

## 小型犬向け骨切手術用ブレードの開発

亀岡 啓 竹田真之介 大西章弘\*<sup>1</sup> 松井利康\*<sup>1</sup> 三井一鬼\*<sup>1</sup> 寺野元規\*<sup>1</sup>

Development of osteotomy blade for small breed dogs

KAMEOKA Kei, TAKEDA Shinnosuke, OHNISHI Akihiro, MATSUI Toshiyasu, MITSUI Ikki  
and TERANO Motoki

県内企業が製造している人用骨切手術ブレードをベースに、小型犬向けの骨切手術用ブレードを開発するため、刃幅等を小さくするなど改良した平型とクサビ型の2種類のブレードを試作した。これらのブレードは、模擬骨や犬骨の切除試験により、サイズや切除具合も良好であり、従来の手術では一般的に使用するガイドピンも必要ないことがわかった。また、ブレードの耐久性は、豚骨を用いた20回の切除試験により、概ね問題ないことを確認した。

キーワード：人用骨切手術ブレード (MK wedge Blade)、骨切り術、小型犬、膝蓋骨脱臼、3Dプリンター、模擬骨

### 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中、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。

前報<sup>1)</sup>では、人用骨切手術ブレード(ミヤタニ社製 MK wedge Blade 以下「MK ブレード」とあらわす)の、小型犬への適用可能性について検討を行い、小型犬に多い重度の膝蓋骨脱臼症例に対する大腿骨矯正骨切り術への適用可能性が高いことや改良すべき点を明らかにした。

そこで、本研究では、既に製品化済みの MK ブレードに関する知見をベースとして、新たに小型犬向けの骨切手術用ブレードを試作し、犬や豚の骨の切除試験等の評価を行ったので報告する。

### 実験方法

#### 1. 小型犬向け骨切手術用ブレード形状の検討

前報<sup>1)</sup>での検討により、人用の MK ブレードは、刃のピッチやヤスリの山が大きいため緻密骨の一部を破損させたり、刃幅が大きいため筋肉組織等に損傷を与えることが分かった。このため、小型犬向けに MK ブレードの刃の幅やピッチを縮小するなどの検討を行った。

#### 2. 手術対象となる犬種の評価

岡山理科大学附属獣医学教育病院(以下動物病院とあらわす)が保有している犬の CT データから、手術で想定される切除部位の大腿骨遠位 1/4 部での骨径を計測した。

なお、計測の対象は、手術の適用が想定される犬種として、トイプードル、ミニチュアダックス、チワワ、ポメラニアン、柴犬とした。

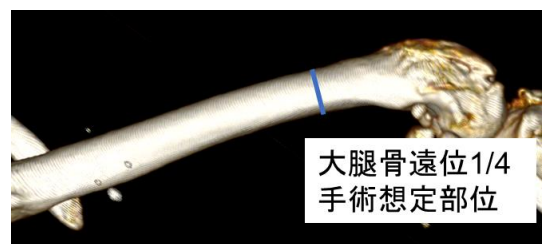


図1 手術対象骨径の計測

\* 1 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。

### 3. 手術対象となる症例から脛骨の STL データの作製

前報<sup>1)</sup>と同様に、動物病院の症例のうち、手術対象の可能性のある CT 画像データから、画像管理用フリーソフト「3D Slicer」を用いて脛骨部分を抽出し、3D プリンター出力用の STL (Stereolithography) データを作製した。

### 4. 樹脂造形 3D プリンターによる模擬骨の作製

前報<sup>1)</sup>と同様に、樹脂造形 3D プリンター (Stratasys 社製 uPrint SE) により、材料に ABS 樹脂を使用して、各 STL データから模擬骨を作製した。模擬骨は切除試験に、新規ブレードはサイズ確認に用いた。なお、模擬骨は密度の異なる 2 種の中埋め方法 (ソリッド、中空：高密度) で作製した。

### 5. 金属製新規ブレードの作製及び形状検討

前述のブレード設計案に基づき、2 種類のステンレス製ブレードを作製した。これらのブレードを用いて市販模擬骨 (アヴィス社製脛骨 FC) や 3D プリンターで作製した模擬骨の切除試験を実施し、ブレードの形状や使用感について検討した。

### 6. イヌ解剖体における新規ブレードを用いた切除試験

試作した新規ブレードの小型犬骨切り術への適用性について、岡山理科大学の解剖学実習で使用したビーグル犬解剖体の後肢を切除し、切断面等を観察し評価した。検体は、剥皮及び筋の一部が離断されたものを用いた。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 1/4 部分の骨幹部を患部と想定し、骨幹部から筋を剥離した後、周囲の筋組織をガーゼで保護した。骨切除は、平型ブレードで大腿骨を径の 1/2 長を切除した後、クサビ型ブレードで矯正角度を形成しながら完全に切除した。なお、切除時にブレードを誘導するためのガイドピンは使用しなかった。

### 7. 豚骨切除による摩耗試験

#### (1) 刃先観察による評価

2 種類の新規ブレードの耐久性は、豚骨を各々 20 回切除して評価した。なお、切除は、小型犬の骨を想定し、豚骨を約 10mm の深さまで切除した場合を 1 回とし、ペリスタリックポンプ (IWAKI 社製 PST110) の最大流速 20ml/min. で注水を行いながら実施した (図 2)。ブレードの摩耗具合は、デジタルマイクロスコープ (ハイロックス社製 KH-8700) を用いて、使用前と 5 回、10 回、20 回切除後のブレードの刃先を観察、比較した (図 3)。なお、観察には、(2) 質量測定による評価用に洗浄・乾燥したブレードを使用した。

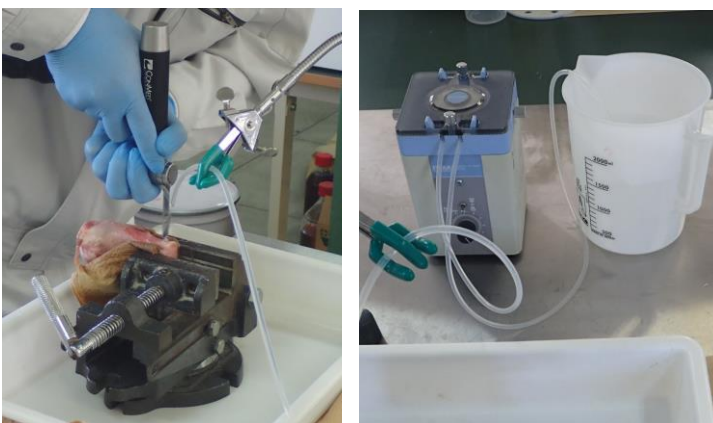


図 2 豚骨切除の様子



図 3 デジタルマイクロスコープ

#### (2) 質量測定による評価

吉田らは、人骨用ドリルの摩耗性は、使用前後のドリルの質量変化により評価できることが報告している<sup>2)</sup>。そこで、この方法を参考に、平型及びクサビ型の 2 種類のブレードについて、使用前と豚骨を 5 回、10 回、20 回切除後の質量を測定した。なお、測定用ブレードは、水洗後にアセトンで 10 分間超音波洗浄を行い、105°C で 10 分乾燥した後、デシケータ中で 20 分放冷して、質量を測定した。

## 結果と考察

### 1. 小型犬向け骨切り手術用ブレード形状の検討

前報<sup>1)</sup>での検討結果から、小型犬向け骨切手術用ブレードは、MKブレードに比べ刃の幅等を小さくする必要があることが分かった。そこで、刃の幅やピッチを半分程度に小さくするとともに、平型とクサビ型の2種類のブレードを考案した(図4)。

2種類のブレードの使用法として、平型ブレードで骨表面の硬い部分を切除した後、症例に適した角度を持つクサビ型ブレードで切除する方法を考えた。この方法により、骨へのダメージが軽減されて滑らかな切断面が得られることが期待できる。

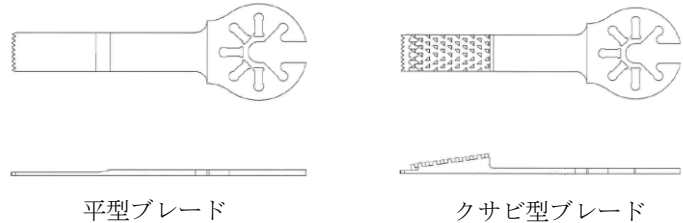


図4 新規ブレード設計案

### 2. 手術対象犬種の評価

手術適用が想定される犬種について、動物病院が保有するCTデータから切除部位の大腿骨径を計測した。

表1 手術適用犬種のサイズ

犬種	サンプル数	平均体重 (kg)	大腿骨遠位1/4 中央値 (mm)	大腿骨遠位1/4 最小値 (mm)	大腿骨遠位1/4 最大値 (mm)
T.プードル	13	4.05	7.4	6.0	8.8
M.ダックス	9	5.11	10.3	8.5	12.1
チワワ	4	4.12	7.3	5.6	9.0
ポメラニアン	3	3.91	6.5	5.0	8.0
柴犬	3	9.39	10.2	9.0	11.4

計測の結果、大腿骨の遠位1/4部における骨径中央値は、トイプードル7.4mm、ミニチュアダックス10.3mmであった。チワワ及びポメラニアンはトイプードルに近値を、柴犬はミニチュアダックスに近値を示した。試作ブレードの刃幅を考慮して、5kg以上のミニチュアダックスや柴犬で臨床試験を始めることが望ましいとの結論を得た。

### 3. 動物病院の症例CTデータから模擬骨の作製

前報<sup>1)</sup>と同様に、動物病院の症例のうち、手術対象の可能性がある2症例について、画像管理用ソフト3D Slicerを用いて、CTデータから対象骨を抽出しSTLデータに変換を行った。3D Slicerに取込んだ編集した3Dモデルから赤丸で示す対象大腿骨を抽出し、そのデータから3Dプリンターで作製した模擬骨を示す(図5)。

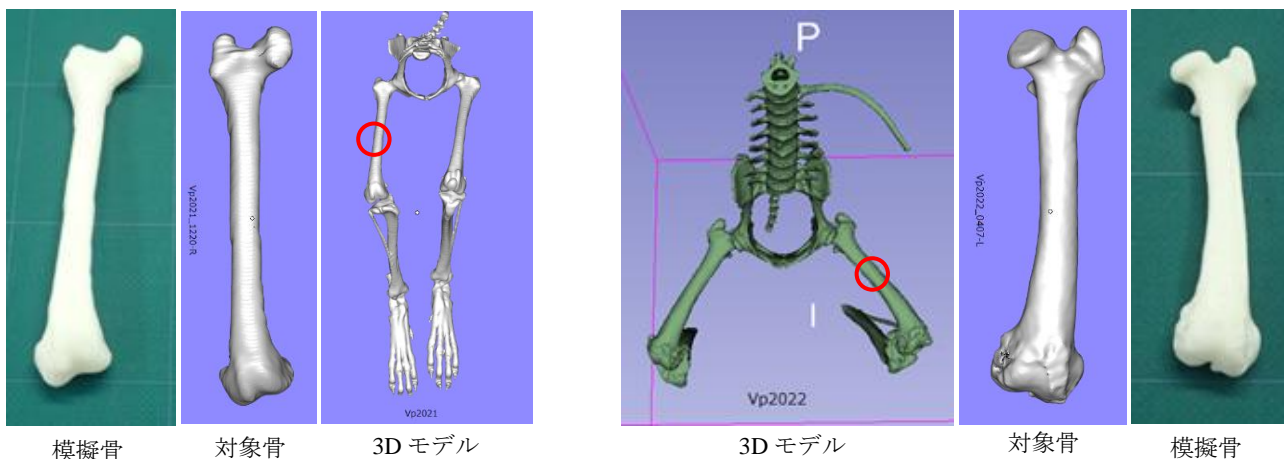


図5 3D Slicerで抽出した手術対象3Dモデル及び模擬骨

密度が異なる2種の中埋め方法（ソリッド、中空：高密度）で作製した模擬骨を用いて、後述の金属製新規ブレードで切除試験を行った。術者の操作感覚として、緻密骨・髓腔がなく均一なため切除時の圧力が一定など実物骨と異なる面があった。また、中埋め方法の違いについては、ソリッドの方が中空：高密度に比べ、切除時に発生する熱による樹脂の歪が少なく良好であった。

模擬骨を使用することで、ブレードを用いた骨切り術の操作が一通り再現できるため、実際の疾患モデルにおける切断実験やブレード切除角の術前検討への活用が期待できることが明らかになった。

### 3. 金属製ブレードの作製

設計案に基づきステンレス製の平型ブレードとクサビ型ブレードを試作した。

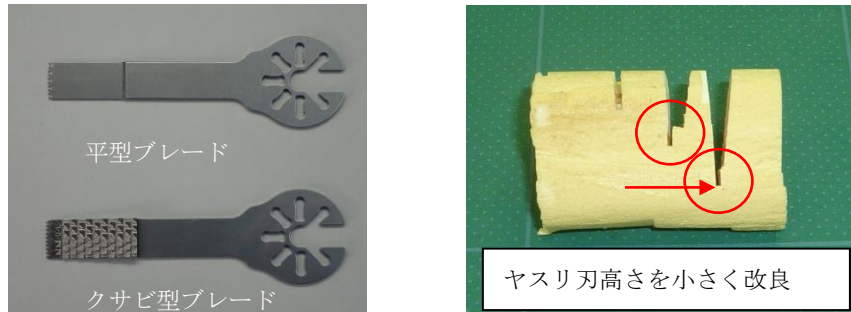


図6 金属製ブレード及び市販模擬骨切断面

これらのブレードを用いて市販模擬骨の切断試験を実施した結果、滑らかな切断面が得られることがわかった。しかし、クサビ型ブレードを用いた場合は、先端の刃先とヤスリ刃の間に段差が生じることが判明した(図6)。このため、ヤスリ部分の高さを小さくする改良を行い、再度、市販模擬骨の切断試験を行った結果、段差部分はほぼ解消されることがわかった。実際の手術においてもほぼ問題ない程度であると考えられる。

### 4. 新規ブレードを用いたイヌ解剖体による手術検討

ビーグル解剖体において、試作品のクサビ型ブレードを用いて手術検討を行なった。刃先の改良で切除が円滑になったため、従来必要であったガイドピンが不要となった。さらに筋の剥離後、周囲をガーゼで保護することで、課題であった軟部組織の損傷を改善できた(図7)。また、肉眼解剖による切除後の検討では、切除部の骨破折が明瞭に改善され、切除断端どうしの適合も良好であった。



図7 イヌ解剖体による手術検討

### 5. 豚骨切除による摩耗試験

ブレードの耐久性を評価するために、平型ブレード及びクサビ型ブレードを用いて、各々、豚骨を20回切除して、ブレードの刃先観察及び質量を測定して摩耗状況を調べた。

#### (1) 刃先観察による評価

図8に示すように、平型ブレードやクサビ型ブレードの刃先に番号を付け、使用前と豚骨を5回、10回、20回切除した後に、各刃先についてデジタルマイクロスコープで拡大して観察を行った。また、クサビ型ブレードについては、ヤスリ刃も同様に観察した。

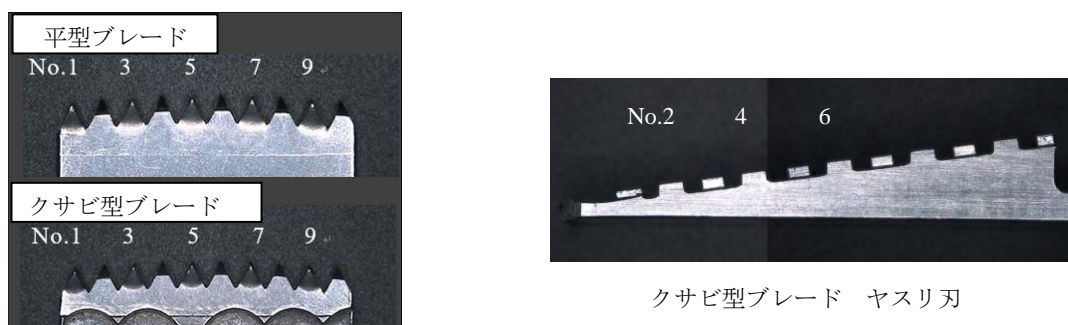


図8 観察対象とした各ブレードの刃先及びヤスリ刃

図9に、平型ブレードの使用前、豚骨を使用前と5回、10回、20回切除した後のNo1からNo9までの刃先の拡大画像を示す。これらの画像から、すべての刃先において、豚骨を20回切除しても顕著な損傷は認められなかった。

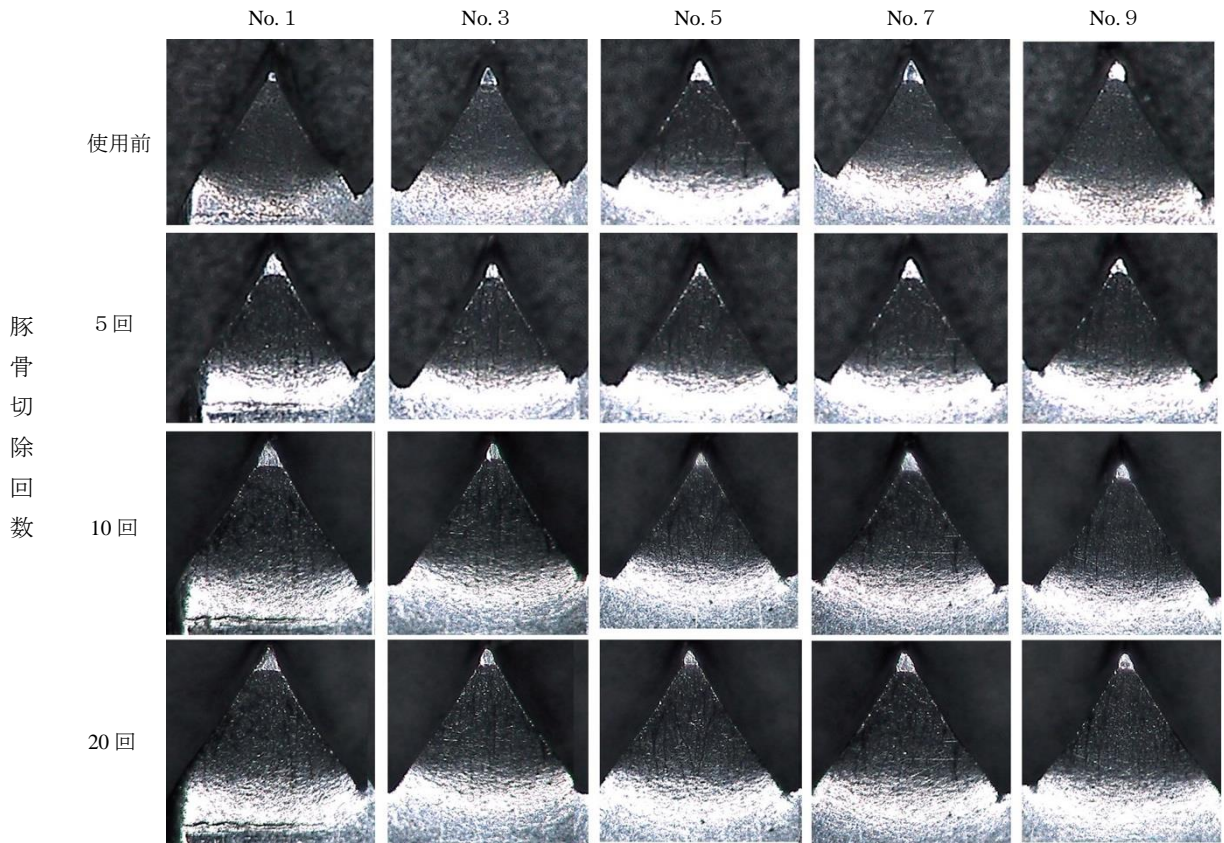


図9 平型ブレードの豚骨切除後の刃先の拡大画像（×40）

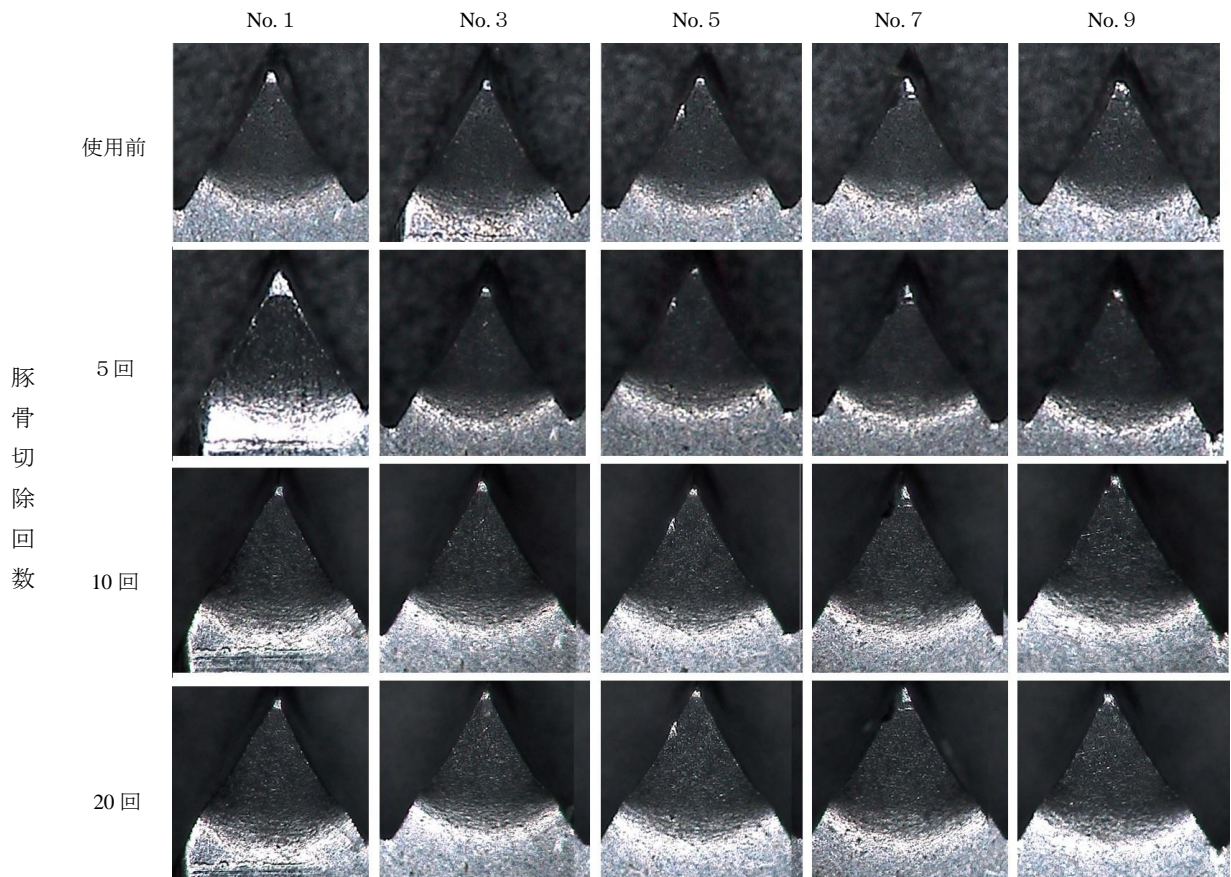


図10 クサビ型ブレードの豚骨切除後の刃先の拡大画像（×40）

図 10 にクサビ型ブレードの刃先の拡大画像を示す。No. 1 の刃先は 10 回以上の切除回数で、若干右に曲がっている様子が確認できた。これは豚骨を切除することによって少し変形したものと考えられる。しかし、他の刃先では特に変形は認められなかった。

図 11 にクサビ型ブレードのヤスリ刃を横から観察した拡大画像を示す。実際に使用する犬骨を想定して、豚骨を 10mm 程度切除した試験を行い No. 6 より上のヤスリ部分は使用しなかったため、観察は No. 2、4、6 で実施した。これらの画像から、特に変形や損傷は認められなかった。

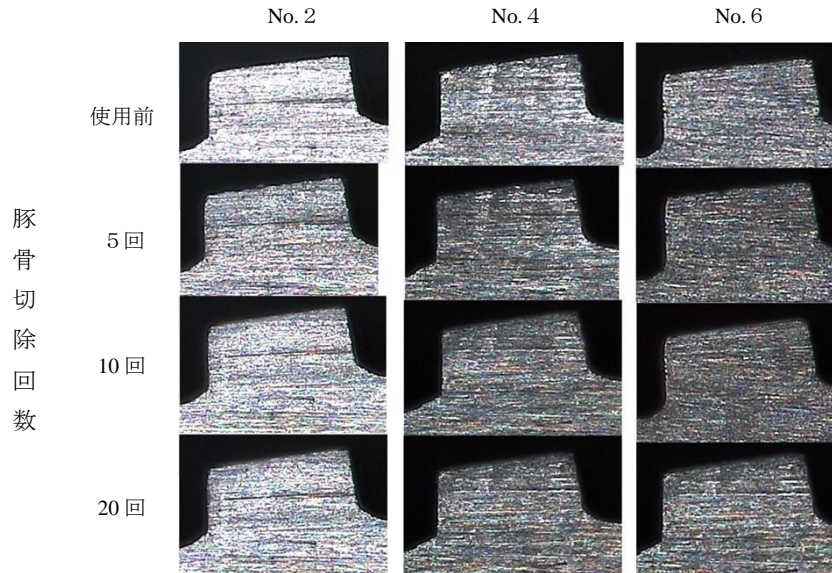


図 11 クサビ型ブレードの豚骨切除後のヤスリ刃の拡大画像（×40）

豚骨切除による耐久性試験を実施した結果、今回試作した両ブレードは、ともに著しい変形は認められず、切除回数を増やしても良好な切除が可能であった。

## (2) 質量測定による評価

平型ブレード及びクサビ型ブレードについて、使用前と豚骨を 5 回、10 回、20 回切除した時の各ブレードの質量を表 2 に示す。表 2 から、豚骨を 20 回切除した場合でも平型ブレード、クサビ型ブレードともに、有意な質量変化は認められなかった。

参考文献では、ステンレス製ドリルを用いて、市販模擬骨の穿孔試験を実施し数 mg の質量変化を確認できている。評価条件は異なるものの、今回質量変化が認められなかったことは、試作ブレードの耐久性が高かったためと評価することができる。

これらの結果から、両ブレードは、実際に犬の骨切手術を実施する場合においても、繰り返し利用が可能な優れた耐久性を有していると考えられる。

本研究において、優れた骨切除機能を有し、耐久性も優れた 2 種類の小型犬向け骨切手術用ブレードを開発することができた。本ブレードを用いることで、熟練度に関わらず適切な手術が可能となることが期待できる。

今後は、多くの臨床試験で使用実績を積み重ねて製品化に繋げていきたい。

表 2 豚骨切除後のブレード質量

切除回数	質量 (g)	
	平型ブレード	クサビ型ブレード
使用前	8.7190	10.9378
5	8.7191	10.9379
10	8.7188	10.9376
20	8.7191	10.9376

## ま と め

小型犬向け骨切手術用ブレードの開発について検討した結果、以下の成果が得られた。

1. 人用 MK ブレードの刃幅やピッチ等を改良し、小型犬向けの 2 種類の新規ブレードを試作した。
2. 症例 CT データから 3D プリンターで造形した模擬骨は、ブレード切除角の確認や切断実験への利用が期待できる。
3. 新規ブレードを用いたイヌ解剖体の切除試験により、骨切除時の破損も無く、滑らかな切断面を持ち適合も良好であった。また、骨周辺の筋肉組織等の損傷もガーゼによる保護で抑制できることがわかった。
4. 豚骨の切除試験により、新規ブレードは複数回の利用が可能な耐久性を有していることがわかった。

## 文 献

- 1) 八塚直紀,竹田真之介,大西章弘,松井利康,三井一鬼：人用骨切手術ブレードの小型犬への適用可能性の検討, 愛媛産技研研究報告,p14-19,(2022).
- 2)吉田光,清水大暉,寺野元規,金枝敏明:骨用ドリルの穿孔性能に及ぼす刃先形状ならびに DLC コーティングの影響,精密工学会中四国支部・九州支部共催岡山地方講演会,p101-102(2021).