



Title	Loading and knee alignment have significant influence on cartilage MRI T2 in porcine knee joints
Author(s)	塙見, 俊行
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58165
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	塩 見 俊 行
博士の専攻分野の名称	博士(医学)
学 位 記 番 号	第 24421 号
学 位 授 与 年 月 日	平成23年3月25日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 医学系研究科外科系臨床医学専攻
学 位 論 文 名	Loading and knee alignment have significant influence on cartilage MRI T2 in porcine knee joints (圧縮下軟骨T2マッピングの力学特性評価有用性の検討)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 吉川 秀樹 (副査) 教授 富山 憲幸 教授 菅本 一臣

論文内容の要旨

[目的]

近年、関節軟骨再生治療などの新しい治療法が発達するにつれてこの治療効果を客観的に判定する非侵襲的定量評価法が必要となってきた。関節軟骨の水分やプロテオグリカン・II型コラーゲンなどの細胞外マトリックスを定量的に評価する定量的MRI評価法についての報告が散見されるが、その中でT2マッピングは軟骨コラーゲン量や水分含有量との関連が報告されている。その一方で軟骨の重要な機能である物理的荷重に対する圧迫負荷応答性の評価についての報告は少ない。我々はブタ膝関節を用いて関節軟骨T2マッピングの圧縮負荷応答性評価が、軟骨力学特性の非侵襲的評価法になり得るかについて検討した。

[方法ならびに成績]

正常関節軟骨を有するブタの膝10関節を対象とし周囲軟部組織、関節包を温存した状態でMRI適合荷重デバイスに固定後GE社製3TMRIを用いて、非荷重下(肢位A)、体重の三分の一の荷重下(肢位B)、10分間の持続的な荷重下(肢位C)、そしてより生理的な環境を再現するため膝関節内反10度での荷重下(肢位D)で撮像した。まず軟骨形態評価用3D SPGR(スライス厚3mm、repetition time(TR)=50ms、echo time(TE)=10ms、NEX4、マトリクスサイズ512×256、field of view(FOV)10cm)を撮像した後、軟骨T2マッピング用マルチスピニエコー(スライス厚3mm、TR=1500ms、TE=10~80ms、NEX1、マトリクスサイズ384×256、FOV10cm)を撮像した。独自に開発した軟骨解析ソフトウェアを使用してT2マッピングを作成、内外頸中央矢状断面像で荷重部大腿骨軟骨を半月板前節から後節までの荷重部位を指定して厚み方向に3分割し、深層/中間層/表層におけるT2値を肢位A-D間で比較した。撮像後、関節包に小切開を加え低圧用応力フィルムを大腿骨頸部と半月板の間に挿入して撮像時の圧迫負荷・膝関節内反荷重での状態を再現し圧力を定量的に計測した。

外頸部でのT2値は肢位Aに対し肢位Bでは深層/中間層/表層にて平均3.9%/7.7%/4.2%短縮、肢位Dでは平均1.6%/9.6%/7.2%延長した。一方内頸部では肢位Aに対し肢位Bでは平均1.4%/13%/6.0%短縮、肢位Dでは平均4.3%/19%/17%短縮し、両肢位の中間層で有意なT2値の短縮を認めた($p<0.05$)。肢位BとCの比較では内頸外頸部とともに有意な差は認めなかった。応力フィルムによる負荷応力測定では肢位Bでは内頸部:47N・外頸部:46Nと、著明な荷重量差を認めなかった一方、肢位Dでは内頸部:94N・外頸部:35Nと肢位Bに比して内頸部での荷重の著明な増加、外頸部での荷重の減少を認めた。肢位B・Dでの内頸外頸部軟骨における圧力とT2値の関連性では、肢位Bにて内頸部中間層/表層/外頸部中間層($r=-0.64/-0.48/-0.48$)で、肢位Dにて内頸部中間層/表層/外頸部深層/中間層/表層($r=-0.49/-0.55/-0.49/-0.78/-0.73$)でT2値との有意な関連性を認めた($p<0.05$)。

[総括]

今回の研究では関節包および周囲の軟部組織を温存した関節形態を保った状態という、生体に近い関節軟骨力学的環境での非侵襲的な関節軟骨の圧縮応答性評価が可能であった。MRI適合デバイスでの圧迫はヒト膝関節荷重位の再現を想定したものであるが、内頸部・外頸部それぞれ負荷応力計測値に関連したT2値変化を認めた。さらに膝関節内反位での荷重の再現を想定した内反圧迫における内頸部でのT2値の減少・外頸部でのT2値の増加は内反膝における関節面での内側荷重集中が示唆された。また、軟骨深層/中間層/表層間で圧縮応答性が異なっていたことから軟骨の層による構造的な違いが示唆された。以上より、圧縮下T2マッピングは変性・再生軟骨の非侵襲的構造・力学特性評価法となりうることが示唆された。

論文審査の結果の要旨

・目的

関節軟骨再生治療などの治療法が発達するにつれて治療効果を客観的に判定する非侵襲的定量評価法が必要となってきた。我々は軟骨コラーゲン量や水分含有量との関連性を持つT2マッピングを用いて関節軟骨圧縮負荷応答性評価が、軟骨力学特性の非侵襲的定量的MRI評価法になり得るかについて検討した。

・対象と方法

正常関節軟骨を有するブタの膝10関節を対象とし周囲軟部組織、関節包を温存した状態でMRI適合荷重デバイスに固定後GE社製3TMRIを用いて、非荷重下(肢位A)、体重の三分の一の荷重下(肢位B)、10分間の持続的な荷重下(肢位C)、より生理的な環境を再現するため膝関節内反10度での荷重下(肢位D)で2Dマルチスピニエコーを撮像した。内外頸中央矢状断面像で荷重部大腿骨軟骨を半月板前節から後節までの荷重部位を指定して厚み方向に3分割し、深層/中間層/表層におけるT2値を肢位A-D間で比較した。撮像後、低圧用応力フィルムを大腿骨頸部と半月板の間に挿入して撮像時の圧迫負荷・膝関節内反荷重での状態を再現し圧力を定量的に計測した。

・結果

外頸部でのT2値は肢位Aに対し肢位Bでは深層/中間層/表層にて平均3.9%/7.7%/4.2%短縮、肢位Dでは平均1.6%/9.6%/7.2%延長した。内頸部では肢位Bでは平均1.4%/13%/6.0%短縮、肢位Dでは平均4.3%/19%/17%短縮し、両肢位の中間層で有意なT2値の短縮を認めた($p<0.05$)。肢位B・Dで内・外頸部軟骨で応力負荷と中間層T2値の高い関連性を認めた。

・考察

内頸部・外頸部それぞれ負荷応力計測値に関連したT2値変化を認め、軟骨深層/中間層/表層間で圧縮応答性が異なることから、圧縮下T2マッピングは変性・再生軟骨の非侵襲的構造・力学特性評価法となりうることが示唆された。

以上の内容を発表し博士の学位授与に値するという評価を受けた。