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

हिन्दी अनुवाद · Hindi translation of the English original

- यह लेख मूल अंग्रेज़ी लेख "Prosthetic Gait Asymmetry: Long-Term Orthopedic Consequences for the Intact Limb" 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.v2i2.004 — 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।

बायोमैकेनिकल विश्लेषण · खुली पहुँच · हिन्दी अनुवाद

कृत्रिम चाल विषमता: अक्षुण्ण अंग के लिए दीर्घकालिक आर्थोपेडिक परिणाम

मूल अंग्रेज़ी शीर्षक: Prosthetic Gait Asymmetry: Long-Term Orthopedic Consequences for the Intact Limb

Neeraj Mehta
MMSx Authority Institute for Movement Mechanics & Biomechanics Research, Powell, Ohio, USA

José Luis Parreño Catalán
Universidad de Santiago de Compostela, Spain

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

Darinka Korovljev
Faculty of Sport and Physical Education, University of Novi Sad, Serbia

Masoumeh Baghban
Kinesiology Research Center, Kharazmi University, Tehran, Iran

Swapnesh Tiwari
Department of Population Health, CVS Health, USA

Nesrine Adhadhii
ISSEP Kef

Steve Henderson
MMSx Authority Institute for Movement Mechanics & Biomechanics Research, USA

पत्रिका

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

खंड / अंक

खंड 2, अंक 2 · 2026

लेख का प्रकार

बायोमैकेनिकल विश्लेषण (Biomechanical Analysis)

DOI (मूल अंग्रेज़ी लेख)

https://doi.org/10.66078/jmmbs.v2i2.004

मूल लेख प्रकाशित

20 फ़रवरी 2026

प्रकाशक

MMSx Authority Institute for Movement Mechanics & Biomechanics Research

लाइसेंस

CC BY 4.0 (मूल लेख का लाइसेंस)

शोध लेख

जर्नल ऑफ़ मूवमेंट मैकेनिक्स एंड बायोमैकेनिक्स (JMMBS), आईएसएसएन: 3070-3662 • खंड: 2, अंक: 2 • वर्ष: 2026

IMSO आईडी: IMSO-आरईजी-20260219-आरएस-5997-पीजीए • डीओआई: https://doi.org/10.66078/jmmbs.v2i2.004

- Dr. Neeraj Mehta, PhD, MMSx Authority Institute for Movement Mechanics & Biomechanics Research, Powell, Ohio, USA. https://orcid.org/0000-0001-6200-8495
- डॉ. जोस लुइस पैरेनो कैटलान, निदेशक डिपार्टमेंट बायोमेकेनिका। डॉक्टर (पीएचडी) एन मेडिसिना वाई सिरुगिया (कम लाउड) (यूएससी), यूनिवर्सिडैड डी सैंटियागो डी कॉम्पोस्टेला,
- अलीरेज़ा फताहियन, संबद्धता: पोषण और आंदोलन विज्ञान विभाग (NUTRIM), मास्ट्रिच विश्वविद्यालय, नीदरलैंड, ORCID: 0000-0002-7554-2475
- डॉ. डारिंका कोरोवलजेव, पीएचडी, खेल और शारीरिक शिक्षा संकाय, नोवी सैड विश्वविद्यालय, सर्बिया। ORCID: 0000-0002-2510-3044
- डॉ. मासूमेह बागबान, खेल बायोमैकेनिक्स और पुनर्वास विभाग, काइन्सियोलॉजी रिसर्च सेंटर, खराज़मी विश्वविद्यालय, तेहरान, ईरान। ORCID: 0000-0002-9828-5723
- डॉ. स्वप्नेश तिवारी, एमडी, एमएस, जनसंख्या स्वास्थ्य विभाग, सीवीएस हेल्थ, यूएसए। ORCID: 0009-0001-9271-1162
- नेसरीन अधाधी, पीएचडी बायोमैकेनिक्स और व्यायाम की फिजियोलॉजी, आईएसएसईपी केफ, अल असीमा, कुवैत, ORCID आईडी: 0009-0001-7842-5696
- डॉ. स्टीव हेंडरसन, पीएचडी MMSx Authority Institute for Movement Mechanics & Biomechanics Research, यूएसए। ORCID: 0009-0005-7485-1427

लाइसेंस

यह लेख क्रिएटिव कॉमन्स एट्रिब्यूशन 4.0 इंटरनेशनल लाइसेंस (CC BY 4.0) की शर्तों के तहत वितरित किया गया है।

हितों का टकराव

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

फंडिंग

कोई बाहरी फंडिंग नहीं मिली.

सार

पृष्ठभूमि:

कृत्रिम चाल विषमता को आमतौर पर एक कार्यात्मक सीमा के रूप में माना जाता है; हालाँकि, अक्षुण्ण अंग पर इसके दीर्घकालिक आर्थोपेडिक परिणामों को कम पहचाना जाता है। यह अध्ययन इस बात की जांच करता है कि क्रोनिक असममित लोडिंग पैटर्न एकतरफा निचले अंगों के विच्छेदन में अपक्षयी जोखिम को कैसे प्रभावित करते हैं।

तरीके:

एकतरफा ट्रान्सटिबियल विच्छेदन वाले उन्नीस व्यक्तियों (16 पुरुष, 3 महिला; उम्र 49.5 ± 11.3 वर्ष) ने 12 महीने के अनुदैर्ध्य अध्ययन में भाग लिया। बल प्लेटों और 3डी मोशन कैप्चर का उपयोग करके बेसलाइन, 6 महीने और 12 महीने पर चाल विश्लेषण किया गया था। हमने अस्थायी समरूपता (रुख समय अनुपात), बल समरूपता (ऊर्ध्वाधर जमीन प्रतिक्रिया बल [वीजीआरएफ] अनुपात), अक्षुण्ण अंग संयुक्त क्षणों और नैदानिक परिणामों (डब्ल्यूओएमएसी दर्द स्कोर, रेडियोग्राफिक केलग्रेन-लॉरेंस [केएल] ऑस्टियोआर्थराइटिस ग्रेड) का विश्लेषण किया।

परिणाम:

12 महीनों में, कुछ प्रतिभागियों द्वारा अस्थायी समरूपता में सुधार के बावजूद महत्वपूर्ण हानिकारक परिवर्तन देखे गए। बल समरूपता काफी खराब हो गई (0.701 से 0.663; पी <0.001), जबकि बरकरार अंग घुटने के लचीलेपन और सम्मिलन क्षणों में क्रमशः 6.6% और 7.7% की वृद्धि हुई (पी < 0.001)। WOMAC दर्द स्कोर 26.4% (पी = 0.0001) बढ़ गया। बेसलाइन बल समरूपता को बेसलाइन घुटने के लचीलेपन क्षण (आर = 0.479, पी = 0.038) के साथ महत्वपूर्ण रूप से सहसंबद्ध किया गया था। विशेष रूप से, बेहतर अंतर-अंग अस्थायी समरूपता लेकिन अनसुलझे बल विषमता वाले विषयों में ऊंचा अक्षुण्ण-अंग ऊतक तनाव प्रदर्शित होता रहा।

निष्कर्ष:

ये निष्कर्ष इस बात पर जोर देते हैं कि अंतर्निहित यांत्रिक भार वितरण को संबोधित किए बिना दृश्य या अस्थायी चाल समरूपता को बहाल करना अपर्याप्त है। क्षतिपूर्ति रणनीतियाँ - विशेष रूप से बढ़े हुए अक्षुण्ण-पक्ष रुख समय, ऊर्ध्वाधर लोडिंग दर, और फ्रंट-प्लेन घुटने के क्षण - अकेले कृत्रिम डिजाइन की तुलना में ऑस्टियोआर्थराइटिस प्रगति की अधिक भविष्यवाणी करते हैं। अध्ययन जीवन भर अक्षुण्ण अंग की रक्षा करने के उद्देश्य से बायोमैकेनिकल रूप से सूचित कृत्रिम ट्यूनिंग और न्यूरोमस्कुलर रिट्रेनिंग रणनीतियों का समर्थन करता है।

परिचय

निचले अंग विच्छेदन वाले व्यक्तियों के पुनर्वास में पारंपरिक रूप से कार्यात्मक गतिशीलता बहाल करने और एक दृष्टिगत सममित चाल पैटर्न प्राप्त करने पर ध्यान केंद्रित किया गया है। जबकि आधुनिक कृत्रिम अंगों ने इस संबंध में उल्लेखनीय प्रगति की है, सबूतों के बढ़ते समूह से पता चलता है कि एक आकर्षक चाल यांत्रिक लोडिंग में लगातार और खतरनाक विषमताओं को छिपा सकती है [1, 2]। अक्षुण्ण अंग का यह क्रोनिक ओवरलोडिंग एक महत्वपूर्ण नैदानिक चिंता का विषय है, क्योंकि यह माध्यमिक मस्कुलोस्केलेटल स्थितियों के उच्च प्रसार में दृढ़ता से शामिल है, विशेष रूप से घुटने और कूल्हे के ऑस्टियोआर्थराइटिस (ओए) [3, 4]। गेली एट अल द्वारा एक मूलभूत समीक्षा। (2008) ने इस बात पर प्रकाश डाला कि निचले अंग विच्छेदन वाले व्यक्ति अक्सर अपने अक्षुण्ण अंग पर दबाव डालते हैं और तनाव देते हैं, जिससे समय के साथ अपक्षयी परिवर्तन होते हैं [5]। बाद के शोध ने इस घटना को लगातार प्रदर्शित किया है। बल प्लेट विश्लेषण का उपयोग करने वाले अध्ययनों से पता चला है कि अक्षुण्ण अंग चलने और बैठने से खड़े होने की दैनिक गतिविधियों के दौरान कृत्रिम अंग की तुलना में 30-50% अधिक शिखर ऊर्ध्वाधर जमीन प्रतिक्रिया बल (वीजीआरएफ) और 150% से अधिक अधिकतम घुटने के लचीलेपन का अनुभव कर सकता है [6, 7]। इस असमानता को काफी हद तक पारंपरिक कृत्रिम अंग की कार्यात्मक सीमाओं के लिए जिम्मेदार ठहराया जाता है, जिसमें जैविक टखने की संचालित पुश-ऑफ और परिवर्तनीय कठोरता की कमी होती है, जिससे उपयोगकर्ता को क्षतिपूर्ति रणनीतियों को अपनाने के लिए मजबूर होना पड़ता है [8, 9]।

These compensatory mechanisms, while necessary for ambulation, come at a significant orthopedic cost. The increased loading on the intact limb, particularly the elevated knee adduction moment (KAM)—a well-established surrogate for medial compartment knee loading and a strong predictor of OA progression [10, 11]—creates a biomechanical environment ripe for cartilage degradation. Lloyd et al. (2010) established a moderate relationship between strength asymmetry and OA risk factors, suggesting that muscular imbalances further exacerbate the mechanical loading problem [12].

इस समझ के बावजूद साहित्य में एक गंभीर अंतर बना हुआ है। अधिकांश अध्ययन क्रॉस-सेक्शनल हैं, चाल का केवल एक स्नैपशॉट कैप्चर करते हैं, और कुछ ने एक ही समूह में ओए प्रगति के बायोमैकेनिकल और नैदानिक संकेतक दोनों को अनुदैर्ध्य रूप से ट्रैक किया है। इसलिए यह स्पष्ट नहीं है कि ये विषमताएं समय के साथ कैसे विकसित होती हैं और कौन से विशिष्ट बायोमैकेनिकल कारक दीर्घकालिक संयुक्त विकृति का सबसे अधिक पूर्वानुमान लगाते हैं।

इसके अलावा, अस्थायी समरूपता (जैसे, समान कदम समय) को प्राथमिकता देने की एक नैदानिक प्रवृत्ति है, इस धारणा के साथ कि यह गतिज (बल) मापदंडों को सामान्य कर देगा। इस धारणा की वैधता का कठोरता से परीक्षण नहीं किया गया है।

इस अध्ययन का लक्ष्य एकतरफा ट्रान्सटिबियल विच्छेदन वाले 19 व्यक्तियों की 12 महीने की अनुदैर्ध्य जांच के माध्यम से इन अंतरालों को संबोधित करना है। हम परिकल्पना करते हैं कि: 1) बेसलाइन बल विषमता अस्थायी विषमता की तुलना में संयुक्त लोडिंग के संकेतकों (उदाहरण के लिए, घुटने के क्षण) के साथ अधिक मजबूती से सहसंबद्ध होगी; और 2) 12 महीनों में बल समरूपता में गिरावट अक्षुण्ण अंग जोड़ क्षणों में इसी वृद्धि और नैदानिक दर्द और रेडियोग्राफिक ओए स्थिति की गिरावट के साथ जुड़ी होगी। अस्थायी समरूपता, बल समरूपता और दीर्घकालिक संयुक्त स्वास्थ्य के बीच परस्पर क्रिया की जांच करके, हम कृत्रिम पुनर्वास के लिए एक अधिक सूक्ष्म, बायोमैकेनिकल रूप से सूचित ढांचा प्रदान करना चाहते हैं जो अक्षुण्ण अंग के संरक्षण को प्राथमिकता देता है।

तरीके

प्रतिभागियों

एकतरफा ट्रांसटिबियल विच्छेदन वाले उन्नीस व्यक्तियों को स्थानीय पुनर्वास क्लीनिकों से भर्ती किया गया था। समूह में 16 पुरुष और 3 महिलाएँ शामिल थीं जिनकी औसत आयु 49.5 ± 11.3 वर्ष थी। सभी प्रतिभागी अंग-विच्छेदन के कम से कम दो साल बाद (मतलब 5.1 ± 1.6 वर्ष) के थे और सामुदायिक एम्बुलेटर (के-लेवल 2-4) स्थापित थे। बहिष्करण मानदंड में द्विपक्षीय विच्छेदन, चाल को प्रभावित करने वाली तंत्रिका संबंधी स्थितियाँ, या विच्छेदन से पहले अक्षुण्ण अंग में OA का इतिहास शामिल था। अध्ययन को MMSx Authority Institute संस्थागत समीक्षा बोर्ड (आईआरबी #2025-पीआरओएस-01) द्वारा अनुमोदित किया गया था, और सभी प्रतिभागियों ने लिखित सूचित सहमति प्रदान की थी।

प्रायोगिक प्रोटोकॉल

प्रतिभागियों का मूल्यांकन तीन समय बिंदुओं पर किया गया: बेसलाइन, 6 महीने और 12 महीने। प्रत्येक सत्र में एक व्यापक बायोमैकेनिकल चाल विश्लेषण और नैदानिक मूल्यांकन शामिल था। प्रतिभागियों ने अपने निर्धारित कृत्रिम अंग और आरामदायक चलने वाले जूते पहने। 10 मिनट के वार्म-अप के बाद, वे 1000 हर्ट्ज पर दो एम्बेडेड फोर्स प्लेट्स (एएमटीआई, वॉटरटाउन, एमए, यूएसए) सैंपलिंग के साथ 10-मीटर वॉकवे पर स्व-चयनित आरामदायक गति से चले। 100 हर्ट्ज़ पर 8-कैमरा गति विश्लेषण प्रणाली (विकॉन, ऑक्सफ़ोर्ड, यूके) का उपयोग करके त्रि-आयामी गति डेटा कैप्चर किया गया। प्रत्येक पैर से स्वच्छ बल प्लेट हमलों के साथ कम से कम पांच सफल परीक्षण एकत्र किए गए।

डाटा प्रोसेसिंग

काइनेटिक और गतिज डेटा को विज़ुअल3डी सॉफ़्टवेयर (सी-मोशन, जर्मनटाउन, एमडी, यूएसए) का उपयोग करके संसाधित किया गया था। शरीर के द्रव्यमान (एनएम/किग्रा) के लिए सामान्यीकृत, कूल्हे, घुटने और टखने पर शुद्ध संयुक्त क्षणों की गणना करने के लिए एक मानक व्युत्क्रम गतिशीलता दृष्टिकोण का उपयोग किया गया था। विश्लेषण के लिए निकाले गए मुख्य चर में शामिल हैं:

- **टेम्पोरल समरूपता अनुपात:** कृत्रिम रुख समय / बरकरार रुख समय।
- **बल समरूपता अनुपात:** कृत्रिम शिखर वीजीआरएफ / अक्षुण्ण शिखर वीजीआरएफ।
- **बरकरार अंग लोड हो रहा है:** पीक वीजीआरएफ (एन), लोडिंग दर (बीडब्ल्यू/एस), रुख समय (एमएस)।
- **अक्षुण्ण अंग क्षण:** रुख चरण (एनएम/किग्रा) के दौरान चरम घुटने के लचीलेपन पल (केएफएम) और चरम घुटने सम्मिलन पल (केएएम)।

नैदानिक परिणाम

प्रत्येक समय बिंदु पर, प्रतिभागियों ने दर्द और कार्य का आकलन करने के लिए वेस्टर्न ओंटारियो और मैकमास्टर यूनिवर्सिटी ऑस्टियोआर्थराइटिस इंडेक्स (डब्ल्यूओएमएसी) और पिछले सप्ताह के औसत घुटने के दर्द के लिए 10-पॉइंट विज़ुअल एनालॉग स्केल (वीएएस) पूरा किया। बेसलाइन और 12 महीनों में अक्षुण्ण घुटने का एक स्टैंडिंग ऐन्टेरोपोस्टीरियर रेडियोग्राफ़ लिया गया था, और केलग्रेन-लॉरेंस (केएल) 0-4 पैमाने का उपयोग करके, बायोमैकेनिकल डेटा के आधार पर एक आर्थोपेडिक सर्जन द्वारा ओए गंभीरता के लिए वर्गीकृत किया गया था।

सांख्यिकीय विश्लेषण

`scipy` और `statsmodels` लाइब्रेरी के साथ Python का उपयोग करके डेटा का विश्लेषण किया गया। बेसलाइन से 12 महीनों तक प्रमुख मेट्रिक्स में अनुदैर्ध्य परिवर्तनों का मूल्यांकन युग्मित-नमूने टी-परीक्षणों का उपयोग करके किया गया था, जिसमें प्रभाव आकार के लिए कोहेन के डी की गणना की गई थी। बेसलाइन पर समरूपता अनुपात और संयुक्त क्षणों के बीच संबंधों की जांच करने के लिए पियर्सन सहसंबंध का उपयोग किया गया था। OA प्रगति पर बेसलाइन बल समरूपता के प्रभाव का आकलन करने के लिए, प्रतिभागियों को औसत बेसलाइन बल समरूपता अनुपात के आधार पर "उच्च समरूपता" और "निम्न समरूपता" समूहों में विभाजित किया गया था। इन समूहों के बीच केएल ग्रेड में बदलाव की तुलना मैन-व्हिटनी यू परीक्षण का उपयोग करके की गई थी। सभी परीक्षणों के लिए महत्व स्तर $\alpha = 0.05$ निर्धारित किया गया था।

परिणाम

प्रतिभागी विशेषताएँ

बेसलाइन पर 19 प्रतिभागियों की जनसांख्यिकीय और नैदानिक विशेषताओं को तालिका 1 में संक्षेपित किया गया है। समूह मुख्य रूप से पुरुष था, जिसमें आघात विच्छेदन का सबसे आम कारण था। अधिकांश प्रतिभागियों ने ऊर्जा-भंडारण और वापसी (ईएसआर) कृत्रिम पैरों का उपयोग किया।

तालिका 1. बेसलाइन प्रतिभागी जनसांख्यिकी और विशेषताएँ (एन = 19)

विशेषता	माध्य ± एसडी या एन (%)
आयु (वर्ष)	49.5 ± 11.3
सेक्स	16 पुरुष (84%), 3 महिलाएं (16%)
बॉडी मास इंडेक्स (किलो/वर्ग मीटर)	27.9 ± 4.8
विच्छेदन के बाद से समय (वर्ष)	5.1 ± 1.6
विच्छेदन का कारण	
आघात	12 (63%)
संवहनी	4 (21%)
संक्रमण	3 (16%)
कृत्रिम पैर का प्रकार	
ईएसआर - उच्च प्रदर्शन	8 (42%)
ईएसआर - लो प्रोफाइल	7 (37%)
संचालित टखना	4 (21%)
के-स्तर	
K2	4 (21%)
K3	9 (47%)
K4	6 (32%)
बेसलाइन केलग्रेन-लॉरेंस (केएल) ओए ग्रेड	
ग्रेड 0	8 (42%)
ग्रेड 1	8 (42%)
ग्रेड 2	3 (16%)

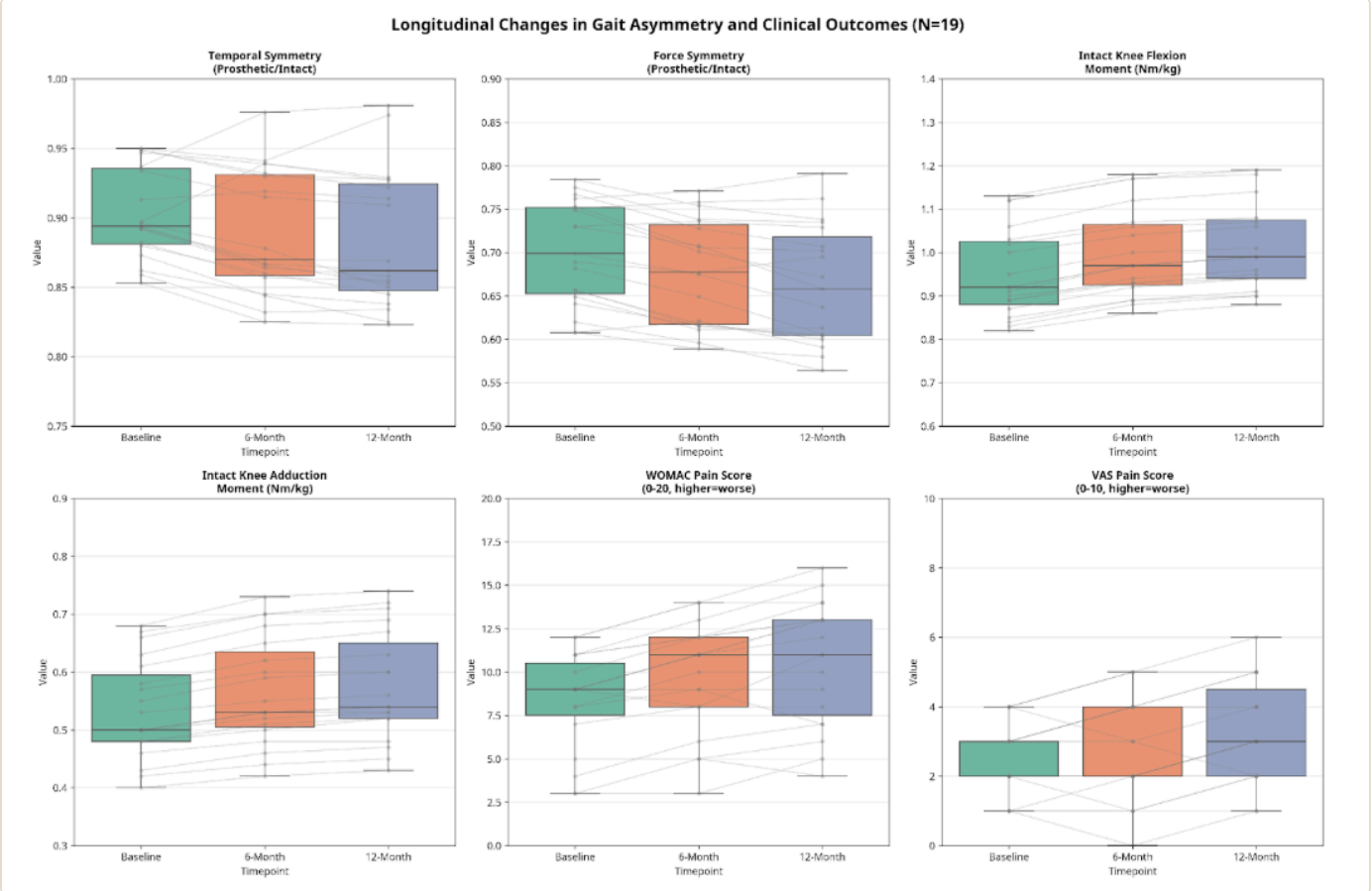
चाल और क्लिनिकल मेट्रिक्स में अनुदैर्ध्य परिवर्तन

12-महीने की अध्ययन अवधि में, कई प्रमुख मैट्रिक्स ने सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण परिवर्तन दिखाए (तालिका 2)। सबसे विशेष रूप से, बल समरूपता काफी खराब हो गई, कृत्रिम अंग बेसलाइन (पी <0.001) की तुलना में और भी कम भार वहन कर रहा था। इसके साथ घुटने के लचीलेपन और अक्षुण्ण अंग में सम्मिलन क्षणों दोनों में उल्लेखनीय वृद्धि हुई, साथ ही रिपोर्ट किए गए दर्द (डब्ल्यूओएमएसी और वीएएस स्कोर) में नैदानिक रूप से सार्थक वृद्धि हुई। अस्थायी समरूपता में भी छोटी लेकिन महत्वपूर्ण गिरावट देखी गई।

तालिका 2: बेसलाइन से 12 महीने तक प्रमुख मेट्रिक्स में अनुदैर्ध्य परिवर्तन (एन=19)

मैट्रिक	बेसलाइन (माध्य)	12-महीना (माध्य)	% परिवर्तन	टी-सांख्यिकी	पी-मूल्य	कोहेन का डी
बल समरूपता अनुपात	0.701	0.663	-5.4%	-5.38	<0.0001	-1.23
अस्थायी समरूपता अनुपात	0.903	0.884	-2.1%	-3.18	0.0051	-0.73
घुटने के लचीलेपन का क्षण बरकरार (एनएम/किग्रा)	0.951	1.014	+6.6%	29.10	<0.0001	6.68
अक्षुण्ण घुटना सम्मिलन क्षण (एनएम/किग्रा)	0.534	0.575	+7.7%	14.95	<0.0001	3.43
WOMAC दर्द स्कोर (0-20)	8.37	10.58	+26.4%	5.23	0.0001	1.20
वीएएस दर्द स्कोर (0-10)	2.47	3.32	+34.0%	4.40	0.0003	1.01

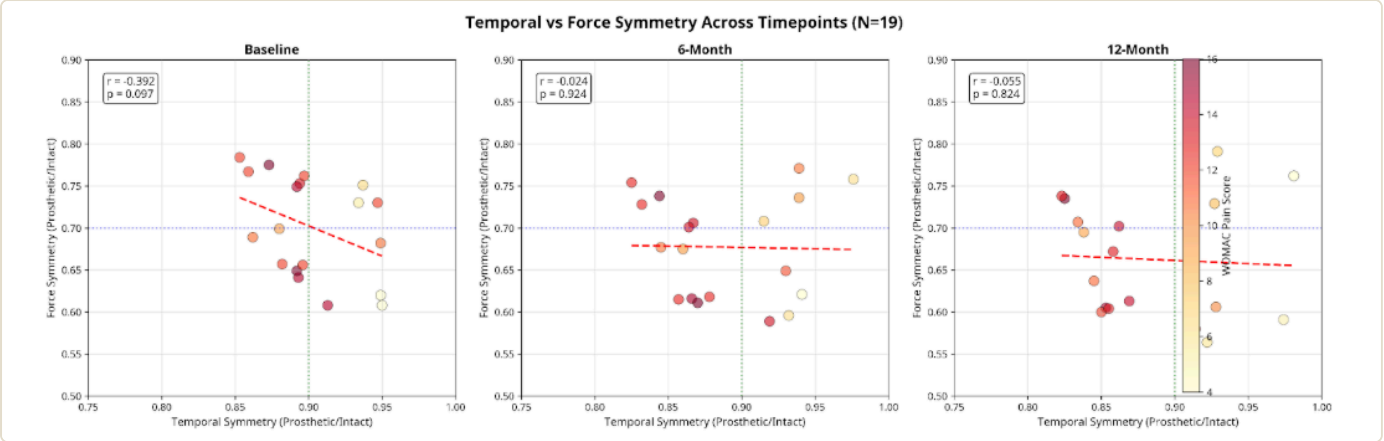
इन समूह-स्तरीय परिवर्तनों को चित्र 1 में देखा गया है, जो प्रगति में महत्वपूर्ण अंतर-वैयक्तिक परिवर्तनशीलता को भी दर्शाता है।



चित्र 1: 12 महीनों में प्रमुख चाल और नैदानिक मेट्रिक्स में अनुदैर्ध्य परिवर्तन। बॉक्सप्लॉट समूह वितरण दिखाते हैं, जबकि ग्रे रेखाएं व्यक्तिगत प्रतिभागी प्रक्षेपवक्र का प्रतिनिधित्व करती हैं, जो विविध प्रगति पैटर्न को उजागर करती हैं।

टेम्पोरल और बल समरूपता के बीच संबंध

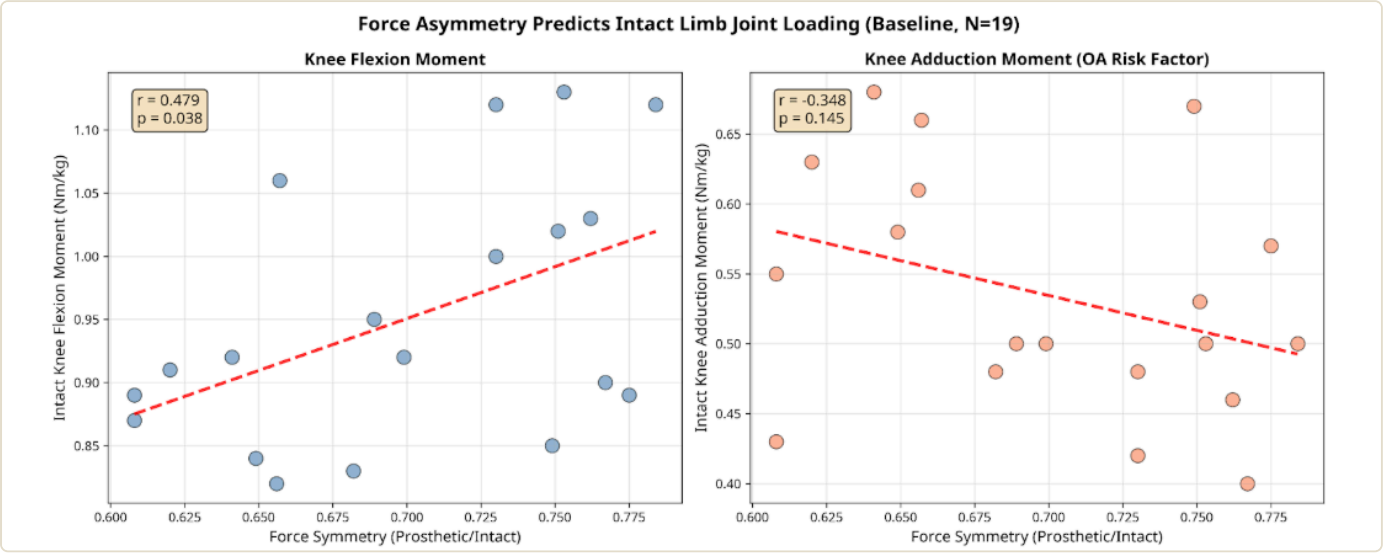
बेसलाइन पर, अस्थायी और बल समरूपता (आर = -0.392, पी = 0.097) के बीच कोई महत्वपूर्ण संबंध नहीं था। इससे पता चलता है कि जो प्रतिभागी अपने कदमों के समय में अधिक सममित दिखाई देते थे, जरूरी नहीं कि वे अपने बल वितरण में अधिक सममित हों। जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है, यह डिस्कनेक्ट पूरे अध्ययन के दौरान जारी रहा। कुछ प्रतिभागियों ने समय के साथ अपनी अस्थायी समरूपता में सुधार किया, फिर भी उनकी बल समरूपता और दर्द स्कोर खराब हो गए, जो पुनर्वास का मार्गदर्शन करने के लिए अकेले अस्थायी मेट्रिक्स का उपयोग करने की अपर्याप्तता को रेखांकित करता है।



चित्र 2: प्रत्येक समय बिंदु पर अस्थायी और बल समरूपता के बीच संबंध। प्रत्येक बिंदु का रंग प्रतिभागी के WOMAC दर्द स्कोर को दर्शाता है। एक मजबूत सकारात्मक सहसंबंध की कमी पर ध्यान दें, जो दर्शाता है कि अच्छी अस्थायी समरूपता अच्छी बल समरूपता की गारंटी नहीं देती है।

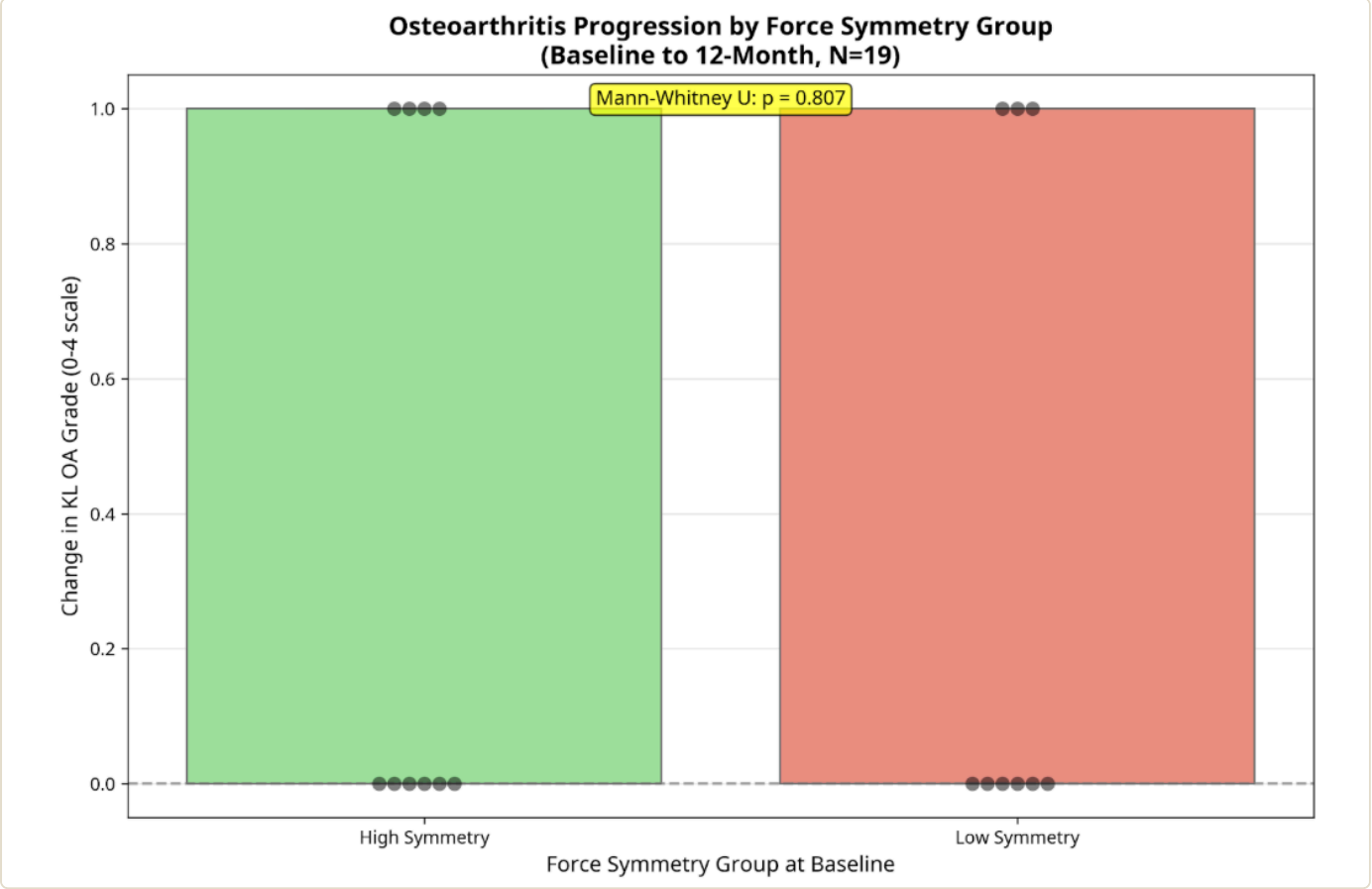
संयुक्त लोडिंग और OA प्रगति के पूर्वसूचक के रूप में विषमता

बेसलाइन पर, कम बल समरूपता अनुपात (यानी, अधिक विषमता) को उच्च अक्षुण्ण अंग घुटने के लचीलेपन के क्षण (आर = 0.479, पी = 0.038) के साथ महत्वपूर्ण रूप से सहसंबद्ध किया गया था, लेकिन घुटने के जोड़ के क्षण (आर = -0.348, पी = 0.145) के साथ नहीं (चित्र 3)। इससे पता चलता है कि चूंकि कृत्रिम अंग कम बल स्वीकार करता है, इसलिए अक्षुण्ण अंग घुटने के विस्तारकों को शरीर के द्रव्यमान के केंद्र को नियंत्रित करने के लिए अधिक मेहनत करनी होगी।



चित्र 3: बेसलाइन बल समरूपता और अक्षुण्ण अंग घुटने के क्षणों के बीच सहसंबंध। कम बल समरूपता उच्च धनु समतल घुटने के लचीलेपन क्षणों के साथ महत्वपूर्ण रूप से जुड़ी हुई है, जो प्रतिपूरक लोडिंग का एक प्रमुख संकेतक है।

जब प्रतिभागियों को उनके बेसलाइन बल समरूपता के आधार पर समूहीकृत किया गया, तो 12 महीनों में रेडियोग्राफिक ओए प्रगति की दर में कोई महत्वपूर्ण अंतर नहीं पाया गया (पी = 0.807) (चित्र 4)। हालाँकि, प्रवृत्ति ने सुझाव दिया कि दोनों समूहों ने कुछ स्तर की प्रगति का अनुभव किया। उच्च समरूपता समूह के लिए औसत केएल ग्रेड परिवर्तन 0.40 ± 0.52 और निम्न समरूपता समूह के लिए 0.33 ± 0.50 था। महत्वपूर्ण अंतर की यह कमी छोटे नमूने के आकार और OA प्रगति की धीमी प्रकृति के कारण हो सकती है।



चित्र 4: केलग्रेन-लॉरेंस (केएल) ऑस्टियोआर्थराइटिस ग्रेड में बेसलाइन से 12 महीने तक परिवर्तन, बेसलाइन बल समरूपता द्वारा समूहीकृत। हालांकि सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण नहीं है, दोनों समूह रोग की प्रगति की ओर रुझान दिखाते हैं।

चर्चा

यह 12-महीने का अनुदैर्ध्य अध्ययन इस बात का पुख्ता सबूत देता है कि कृत्रिम चाल विषमता के आर्थोपेडिक परिणाम महत्वपूर्ण और प्रगतिशील हैं। हमारी प्राथमिक खोज यह है कि कृत्रिम तकनीक और पुनर्वास में प्रगति के बावजूद, अक्षुण्ण अंग पर क्रोनिक ओवरलोडिंग बनी हुई है और, हमारे समूह में, एक वर्ष में स्थिति खराब हो गई है। यह बल समरूपता में महत्वपूर्ण गिरावट, अक्षुण्ण अंग घुटने के क्षणों में सहवर्ती वृद्धि और रिपोर्ट किए गए दर्द में नैदानिक रूप से सार्थक वृद्धि से प्रमाणित हुआ था। गंभीर रूप से, यह अध्ययन अस्थायी और गतिज समरूपता के मेल के खतरे पर प्रकाश डालता है। हमें दोनों के बीच कोई महत्वपूर्ण संबंध नहीं मिला, जिसका अर्थ है कि एक दृष्टिगत सममित चाल यांत्रिक रूप से खतरनाक चाल को झुठला सकती है। यह हमारे अध्ययन के केंद्रीय आधार का समर्थन करता है: कि केवल सममित कदम समय को बहाल करने पर पुनर्वास पर ध्यान केंद्रित करना दीर्घकालिक संयुक्त संरक्षण के लिए एक अपर्याप्त रणनीति है। जिन

प्रतिभागियों की चाल अधिक सममित थी, वे संयुक्त लोडिंग में हानिकारक वृद्धि से सुरक्षित नहीं थे। इस खोज का नैदानिक अभ्यास पर गहरा प्रभाव पड़ता है, यह सुझाव देता है कि बल/दबाव माप केवल दृश्य अवलोकन पर निर्भर रहने के बजाय कृत्रिम चाल मूल्यांकन का एक अभिन्न अंग होना चाहिए।

घुटने के लचीलेपन के क्षण और अक्षुण्ण पक्ष पर घुटने के जोड़ के क्षण दोनों में महत्वपूर्ण वृद्धि विशेष रूप से चिंताजनक है। केएफएम में वृद्धि घुटने को नियंत्रित करने और झटके को अवशोषित करने के लिए क्वाड्रिसेप्स की अधिक मांग को दर्शाती है, जो कृत्रिम टखने से संचालित पुश-ऑफ की कमी के लिए एक प्रतिपूरक रणनीति है [8, 9]। केएएम में वृद्धि, मीडियल कम्पार्टमेंट घुटने ओए [10] के लिए एक प्रसिद्ध जोखिम कारक है, यह बताता है कि ये प्रतिपूरक रणनीतियाँ अपक्षयी प्रक्रिया में सक्रिय रूप से योगदान दे रही हैं। 12 महीनों में, हमारे समूह ने इस महत्वपूर्ण OA बायोमार्कर में 7.7% की वृद्धि का अनुभव किया, जो अपेक्षाकृत कम अवधि में एक बड़ा बदलाव है।

हालांकि हमें बेसलाइन पर उच्च और निम्न समरूपता समूहों के बीच रेडियोग्राफिक ओए प्रगति में सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण अंतर नहीं मिला, यह संभवतः अध्ययन की अवधि और नमूना आकार की एक सीमा है। OA एक धीमी गति से बढ़ने वाली बीमारी है, और महत्वपूर्ण संरचनात्मक परिवर्तनों को पकड़ने के लिए 12 महीने अपर्याप्त हो सकते हैं। हालाँकि, तथ्य यह है कि दोनों समूहों ने प्रगति की ओर रुझान दिखाया, और पूरे समूह ने दर्द में उल्लेखनीय वृद्धि का अनुभव किया, यह दृढ़ता से सुझाव देता है कि लगभग सभी प्रतिभागी रोगसूचक OA की ओर अग्रसर हैं। समूहों के बीच अंतर की कमी का अर्थ यह हो सकता है कि हमारे समूह में "उच्च समरूपता" समूह अभी भी एक सुरक्षित शारीरिक सीमा से ऊपर लोडिंग पैटर्न का अनुभव कर रहा था।

हमारे निष्कर्ष इस क्षेत्र में मूलभूत कार्य के अनुरूप हैं और उसका विस्तार करते हैं। हमने टीटर एट अल के क्रॉस-अनुभागीय निष्कर्षों की अनुदैर्ध्य पुष्टि प्रदान की है। [6] और मोर्गनरोथ एट अल। [8], यह दर्शाता है कि देखी गई विषमताएं न केवल मौजूद हैं बल्कि प्रगतिशील हैं। नैदानिक परिणामों (दर्द और रेडियोग्राफिक ग्रेड) के साथ बायोमैकेनिकल डेटा को एकीकृत करके, हम असममित लोडिंग और माध्यमिक ओए के विकास के बीच कारण लिंक को मजबूत करते हैं, जैसा कि गेली एट अल द्वारा प्रस्तावित है। [5].

सीमाएँ

इस स्टडी की कई सीमाएं हैं। सबसे पहले, 19 प्रतिभागियों का नमूना आकार छोटा है, जो हमारी सांख्यिकीय शक्ति को सीमित करता है, विशेष रूप से ओए प्रगति विश्लेषण जैसे उपसमूह विश्लेषण के लिए। दूसरा, OA जैसी पुरानी बीमारी पर नज़र रखने के लिए 12 महीने की अनुवर्ती अवधि अपेक्षाकृत कम है। तीसरा, हमने अध्ययन अवधि के दौरान कृत्रिम घटक या संरेखण परिवर्तनों पर नियंत्रण नहीं किया, जो परिणामों को प्रभावित कर सकता था। अंत में, हमारे समूह में केवल ट्रांसस्टिबियल एम्प्यूटेस शामिल थे, और निष्कर्ष ट्रांसफेमोरल एम्प्यूटेशन वाले लोगों के लिए सामान्यीकृत नहीं हो सकते हैं, जो अक्सर और भी अधिक विषमता प्रदर्शित करते हैं।

भविष्य की दिशाएँ

भविष्य के अनुसंधान को 5-10 वर्षों की अनुवर्ती अवधि के साथ बड़े, बहु-केंद्र अनुदैर्ध्य अध्ययनों पर ध्यान केंद्रित करना चाहिए ताकि विशिष्ट बायोमैकेनिकल मापदंडों को रेडियोग्राफिक और रोगसूचक ओए प्रगति से अधिक निश्चित रूप से जोड़ा जा सके। इस अध्ययन में पहचाने गए जोखिमों को कम करने के लिए पुनर्वास रणनीतियों की प्रभावकारिता का परीक्षण करने के लिए हस्तक्षेप अध्ययन की भी गंभीर आवश्यकता है - जैसे कि बरकरार अंग लोडिंग को कम करने के लिए वास्तविक समय बायोफीडबैक, या लक्षित न्यूरोमस्कुलर रिट्रेनिंग।

निष्कर्ष

निष्कर्ष में, यह अध्ययन दर्शाता है कि एकतरफा ट्रांसस्टिबियल विच्छेदन वाले व्यक्तियों में अक्षुण्ण अंग की पुरानी और प्रगतिशील यांत्रिक अधिभार एक महत्वपूर्ण और अनसुलझी समस्या है। सफल पुनर्वास के प्राथमिक संकेतक के रूप में अस्थायी या दृश्य चाल समरूपता पर निर्भरता एक त्रुटिपूर्ण प्रतिमान है। बल विषमता प्रतिपूरक संयुक्त लोडिंग का एक अधिक शक्तिशाली भविष्यवक्ता है जो संभावित रूप से दीर्घकालिक अपक्षयी संयुक्त रोग को प्रेरित करता है। विच्छेदन वाले व्यक्तियों के आजीवन स्वास्थ्य और गतिशीलता को सुनिश्चित करने के लिए, नैदानिक अभ्यास को बायोमैकेनिकल रूप से सूचित रणनीतियों को शामिल करने के लिए विकसित करना चाहिए जो सीधे बल विषमता के शमन और कमजोर अक्षुण्ण अंग की सुरक्षा को लक्षित करते हैं।

सन्दर्भ

संदर्भ

संदर्भ मूल अंग्रेज़ी में यथावत दिए गए हैं।

1. Hof, A. L., van Bockel, R. M., Schoppen, T., & Postema, K. (2007). Control of location of the center of pressure during walking by individuals with a lower-limb amputation. *Gait & Posture*, 25(1), 43-50.
2. Zmitrewicz, R. J., Neptune, R. R., & Kautz, S. A. (2006). The role of the individual leg joints in determining the propulsive and braking impulses during walking in unilateral transtibial amputees. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(11), 1474-1479.
3. Kulkarni, J., Gaine, W. J., & Buckley, J. G. (2005). The prosthetic limb and the contralateral knee. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 87(3), 339-341.
4. Struyf, P. A., van Heugten, C. M., Hitters, M. W., & Smeets, R. J. (2009). The prevalence of osteoarthritis of the intact hip and knee among traumatic leg amputees. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(3), 440-446.
5. Gailey, R., Allen, K., Castles, J., Kucharik, J., & Roeder, M. (2008). Review of secondary physical conditions associated with lower-limb amputation and long-term prosthesis use. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 45(1), 15-30.
6. Teater, R. H., Wolf, D. N., McDonald, K. A., & Zelik, K. E. (2023). Unilateral transtibial prosthesis users load their intact limb more than their prosthetic limb during sit-to-stand, squatting, and lifting. *Clinical Biomechanics*, 108, 106041.
7. Nolan, L., Wit, A., Dudzinski, K., & Lees, A. (2003). Adjustments in gait symmetry with walking speed in trans-femoral and trans-tibial amputees. *Gait & Posture*, 17(2), 142-151.
8. Morgenroth, D. C., Gellhorn, A. C., & Suri, P. (2011). The effect of prosthetic foot push-off on mechanical loading associated with knee osteoarthritis in lower extremity amputees. *Gait & Posture*, 34(4), 502-507.
9. Silverman, A. K., & Neptune, R. R. (2012). Muscle and prosthesis contributions to amputee walking mechanics. *Journal of Biomechanics*, 45(13), 2271-2278.
10. Sharma, L., Hurwitz, D. E., Thonar, E. J. M. A., Sum, J. A., Lenz, M. E., Dunlop, D. D., & Andriacchi, T. P. (1998). Knee adduction moment, serum hyaluronan level, and disease severity in medial tibiofemoral osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism*, 41(7), 1233-1240.

11. Mündermann, A., Dyrby, C. O., Hurwitz, D. E., Sharma, L., & Andriacchi, T. P. (2005). Potential mechanism of increased adduction moment in women with knee osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Research*, 23(2), 413-418.
12. Lloyd, C. H., Stanhope, S. J., Davis, I. S., & Royer, T. D. (2010). Strength asymmetry and osteoarthritis risk factors in unilateral trans-tibial, amputee gait. *Gait & Posture*, 32(3), 296-300.
13. Powers, C. M., Rao, S., & Perry, J. (1998). Knee kinetics in transtibial amputee gait. *Gait & Posture*, 8(1), 1-7.
14. Sanderson, D. J., & Martin, P. E. (1997). Lower extremity kinematic and kinetic adaptations in unilateral below-knee amputees during walking. *Gait & Posture*, 6(2), 126-136.
15. Royer, T. D., & Wasilewski, N. J. (2006). The effects of a prosthetic foot with a vertical shock pylon on the gait of persons with a unilateral transtibial amputation. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 18(2), 55-62.
16. Norvell, D. C., Czerniecki, J. M., Reiber, G. E., & Sangeorzan, B. J. (2005). The prevalence of knee pain and symptomatic knee osteoarthritis among veteran traumatic amputees and nonamputees. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(3), 487-493.
17. Isakov, E., Burger, H., Gregoric, M., & Marincek, C. (2000). The influence of a new prosthetic foot on the gait of trans-tibial amputees. *Clinical Biomechanics*, 15(4), 305-308.
18. Beyaert, C., Grumillier, C., Martinet, N., Paysant, J., & André, J. M. (2008). Compensatory mechanism involving the knee joint of the intact limb during gait in unilateral below-knee amputees. *Gait & Posture*, 28(2), 279-285.
19. Kaufman, K. R., Frittoli, S., & Frigo, C. A. (2012). Gait asymmetry of transfemoral amputees using mechanical and microprocessor-controlled prosthetic knees. *Clinical Biomechanics*, 27(5), 482-487.
20. Highsmith, M. J., Kahle, J. T., Bongiorni, D. R., Sutton, B. S., Groer, S., & Kaufman, K. R. (2016). Inter-rater and intra-rater reliability of the Comprehensive High-Level Activity Mobility Predictor (CHAMP). *Prosthetics and Orthotics International*, 40(5), 596-601.
21. D'Lima, D. D., Fregly, B. J., Patil, S., Steklov, N., & Colwell, C. W. (2007). Knee joint forces: prediction and in vivo validation. *Journal of Orthopaedic Research*, 25(4), 509-517.
22. Andriacchi, T. P., Mündermann, A., Smith, R. L., Alexander, E. J., Dyrby, C. O., & Koo, S. (2004). A framework for the in vivo pathomechanics of osteoarthritis at the knee. *Annals of Biomedical Engineering*, 32(3), 447-457.
23. Fregly, B. J., Reinbolt, J. A., Rooney, K. L., Mitchell, K. H., & Chmielewski, T. L. (2007). Design of patient-specific gait modifications for knee osteoarthritis rehabilitation. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 54(9), 1687-1695.
24. Brandt, A., & Huang, H. H. (2019). Effects of extended stance time on a powered knee prosthesis and gait symmetry on the lateral control of balance during walking in individuals with unilateral transfemoral amputation. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 16(1), 1-12.
25. Melzer, I., Yekutiel, M., & Sukenik, S. (2001). The prevalence of low back pain and its relationship with the body posture of the lower limbs in the trans-tibial amputee. *Disability and Rehabilitation*, 23(12), 539-543.

उद्धरण

कृपया मूल अंग्रेज़ी लेख का हवाला दें:

Mehta, N., Parreño Catalán, J. L., Fatahian, A., Korovljev, D., Baghban, M., Tiwari, S., Adhadhii, N., & Henderson, S. (2026). Prosthetic Gait Asymmetry: Long-Term Orthopedic Consequences for the Intact Limb. *Journal of Movement Mechanics & Biomechanics Science*, *2*(2). https://doi.org/10.66078/jmmbs.v2i2.004

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