

# 海綿骨移植

枝村一弥

(日本大学獣医外科学研究室・日本大学動物病院整形外科)

## はじめに

海綿骨移植は、小動物臨床領域で最もよく行われている骨移植である。海綿骨移植は、生物学的骨癒合を促進させるために行われることが多く<sup>1</sup>、その適応範囲も広い。実際には、中高齢の動物における骨折症例や関節固定術後の癒合促進、そして癒合不全および遷延癒合の治療に適用されることが多い。海綿骨移植は、自家移植が一般的であるため、異物反応や拒絶反応を引き起こす可能性はない。犬や猫における主な採材部位は、上腕骨大結節、腸骨稜、脛骨近位内側で、その採取方法はきわめて簡便である。海外においては、凍結同種海綿骨の利用も可能となっており、様々な症例で海綿骨移植が行われている。リフレッシュコースの主な対象者である初心者は、海綿骨移植を敬遠しがちであると思われるが、骨折の治療成績を向上させるためには、是非とも習得しておきたい手法のひとつである。本講演は、海綿骨の性質、海綿骨移植の適応、採材および移植方法、移植効果、合併症について順に概説する。

## 海綿骨とは？

海綿骨には、骨芽細胞や骨前駆細胞といった骨形成を促す細胞や、生物学的活性を持つ骨形成性因子が多く含まれている。海綿骨は、皮質骨よりも骨形成能において優れているが、力学的支持には劣る<sup>5</sup>。そのため、骨を形成するための細胞を供給するという意義で、海綿骨の移植が行われている。海綿骨は、骨幹端部には豊富に含まれているが、骨幹部の骨髄にはほとんど含まれていない<sup>2</sup>。そのため、骨幹端部にて採材を試みると、効率よく良質な移植片を得ることができる。海綿骨は、骨誘導能に優れていることが知られているが、その特性は未だ十分には解明されていない<sup>1</sup>。海綿骨は、骨に隣接した部分においては骨誘導能を発揮するが、皮下などの異所に移植しても骨形成は誘導されない<sup>1</sup>。そのため、海綿骨による癒合を期待する時には、骨折間を架橋するように十分な量を移植するのが望ましい。

## 海綿骨移植の適応は？

海綿骨移植は、外傷や骨腫瘍の切除により生じた骨欠損の修復、遷延癒合や癒合不全における癒合促進、そして関節固定時の骨形成の目的で行われる<sup>2,4</sup>。自家海綿骨移植は、汚染領域にも使用することが可能な唯一の骨移植であることも頭に入れておくとよい<sup>3</sup>。また、成熟した小型犬の橈尺骨骨折では癒合不全を引き起こす可能性が指摘されているため、予防的に海綿骨移植を行っている施設もある。これらの海綿骨移植は、安定した骨折片の固定が必須となるので、その点も考慮すべきである。

## 海綿骨はどこから採材するか？

海綿骨は、全身の多くの骨に存在するが、犬や猫において採材が容易な部位は、上腕骨の大結節の外側、腸骨稜、大腿骨の転子下領域、そして脛骨の近位内側である<sup>1,3,4</sup>。犬で最も多くの海綿骨が採材できる部位は腸骨稜で、次いで上腕骨の近位、そして脛骨の近位の順である<sup>1</sup>。一般的には、頭蓋骨、肩甲骨、肋骨、椎骨は、移植海綿骨の提供に用いられることはない<sup>1</sup>。実際の臨床現場では、骨折側と同側の上腕骨の大結節から海綿骨を採材する執刀医が多い。

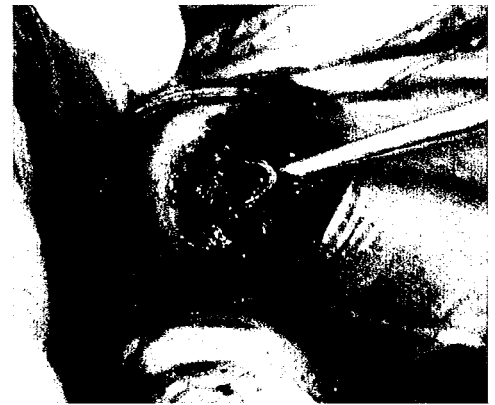
## 海綿骨はどのようにして移植するか？

自家海綿骨移植を行う際には、なるべく採材直後に移植するのが望ましい。採材直後の新鮮海綿骨に含まれる生細胞の含有率は80～100%で、時間とともに減少することが報告されている<sup>1</sup>。そのため、採材してから可能な限り早期に移植することを心がけるべきである。

海綿骨を採材するのは、固定術を終えてから、または固定術と平行して行うのが一般的である。海綿骨を移

植する際には、まず採材部位直上の皮膚を2～3cm切開し、それから骨表面を露出する<sup>3</sup>。腸骨稜から採材する時には、骨ノミにて採材部位の骨皮質を除去する。上腕骨や脛骨においては、ドリルかピンで皮質骨を穿孔する<sup>1,3</sup>。日本大学動物病院整形外科では、骨用トレパンを用いて、皮質骨に孔を開けている。皮質骨を取り除いた後は、鋭匙で海綿骨を採材する(右図)。

海綿骨を取り除いたら、直ぐに骨折部周辺に播種する。手術中に室温で保存する際には、湿らせたガーゼやシリンジの中で保存する。海綿骨を移植する前に、固定部位をよく洗浄する。海綿骨移植後には、洗浄ができないので注意する。



海綿骨は、挙上した骨膜と骨の間に充填し、骨折部に圧迫して詰め込むように移植する(左図)<sup>3</sup>。移植後は、常法に従い閉鎖する。

#### 海綿骨は2回採材可能か？

海綿骨移植に供した部位から、海綿骨を再度採材ができるか否かはよく議論される点である。答えは、海綿骨を同じ部位から2回採材することは可能である。しかし、そのような時には、ある程度の間隔を空ける必要がある。採材された部位は、まず血腫で満たされ、次いで線維性結合組織に置換される<sup>4</sup>。そして、その領域に骨芽細胞が移動し、最終的に新たな海綿骨が形成される<sup>4</sup>。この過程には、約12週間を要する<sup>4</sup>。そのため、上腕骨や大腿骨において、同じ部位からの2度目の海綿骨の採取をする際には、最低でも12週間は間隔を空けることが推奨されている<sup>1</sup>。一方で、脛骨の近位は、上腕骨よりも回復に時間がかかるため、より間隔を空ける必要があると指摘されている<sup>1,3</sup>。

#### 海綿骨の移植効果は？

新鮮海綿骨を移植した時には、骨芽細胞や骨前駆細胞が多く含まれる。しかし、多くの細胞は数分～数時間以内に炎症反応によって死亡する。移植骨内の細胞は、組織液の循環によって約10%が生き残り、新生骨の形成に寄与して直接的に癒合を促進させる<sup>3,4,5</sup>。一般的には、1週間以内に新生骨の形成が始まる<sup>5</sup>。骨が癒合するためには、早期の血管形成も鍵を握る<sup>5</sup>。自家海綿骨移植後には、血管形成も促進される<sup>3,4</sup>。新鮮海綿骨を移植した時の血管の形成は、通常移植2日後から始まり、2週間以内に完了すると報告されている<sup>4</sup>。このように、海綿骨移植は、直接的または間接的に骨癒合に有利に働く<sup>3,4</sup>。

#### 海綿骨移植の主な合併症は？

犬や猫における海綿骨移植後の合併症について論じた体系的なレビューは存在しない。人医学領域においては、採材部位の疼痛および血腫の形成、敗血症、疲労骨折、術中出血、手術時間の延長、十分な採材ができないなどといった合併症が報告されている<sup>1</sup>。犬や猫では、採取部位の疼痛が臨床的に明らかとなることはほとんどない<sup>4</sup>。採取部位へ腫瘍の播種や感染、漿液腫の形成、そして術創の裂開が稀に報告されている<sup>4</sup>。海綿骨には力学的に支持する能力がないので、骨折間の距離が大きい時には、癒合前に再骨折が生じてしまうことがある。

#### さいごに

海綿骨移植は、獣医学領域においても伝統的に行われている骨形成手段で、他の骨移植法よりも早期の癒合を達成させることができる。海綿骨移植は、初心者であっても比較的容易に行うことが可能である。海綿骨移

植を効果的にかつ合併症なく行うためには、その意義、採材部位、移植方法、治療効果について精通しておく必要がある。本講演では、犬や猫の海綿骨移植について学術的な裏付けやエビデンスも提示しながら再考するつもりである。本講演が、明日から骨折治療を行う際の参考となったら幸いである。

#### 参考文献

1. 泉澤康晴監訳、AO法による犬と猫の骨折治療－基本原則から実践的手技まで－、インターズー、東京、2009.
2. 国分正一、鳥巢岳彦監修、標準整形外科学第10版、医学書院、東京、2008.
3. 原康、林慶監訳、小動物の整形外科・骨折治療ハンドブック第4版、インターズー、東京、2010.
4. 若尾義人、田中茂男、多川政弘監訳、スモールアニマル・サージェリー第3版、インターズー、東京、2008.
5. 波利井清紀監修、秦維郎編著、骨移植 最近の進歩、克誠堂出版、東京、1995.