

平成21年2月

# 山本真人 学位論文審査要旨

主 査 小 川 敏 英  
副主査 福 本 宗 嗣  
同 豊 島 良 太

## 主論文

Measurement of human trabecular bone by novel ultrasonic bone densitometry based on fast and slow waves

(高速波と低速波に基づいた新しい超音波骨密度計測法によるヒト海綿骨の測定)

(著者: 山本真人、大谷隆彦、萩野浩、片桐浩史、岡野徹、真野功、豊島良太)

平成21年 Osteoporosis International 掲載予定

# 学 位 論 文 要 旨

## Measurement of human trabecular bone by novel ultrasonic bone densitometry based on fast and slow waves

### (高速波と低速波に基づいた新しい超音波骨密度計測法によるヒト海綿骨の測定)

超音波による骨密度計測は安全で利用しやすい方法として広く普及している。近年、海綿骨内を伝搬する超音波は高速波と低速波の2種類の縦波として伝搬することが明らかになり、この原理を利用した新しい骨密度計 (LD-100) が開発された。この計測法により、従来の超音波骨密度計では測定できなかった海綿骨骨密度および海綿骨弾性定数を測定することが可能となった。本研究では、この原理を用いて摘出ヒト大腿骨頭を計測・解析するとともに、成人の橈骨遠位部の骨密度測定を行い、新しい骨密度計測法の特徴および有用性を検討した。

## 方 法

摘出大腿骨頭の計測・解析：LD-100を用いて、摘出ヒト大腿骨頭 (n=3) の高速波の音速と減衰量、低速波の音速と減衰量を1 mmピッチ (961 point) で計測し、この計測値から海綿骨骨密度と海綿骨弾性定数を算出した。Micro-CTを用いて得られた3次元再構築像から骨量 (%)、骨梁数、骨梁長、骨梁の傾き、骨梁幅、structure model index (SMI) およびtrabecular bone pattern factor (TBPf) を算出した。SMIは骨表面構造を板状あるいは棒状で表すパラメーターで、高値であれば棒状構造であることを示し、機械的強度が弱いことを意味している。TBPfは海綿骨の連結性を表すパラメーターで、高値であれば連結性が少なく、機械的強度が弱いことを意味している。新しい超音波パラメーターとMicro-CTより得られた海綿骨構造のパラメーターとの関係を検討した。

橈骨遠位部骨密度測定：89名の成人 (男性30名；平均年齢51.6歳、女性59名；平均年齢54.6歳) を対象とした。LD-100を使用して左橈骨遠位部の海綿骨骨密度、海綿骨弾性定数を計測した。同時に同部位の骨密度をperipheral quantitative computed tomography (pQCT)、dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) で計測した。DXAでは腰椎の骨密度も測定した。脊椎既存圧迫骨折の有無を単純X線像にて評価し、多重ロジスティック回帰分析にて各パラメーターのオッズ比を算出した。

## 結 果

摘出大腿骨頭の計測・解析：高速波の音速はMicro-CTの3次元再構築像から算出した骨量、骨梁長、骨梁幅、骨梁数と有意な正の相関を認め、TBPf、SMI、骨梁の傾きと有意な負の相関を認めた。低速波の減衰量は骨量、骨梁長、骨梁幅、骨梁数と有意な負の相関を認め、またTBPf、SMIとも有意な正の相関を認めた。海綿骨骨密度は骨量と強い正の相関を認めた。海綿骨弾性定数は骨量、骨梁長、骨梁幅、骨梁数と有意な正の相関を認め、TBPf、SMI、骨梁の傾きと有意な負の相関を認めた。

橈骨遠位部骨密度測定：LD-100で測定した橈骨遠位部の海綿骨骨密度はpQCT ( $r=0.834$ )、DXA ( $r=0.790$ )で測定した骨密度と高い相関を認め、DXAで測定した腰椎骨密度とは中等度の相関 ( $r=0.592$ ) を認めた。脊椎既存骨折は19名に認め、ROC解析による曲線下面積はpQCTが0.924、LD-100海綿骨骨密度が0.852、LD-100海綿骨弾性定数が0.842、DXA橈骨骨密度が0.838、DXA腰椎骨密度が0.815であった。椎体骨折発生のオッズ比（1標準偏差上昇）はLD-100海綿骨骨密度が0.226、LD-100海綿骨弾性定数が0.171、pQCTが0.119であった。

## 考 察

摘出大腿骨頭の計測・解析：新しい超音波骨密度計より得られたパラメーターとMicro-CTより得られた海綿骨構造パラメーターは良く相関していた。中でも、高速波の音速および海綿骨弾性定数は海綿骨梁の傾きと相関することが明らかになった。海綿骨梁の傾きは骨量との相関が低い骨構造パラメーターであり、海綿骨梁の傾きと相関する超音波パラメーターはこれまで報告されていない。したがって、LD-100で測定可能になった高速波の音速および海綿骨弾性定数によって海綿骨の構造および物理特性を旧来の超音波骨密度法よりも詳細に評価できると考えられた。

橈骨遠位部骨密度測定：LD-100で測定した橈骨遠位部の海綿骨骨密度はpQCT、DXAの測定値と高い相関を認め、新しい超音波骨密度計測法は脊椎骨折の診断と予知においてもX線骨密度計測法に匹敵する精度を有していると考えられた。

## 結 論

高速波と低速波の2波を検出する新しい超音波骨密度計測法は、海綿骨の骨密度および3次元構造を詳細に評価することが可能である。