



低出力超音波パルス療法



低出力超音波パルス療法

適度な刺激（物理的刺激、化学的刺激、電氣的刺激）が生体組織を活性化し、治癒を促進することはヒト整形外科分野において、リハビリテーションとして積極的な治療法として頻繁に使用されています。超音波の医療への応用は、1950年代より骨折治療などに使用され始めています。中でも、低出力な超音波パルス波（low-intensity pulsed ultrasound : LIPUS）を応用した治療が、難治性骨折を対象として厚生労働省の先進医療に認定されています。LIPUSは、照射出力が $30\sim 50\text{mW/cm}^2$ 、パルス幅 $200\mu\text{s}$ 、繰り返しパルス周波数 1kHz 程度で使用されるものです。難治性骨折では、LIPUSを使用することで通常より約40%の治療期間短縮が報告されています。



図1. 伊藤超短波株式会社製のLIPUS。オプションのプローブを使用することで浅部から深部までの患部に対応できる。

LIPUSの細胞に与える影響

LIPUSは、骨折治療に有効であることから臨床応用されてきていますが、LIPUS照射による骨折治癒促進メカニズムについてはこれまでは不明な点が多いとされていました。

近年の研究において、LIPUSによる機械的振動が細胞膜に刺激を与え、その結果として結合組織のコラーゲン合成、タンパク合成および線維芽細胞の増殖を促進されると考えられています。また、骨創部周囲に弱いキャビテーションが生じるとマイクロストリーミング現象*が生じて、これが骨細胞膜に刺激を与えるために骨芽細胞の新生を促進すると考えられています。さらに、このような物理刺激による骨形成については、Wnt/ β -Cateninシグナル伝達系が主要な役割を果たしているものと考えられるようになってきました。

マイクロストリーミング現象*：超音波の非線形作用の一つで、超音波が液体中の極めて小さい気泡の収縮と拡張を起こすことにより、この気泡が振動して周囲に小さな液体の流れを生じます。この現象により生体の細胞膜に破壊作用を来しますが、通常の超音波診断装置では音響強度（intensity）が小さいので、細胞膜への障害はないとされています。

Wnt/ β -Cateninシグナル伝達経路と骨形成

Wntシグナル伝達経路は、骨芽細胞分化に重要な役割を果たしていることが報告されています。これまでに、数種類の骨芽細胞分化関連の遺伝子がWntシグナルの標的遺伝子として報告されています。Runx2、骨芽細胞と破骨細胞のカップリング因子であるosteoprotegerinや破骨細胞分化に必須のRANKLも標的遺伝子となっています。破骨細胞前駆細胞に、数種類のWntタンパク質を作用させるとALP活性（骨芽細胞の代表的マーカー）を増加させるという報告もなされており、Wntシグナルの活性化が骨芽細胞分化、骨形成に重要な役割を果たすことが明らかになってきています。

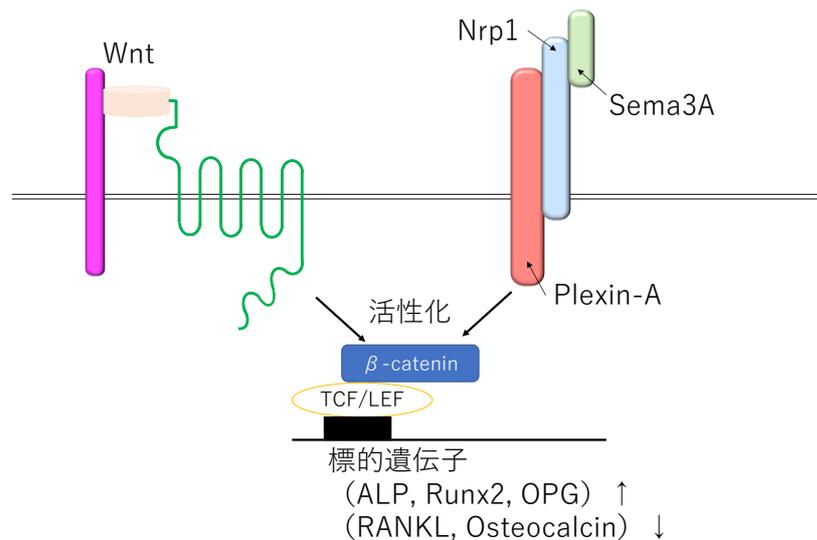


図2. Wntシグナル伝達経路と骨芽細胞分化関連遺伝子

獣医療におけるLIPUS

獣医療におけるLIPUSの報告は、まだ少なくその有効性についてはまだ不明な点があると思われます。本院において、橈骨の癒合不全症例に対して自己多血小板血症およびLIPUSを用いて骨折が治癒した症例を経験しています。今後、症例数を増やしてLIPUSの骨折の治癒に関する有効性について検討して行きたいと思えます。

参考文献

1. 低出力超音波パルス療法による骨再生促進効果—インプラント治療の成功率向上を目指して—藤井秀朋. 顎咬合誌 30 (3). 213-219. 2010.
2. 低出力パルス超音波が歯周外科手術後の創傷治癒に与える影響. 西村 将吾ら. 明海歯学(J Meikai Dent Med) 42 (2). 98-109. 2013.
3. 骨再生を目指したWntシグナル伝達経路—活性化薬の可能性—. 松崎英津子ら. Jpn J Clin Pharmacol Ther 41 (2). 25S-26S. 2010.