海綿骨における生体アパタイト結晶の配向性

大阪大学大学院工学研究科 中野 貴 由 大阪大学大学院生 土田 裕 基
大阪大学大学院工学研究科 藤 谷 渉 馬越 佑 吉
岡山大学大学院医歯学総合研究科 山 本 敏 男

Fig. 1 成熟ブタ大腿骨内の海綿骨骨梁のμCT画像(a)と骨梁内のBAp結晶子配列(b). 骨梁に沿ってBApのc軸が一軸配向している(c). L//骨長手方向.

生体骨は、六方晶生体アパタイト(BAp)とコラーゲン(Co)から主として構成され、部位に応じたBAp/Coの配向性を示す。これは、骨の機能適応の一種であると考えられ、特に強い荷重支持機能を発揮する皮質骨において、*in vivo* 応力を反映したユニークな配向組織を示す⁽¹⁾。一方、皮質骨内腔に存在するスポンジ状の海綿骨では、Ca代謝機能を強く発揮するが、Wolffの法則として知られるように、その骨梁パターンが、荷重の主応力方向と相関することから、荷重支持機能をも持ち合わせる。そこで海綿骨に対し、(1)BAp配向性の有無、(2)Ca代謝機能と荷重支持機能のバランスがBApの配向性に及ぼす影響、を調査した。

Fig. 2 E投与(10 days)したオスウズラ大腿骨内に形成される骨髄骨.

Fig. 1には、成熟ブタ大腿骨中に存在する海綿骨のμCT画像と骨長手方向に沿った一次骨梁の透過型電子顕微鏡像を示す。骨梁内には、骨梁方向に沿って伸展したBAp結晶子が明瞭に認められると同時に、同領域での電子線回折図形には、c軸の配向化を意味する(002)回折が、三日月状に現れている。IP(Imaging plate)を用いて解析された(002)回折の半値角は約60°であり、皮質骨に比べ、その広がりは大いものの、海綿骨においてもBApの配向化が確認された。

こうした海綿骨での配向性の獲得は、外部応力の負荷、さらには荷重支持機能の発揮と深く関わっている。Fig. 2には、オスウズラに女性ホルモンの一種であるエストロゲン(E)を適量投与することで、実験的に形成させた骨髄骨の走査型電子顕微鏡像を示している。骨髄骨は海綿骨の一種として、骨髄腔内に形成され、鳥類メスでは、産卵期の卵殻形成のためのCa貯蔵庫として蓄えられると同時に、約20時間/dayにもわたって消費される⁽²⁾。その結果、メスの骨髄骨は、BAp配向性を示さない。一方、E投与により形成されたオス骨髄骨では、骨吸収よりも骨形成が過剰となり、骨梁の発達、さらには、応力伝達が行われるようになる。その結果、オス骨髄骨では、E投与とともに、骨長手方向に沿って優先的なBAp配向性を示すようになる。こうした高配向化領域は、皮質骨近傍の約300μmの高密度骨髄骨領域に限定されるものの、骨梁の発達にともなう*in vivo* 応力の負荷は、荷重方向へのBAp配向化を促し、荷重支持機能を示すようになる。すなわち、海綿骨でのBApの配向化は、荷重支持機能発揮の必要性に応じて、促進されるのである。

文 献

- (1) T. Nakano, K. Kaibara, Y. Tabata, N. Nagata, S. Enomoto, E. Marukawa and Y. Umakoshi: Bone, **31**(2002), 479-487.
- (2) T. Yamamoto, H. Nakamura, T. Tsuji and A. Hirata: The Anatomical Record, **264**(2001), 25-31.

(2004年8月20日受理)

Preferential Alignment of c-axis of Biological Apatite in Trabecular Bone; Takayoshi Nakano*, Hiroki Tsuchida**, Wataru Fujitani*, Yukichi Umakoshi*, Toshio Yamamoto*** (*Graduate School of Engineering, Osaka University, Suita. **Graduate Student, Osaka University, Suita. ***Graduate School of Medicine and Dentistry, Okayama University, Okayama)

Keywords: trabecular bone, medullary bone, quail, apatite, texture

TEM specimen preparation: ultra-microtome(Leica UCT, fixing: 2% glutaraldehyde/0.1M cacodylic acid buffered solution, and then 2% OsO₄/0.1M cacodylic acid buffered solution, 4°C) TEM utilized: JEOL JEM-3010(300 kV) SEM specimen preparation: fixing(10% formalin neutral-buffered solution, 4°C) SEM utilized: JEOL JSM-840A(20 kV)