

学位論文の要旨

学位の種類	博士	氏名	佐藤 剛
学位論文題目			
The stability of total talar prosthesis- How stable to dislocation? Cadaveric study (人工距骨の安定性—脱臼への耐性は如何ほどか? カダバー研究)			
共著者名			
Jirawat Saengsin, Pongpanot Sornsakrin, Rohan Bhimani, Bart Lubberts, 谷口晃, Christopher DiGiovanni, 田中康仁			
雑誌名 : Journal of Orthopedic Research. 掲載 : 2021年12月13日 PMID: 34897786 DOI: 10.1002/jor.25237			
研究目的			
<p>距骨壊死は骨折を始めとした外傷やステロイド使用等様々な要因で起こり、治療に難渋する。かつては関節固定術や距骨摘出術が行われていたが、関節固定術では関節可動域が犠牲になることや骨癒合不全といった合併症の問題があった。また距骨摘出術は健側下肢との脚長差や変形の残存が問題となっていた。これらの問題を解決する治療法として人工距骨置換術が導入された。本術式で使用する距骨インプラントは健側のCT画像を基に3Dプリンターで作製される。先行研究では術後の良好な臨床成績や、インプラントが靭帯やスクリューで固定されていないにも拘らず、足関節の安定性は良好であることが報告されている。しかし、インプラント挿入直後の足関節がどれだけ安定しているのか、脱臼への耐性はどの程度あるかは不明で、実臨床では検証できない点だった。またインプラントサイズの違いが安定性に与える影響も解明されていなかった。そこで本研究は人工距骨置換術後の足関節の安定性を脱臼への耐性を含めて解明する事、及びインプラントサイズの違いが安定性に与える影響を調べることを目的として行われた。</p>			
材料・方法			
<p>12肢の膝下新鮮凍結死体肢（以下カダバー）を6肢ずつ2つのグループにわけ、1つは元の距骨と同じサイズのインプラントを挿入するグループ（以下同サイズ群）、もう1つは5%高さを小さくしたインプラントを挿入するグループ（以下小サイズ群）とした。小サイズ群は実臨床で距骨が壊死により圧壊した症例を想定している。距骨が圧壊している場合足関節の隙間は狭くなる。通常インプラントは健側画像を基に作製されるため、健側と同じサイズで作製すると実際の関節腔よりも大きいサイズとなり手術中に挿入が困難となる。そのため症例に応じてサイズを小さくしてインプラントを作製する場合があります、本研究では比較項目の一つとした。</p>			

インプラント：

事前に撮影したカダバーのCT画像を基に3Dプリンターで作製。材質はプラスチック、放射線透視下で動きが確認し易くなるようタングステンでコーティングした。

インプラント挿入手技：

全カダバーにおいて本手術手技である前方アプローチで行った。足関節前面で距骨を中心に6~8cm縦に皮膚を切開し距骨を展開。距骨に付着する靭帯を切離し鋸で距骨を断片的に切除し全摘出。インプラントを徒手的に挿入後、関節包を縫合糸で修復、閉創した。

計測手技・計測項目：

最初に放射線透視下にカダバーを観察し、骨折の既往や明らかな変性がない事を確認。その後3つのステップに分けて計測を行った。まずステップ1ではインプラント挿入前の足関節そのものの安定性を計測。次にステップ2としてインプラント挿入前後の足関節の安定性の比較、及び両サイズ群間で安定性を比較した。安定性の評価は放射線透視下で行い、足関節不安定性の評価法で一般的な前方引き出し、内反、外反負荷をかけ、各負荷における距骨の前方引き出し距離、距骨傾斜角、距骨下関節の傾斜角を計測した。各負荷はテロスストレス装置を使用し10、30、50、150Nの4段階で負荷をかけた。また前方引き出しでは足関節の角度を中間位（0°）、底屈45°、背屈10°の3段階に分けて各負荷における安定性を評価した。最後にステップ3として脱臼試験を行った。各方向の負荷に対し、ストレス装置の最大負荷可能量である350Nを上限として両サイズ群における脱臼発生の有無、脱臼を認めた場合はその際の負荷量を記録した。各計測値の比較では $p < 0.05$ を以て有意差ありとした。

結 果

インプラント挿入後の安定性：

内反負荷における距骨傾斜角は同サイズ群では50、150Nの負荷でインプラント挿入前と比較し有意差を認め、小サイズ群では全負荷（10、30、50、150N）において有意な不安定性を認めた。前方引き出しにおける前方引き出し距離は両サイズ群共に150Nにおいてインプラント挿入前と比較し有意な不安定性を認めた。一方で外反と距骨下関節への負荷においては距骨傾斜角、距骨下傾斜角において両サイズ群共に有意差を認めず、インプラント挿入後も非常に安定していた。

インプラントサイズの違いにおける安定性の比較：

小サイズ群で前方引き出し負荷において、足関節背屈位、150Nで同サイズ群に比較し有意な不安定性を認めたが、内反、外反、距骨下関節においてはインプラントサイズの違いによる安定性への影響は認めなかった。

脱臼試験：

小サイズ群は前方引き出し負荷で全例に脱臼を認め、3例の脱臼を認めた同サイズ群に有意差を認めた。脱臼時の足関節肢位は底屈、中間、背屈位の順に脱臼抵抗性を認めた。一方で内反、外反、距骨下関節への負荷では両サイズ群共350Nまでに脱臼を認めなかった。

考 案

内反負荷においては両サイズ群共にインプラント挿入前に比較し有意な不安定性を示すも脱臼には到らなかった。これは脛骨と腓骨からなる遠位脛腓関節（以下シンデスマーシス）が手術手技において損傷されることなく安定しているため、足関節を構成する両側の踝である内果と外果が支持壁として機能していたと考えられる。外側靭帯（前距腓靭帯、踵腓靭帯、後距腓靭帯）によるインプラントへの制動はないため距骨傾斜角こそ増大するも脱臼には到らなかったと推測された。

外反負荷においてはインプラント挿入後も安定しており、脱臼にも到らなかった。これは内反負荷同様、シンデスマーシスの安定と内側の支えを担う三角靭帯の機能が残存していたためと考えられた。本手術手技では三角靭帯は摘出する距骨に付着する深層線維は切離されるが浅層は残存するため外反動揺性への制動として十分機能していたと考えられる。

前方引き出しでは両サイズ群で有意な不安定性を認め、脱臼も認めた。これは手術手技が前方アプローチによるものと考えられる。よって手術創周囲の軟部組織の修復に伴い安定性の再獲得が期待されるが、術後初期のリハビリテーションでは注意すべき点である。

距骨下関節は350Nの最大内反負荷でも非常に安定していた。これは関節の形状から負荷が距骨下関節よりも上位の距腿関節にかかり易いことや、インプラントがカダバー毎に3Dプリンターで作製されることでより高い関節適合性を生み出しているためと考えられた。

インプラントサイズについては実臨床で距骨が圧壊している際に挿入困難を避けるため、小さいインプラントの作製が検討されることを先に述べた。しかし本研究の結果から小さいサイズのインプラントは術後初期における前方脱臼のリスクとなるため、その選択は慎重であるべきことが示唆された。

結 論

人工距骨置換術後の足関節は外反と距骨下関節への負荷に対し非常に安定していた。一方で前方引き出しと内反負荷に対しては不安定性を認め、前方不安定性は手術アプローチによるものと考えられた。よって手術直後に行う一定期間のギプス固定は軟部組織の修復による安定性獲得において合理的である。また小サイズのインプラント選択は前方脱臼のリスクとなるため、慎重に検討すべきことが示唆された。




引用文献

1. Taniguchi A, Takakura Y, Sugimoto K, et al. The use of a ceramic talar body prosthesis in patients with aseptic necrosis of the talus. *Bone Joint J.* 2012;94-B(11):1529-1533. doi:10.1302/0301-620X.94B11.29543
2. Taniguchi A, Takakura Y, Tanaka Y, et al. An alumina ceramic total talar prosthesis for osteonecrosis of the talus. *J Bone Jt Surg - Am Vol.* 2015;97(16):1348-1353. doi:10.2106/JBJS.N.01272
3. Ando Y, Yasui T, Isawa K, Tanaka S, Tanaka Y, Takakura Y. Total Talar Replacement for Idiopathic Necrosis of the Talus: A Case Report. *J Foot Ankle Surg.* 2016;55(6):1292-1296. doi:10.1053/j.jfas.2015.07.015

参考文献

1. 「Isolated injuries to the lateral ankle ligaments have no direct effect on syndesmotiic stability」
Author: Go Sato, Jirawat Saengsin, Rohan Bhimaniら
Source: *Knee Surg Sports Traumatology, Arthroscopy.* (2022. May)
DOI: 10.1007/s00167-022-06985-6. Online ahead of print.
2. 「高度な関節破壊を伴う中・後足部変形に対し関節固定術を施行した関節リウマチの検討」
Author: 佐藤 剛(旭川医科大学 整形外科), 阿部 里見, 佐々木 祐介
Source: *日本足の外科学会雑誌* 39 巻 1 号 Page145-148(2018.9)
3. 「距骨外側突起疲労骨折に対し骨切除術を施行した 1 例」
Author: 佐藤 剛(旭川医科大学 整形外科), 阿部 里見
Source: *日本足の外科学会雑誌* 38 巻 1 号 Page267-269(2017.09)
4. 「全人工膝関節置換術に対する術後鎮痛の取り組み 経静脈的自己調節鎮痛法、大腿・坐骨神経ブロック、ドレーンクランプ法」
Author: 佐藤 剛(旭川医科大学 整形外科), 阿部 里見, 佐々木 祐介, 伊藤 浩
Source: *日本人工関節学会誌* 47 巻 Page549-550(2017.12)
5. 「当院におけるリスフラン関節脱臼骨折の治療と成績 手術手技における pitfalls」
Author: 佐藤 剛(旭川赤十字病院 整形外科), 林 真
Source: *日本足の外科学会雑誌* 36 巻 1 号 Page17-20(2015.09)

学位論文の審査結果の要旨

報告番号	第 号		
学位の種類	博士(医学)	氏 名	佐藤 剛
審査委員長 大田 哲生  審査委員 船越 洋  審査委員 竹川 政範 			
学 位 論 文 題 目			
<p>The stability of total talar prosthesis – How sable to dislocation? Cadaveric study (人工距骨の安定性－脱臼への耐性は如何ほどか？ カダバー研究) 掲載雑誌：Journal of Orthopedic Research. PMID: 34897786 DOI: 10.1002/jor.25237, 2021</p>			
<p>本研究は人工距骨置換術後の足関節安定性を脱臼への耐性を含めて解明することと、インプラントサイズの違いが安定性に与える影響を膝下新鮮凍結死体（以下カダバー）を用いて調べている。12 肢のカバダーを元の距骨と同サイズのインプラントを入れる同サイズ群と高さを 5%減じたインプラントを入れる小サイズ群で比較した。全カバダーとも前方アプローチでインプラントを徒手的に挿入後、修復閉創した。足関節の安定性は放射線透視下で前方引出し、内反、外反負荷をかけ、各負荷（10, 30, 50, 150 N）における距骨の前方引出し距離、距骨傾斜角、距骨下関節の傾斜角を計測した。前方引出しでは足関節を背屈、中間位、底屈の 3 段階で評価した。最後に、脱臼試験として 350 N を上限とした負荷をかけて脱臼発生の有無、脱臼時の負荷量を測定した。結果は、内反負荷では同サイズ群は 50, 150 N で有意な不安定性を認め、小サイズ群では全負荷量で有意な不安定性を認めた。前方引出しでは 150 N で両群とも有意な不安定性を認めた。一方、外反と距骨下関節への負荷では両群とも非常に安定していた。小サイズ群は足関節背屈前方引出し負荷 150 N で同サイズ群に比し有意な不安定性を認めた。脱臼試験では前方引出し負荷で、小サイズ群は全例脱臼したが、同サイズ群は半数のみであった。また、脱臼に要する力は底屈<中間位<背屈であった。以上より、人工距骨は足関節底屈位での前方引出しが最も脱臼の危険性があるが、内反や外反には安定していることが証明された。さらにサイズが小さいと前方脱臼の危険性が上がることもわかった。カダバーを用い、生体では得られないデータを計測することで本術式の安定性を客観的に示したことは非常に大きな成果と考える。申請者は本術式の適応、術後の療法も十分に理解しており、本研究の限界を含めた考察を行うとともに審査員の諮問に対して的確な回答を示した。よって学位を付与するに値すると判断した。</p>			