

E/ρ (イーバイロー) 測定による骨の健康度推定 (提案)

たなか ひさし

○田中 寿志 (誠鋼社)

骨の固有振動数測定によって骨の固体差を推定することの可能性を報告する。

【目的】 高齢化社会の進行にともなって昨今骨粗鬆症の問題が大きく取り上げられている。この治療はもとより、予防するためには、病気に対する認識の向上や生活習慣の改善などの健康教育をより幅広い世代に対して実施していくことが必要であると考えられる。そのために動機づけや啓発を目的とした簡易な測定を開発することが急務と考え、対象を骨としてその健康度をスクリーニングする方法を考察した。

【方法】 固体は中身の詰まり具合により叩いたときの音の高低が違うことを私達は経験的に理解しているが、物理学ではこれを振動理論を用いて説明している。この理論に基づき、骨の固有振動数を測定することが、骨の固体差を見極める有力な手段になりうるものと予想し、測定部位 (非利き腕側橈骨) をインパルス加振し、その振動を加速度センサーにて採取してパソコンで演算処理することにより固有振動数測定を行った。測定対象者は18歳から70歳までの一般女性、3200名である。測定結果を図1、図2に示す。

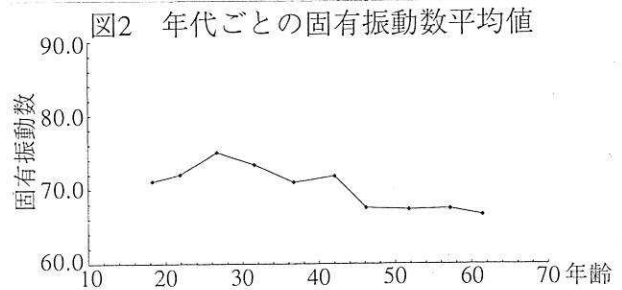
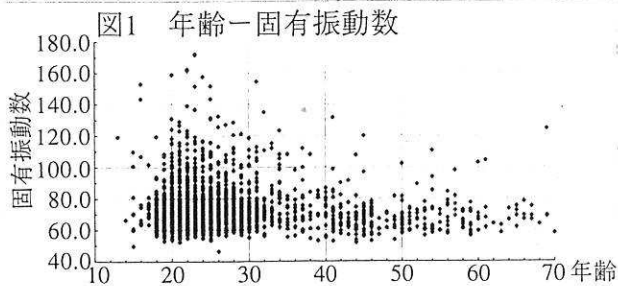


図1から固有振動数は個人差が大きく、特に20歳代は振動数の高い値から低い値までの対象者が認められた。各年齢の固有振動数平均値 (図2) からは、26歳をピークに上昇していき、その後、加齢とともに低下していく傾向が認められる。一般的にいわれている骨密度変化と類似した傾向が得られたため、DXA法の橈骨測定と固有振動数測定とを比較して相関関係の有無を調べた。対象者80名に測定を実施して比較検討したが、相関係数は低く、骨の固有振動数は加齢とともに低下することは理解できたが、DXA法測定と有意な相関関係を見出すには至らなかった。

そこで着目されたのが次に示す梁の横振動理論式により、E/ρ イーバイロー (以下E/ρ) を算出することである。それは、固有振動数測定に加えて、対象とする骨の長さを測定することが必要であることを説明していると共にE/ρが物体の強度を示す指標になっており、本目的に相当と考えられる。

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{I}{A}} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \left(\begin{array}{l} f: \text{固有振動数} \quad \lambda: \text{固有値} \quad L: \text{長さ} \\ I: \text{断面二次モーメント} \quad A: \text{断面積} \quad E: \text{ヤング率} \quad \rho: \text{密度} \end{array} \right)$$

この理論式に基づいて固有振動数測定と長さの実測により、近似的にE/ρを求めた。

多くの測定経験から非利き腕側尺骨の肘部茎状突起をインパルス加振し、手首側茎状突起で振動を採取するのが再現性が高く、振動数が安定することが分かった。これにより測定算出したE/ρとDXA法との測定比較を140名に行った結果、固有振動数のみの測定時よりも高い相関係数 (0.65) が得られ、本稿の骨のE/ρ推定は骨密度との関連性があることが示唆された。

【まとめ】 骨は固体としての固有振動数を持っている。これを測定することにより骨の持つ特質を予測することは不可能ではなさそうだ。性別、年齢別などの測定値平均との比較によるスクリーニングなどにまずは使用できないであろうか。機器研究の立場からはより高い再現性などを持つ装置の開発は引き続き行っていくが、骨のE/ρ推定の臨床的な検証が増加していくことを期待するものである。