

学 位 論 文 要 約

Thermal damage of osteocytes during pig bone drilling: an in vivo comparative study of currently available and modified drills

(ブタ骨ドリリング中の骨細胞の熱損傷：現在入手可能なドリルと改良されたドリルの生体内の比較研究)

(著者：金谷治尚、榎田誠、上原一剛、植木賢、永島英樹)

令和元年 Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery 掲載予定

整形外科手術において、ドリルを用いて骨孔を作成することは多い。またそれによって発生する熱が、骨に不可逆性変化をもたらすことが知られている。月光ドリルは工業用に開発されたドリルで、その特徴的な先端形状を有することで、掘削時の抵抗を減じている。本研究の目的は市販されている医療用ドリルと、そのドリルの先端に月光加工を加えた試作型ドリルで骨孔作成時の発熱量や組織に与える影響の差を検証することである。

方 法

実験には体重47.5～52.3 kgのSPFブタを用い、全身麻酔下の実験を行った。脛骨前内側面を露出し、近位脛腓関節から20 mmの位置に一つ目の骨孔を作成。さらにその30 mm遠位に二つ目の骨孔を作成した。ドリルは2種類の3.2 mm径の市販ドリル (Zimmer社製、Smith and Nephew社製) とその先端に加工を加えた2種の試作型ドリルを用いた。ドリルフォースは10N、回転数は800回転/分と1500回転/分とし、サーモメーターを用いて、掘削中の温度変化を観察した。得られたデータから、最高到達温度、骨孔作成中に47℃以上であった時間、骨孔作成に要した時間を計算した。また骨膜直下の皮質骨を採取し、骨孔周囲の組織学的評価を行った。光学顕微鏡の倍率を400倍に設定して、骨孔周囲の4視野を観察し、全骨細胞に占めるempty lacunaeの割合を計算した。それぞれのドリル間で、以上の変数に関して比較検討を行った。

結 果

オリジナルのドリルと比較し、加工したドリルは有意に骨孔作成時間を短縮し、また骨孔作成中の温度上昇を抑制していた。また、empty lacunaeの比率を1/2～1/3程度まで減じていた。

考 察

47 °C、1分間の加熱で骨には不可逆性の変化が起こることが知られている。加熱により骨細胞は消滅し、それに伴い周囲の破骨細胞は活性化され、電解質恒常性の破綻やメカノレセプター機能の消失が引き起こされる。つまりドリリングにおいて発熱を抑制し骨細胞を温存することは、骨吸収を抑制し、スクリューなどのインプラントの初期固定性を向上させる可能性がある。

組織障害の少ないドリリングとは、低いドリルフォースかつ低回転で、短時間で骨孔作成を完遂させるものであると考えるが、それを実現できたドリルはこれまでの報告ではない。本研究では低回転かつ低いドリルフォースで実験を行い、加工したドリルでその優位性を証明することができた。その掘削性能の向上を実現したのは、先端形状の改善である。本来掘削機能を持たないchisel edgeを縮小し、さらに削りくずの排泄能を持たせることで掘削抵抗の減弱と温度上昇抑制効果を得たものと推測する。

結 論

月光加工により温度上昇の抑制とドリリング時間の短縮を実現し、組織学的にempty lacunaeの割合を減じることができた。このことは将来、月光加工が骨に低侵襲な医療用ドリルに応用できる可能性を示している。