



Matching Articular Surfaces of Selected Donor and Recipient Sites for Cylindrical Osteochondral Grafts of the Femur Quantitative Evaluation Using a 3-Dimensional Laser Scanner

Nishizawa, Yuichiro

(Degree)

博士（医学）

(Date of Degree)

2014-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6053号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006053>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(課程博士関係)

学 位 論 文 の 内 容 要 旨

Matching Articular Surfaces of Selected Donor and Recipient Sites for Cylindrical Osteochondral Grafts of the Femur Quantitative Evaluation Using a 3-Dimensional Laser Scanner

大腿骨の骨軟骨柱移植術における Donor site と Recipient site の関節軟骨表面形状の適合性
3次元レーザースキャナーを用いた定量的評価

神戸大学大学院医学研究科医科学専攻
整形外科学
(指導教員：黒坂昌弘教授)

西澤 勇一郎

【目的】

近年、限局する関節軟骨損傷に対して骨軟骨柱移植術が施行され、良好な臨床成績が報告されている。しかしながら、移植骨軟骨柱が関節軟骨表面から突出すると有意に接触圧が上昇するという報告があり、損傷した関節軟骨表面を解剖学的に修復するためには、採取する Donor site の表面形状を病変部である Recipient site の表面形状と可能な限り一致させることが重要である。

今回、我々は三次元(3D)laser scanner を用いて、屍体膝の大腿骨軟骨表面の形状を取得し、3D 表面解析ソフトにより軟骨表面の起伏を定量化し、Donor site と Recipient site との表面形状の適合性を検討したので報告する。

【方法】

対象は、著明な変形性関節症変化を認めないホルマリン固定屍体膝：11 体 11 膝関節で、男性 11 体、平均年齢は 80.7 歳(68-97 歳)であった。

まず、屍体膝の軟部組織を除去し、大腿骨を露出した後、3D laser scanner (Fast SCAN® Polhemus, VT, USA) を用いて、表面形状データを取得した。この装置は、カメラ・laser indicator から成る laser scanner と transmitter からなる。対象物に laser beam を当て、対象物により彎曲した光線をカメラが捉え、transmitter から出る磁気を用いて、対象物の位置を算出し、表面形状を構築する。我々が施行したボウリングのボールを用いた予備実験では、その誤差は 0.13 mm であった。

Donor site の評価部位は、膝蓋大腿(PF)関節の内・外側を各々 peripheral・middle・central に 3 等分し、さらにそれらを proximal・interlevel・distal の 3 つずつに分け、そのうち central を除く計 12 か所に区分けした。また、Recipient site の評価部位は、大腿骨内・外顆を各々 peripheral・middle・central に 3 等分し、さらにそれらを伸展位荷重面(anterior)・屈曲位での脛骨との接触面(posterior)の 2 つに分け、計 12 か所に区分けした。

次に Computer simulation による解析方法を説明する。解析方法は、次の 4 つのステップから成る。

- ① 3D laser scanner を用いて取得した大腿骨表面形状から構築した大腿骨モデルの関節軟骨表面の任意の 1 点を決定する。
- ② 解析ソフトにより①の点における軟骨表面に対する法線を作成する。
- ③ 解析する骨軟骨柱の直径を決定する。
- ④ 上記により抽出した関節軟骨表面領域内の起伏(高低差)を解析ソフトにて算出する。

これらの Computer simulation を用いて、大腿骨の骨軟骨柱移植術に使用される直径 6mm・8mm・10mm の移植骨軟骨柱の関節軟骨表面の起伏(高低差)を各評価部位において計測し、Donor site と Recipient site の適合性を ANOVA を用いて統計学的に検討した。

【結果】

Donor site の高低差は middle の方が peripheral より有意に小さかった。また、interlevel・

proximal・distalの順に小さい傾向があった。直径6・8・10mmとも同様の傾向であった。

Recipient siteの高低差はanteriorの方がposteriorより有意に小さく、middle・central・peripheralの順に小さい傾向があった。直径6・8・10mmとも同様の傾向であった。

また、Donor siteであるPF関節のmiddle区分とRecipient siteである伸展位にて荷重面となる大腿骨顆部前方(anterior)の起伏は小さく、これらの高低差に有意差はなく、適合性が良好であった。一方、PF関節のperipheral区分と屈曲位にて大腿脛骨接触面となる大腿骨顆部後方(posterior)の起伏は大きく、これらの高低差に有意差はなく、適合性が良好であった。直径6・8・10mmとも同様の傾向であった。

【考察】

本研究において、我々は、3D laser scannerを用いて大腿骨の表面形状を取得し、Computer simulationにて骨軟骨柱移植術におけるDonor siteとRecipient siteの適合性を詳細に検討した。

近年、限局する関節軟骨損傷に対して、大腿骨膝蓋大腿関節などの非荷重部から移植骨軟骨柱を採取し、軟骨損傷部に移植し、損傷軟骨表面を硝子軟骨で修復する骨軟骨柱移植術は、広く施行されている治療法である。骨軟骨柱移植術の術後成績が良好であるという報告が多い。しかしながら、損傷部位であるRecipient siteとDonor siteである移植骨軟骨柱の表面形状の不適合は、移植骨軟骨柱の損傷や軟骨表面の線維化、早期の変形性膝関節症への進行が生じると報告されている。また、移植骨軟骨柱が関節表面から0.5mm、1.0mm突出すると最大接触圧が48%、57%上昇するという報告もあり、骨軟骨柱移植術においてRecipient siteとDonor siteの関節軟骨表面形状を適合させることが重要である。

骨軟骨柱移植術における大腿骨のDonor siteとRecipient siteとの関節軟骨表面形状の適合性に関して過去にいくつかの報告がある。Bartzらは、laser scanner及びcomputer simulationを用いて、適合性を検討し、内外側膝蓋大腿関節遠位部からの移植骨軟骨柱が大腿骨内外顆荷重面に対して最も適合性がよいと報告している。Ahmadらは、stereophotogrammetric methodを用いて、大腿骨関節軟骨の表面形状を評価し、大腿骨内・外顆と膝蓋大腿関節内・外側の関節軟骨表面形状は凸状であり、一方、大腿骨顆間部と膝蓋大腿関節中央部の関節軟骨表面形状は鞍状であり、大腿骨内・外顆の軟骨損傷には、膝蓋大腿関節内・外側をDonor siteにすることが望ましいと報告している。しかしながら、これらの報告では、大腿骨のDonor siteとRecipient siteの評価部位が詳細に説明されていない。

そこで、今回、我々はDonor siteの評価部位として、膝蓋大腿関節の内・外側を各々peripheral・middle・centralに3等分し、さらにそれらをproximal・interlevel・distalの3つずつに分け、そのうちcentralを除く計12か所に区分けし、Recipient siteの評価部位として、大腿骨内・外顆を各々peripheral・middle・centralに3等分し、さらにそれらを伸展位荷重面となる大腿骨顆部前方(anterior)・屈曲位での脛骨との接触面となる大腿骨顆部後方(posterior)の2つに分け、計12か所に区分けした。すなわち、Donor siteとRecipient siteを各々12か所ずつに詳細かつ明確に区分けし、各評価部位での起伏(高低差)を検討した。

本研究では、Donor siteの高低差はmiddleの方がperipheralより有意に小さく、Recipient siteの高低差はanteriorの方がposteriorより有意に小さかった。さらに膝蓋骨大腿関節のmiddle区分と伸展位にて荷重面となる大腿骨顆部前方(anterior)との高低差に有意差はなく、関節表面の適合性が良好であった。また、膝蓋大腿関節のperipheral区分と屈曲位にて大腿脛骨接触面となる大腿骨顆部後方(posterior)の高低差に有意差はなく、関節表面の適合性が良好であった。

この結果から、我々は理想的な骨軟骨柱移植術を行うためには、これらの適合性を考慮して、損傷軟骨の表面形状に適合したDonor siteを選択する必要があると考えられた。

【結論】

三次元laser scannerを用いて大腿骨の表面形状を取得し、Computer simulationを用いて骨軟骨柱移植術における移植骨軟骨柱の適合性を検討した。伸展位にて荷重面となる大腿骨顆部前方(anterior)の起伏は小さく、膝蓋骨大腿関節のmiddle区分との適合性が良好であった。屈曲位にて大腿脛骨接触面となる大腿骨顆部後方(posterior)の起伏は大きく、膝蓋大腿関節のperipheral区分との適合性が良好であった。

論文審査の結果の要旨

受付番号	甲 第 2414 号	氏 名	西澤 勇一郎
論文題目	Matching Articular Surfaces of Selected Donor and Recipient Sites for Cylindrical Osteochondral Grafts of the Femur Quantitative Evaluation Using a 3-Dimensional Laser Scanner 大腿骨の骨軟骨柱移植術におけるDonor siteとRecipient siteの関節軟骨表面形状の適合性 3次元レーザースキャナーを用いた定量的評価		
審査委員	主 査 大北 裕 副 査 真庭 謙昌 副 査 寺師 浩人		
審査修了日	平成 26 年 2 月 17 日		

（要旨は 1,000 字～2,000 字程度）

近年、限局する大腿骨の関節軟骨損傷に対して骨軟骨柱移植術が施行され、良好な臨床成績が報告されている。しかしながら、移植骨軟骨柱が関節軟骨表面から突出すると有意に接触圧が上昇するという報告があり、損傷した関節軟骨表面を解剖学的に修復するためには、採取する Donor site の表面形状を病変部である Recipient site の表面形状と可能な限り一致させることが重要である。そこで、研究者らは Donor site と Recipient site を詳細かつ明確に区分けし、三次元 laser scanner を用いて、屍体膝の大腿骨軟骨表面の形状を取得し、三次元表面解析ソフトにより軟骨表面の起伏を定量化することにより、Donor site と Recipient site との表面形状の適合性を検討した。

対象と方法

対象は、著明な変形性関節症変化を認めないホルマリン固定屍体膝：11 体 11 膝関節で、男性 11 体、平均年齢は 80.7 歳(68-97 歳)であった。三次元 laser scanner (Fast SCAN®, Polhemus) で表面形状を取得し、三次元表面解析ソフトを用いて解析を行った。

Donor site は、膝蓋大腿関節の内・外側を各々、peripheral・middle・central に 3 等分し、さらにそれらを proximal・middle・distal の 3 等分し、そのうち central を除く計 12 か所に区分けた。Recipient site は、大腿骨内・外顆荷重面を各々、peripheral・middle・central に 3 等分し、それらを膝関節伸展位荷重面(前方)・屈曲位での脛骨との接触面(後方)の 2 つに分け、計 12 か所に区分けた。各評価部位において解析ソフトを用いて関節軟骨面に対して垂直な直径 6、8、10mm の仮定の骨軟骨柱を抽出し、その表面形状の起伏(高低差)を計測し、Donor site と Recipient site 間で比較検討を行った。統計学的解析には ANOVA を用いて、 $p < 0.05$ を統計学的に有意とした。

結果

Donor site の高低差は、middle の方が peripheral より小さかった。また、middle、proximal、distal の順に小さい傾向があった。Recipient site の高低差は、前方の方が後方より小さく、middle、central、peripheral の順に小さい傾向があった。直径 6、8、10mm とも同様の傾向であった。さらに Donor site の middle と Recipient site の前方、また Donor site の peripheral と Recipient site の後方の高低差には有意差はなかった。

考察ならびに結論

骨軟骨柱移植術における大腿骨の Donor site と Recipient site との関節軟骨表面形状の適合性に関して過去にいくつかの報告があるが、いずれも Donor site と Recipient site の評価部位について詳細に説明されていない。

今回、研究者らは Donor site の評価部位として、膝蓋大腿関節の内・外側を各々 peripheral・middle・central に 3 等分し、さらにそれらを proximal・interlevel・distal の 3 等分に分け、そのうち central を除く計 12 か所に、Recipient site は、大腿骨内・外顆を各々

peripheral・middle・central に 3 等分し、さらにそれらを膝関節伸展位荷重面となる大腿骨顆部前方・屈曲位での脛骨との接触面となる大腿骨顆部後方の 2 つに分け、計 12 か所に詳細かつ明確に区分けし、三次元 Laser scanner と解析ソフトを用いて各評価部位での高低差を検討した。

Donor site の middle と Recipient site の前方、また Donor site の peripheral と Recipient site の後方の高低差には有意差はなかった。すなわち、骨軟骨柱移植術において、膝関節伸展位で荷重面となる大腿骨顆部前方の軟骨欠損に対しては膝蓋大腿関節の middle 区分からの骨軟骨柱を、屈曲位にて大腿脛骨関節の接触面となる大腿骨顆部後方の軟骨欠損に対しては、膝蓋大腿関節の peripheral 区分からの骨軟骨柱を選択すれば、関節軟骨の表面形状が適合すると考えられた。

本研究は、大腿骨の関節軟骨損傷に対する骨軟骨柱移植術において、Donor site と Recipient site との軟骨表面形状の適合性を検討したものであるが、従来、明確にされていなかった Donor site と Recipient site の評価部位を詳細かつ明確に分類し、三次元 Laser scanner を用いて関節軟骨の表面形状を評価した報告であり、骨軟骨柱移植術において Donor site を決定する際に有用な情報を与える点で価値のある業績であると認める。よって本研究者は、博士（医学）の学位を得る資格があるものと認める。