

# 人用骨切手術ブレードの小型犬への適用可能性の検討

八塚直紀 竹田真之介 大西章弘\* 松井利康\* 三井一鬼\*

Examination of applicability of human osteotomy blade to small breed dogs

YATSUZUKA Naoki, TAKEDA Shinnosuke, OHNISHI Akihiro, MATSUI Toshiyasu and MITSUI Ikki

県内企業が製造している人用骨切手術ブレード（MK ブレード）の、小型犬への適用可能性について検討した。

MK ブレードを小型犬の手術へ適用するためには、約  $12^{\circ}$  ～ $18^{\circ}$  の切除角が必要であること、MK ブレードの刃幅および刃のピッチを狭める必要があることが分かった。また、犬と豚の骨切除後の MK ブレードの摩耗に大きな差はなく、既存材料の強度で概ね問題はないことが確認できた。以上のことから、MK ブレードを改良することで、小型犬の手術に適用できる可能性が高いことが分かった。

キーワード：人用骨切手術ブレード（MK ブレード）、骨切り術、小型犬、3D プリンター

## はじめに

新型コロナウイルスの影響で、外出を控える人が多くなるなか、巣ごもり需要の一つとして、ペット関連産業の市場規模が拡大している。そのため、県内企業の技術を活用した競争力の高いペット関連製品の開発が求められている。

そこで、本研究では、県内企業が製造している人用骨切手術ブレード<sup>1)</sup>の、小型犬への適用可能性について検討したので報告する。

## 実験方法

### 1. 小型犬の大腿骨矯正骨切り術に関する文献調査

小動物の臨床治療に人用骨切手術ブレード（株式会社ミヤタニ製 MK wedge Blade 以下「MK ブレード」という）<sup>1)</sup>を適応するにあたり、MK ブレードの至適角度を検討する目的で文献調査を行った。小型犬においては大腿骨矯正骨切り術が実施されるが、その手術症例の大腿骨遠位の切除角（MK ブレードの切除角に相当）を PubMed 等データベースで文献調査を実施した。

### 2. 動物病院の症例を用いた CT 3D モデルの作製

岡山理科大学附属獣医学教育病院に来院し、CT 撮影を行った症例の画像データを用いて、一般的に使用されている画像管理用フリーソフト「Horos」と「3D Slicer」により STL (Stereolithography) データを作成した。作成した STL データは 3D プリンターによる樹脂モデルの作製の検討に用いた。

### 3. 術前検討用の模擬骨の作製

事前に術式を検討するために、模擬骨を作製した。上記 2 で作成した 2 種類の STL データを使い、図 1 の樹脂造形 3D プリンター（Stratasys 製 uPrint SE）により模擬骨を造形した。造形した模擬骨の品質を比較した。模擬骨の材料は ABS 樹脂である。



図 1 樹脂造形 3D プリンター

\*岡山理科大学獣医学部

この研究は、「ペット等関連産業参入支援事業」の予算で実施した。

#### 4. イヌ解剖体における MK ブレード骨切り術の検討と切断面の形状観察

MK ブレードがイヌの大腿骨矯正骨切り術に使用できるかを検討する目的で、ビーグル犬 (n=4) の後肢を用いて実験した。実験犬は岡山理科大学の解剖学実習で使用したもので、剥皮および筋の一部が離断された状態であった。矯正骨切り術の常法にしたがって、大腿骨の外側面からアプローチした。大腿四頭筋 (外側広筋) を頭方に、大腿二頭筋を尾方に牽引・反転し、大腿骨外側面を露出した。手術部位は遠位 1/3 部分の骨幹部を患部と想定した。まずキルシュナーピンをガイドピンとして 2 本設置し、ノーマルブレード (株ミヤタニ製 ジェネリック・ブレード)<sup>2)</sup> で緻密骨の一部を切除、続いて MK ブレードで切除を行った。また、大腿骨の切断後に断面を目視で観察し、ノーマルブレードと MK ブレードの切除面の様子を評価した。

#### 5. 3D プリンター造形物の MK ブレードによる切除実験

動物病院の症例 CT データから作製した 3D プリンター造形物 (樹脂製) が、MK ブレードを用いた骨切り術の術前検討に利用可能か、を検討した。イヌ大腿骨の造形物 (n=1) の骨幹部を、キルシュナーピンで穿孔、またはノーマルブレードおよび MK ブレードで切除し、術者 (大西章弘) の主観的感覚により実物における操作感・強度との比較を行った。

#### 6. 豚およびイヌの骨切除試験

使用前後の MK ブレードの摩耗を確認するために、MK ブレードを用いて、豚およびイヌの骨を 20 回切除し、MK ブレードの摩耗具合を比較した (図 2)。MK ブレードの材料は、SUS420J2 である。レーザー顕微鏡 (レーザーテック (株) 製 OPTELICS HYBRID L3) を用いて、切除前後の MK ブレードの刃先を観察した。MK ブレードの刃先は、左端から No.1~8 とした (図 3)。



図 2 イヌの骨切除の様子

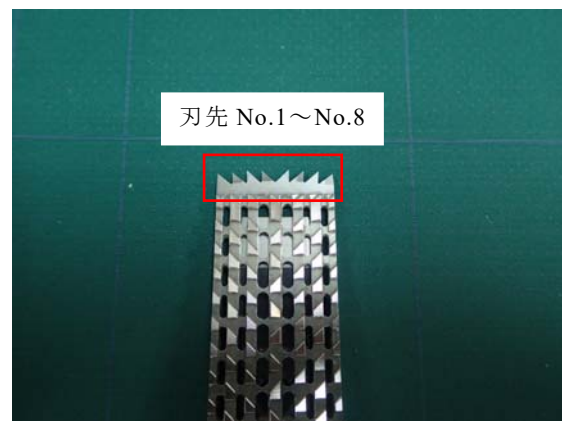


図 3 MK ブレードの刃先

### 結果と考察

#### 1. 小型犬の大腿骨矯正骨切り術に関する文献調査

PubMed により調査した大腿骨矯正骨切り術の適応症例では、基準の一つとして FVA が  $12^\circ$  以上となった場合に骨切り術を検討するとされていた。一方、矯正骨切り術の適応基準に関する一貫した判定基準は見当たらなかった。大腿骨矯正骨切り術を行った症例の平均 FVA は、Anna ED et al. の報告<sup>3)</sup> では術前： $21.4^\circ$  → 術後： $3.6^\circ$  であり、Jennifer KS et al. の報告<sup>4)</sup> では術前： $16.3^\circ$  → 術後： $3.9^\circ$  であった。以上から、小型犬の大腿骨矯正骨切り術で用いる MK ブレードは、約  $12^\circ \sim 18^\circ$  の切除角の設定が必要と考えられる。

## 2. 動物病院の症例を用いた CT 3D モデルの作製

画像管理用ソフト Horos および 3D Slicer は、どちらも症例 DICOM データをソフトに読み込み、3D モデルを構築することが可能であった。その後、3D プリンターで出力を行う大腿骨以外の領域情報を、トリミングにより除去した。モニタ上で 3D 画像を確認し、ソフトの変換機能により STL データへ変換を行った。図 4 に Horos により作成された 3D モデル (A) とトリミング後の大腿骨 (C)、3D Slicer により作成された 3D モデル (B) とトリミング後の大腿骨 (D) を示す。どちらのソフトにおいても、PC 画面上では良好な大腿骨の抽出が可能であった。

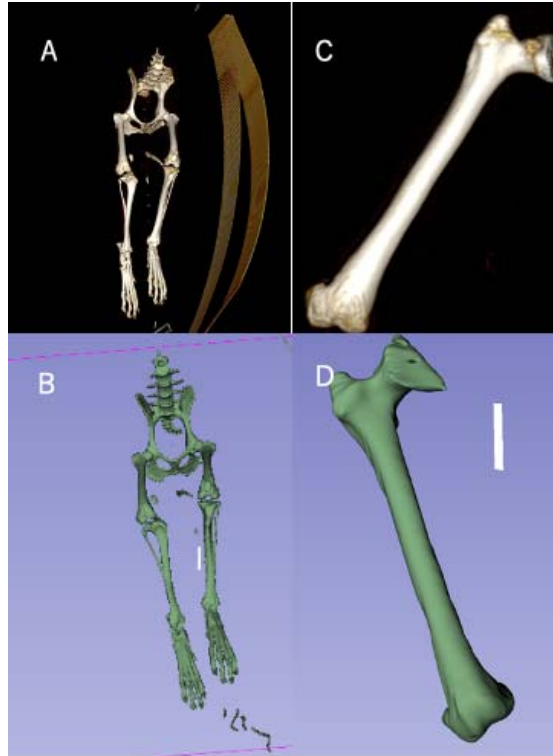


図 4 Horos と 3D Slicer を用いた STL データの作成

## 3. 術前検討用の模擬骨の作製

樹脂造形 3D プリンターで造形を試みたところ、STL データにエラーが生じた。大腿骨の周りに小さな骨があることや、大腿骨データの範囲が造形可能範囲を超えていたことがエラーの原因であった。そこで、STL 修正ソフトウェア Magics を用いて、大腿骨周りの小さな骨の削除や、大腿骨データの範囲を修正することでエラーを解消し、イヌの大腿骨の模擬骨が造形できた (図 5)。3D Slicer の模擬骨の方が Horos と比べて、表面が平滑に造形できていることが分かる。このことから、3D Slicer を用いて STL データへ高品質に変換できることが分かった。図 6 に実物骨および模擬骨を示す。模擬骨は実物骨の形状を概ね再現できることが分かった。



図 5 左 : 3D Slicer、右 : Horos



図 6 左 : 3D Slicer、中 : 実物骨、右 : Horos

#### 4. イヌ解剖体における MK ブレード骨切り術の検討と切断面の形状観察

MK ブレードによる切断後の大腿骨は、ブレード切除角にしたがってクサビ状に切断されていた。切断後の近位端と遠位端を接合したところ、大腿骨の角度が矯正されており、イヌの矯正骨切り術においても MK ブレードの使用が有用であった。一方で現状の MK ブレードは人用に設計されており、刃幅（ブレード全体の幅）、切除面（前縁）やヤスリ面の刃の間隔（刃のピッチ）が大きく、イヌ実物骨の切除では引っかかりを生じることがあった。また刃幅が広いことに起因して、大腿骨に付着する筋の損傷が起こった。以上から、イヌの実際の症例に MK ブレードを手術適用するためには、刃幅および刃のピッチを狭めるよう改良する必要性が明らかになった。

切断面の観察では、切除縁において骨の部分破折が認められた。これは、前述のとおり刃のピッチが大きいことに起因すると考えられ、イヌ用に改良の検討が必要である。破折部以外の断面は比較的平滑であり、切断面どうしを合わせてプレート固定することで、通常の骨再生が問題なく行われると考えられた。

図7にイヌ解剖体の大腿骨の MK ブレードによる切断した結果を示す。大腿骨の遠位 1/3 部を MK ブレードで切断した（図 7-A）。切断面はクサビ状に整形される一方で、周囲の筋にブレードによる損傷（矢印）が生じた（図 7-B）。ノーマルおよび MK ブレードにおける切断面から、MK ブレードによる切断では、骨の部分破折（矢尻）が見られた（図 7-C）。

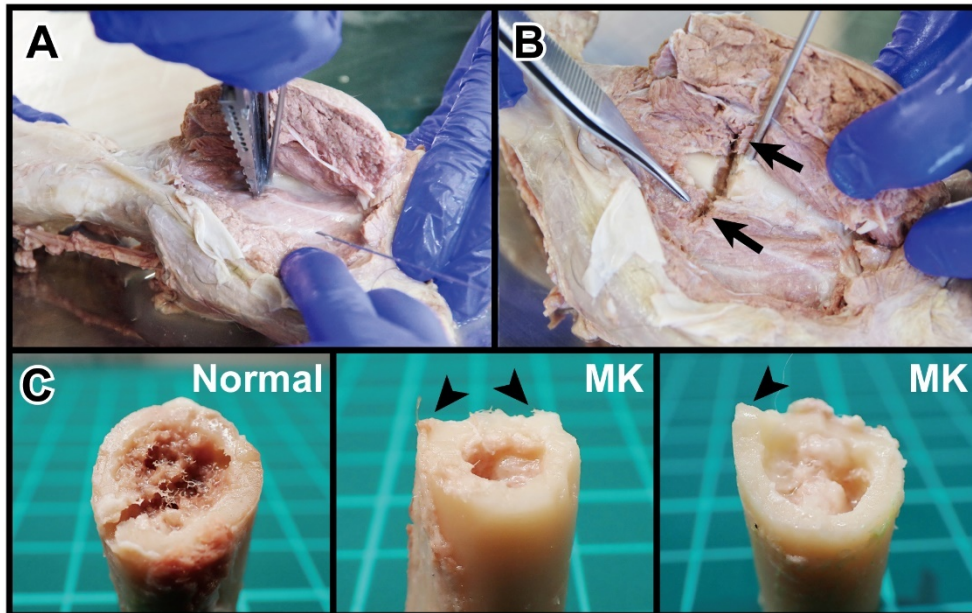


図7 イヌ解剖体の大腿骨の MK ブレードによる切断実験

#### 5. 3D プリンター造形物の MK ブレードによる切除実験

イヌ大腿骨の樹脂造形物のキルシュナーピンによる穿孔試験では、実物骨では見られなかった切削物がピンに巻き付く様子が観察された。設置後のピンの保定などは、大きな問題が見られなかった。ノーマルブレードおよび MK ブレードによる切断実験では、実物骨よりも前進速度がやや速かった。術者の操作感覚として、実物骨より柔らかい印象、緻密骨・髓腔がなく均一なため切除時の圧力が一定、などが挙げられた。一方で、MK ブレードを用いた骨切り術の操作が一通り再現できることが分かり、実際の疾患モデルにおける MK ブレードの切断実験や MK ブレード切除角の術前検討に有用であることが明らかになった。

#### 6. 豚およびイヌの骨切除試験

MK ブレード刃先の No.2 および No.6 について、豚および犬の骨切除前後の結果を図 8～図 11 にそれぞれ示す。豚および犬の骨を切除することで、刃先が摩耗していることが分かる。イヌの場合、No.6 の刃先の様に屈曲する傾向が見られた。これは、MK ブレードは高速で左右に動きながら切除しており、イヌの骨よりも MK ブレードの幅が大きく、進行方向に対して垂直に刃先がイヌの骨に接触するためと考えられる。また、犬および豚の骨切除後の MK ブレードの摩耗に大きな差はなく、既存材料の強度で概ね問題はないと考えられる。

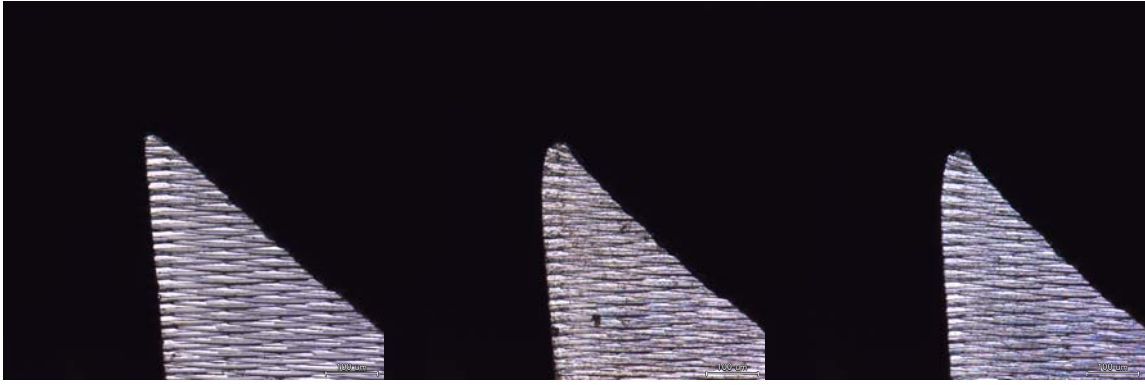


図 8 No.2 豚の骨切除結果（左：切除前、中：10 回切除後、右：20 回切除後）

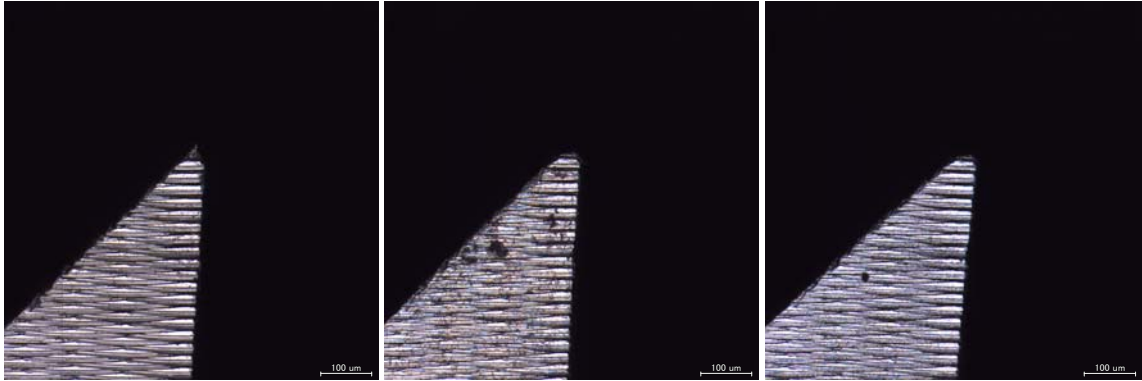


図 9 No.6 豚の骨切除結果（左：切除前、中：10 回切除後、右：20 回切除後）

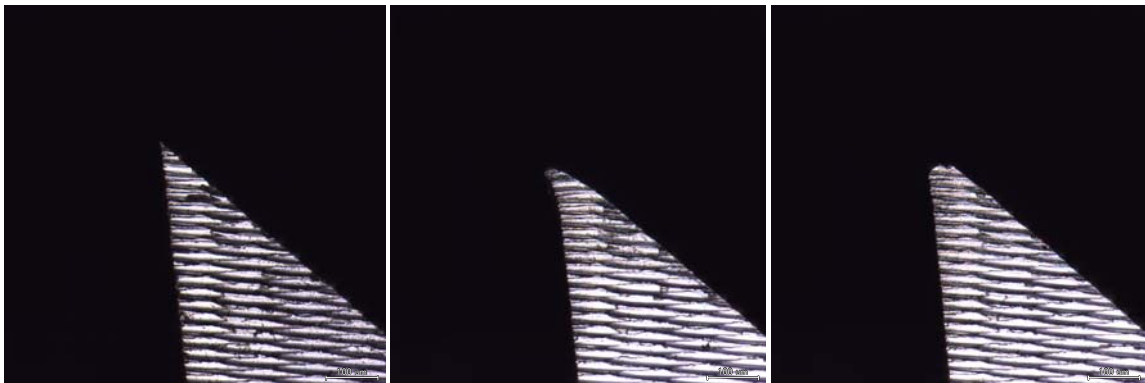


図 10 No.2 イヌの骨切除結果（左：切除前、中：10 回切除後、右：20 回切除後）

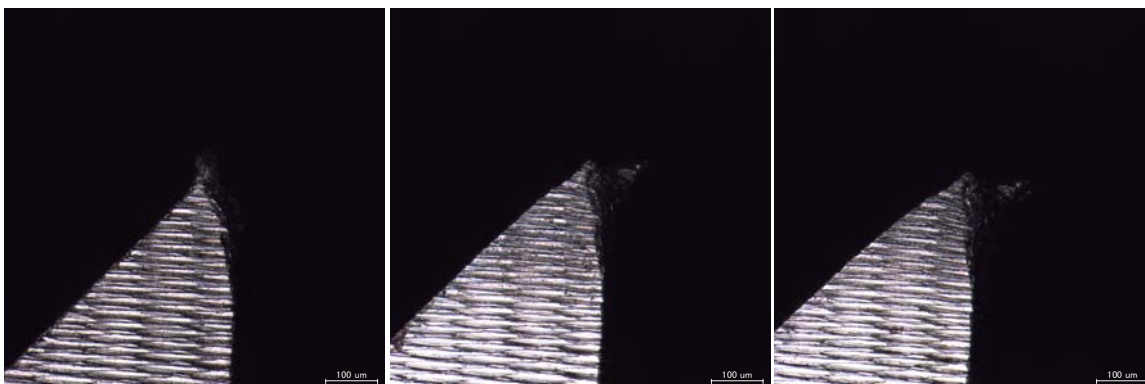


図 11 No.6 イヌの骨切除結果（左：切除前、中：10 回切除後、右：20 回切除後）

## ま と め

人用骨切手術ブレードの小型犬への適用可能性について検討した結果、以下の成果が得られた。

1. MK ブレードを小型犬の手術へ適用するためには、約 12° ～18° の切除角が必要であること、MK ブレードの刃幅および刃のピッチを狭める必要があることが分かった。
2. 3D プリンターで造形した模擬骨は、実際の疾患モデルにおける MK ブレードの切断実験や MK ブレードによる切除角の術前検討に有用であることが分かった。
3. 犬と豚の骨切除後の MK ブレードの摩耗に大きな差はなく、既存材料の強度で概ね問題はないことが分かった。
4. MK ブレードを改良することで、小型犬の手術に適用できる可能性が高いことが分かった。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、MK ブレードによる切除試験に御協力いただきました株式会社ミヤタニにお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) <http://www.miyatani-medical.jp/posts/product2.html>
- 2) <http://www.miyatani-medical.jp/posts/product.html>
- 3) Anna E Dunlap, Stanley E Kim, Daniel D Lewis, Scott A Christopher, Antonio Pozzi: Outcomes and complications following surgical correlation of grade IV medial patellar luxation in dogs: 24 cases (2008-2014), Journal of American Veterinary Medical Association, 249-2,208-13(2016)
- 4) Jenifer K Swiderski, Ross H Palmer: Long-term outcome of femoral osteotomy for treatment of combined distal femoral varus and medial patellar luxation: 12 cases (1999-2004), Journal of American Veterinary Medical Association, 231-7,1070-5(2007)