踵骨幅や BMI が踵骨音速に及ぼす影響

Effect of the Calcaneus Width and BMI on the Speed of Sound through Calcaneus

正 ○水口 義久 (山梨大工)
正 中村 正信 (山梨大工)

長田 雄一 (キトー)

Yoshihisa MINAKUCHI, University of Yamanashi, 4-3-11 Takeda, Kofu-shi, Yamanashi
Yuichi OSADA, Kito Corporation
Masanobu NAKAMURA, University of Yamanashi

Key Words : Biomechanics, Speed of Sound, Calcaneus, BMI, Osteoporosis

1. 緒言

近年, 高齢者人口の増加に伴い, 骨粗鬆症による骨折が大きな社会問題となっている. 骨粗鬆症を早期に診断する方法の一つとして, 被曝のない超音波を用いた踵骨音速を用いる方法があるが, まだ測定精度に問題がある. 著者らは, これまでに踵表面温度が 1℃上昇すると踵骨音速が 2.48m/s 減少することを考慮し⁽¹⁾, またエコー波形の正しい位置補正を行い踵骨音速の測定精度の向上を行ってきた.

本研究では, さらに踵骨幅や BMI (=体重/身長²) が踵骨音速にどの程度影響を及ぼすかを調べた.

2. 実験方法

図 1 は本測定に用いた簡易的骨粗鬆症診断装置である.

この装置はデジタルノギスの距離測定部にディレイ材付きの超音波探触子 (周波数 2MHz, 振動子径 19 mm) が取り付けられており, ディレイ材部に踵表面温度を測定するための熱電対が設置されている.

Fig.1 Simple osteoporosis diagnosis apparatus.

まず, 踵の両側の軟部組織厚さを正確に測定するため, 超音波探触子を踵につけない状態でディレイ材端面までの伝搬時間 Z_1 を測定した. 次に, 踵を探触子で挟み, 軟部組織と踵骨との境までの伝搬時間 Z_2 を測定し, $Z_2 - Z_1$ の値に軟部組織の音速 $V_M = 1531\text{m/s}$ を掛け算して軟部組織厚さを求めた. また, 踵幅や被験者の身長と体重を測定し, 踵骨幅率 (=踵骨幅/踵幅) と BMI との関係性を求めた. その結果, 踵骨幅率 $= -0.84 \times \text{BMI} + 81.1$ であった.

次に, BMI が踵骨音速に及ぼす影響を調べるため, 図 2 に示すように, 超音波が踵中を透過するエコーのみを用いて, BMI から踵骨幅を算出し, 踵骨音速を算出した. さらに, 踵表面温度を考慮した場合としない場合についても調べた.

具体的には, デジタルノギスで踵幅 L_T , 熱電対で温度 T を測定した. また, 踵中の音速 V_T は, 仮音速 $V_T' = 1550\text{m/s}$ で CRT 上で踵幅 L_T' を計測し, 式 (1) より求めた.

$$V_T = V_T' \times \frac{L_T'}{L_T} \dots \dots \dots (1)$$

温度係数が $-2.48(\text{m/s})/^\circ\text{C}$ であるので, 基準温度 (30°C) での温度補正された踵全体音速 V_T'' は, 式 (2) より求めた.

$$V_T'' = V_T + (30 - T) \times (-2.48) \dots \dots \dots (2)$$

Fig.2 Schematic diagram for measuring SOS through calcaneus.

踵骨幅 L_B は, 踵全体幅 L_T の 64% とみなした場合は式 (3) より, BMI から踵幅を算出した場合は式 (4) より求めた.

$$L_B = L_T \times \frac{64}{100} \dots \dots \dots (3)$$

$$L_B = L_T \times \frac{-0.84 \times \text{BMI} + 81.1}{100} \dots \dots \dots (4)$$

温度補正後の踵骨音速 V_B' は式 (5) より求めた.

$$\frac{L_T}{V_T''} = \frac{L_T - L_B}{V_M} + \frac{L_B}{V_B'} \dots \dots \dots (5)$$

なお, 温度補正前の踵骨音速 V_B は, 式 (2) の過程を省き, 式 (5) において V_T'' を V_T に, V_B' を V_B に置き換えて求めた.

3. 実験結果及び考察

図 3 は, 15 名の被験者に対する踵骨幅率と BMI との関係性を示す. 相関係数が $r = -0.81$ と高い相関が得られた. 踵骨幅率は平均が 62.3% であったが, 人により異なっていることより, 踵骨音速への影響があることがわかった.

Fig.3 Relationship between BMI and calcaneus rate.

表 1 は, 踵表面温度や BMI の補正をした場合としない場合での踵骨音速の値を示す. 踵表面温度を考慮した場合, BMI を考慮した場合はしない場合 (踵骨幅率が 64%) より踵骨音速が 1.5m/s 小さくなった. 中でも被験者 L は踵骨音速が 7m/s も小さくなっており, 踵骨音速は BMI を考慮して求める必要が認められた. また, 踵表面温度も踵骨音速に大きな影響を及ぼすこともわかった.

Table 1 Relationship between SOS of Calcaneus and temperature or BMI.

Subject	BMI	Heel temp. [°C]	Osteoporosis diagnosis apparatus			
			SOS of calcaneus [m/s]			
			No BMI		BMI	
			No temp.	Temp.	No temp.	Temp.
A	19.3	28.2	1548	1541	1547	1540
B	20.8	29.3	1443	1441	1443	1440
C	20.6	29.6	1445	1444	1445	1442
D	23.2	31.0	1411	1415	1407	1411
E	22.2	31.7	1597	1604	1599	1606
F	21.3	27.6	1481	1472	1481	1472
G	19.7	30.3	1496	1497	1496	1497
H	18.2	28.7	1493	1488	1494	1489
I	21.3	31.3	1437	1442	1436	1441
J	24.3	30.9	1548	1551	1549	1552
K	27.7	31.1	1496	1500	1492	1497
L	34.9	32.3	1458	1466	1441	1453
M	20.3	32.1	1466	1474	1466	1474
N	22.3	30.6	1464	1466	1462	1465
O	20.9	30.2	1433	1433	1432	1433
平均	22.5	30.3	1481.0	1482.3	1479.4	1480.8

参考文献

- (1) 永井宏一・水口義久, 踵の温度が踵骨音速に及ぼす影響, 機構論, No. 06-46, (2006), pp. 137-138.