, महत्वपूर्ण तुलनाएं निर्धारित करनी चाहिए और खोजपूर्ण निष्कर्षों को पुष्टि से

अलग करना चाहिए। फॉलो-अप में कमी, खेल से वापसी और उच्च गुणवत्ता वाले मोशन डेटा की चयनात्मक उपलब्धता के लिए भी एक स्पष्ट विश्लेषण रणनीति की आवश्यकता होती है। जहां अनुमति हो, वहां अज्ञात व्युत्पन्न डेटा साझा करना, प्रसंस्करण कोड और एक डेटा शब्दकोश स्वतंत्र प्रतिकृति को अधिक व्यवहार्य बना देगा।

एक छोटे अनुसंधान समूह के लिए, एक केंद्रित माप या व्यवहार्यता अध्ययन एक कमजोर भविष्यवाणी मॉडल की तुलना में अधिक अनिश्चितता का समाधान कर सकता है। उपयोगी प्रश्नों में शामिल है कि क्या एक चर सभी ऑपरेटरों के बीच स्थिर रहता है, क्या कोई कार्य तुलनीय प्रदर्शन में लगातार एकतरफा घाटे को उजागर करता है, और क्या एक व्यावहारिक हस्तक्षेप तुरंत प्रशिक्षित परिवर्तन के बजाय बनाए रखा जाता है। ये प्रश्न हर माप में असत्यापित चोट की संभावना को जोड़े बिना वैज्ञानिक रूप से उपयोगी हैं।

10.2 व्यापक पुनर्वास निर्णय में लैंडिंग विश्लेषण का उपयोग करें

एसीएल की चोट के बाद, पूरे अंग का मूल्यांकन एक रणनीति की पहचान कर सकता है जो आगे की परीक्षा के योग्य है, जैसे कि तुलनीय कार्य मांग पर कम पुनर्निर्माण-घुटने का काम। परिणाम को ताकत, लक्षण, सूजन, कार्य सहनशीलता, मनोवैज्ञानिक तत्परता और इच्छित खेल की मांगों के साथ एकीकृत किया जाना चाहिए। पैंथर सर्वसम्मति खेल में वापसी को एक प्रगति के रूप में वर्णित करती है जिसमें नैदानिक, जैविक और प्रासंगिक विचार शामिल हैं [35]। एक लैंडिंग परीक्षण उस प्रगति के भीतर जानकारी का योगदान देता है; यह हर प्रतिस्पर्धी स्थिति के लिए तैयारी स्थापित नहीं करता है।

फीडबैक में एक परिभाषित उद्देश्य, एक अवलोकनीय परिणाम और अवधारण का पुनर्मूल्यांकन करने की योजना होनी चाहिए। जब ध्यान खेल पर जाता है तो निर्देश के तहत तत्काल परिवर्तन गायब हो सकते हैं। इसलिए मूल्यांकन में उपयुक्त होने पर बिना किसी प्रशिक्षण के प्रदर्शन को शामिल किया जाना चाहिए और यह जांचना चाहिए कि क्या कार्य लक्ष्य का त्याग करके कोई स्पष्ट सुधार प्राप्त किया गया था। इसका उद्देश्य प्रत्येक एथलीट को एक टेम्पलेट की ओर बाध्य करने के बजाय एथलीट के उपलब्ध मूवमेंट समाधान और क्षमता का विस्तार करना है।

संचार को उपयोगी अवलोकन को संरक्षित रखना चाहिए। एक चिकित्सक यह समझा सकता है कि घुटने का परीक्षण किए गए कार्य में कम काम करता है, यह अंतर प्रोटोकॉल की अपेक्षित त्रुटि से अधिक है, और ताकत या कार्य प्रगति के लिए आगे के मूल्यांकन की आवश्यकता होती है। यह परिणाम को व्यक्तिगत विच्छेद की संभावना में बदलने की तुलना में अधिक रक्षात्मक है। इसी प्रकार, दोनों अंगों के पूर्ण प्रदर्शन के साथ समरूपता में सुधार का वर्णन किया जाना चाहिए। एथलीट को यह समझना चाहिए कि मूल्यांकन क्या स्थापित करता है, क्या अनिश्चित रहता है और परिणाम अगले पुनर्वास निर्णय को कैसे सूचित करेगा।

धारा 11

सीमाएँ और प्राथमिकताएँ

उद्देश्यपूर्ण चयन, अंग्रेजी-भाषा खोज शब्द और असमान पूर्ण-पाठ पहुंच ने प्रासंगिक साक्ष्य को छोड़ दिया हो सकता है। समीक्षा कुल साक्ष्यों की मात्रा निर्धारित नहीं करती है या औपचारिक निश्चितता रेटिंग प्रदान नहीं करती है। प्रयोगशाला कार्य, संयुक्त परिभाषाएँ और जनसंख्या काफी भिन्न हैं; कुछ पद्धतिगत और यंत्रवत स्रोत पुरुषों, मिश्रित नमूनों, चलने या नियंत्रित ऊतक लोडिंग से संबंधित हैं। उनका समावेशन सभी महिला एथलीटों के लिए प्रत्यक्ष अनुमान के बजाय सीमित तर्क का समर्थन करता है। हालिया दिशात्मक ड्रॉप-जंप अध्ययन का मूल्यांकन इसके समर्थन-क्षण गणना और विश्लेषण विकल्पों के विस्तृत मूल्यांकन को सीमित करते हुए, इसके सार से किया गया था।

प्राथमिकता वाले अध्ययनों को विविध महिला आबादी में संपूर्ण अंग निष्कर्षों को दोहराना चाहिए, स्पष्ट रूप से वर्णित कार्य मांगों पर पूर्ण और सापेक्ष परिणामों की तुलना करनी चाहिए, और यह स्थापित करना चाहिए कि क्या दोहराए जाने वाले परिवर्तन सार्थक कार्य में स्थानांतरित होते हैं। पूर्वानुमानित कार्य के लिए पर्याप्त घटना की जानकारी और बाहरी सत्यापन की आवश्यकता होती है। रोकथाम अध्ययनों को संभावित तंत्र और वितरण प्रक्रियाओं का परीक्षण करते समय मजबूत कार्यक्रम मूल्यांकन को संरक्षित करना चाहिए। किसी भी अध्ययन डिज़ाइन को एक ही सरोगेट उपाय के माध्यम से इन सभी प्रश्नों का उत्तर देने के लिए नहीं कहा जाना चाहिए।

धारा 12

निष्कर्ष

संपूर्ण अंग लैंडिंग विश्लेषण उन यांत्रिक रणनीतियों को प्रकट कर सकता है जो प्रदर्शन स्कोर और पृथक घुटने के माप से चूक जाते हैं। इसका अनुवादात्मक मूल्य सटीक परिभाषाओं, प्रतिनिधि कार्यों और स्पष्ट अनिश्चितता पर निर्भर करता है। बाहरी ताकतें, शुद्ध संयुक्त मांगें और आंतरिक ऊतक भार अलग-अलग रहना चाहिए, साथ ही तंत्र, पूर्वानुमान और हस्तक्षेप का लाभ भी होना चाहिए। उपयोगी रोकथाम और पुनर्वास का सबसे मजबूत मार्ग प्रतिलिपि प्रस्तुत करने योग्य माप, उचित रूप से डिज़ाइन किए गए परिणाम अध्ययन और व्यवहार्य कार्यक्रम वितरण को जोड़ता है। वर्तमान साक्ष्य सार्वभौमिक सुरक्षित लैंडिंग प्रोफ़ाइल, व्यक्तिगत चोट कटऑफ़ या स्टैंड-अलोन क्लीयरेंस परीक्षण के बिना सूचित मूल्यांकन और न्यूरोमस्कुलर रोकथाम का समर्थन करते हैं।

लेखक

लेखक सूचना

जुआन फ्रांसिस्को गार्सिया वाज़क्वेज़, पीएचडी
संगत लेखक
सेंट्रो यूनिवर्सिटारियो फिसिडेक (एडस्क्रिटो ए ला यूनिवर्सिडैड डी कोर्डोबा), स्पेन
0000-0001-6986-6652
इमेन अचौरी, पीएचडी
सह-लेखक
स्फैक्स का उच्च खेल एवं शारीरिक शिक्षा संस्थान, स्फैक्स विश्वविद्यालय, ट्यूनीशिया
0000-0003-1051-6978
सुनीता मल्होत्रा, एमएससी
सह-लेखक
क्लिनिकल रिसर्च एंड एथिकल बोर्ड समन्वयक, MMSx Authority Institute, यूएसए
0009-0007-2279-9764
अलीरेज़ा फतहियन
सह-लेखक
पोषण और संचलन विज्ञान विभाग, न्यूट्रिम, मास्ट्रिच विश्वविद्यालय, नीदरलैंड
alireza.fatahian2@gmail.com
0000-0002-7554-2475

एनी थॉमस
सह-लेखक
पोषण और संचलन विज्ञान विभाग, भारतीय काइन्सियोलॉजी और बायोमैकेनिक्स विज्ञान संस्थान, भारत
aneethomasfitness@gmail.com
0009-0008-6730-8444
सुस्मिता दास, पीएचडी
सह-लेखक
सहायक प्रोफेसर, ई और सीएसई; पीएचडी (IIIT); एमटेक (कलकत्ता विश्वविद्यालय); आईईईई, आईईआई, आईएसपीओ, फोसेट
0000-0003-1343-1785
घोषणाएँ

घोषणाएँ

फंडिंग
इस कार्य के लिए कोई विशेष धनराशि प्राप्त नहीं हुई।

प्रतिस्पर्धी रुचियाँ
लेखक गण घोषित करते हैं कि कोई प्रतिस्पर्धी हित नहीं हैं।

नैतिकता और सहमति
यह समीक्षा प्रकाशित साहित्य का संश्लेषण करती है। यह किसी नए प्रतिभागी की भर्ती, पहचाने जाने योग्य प्रतिभागी सामग्री या व्यक्तिगत स्तर के प्रयोगात्मक डेटा संग्रह की रिपोर्ट नहीं करता है; इसलिए नैतिक अनुमोदन की आवश्यकता नहीं थी।

डेटा उपलब्धता
कोई नया प्रायोगिक डेटासेट तैयार नहीं किया गया. संदर्भ सूची में स्रोतों की पहचान की गई है। स्रोत-सत्यापन और खोज रिकॉर्ड JMMBS संपादकीय कार्यालय के पास हैं और उचित अनुरोध पर उपलब्ध हैं।

एआई-असिस्टेड टूल्स का उपयोग
एआई-सहायता प्राप्त टूल ने साहित्य खोज, भाषा संपादन, संदर्भ जांच और दस्तावेज़ तैयार करने का समर्थन किया। कोई प्रतिभागी डेटा या प्रयोगात्मक परिणाम उत्पन्न नहीं हुए। लेखकों ने सामग्री की समीक्षा और सत्यापन किया और प्रकाशित लेख की पूरी जिम्मेदारी लेते हैं।

पत्राचार
जुआन फ्रांसिस्को गार्सिया वाज़क्वेज़, पीएचडी - JMMBS संपादकीय कार्यालय के माध्यम से, info@jmmbs.org।

संदर्भ

संदर्भ मूल अंग्रेज़ी में यथावत दिए गए हैं।

References

1. Crossley KM, Whittaker JL, Patterson B, Shill IJ, Heming EE, Bullock GS, et al. Female, woman and/or girl Athlete Injury pRevention (FAIR) practical recommendations: International Olympic Committee (IOC) consensus meeting held in Lausanne, Switzerland, 2025. Br J Sports Med. 2025;59(22):1546-1559. https://doi.org/10.1136/bjsports-2025-110889
2. Lin HB, Cannon J. Invariant multi-joint control strategies are observed during vertical and lateral drop jumps in female athletes despite differences in absolute limb- and joint-level mechanical demands. J Biomech. 2026;207:113558. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2026.113558
3. Hicks JL, Uchida TK, Seth A, Rajagopal A, Delp SL. Is my model good enough? Best practices for verification and validation of musculoskeletal models and simulations of movement. J Biomech Eng. 2015;137(2):020905. https://doi.org/10.1115/1.4029304
4. Wu G, Siegler S, Allard P, Kirtley C, Leardini A, Rosenbaum D, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion—part I: ankle, hip, and spine. J Biomech. 2002;35(4):543–548. https://doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00222-6
5. Zelik KE, Honert EC. Ankle and foot power in gait analysis: implications for science, technology and clinical assessment. J Biomech. 2018;75:1–12. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.04.017
6. Kotsifaki A, Whiteley R, Van Rossom S, Korakakis V, Bahr R, Sideris V, et al. Single leg hop for distance symmetry masks lower limb biomechanics: time to discuss hop distance as decision criterion for return to sport after ACL reconstruction? Br J Sports Med. 2022;56(5):249-256. https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103677
7. Mulligan CMS, Gibbs ER, Huang YL, Stutzenberger LR, Johnson ST, Norcross MF. Single-legged triple-hop propulsion strategies in females with and those without a history of anterior cruciate ligament reconstruction. J Athl Train. 2023;58(4):319–328. https://doi.org/10.4085/1062-6050-0676.21
8. Wellsandt E, Failla MJ, Snyder-Mackler L. Limb Symmetry Indexes Can Overestimate Knee Function After Anterior Cruciate Ligament Injury. J Orthop Sports Phys Ther. 2017;47(5):334-338. https://doi.org/10.2519/jospt.2017.7285
9. Blackburn JT, Padua DA. Influence of trunk flexion on hip and knee joint kinematics during a controlled drop landing. Clin Biomech (Bristol). 2008;23(3):313-319. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.10.003
10. Beynnon BD, Fleming BC, Johnson RJ, Nichols CE, Renström PA, Pope MH. Anterior cruciate ligament strain behavior during rehabilitation exercises in vivo. Am J Sports Med. 1995;23(1):24-34. https://doi.org/10.1177/036354659502300105
11. Li G, Rudy TW, Sakane M, Kanamori A, Ma CB, Woo SL. The importance of quadriceps and hamstring muscle loading on knee kinematics and in-situ forces in the ACL. J Biomech. 1999;32(4):395-400. https://doi.org/10.1016/s0021-9290(98)00181-x
12. Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. Am J Sports Med. 2010;38(11):2218-2225. https://doi.org/10.1177/0363546510373570
13. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. Am J Sports Med. 2005;33(4):492-501. https://doi.org/10.1177/0363546504269591
14. Krosshaug T, Steffen K, Kristianslund E, Nilstad A, Mok KM, Myklebust G, et al. The Vertical Drop Jump Is a Poor Screening Test for ACL Injuries in Female Elite Soccer and Handball Players: A Prospective Cohort Study of 710 Athletes. Am J Sports Med. 2016;44(4):874-883. https://doi.org/10.1177/0363546515625048
15. Corrigendum. Am J Sports Med. 2017;45(9):NP28-NP29. https://doi.org/10.1177/0363546517716155

16. Bahr R. Why screening tests to predict injury do not work-and probably never will…: a critical review. Br J Sports Med. 2016;50(13):776-780. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096256

17. Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Myer GD, Huang B, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. Am J Sports Med. 2010;38(10):1968-1978. https://doi.org/10.1177/0363546510376053

18. Aoki A, Koresawa K, No Y, Sadakiyo M, Kubota S, Lee SP, et al. Novel measures of frontal plane knee wobbling predict anterior cruciate ligament injury in Japanese female basketball players: a prospective pilot study. Clin Biomech (Bristol). 2026;133:106768. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2026.106768

19. Straub RK, Powers CM. Prediction of secondary ACL injury in female athletes using 2D video-based measurements obtained during dynamic tasks: a retrospective case-control study. Br J Sports Med. 2025;59(20):1418–1425. https://doi.org/10.1136/bjsports-2025-109886

20. Collins GS, Moons KGM, Dhiman P, Riley RD, Beam AL, Van Calster B, et al. TRIPOD+AI statement: updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods. BMJ. 2024;385:e078378. https://doi.org/10.1136/bmj-2023-078378

21. Moons KGM, Damen JAA, Kaul T, Hooft L, Andaur Navarro C, Dhiman P, et al. PROBAST+AI: an updated quality, risk of bias, and applicability assessment tool for prediction models using regression or artificial intelligence methods. BMJ. 2025;388:e082505. https://doi.org/10.1136/bmj-2024-082505

22. Xu Y, Wang R, Yuan P, Yu S, Chen W, Liu J. Influence of unanticipated side-step cutting and landing on trunk and lower limb biomechanics: A systematic review and meta-analysis. J Biomech. 2025;190:112863. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2025.112863

23. Borotikar BS, Newcomer R, Koppes R, McLean SG. Combined effects of fatigue and decision making on female lower limb landing postures: central and peripheral contributions to ACL injury risk. Clin Biomech (Bristol). 2008;23(1):81–92. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.08.008

24. Sigward SM, Pollard CD, Powers CM. The influence of sex and maturation on landing biomechanics: implications for anterior cruciate ligament injury. Scand J Med Sci Sports. 2012;22(4):502-509. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01254.x

25. Elliott-Sale KJ, Minahan CL, Janse de Jonge XAK, Ackerman KE, Sipilä S, Constantini NW, et al. Methodological considerations for studies in sport and exercise science with women as participants: a working guide for standards of practice for research on women. Sports Med. 2021;51(5):843–861. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01435-8

26. Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. BMJ. 2008;337:a2469. https://doi.org/10.1136/bmj.a2469

27. Waldén M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Hägglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. BMJ. 2012;344:e3042. https://doi.org/10.1136/bmj.e3042

28. LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim KY, Peng J, Christoffel KK. Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public high schools: cluster randomized controlled trial. Arch Pediatr Adolesc Med. 2011;165(11):1033–1040. https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.168

29. Soligard T, Nilstad A, Steffen K, Myklebust G, Holme I, Dvorak J, et al. Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. Br J Sports Med. 2010;44(11):787–793. https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.070672

30. Finch C. A new framework for research leading to sports injury prevention. J Sci Med Sport. 2006;9(1-2):3-9; discussion 10. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.02.009
31. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. J Strength Cond Res. 2005;19(1):231-240. https://doi.org/10.1519/15184.1
32. Mok KM, Petushek E, Krosshaug T. Reliability of knee biomechanics during a vertical drop jump in elite female athletes. Gait Posture. 2016;46:173–178. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.03.003
33. Kristianslund E, Krosshaug T, van den Bogert AJ. Effect of low pass filtering on joint moments from inverse dynamics: implications for injury prevention. J Biomech. 2012;45(4):666–671. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.12.011
34. Bahr R, Clarsen B, Derman W, Dvorak J, Emery CA, Finch CF, et al. International Olympic Committee consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). Br J Sports Med. 2020;54(7):372-389. https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101969
35. Meredith SJ, Rauer T, Chmielewski TL, Fink C, Diermeier T, Rothrauff BB, et al. Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. Orthop J Sports Med. 2020;8(6):2325967120930829. https://doi.org/10.1177/2325967120930829
36. Incorrect Data in Table 3 and in Text in: Effect of Neuromuscular Warm-up on Injuries in Female Soccer and Basketball Athletes in Urban Public High Schools: Cluster Randomized Controlled Trial. Arch Pediatr Adolesc Med. 2012;166(1):73. https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.1477

उद्धरण

कृपया मूल अंग्रेज़ी लेख का हवाला दें:

Garcia Vazquez, J. F., Achouri, I., Malhotra, S., Fatahian, A., Thomas, A., & Das, S. (2026). Whole Limb Landing Mechanics in Female Athletes and Implications for Injury Prevention. *Journal of Movement Mechanics & Biomechanics Science*, *3*(2). https://doi.org/10.66078/jmmbs.2026.v3i2.022

JMMBS — Journal of Movement Mechanics & Biomechanics Science · ISSN 3070-3662 (ऑनलाइन)
प्रकाशक: MMSx Authority Institute for Movement Mechanics & Biomechanics Research

यह अनुवाद मूल लेख के CC BY 4.0 लाइसेंस की शर्तों के अनुसार, मूल लेखकों और स्रोत के उचित श्रेय सहित, साझा किया गया है।

हिन्दी मुखपृष्ठ · संग्रह · सहकर्मी समीक्षा प्रक्रिया · सुधार और वापसी · English