

人工膝関節全置換術に対する高強度の術前トレーニングは術後早期の身体的・機能的回復を増進させる：無作為化比較試験

Joaquin Calatayud, Jose Casana, Yasmin Ezzatvar, Markus D. Jakobsen, Emil Sundstrup, Lars L. Andersen

High intensity preoperative training improves physical and functional recovery in the early post-operative periods after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 1-9, 2016. (First online: 14 January 2016)

PMID:26768606

翻訳担当者：赤羽中央総合病院 中村 睦美

====以下抄録====

はじめに====

変形性膝関節症（Knee osteoarthritis：以下、KOA）は世界中で最も一般的な関節疾患のひとつであり、筋骨格由来の疼痛、能力障害、社会経済経費に対して、個人的、社会的に悪影響をもたらす^{1,2)}。また、疼痛と機能障害により日常的な活動³⁾や仕事への参加⁴⁾が妨げられる。人工膝関節全置換術（Total Knee Arthroplasty：以下、TKA）は、末期 KOA 患者の、疼痛を緩和させ機能を改善させる最も一般的で効果的な治療法である⁵⁾。しかし、TKA 後、持続的な疼痛が残存する患者は多くでみられ、15%の患者は術後 3-4 年経過しても強い疼痛で苦しんでいることが報告されている⁶⁾。また、TKA 術直後に、筋力と筋活動が、それぞれ 60%、17%減少すると報告されている⁷⁾。

TKA 術後 1-2 年の機能的パフォーマンスを予測する因子として、術前的大腿四頭筋筋力の強さが挙げられる^{8,9)}。術前のトレーニングは、疼痛を軽減させ¹⁰⁾、KOA 患者の機能的パフォーマンスを改善させる¹¹⁾との効果の可能性が示されている。しかし、はっきりとした術前トレーニングの効果は明らかになっていない。

本研究の目的は、術前の高強度レジスタンストレーニングプログラムの効果を検討することとした。術前トレーニングによって、コントロール群と比較し術前の筋力、関節可動域、疼痛と機能的評価が改善し、入院在院日数を減らせると仮説を立てた。

方法====

対象は 60 歳以上で、2014 年に KOA のために片側 TKA を実施する予定の者とした。研究デザインは、無作為化比較試験にて行った。除外基準は、反対側下肢に疼痛が有する者（最大の疼痛が日常活動で 10 段階のうち 4 以上）、前年度に股関節や膝関節の置換術の既往が

High intensity preoperative training improves physical and functional recovery in the early post-operative periods after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial

ある者、運動が禁止されている者、機能的パフォーマンスに影響を及ぼす病状を持つ者とした。

186名中、包含基準を満たさなかった57名、および参加を辞退した79名、計136名が除外され、残りの50名が無作為に介入群とコントロール群に分けられた。50名中6名が以下の理由にて研究から脱落した（術後合併症の発症3名、手術の未施行2名、転居1名）。最終的には44名（男性7名、女性37名）が22名ずつ2つのグループに分かれ、本研究に参加した。インプラントの種類は、全例、後十字靭帯温存型（cruciate retaining：CR型）を用いた。

介入群は、術前に週3日、8週間のトレーニングプログラムを施行した。トレーニングは特に下肢の筋力増強を目的とした内容となっており、セッションは毎日同じ時間帯に行い、セッション間は少なくとも48時間をあけて行った。トレーニングは経験のある理学療法士の管理下で行った。

トレーニングプログラム =====

・ウォーミングアップ（15分間）

カーフレイズやステップアップ20回×2セットを含み、バリスティックな動きや動的な荷重エクササイズは除いた内容で、最後の10分は、疼痛に合わせて軽い負荷で上肢または下肢のエルゴサイクリングを行った。

・メインプログラムセット

坐位レッグプレス、レッグエクステンション、レッグカール、股関節外転（10回×5セット（セット間休憩は60秒））、それぞれの抵抗トレーニングの前には、10回の軽い負荷で、1つのウォーミングアップセットを行った。強度は10RM（repetition maximum）をベースに設定した。

抵抗トレーニングの後、不安定機器上（Bose Balance Trainer）で、両脚立ち30秒×4セット、片脚立ち15秒×4セット（健側下肢からスタート）を行った。最後に、股関節外転筋、膝関節屈筋・伸筋、足関節底屈筋の軽い静的ストレッチングを行った。

・評価指標は、Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index（以下、WOMAC）、Short Form-36 questionnaire（以下、SF-36）の身体機能スケール、10 cm visual analogue scale（以下、VAS）、最大等尺性膝屈曲筋トルク、最大等尺性膝伸展筋トルク、最大等尺性股外転筋トルク、自動膝関節屈曲可動域（range of motion：以下、ROM）、自動膝関節伸展ROM、機能的評価としてTimed“Up & Go” Test（以下、TUG）、階段昇降テスト（Stair-climbing test：以下、SCT）を用いた。最大等尺性筋トルクの測定には、ハンドヘルドダイナモメーターを

High intensity preoperative training improves physical and functional recovery in the early post-operative periods after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial

用いた。SCTでは、幅50 cm、高さ15 cm、奥行き25 cmの階段（一連の動作を、安全に昇降できる範囲内で、できるだけ速く昇降するように指示した。階段昇降時は、必要であれば手すりの使用は許可した。一連の動作にかかる時間をストップウォッチで2回測定し、2回の平均時間を記録した。評価の測定時期は、手術8週前（ベースライン）（T1）、トレーニング8週後（術前）（T2）、術後1か月（T3）、術後3か月後（T4）とした。

・統計解析は、先行研究によりサンプルサイズを算出したところ、各群20名で80%の統計的検出力であった。最大等尺性筋トルク、ROM、VAS、WOMAC、SF-36、TUG、SCTの変化の検証には独立変数を時間と群の二要因とした反復測定線形混合モデルを用いた。在院日数における群間の比較には、対応のないt検定を用いた。統計解析は、年齢、性、BMI、測定項目のベースライン値にて調整された。すべての統計解析はITT（intention-to-treat）解析に従って分析し、有意水準 α は0.05とした。結果は、グループ間の最小二乗平均差と95%信頼区間として示した。

結果 =====

コントロール群の年齢（平均（範囲） \pm 標準偏差）は、66.7（61-72） \pm 3.1歳、BMIは31（27-39） \pm 3.8kg/m²であった。介入群の年齢は、66.8（60-75） \pm 4.8歳、BMIは32（28-45） \pm 4.2kg/m²であり、ベースライン値において有意な群間差は認められなかった。

統計解析の結果、全ての測定項目で交互作用が認められた。最大等尺性膝屈曲筋トルク（平均値差 T2:-9.4, T3:-4.8, T4:-5.0）、最大等尺性股外転筋トルク（T2:-6.3, T3:-2.9, T4:-2.8）、VAS（T2:2.0, T3:1.7, T4:1.5）、WOMAC（T2:18.6, T3:14.0, T4:5.8）、伸展ROM（T2:8.3, T3:5.8, T4:5.6）、屈曲ROM（T2:-11.6, T3:-6.5, T4:-4.8）、TUG（T2:2.3, T3:2.1, T4:1.7）、SCT（T2:4.2, T3:3.6, T4:4.2）は、介入群においてT2、T3、T4でコントロール群と比較して高値を示した。最大等尺性膝伸展筋トルク（T2:-15.8, T4:-8.5）は、T2、T4にてコントロール群と比較して高値を示した。VASおよびWOMAC疼痛項目は、すべての評価時期において、介入群はコントロール群と比較して有意に疼痛が少なかった。在院日数に関しては、介入群（4.5 \pm 0.9日）はコントロール群（6.4 \pm 1.1日）と比較して有意に低値を示した（ $p < 0.001$ ）。

考察 =====

本研究結果により、術前の高強度トレーニングは、コントロールと比較して、術後早期の筋力、ROM、機能的課題を改善させ、疼痛や在院日数を減少させることが明らかとなった。

先行研究では、術前トレーニングの介入による疼痛の軽減に対する効果は示されなかったが¹³⁻¹⁷、本研究では、介入群においてT2からT4までの疼痛の漸進的な軽減がみられた。

High intensity preoperative training improves physical and functional recovery in the early post-operative periods after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial

一般的な TKA の疼痛軽減効果の他に、高強度の術前トレーニングを行うことにより更なる疼痛軽減につながったと考えられる。Thorstensson ら¹⁸⁾ は、OA 患者にとって運動は、膝関節に有害であるとしているが、本研究の結果により、術前トレーニングが膝関節に害を与えするという不安を減らし、術前トレーニングによって術後の運動レベルを維持するだけでなく疼痛軽減を導くことを示した。

先行研究と比較して、本研究で良好な成績となったのは、より強度の高いトレーニングを用いたこととトレーニング・セッションの全体的な量の多さであると考えられる。適切なトレーニングの強度と量は、筋力増強のために重要である。

本研究の限界は、ダイナミックなトレーニング内容であったにも関わらず、膝伸展筋力のような等尺性評価で筋力を評価したことである。神経学的適応はトレーニングの特異的な要素¹⁹⁾を持っているので、むしろダイナミックな筋力測定が必要であったかもしれない。しかし、等尺性筋トルクの評価は他の研究でも広く使われており、筋力改善を示すのに妥当であるとされている。また、本研究では薬物の使用量は測定していない。トレーニングの効果が薬物の減少や疼痛自己記入式質問紙に影響しているかもしれない。さらに、介入は効果的であったが、トレーニングプログラムの自己管理とエクササイズと対処方法についての教育がさらに良い結果をもたらしたかもしれない^{18,20)}。

最後に、本研究のトレーニングプログラムは、術後 3 か月を超えた後の効果は不明だが、術後早期の回復速度を高めるために有用である。全体として、本研究は、日常的な機能に重要ないくつかの身体的な特徴を改善させることを示し、臨床的に意義のあるものである。

結論

本研究は、末期 KOA 患者が術前トレーニングを行うことで術後早期のアウトカムを改善させることを示した。術前の時期に高強度のトレーニングを行うことは術前の疼痛を軽減させ、下肢筋力、ROM、機能的課題を改善させ、TKA 後の身体的、機能的改善を速め、在院日数の減少につながる。

解説

本研究は、片側 TKA 術後早期に対する術前の高強度レジスタンストレーニングの効果を検証した無作為化比較試験である。検証の結果、術前トレーニングにより、術後 3 か月までの下肢筋力、疼痛、ROM、TUG、SCT、SF-36 で介入群ではコントロール群と比べて有意に改善がみられたと述べている。これまで、術前トレーニングの効果は明らかにされていなかったが、本研究では術前トレーニングが、術後の身体機能やパフォーマンス、QOL を改善させることを示した点で、臨床的に意義のある研究であると言える。本研究の対象者は、術前の TKA 待機者であるが、症状が進行した KOA においても、高強度のレジスタン

High intensity preoperative training improves physical and functional recovery in the early post-operative periods after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial

トレーニングを行うことにより、疼痛や筋力などに改善が認められたことは注目すべき点である。本邦においては、医療保険制度上、理学療法士の管理下で術前から高頻度かつ重厚な介入を実施することが難しいと思われるが、在院日数の短縮や医療費の抑制、早期の生活の場への復帰という観点からも、今後は、術前から自主トレーニング指導や患者教育も考慮に入れた関わりをもつことが求められるかもしれない。今後、本邦において、術前での介入報告が期待される。また、術前トレーニング介入による術後 3 か月以降の効果の検証や、術後の活動や参加への影響、本研究とは異なる術前介入プログラムを実施した際の改善効果の検証などの研究が期待される。

参考文献 =====
=====

- 1) Allen KD, Golightly YM (2015) State of the evidence. *Curr Opin Rheumatol* 27:276–283
- 2) Glyn-Jones S, Palmer AJR, Agricola R, Price AJ, Vincent TL, Weinans H, Carr AJ (2015) Osteoarthritis. *The Lancet* 386:376–387
- 3) Jones CA, Voaklander DC, Johnston DW, Suarez-Almazor ME(2000) Health related quality of life outcomes after total hip and knee arthroplasties in a community based population. *J Rheumatol* 27:1745–1752
- 4) Palmer KT (2012) The older worker with osteoarthritis of the knee. *Br Med Bull* 102:79–88
- 5) Carr AJ, Robertsson O, Graves S, Price AJ, Arden NK, Judge A, Beard DJ (2012) Knee replacement. *Lancet* 379:1331–1340
- 6) Wylde V, Hewlett S, Learmonth ID, Dieppe P (2011) Persistent pain after joint replacement: prevalence, sensory qualities, and postoperative determinants. *Pain* 152:566–572
- 7) Stevens JE, Mizner RL, Snyder-Mackler L (2003) Quadriceps strength and volitional activation before and after total knee arthroplasty for osteoarthritis. *J Orthop Res* 21:775–779
- 8) Mizner RL, Petterson SC, Stevens JE, Axe MJ, Snyder-Mackler L (2005) Preoperative quadriceps strength predicts functional ability one year after total knee arthroplasty. *J Rheumatol* 32:1533–1539
- 9) Zeni JA, Snyder-Mackler L (2010) Preoperative predictors of persistent impairments during stair ascent and descent after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 92:1130–1136
- 10) Fransen M, McConnell S, Harmer AR, Van der Esch M, Simic M, Bennell KL (2015) Exercise for osteoarthritis of the knee. *Cochrane Database Syst Rev* 1:CD004376
- 11) Sled EA, Khoja L, Deluzio KJ, Olney SJ, Culham EG (2010) Effect of a home program of hip abductor exercises on knee joint loading, strength, function, and pain in people with knee osteoarthritis: a clinical trial. *Phys Ther* 90:895–904
- 12) Silkman Baker C, McKeon JM (2012) Does preoperative rehabilitation improve patient-based outcomes in persons who have undergone total knee arthroplasty? A systematic review.

High intensity preoperative training improves physical and functional recovery in the early post-operative periods after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial

PM&R.4:756-767

- 13) Brown K, Topp R, Brosky JA, Lajoie AS (2012) Prehabilitation and quality of life three months after total knee arthroplasty: a pilot study. *Percept Mot Skills* 115:765-774
- 14) McKay C, Prapavessis H, Doherty T (2012) The effect of a prehabilitation exercise program on quadriceps strength for patients undergoing total knee arthroplasty: a randomized controlled pilot study. *PM&R* 4:647-656
- 15) Rooks DS, Huang J, Bierbaum BE, Bolus SA, Rubano J, Connolly CE, Alpert S, Iversen MD, Katz JN (2006) Effect of preoperative exercise on measures of functional status in men and women undergoing total hip and knee arthroplasty. *Arthritis Rheum* 55:700-708
- 16) Topp R, Swank AM, Quesada PM, Nyland J, Malkani A (2009) The effect of prehabilitation exercise on strength and functioning after total knee arthroplasty. *PM&R* 1:729-735
- 17) Walls RJ, McHugh G, O’Gorman DJ, Moyna NM, O’Byrne JM (2010) Effects of preoperative neuromuscular electrical stimulation on quadriceps strength and functional recovery in total knee arthroplasty. A pilot study. *BMC Musculoskelet Disord* 11:119
- 18) Thorstensson CA, Roos EM, Petersson IF, Arvidsson B (2006) How do middle-aged patients conceive exercise as a form of treatment for knee osteoarthritis? *Disabil Rehabil* 28:51-59
- 19) Folland JP, Williams AG (2007) The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med* 37:145-168
- 20) Thorstensson CA, Garellick G, Rystedt H, Dahlberg LE (2015) Better management of patients with osteoarthritis: development and nationwide implementation of an evidence-based supported osteoarthritis self-management programme. *Musculoskeletal Care* 13:67-75