

2020 年 9 月 9 日(水)

Lasting organ-level bone mechanoadaptation is unrelated to local strain

Javaheri B, Razi H, Gohin S, Wylie S, Chang YM, Salmon P, Lee PD, Pitsillides AA.

Sci Adv 6: eaax8301, 2020

臓器(マクロ)レベルの mechanoadaptation は、局所ひずみに必ずしも影響を受けるわけではない

Frost の Mechanostat 理論は、マイクロオーダの力学環境においてほぼ完璧に成り立ち、ユタ・パラダイムが骨の恒常性維持を説明するために重要であることは言うまでもない。一方で、マクロオーダの世界では骨の形状変化の説明に一部矛盾が生じてしまう。実際、本研究においても、ひずみの大きさとは無関係に非線形性を示す骨幹中央から遠位骨幹端部において負荷によって生じた新生骨の慢性的な維持が認められた。この骨の形状と量の永続的な変更は脛骨全体の弯曲率の増加に寄与しており、この Mechano-adaptive な応答は、一度適用された荷重環境の構造的な「記憶」を生成している証拠となった。これにより、同じ負荷を受けその後除荷された骨でも、「記憶」に準じて部位により荷重環境に全く従わないで骨を作り続ける部位も存在することが明らかとなった。

Frost の Mechanostat 理論は、ミクロスケールにおいて骨内に発生する μ ひずみの大きさが骨吸収と骨形成のバランスを制御、調節しているとしており、この理論は現代の骨生体力学において出生後の成長、成熟、老化における骨の恒常性維持において概ね正しいことが証明されている(ユタ・パラダイム)。一方で本研究において、負荷後に除荷しても増生した骨組織がそのまま残存し、新たな恒常性を獲得する部位(Mechanostat 理論に従わない骨部位)があることを明らかにした。すなわち、「万が一また洪水が起こるかもしれない」という「記憶」から、一度洪水が起きた場所に堤防を作るのと同じように、力学負荷が増大したことのある部位に再度負荷が加わることを予測し、骨のマクロ/ミクロ構造特性を維持するシステムがあることを新たに発見した、画期的な論文であった。