

3次元核磁気共鳴画像法を用いたヒト背部体表-胸膜間距離の計測 —body-mass index (BMI) による検討—

河北剛^{*1)}, 新原寿志²⁾, 上林紗也果¹⁾, 長岡里美¹⁾,
村瀬智一³⁾, 梅田雅宏³⁾, 角谷英治²⁾

¹⁾ 明治国際医療大学大学院鍼灸学研究所, ²⁾ 明治国際医療大学鍼灸学部基礎鍼灸学講座,

³⁾ 明治国際医療大学医学教育研究センター医療情報学ユニット

要旨 【目的】 気胸防止のための安全刺鍼深度の基礎データを得ることを目的に, 3次元核磁気共鳴画像法 (3D-MRI) を用いて背部の体表-胸膜間距離 (危険刺鍼深度) を計測するとともに, 体表-胸膜間距離と body-mass index (BMI) との相関について検討した。
【対象と方法】 対象は健康青年男性 35 名 (18~28 歳, 23±3 歳) とし, 3D-MRI により背部 104 点の体表-胸膜間距離を計測し BMI 別 (18.5 未満, 18.5 以上 21.8 未満, 21.8 以上 25.0 未満, 25.0 以上) にこれらを集計した. 3D-MRI のシーケンスには, 3D-GRE (Volumetric Interpolated Breath-hold Examination: VIBE) を用いた. 得られたデータ (平均値, 最小値, 最小値/平均値比) は背部に見立てた表に配置し, 距離に応じて色付けを行った. また, 体表-胸膜間距離と BMI について線形回帰分析を行った。
【結果】 計測した 104 点全てにおいて, 体表-胸膜間距離と BMI に有意な相関が認められた ($R^2=0.348\sim0.817$, F 値 (1, 33)=17.6~146.9, 各々 $P<0.0001$). 全被験者および BMI 別の体表-胸膜間距離の最小値は各平均値の 38.3~95.1% の範囲にあった。
【結論】 安全刺鍼深度は, 危険刺鍼深度の平均値ではなく BMI 別に最小値から算出すべきであると考えられた. 今後は, BMI に加え, 性別, 年齢等についてさらに検討する必要がある。

Key words 鍼 Acupuncture, 気胸 Pneumothorax, 体表-胸膜間距離 Distance between body surface and pleura, 3次元核磁気共鳴画像法 Three-dimensional nuclear magnetic resonance imaging (3D-MRI)

Received October 28, 2016; Accepted January 11, 2017

1. はじめに

近年, 鍼灸療法 (以下, 鍼灸) は世界の多くの国々で実践されており, 補完代替医療あるいは統合医療の一翼を担うものとして期待されている. 広く国民に鍼灸を提供するためには, その安全性が担保されていないといけない。

2000 年代に行われた海外の大規模調査¹⁻³⁾ では, 鍼灸による重大な有害事象の発生率は極めて低かったことから, その安全性は高いと考えられている。

一方, 文献調査では, レアケースながら死亡例を含む重大な有害事象 (気胸, 心タンポナーデ, 脊髄の硬膜外血腫, 等) の報告^{4,5)} があり, なかでも鍼による気胸は比較的多くかつ不定期ながら報告されている。

気胸は, 何らかの原因により肺 (肺胞) から空気が漏れ胸腔内に溜まった状態をいう. 鍼による気胸を防止するためには, 刺鍼深度つまり鍼尖を肺に届かせない適切な刺鍼技術の習得が必要である. そのためには卒前・卒後教育の充実が重要であり, また, これを達成するための良質な資料や教材が必要である。

鍼に起因した気胸防止に関連する論文⁶⁻¹⁸⁾ や書籍¹⁹⁻²³⁾ は国内外で発表されており, 危険刺鍼深度

* 連絡先: 〒629-0392 京都府南丹市日吉町保野田ヒノ谷 6-1
明治国際医療大学大学院
E-mail: oriens357@yahoo.co.jp

あるいは安全刺鍼深度について言及している。しかしながら、これらのデータは、被験者（年齢、性別、体格等）や計測法が一定でなく、集計された数値の解釈には慎重を要する。性別はもちろんのこと、年齢や体格は危険刺鍼深度を決定する大きな要素であると考えられるが、これらを検討した報告は必ずしも多くはない。また、特定の腧穴（ツボ）に限定して解析されている報告や少数例による検討も少なくなく、教育や臨床で応用する教材として必ずしも十分とは言えない。

今回我々は、安全刺鍼深度策定のための基礎データを得ることを目的に、3次元核磁気共鳴画像法（Three-dimensional nuclear magnetic resonance imaging: 3DMRI）を用いて背部領域の体表から胸膜までの最短距離（体表-胸膜間距離）を計測した。また、上記に述べた年齢、性別、体格の問題を念頭に、対象は健康青年男性に限定して測定を行うとともに、体表-胸膜間距離と体格（body-mass index: BMI）との相関を求め、体表-胸膜間距離をBMI別に集計することの意義について検討した。また、体表-胸膜間距離の統計値（平均値、最小値、最小値/平均値比）を算出し、過去の安全刺鍼深度の算出方法（体表-胸膜間距離の平均値の70~80%）の妥当性を検討した。

II. 方法

1. 対象

対象は、健康青年男性35名（18~28歳、 23 ± 3 歳）とした。なお、本研究は、明治国際医療大学ヒト研究審査委員会の承認を得た後に実施した（承認番号27-11-1）。被験者には、事前に本研究の主旨と測定における注意事項ならびに任意で実験を中止することができる旨を口頭と文章で説明し、同意を得た後に測定を実施した。

2. 撮像法

3D-MRI（3次元T1強調画像）には、明治国際医療大学附属病院MRセンター所有のMRI装置（3テスラ、MAGNETOM Trio, A Tim System, SIEMENS社）と附属のシーケンスである3D-GRE（Volumetric Interpolated Breath-hold Examination: VIBE）を用いた。測定条件は、TR=3.71ms, TE=1.35ms, Flip Angle=9°, 画像解像度=320×182, 撮像範囲=380×308mm, 厚さ=3.0mm, 96スライス, 撮像時間=19秒とした。

被験者は腹臥位でかつ上肢内転位とし、撮像中は体動を極力抑え、さらには息止め（約30秒間）す

ることを要請した。なお、全ての撮像は17時30分から21時00分の間に行った。

3. 体表-胸膜間距離の計測

3D-MRIの解析には、画像解析ソフトDICOM viewer OsiriX Lite (ver. 7.0)を用いた。第1胸椎から第1腰椎の各棘突起下の高さ①膀胱経のいわゆる一行線（後正中線から肩甲骨内側端までの距離を4等分したうちの中間線、以下1.0行線と称す）との交点、②二行線（後正中線に並行な肩甲骨内側端の接線、以下2.0行線と称す）との交点、③後正中線と一行線の間中線（以下0.5行線と称す）との交点、④一行線と二行線の間中線（以下1.5行線と称す）との交点（腧穴を含む左右合計104点）における体表-胸膜間の最短距離をOsiriX上で計測した。なお、後正中線の高位は、椎骨の棘突起下を基準とし、例えば、Th1は第1胸椎棘突起下の高さを、L1は第1腰椎棘突起下を表すこととした。

4. 統計解析

体表-胸膜間と体表-筋間距離のデータは、被験者のBMIにより低体重（18.5未満）、普通体重（18.5以上25未満）および肥満（25.0以上）に分け、普通体重は、さらに普通体重_低（18.5以上21.8未満）と普通体重_高（21.8以上25.0未満）に分けて集計した。

統計解析には、統計解析ソフト（GraphPad Prism 5 for Win, GraphPad Software, CA, USA）を用いた。体表胸膜間距離の測定ポイント104点とBMIとの相関について線形回帰分析（linear regression analysis）を行った。有意水準は5%とした。

データ表記は平均値±標準偏差（mm）と最小値（mm）および最小値を平均値で除した値（%）とした。

III. 結果

1. 被験者のプロフィール

被験者35名の年齢は 23 ± 3 歳、体重は 65.8 ± 15.7 kg、身長は 170.8 ± 4.6 cm、BMIは 22.5 ± 4.6 であった（表1）。被験者をBMI別に分類したところ、低体重は7名、普通体重は23名（普通体重_低:11名、普通体重_高:12名）、肥満は5名であった。肥満のうち肥満1度（25.0以上30.0未満）は1名、肥満2度（30.0以上35.0未満）は3名、肥満3度（35.0以上40.0未満）は1名であった。

表1 被験者プロフィール

体格	人数	年齢 歳	体重 kg	身長 cm	BMI (最小値/最大値)
低体重	7	22±3	52.1±3.5	171.1±4.1	17.8±0.7 (16.3/18.4)
普通体重_低	11	23±2	58.1±3.9	169.2±3.1	20.3±1.1 (18.6/21.7)
普通体重_高	12	24±2	68.6±3.9	171.0±4.8	23.4±0.9 (21.9/24.9)
肥満	5	21±1	95.3±18.2	173.2±7.1	31.5±3.7 (26.1/35.7)
全被験者	35	23±3	65.8±15.7	170.8±4.6	22.5±4.6 (16.3/35.7)

低体重 (BMI 18.5 未満), 普通体重_低 (18.5 以上 21.8 未満), 普通体重_高 (21.8 以上 25.0 未満), 肥満 (25.0 以上) とする。データは平均±標準偏差で表す。

2. 体表-胸膜間距離測定

全被験者の背部各点における体表-胸膜間距離 (平均±標準偏差) を表2の上段に示す。左側では1.5行線のTh5からTh10にかけて, また, 2.0行線ではTh5からTh12にかけて, 一方, 右側では, 1.5行線のTh4からTh9にかけて, 2.0行線ではTh4からL1にかけて, 体表-胸膜間距離が30mmを切る点 (30mm未満) が認められた。また, 左右共に1.5行線よりも2.0行線の方が低い値を示した。最小値は, 左側では2.0行線のTh9で $22.9\pm 6.6\text{mm}$, 一方, 右側では2.0行線のTh8の高さで $23.8\pm 6.1\text{mm}$ であった。

上記被験者をBMI別に分類した体表-胸膜間距離 (平均±標準偏差) を表3~6の上段に示す。BMIが小さくなるほど, 体表-胸膜間距離は短くなる傾向を示し, 低体重および普通体重_低においては, 左側では, 2.0行線および1.5行線に加え, 1.0行線に30mm未満の点が観察された。また, 低体重の左側では2.0行線のTh9からTh12にかけて20mm未満の点が広く認められた。普通体重_低においても, 左側の2.0行線のTh8からTh9にかけて20mm未満の点が観察された。

全被験者およびBMI別の体表-胸膜間距離の最小値を各々表2~6の中段に示す。低体重において, 一部の点を除き, 1.0行線と1.5行線および2.0行線ともにTh1からL1にかけて30mm未満の点が広く観察された。同様に, 0.5行線においてもTh2からTh7にかけて観察された。また, 20mm未満は, 2.0行線のみならず1.0行線のTh10 (左側) あるいはTh5 (右側) からL1の領域で観察された。2.0行線のTh11からL1の領域にかけては左右共に13mm未満の低い値が観察された。

普通体重_低において, 0.5行線において30mm未満の点はTh5からTh6の領域に限定されるものの, 低体重と同様に30mm未満の点が1.0行線と1.5行線および2.0行線に広く観察された。一方, 20mm未満は, 低体重と同様に2.0行線のTh5からL1の領域に観察されるものの, 1.5行線ではTh6から

Th10の領域と低体重よりも狭くなった。最小値は, 2.0行線のTh10とTh11の領域に観察された (左側13.2mm, 右側14.6mm)。

普通体重_高において, 30mm未満は, 1.0行線, 1.0行線と1.5行線および2.0行線ともにTh3からL1の領域に観察され, 0.5行線では観察されなかった。20mm未満は, 2.0行線のTh7からTh12の領域と一部1.5行線のTh6で観察された。最小値は2.0行線のTh11からL1にかけて認められた (左側12.5mm, 右側12.9mm)。

肥満において, 30mm未満の点は, 2.0行線ではTh3からTh11, 1.5行線ではTh3からTh9, 1.0行線では左側のみTh5からTh7にかけて観察された。最小値は2.0行線のTh5からTh7で観察され (左側22.3mm, 右側23.3mm), 他の体格と比較して高位に位置した。

全被験者およびBMI別の体表-胸膜間距離の最小値/平均値比を各々表2~6の下段に示す。全被験者では, 80.0%未満の領域 (濃い灰色部) が背部に広く観察された。さらに, 70.0%未満の領域 (濃い灰色部) では, 左右共通して1.5~2.0行線でTh10~L1の高さに見られた。低体重では, 80.0%未満は右側の1.5~2.0行線でTh5~12の高さで, 70.0%未満は左右共通して1.5~2.0行線でL1の高さに限局して観察された。普通体重_低では, 80.0%未満が広く散見され, 70.0%未満は左右共に2.0行線でTh12とL1に認められ, 普通体重_高では, 80.0%未満70.0%未満共に背部で散見された。一方, 肥満では80.0%未満は広く認められるものの70.0%未満は2.0行線のTh3~5を中心に観察された。

3. 体表-胸膜間距離とBMIとの相関

体表-胸膜間距離を計測した104点全てとBMIとの相関を線形回帰分析したところ, 全ての点において有意な正の相関が認められた (F値 (1, 33) = 17.6~146.9, 各々 $P < 0.0001$)。なお, 決定係数 (R^2) の最小値は0.348で最大値は0.817であった。

例として, 左右の魂門穴 (2.0行線でTh9の高さ)

表2 青年男性背部の体表-胸膜間距離—全被験者 BMI 16.3~35.7— (N=35)

平均±標準偏差 mm									
左側				後正中線	右側				
2.0行線	1.5行線	1.0行線	0.5行線	脊椎	0.5行線	1.0行線	1.5行線	2.0行線	
41.9(7.1)	39.4(6.3)	39.8(7.0)	44.6(7.0)	Th1	43.7(7.9)	38.7(7.8)	38.3(7.6)	40.0(8.2)	
38.4(6.3)	36.4(5.6)	37.0(6.3)	41.8(6.8)	Th2	40.4(7.0)	35.1(6.7)	34.4(6.2)	36.1(6.7)	
34.7(5.8)	33.4(5.4)	34.3(5.2)	39.6(6.1)	Th3	38.5(5.8)	32.9(5.7)	31.4(5.5)	32.7(6.4)	
32.0(6.1)	30.2(4.9)	33.0(5.0)	38.1(5.5)	Th4	37.6(5.5)	31.6(5.2)	28.9(5.3)	29.1(5.4)	
29.6(6.2)	28.3(5.4)	31.6(5.3)	37.2(6.0)	Th5	36.1(5.1)	30.8(5.2)	26.5(5.0)	26.7(5.9)	
26.7(6.4)	27.0(5.8)	31.8(6.3)	37.7(6.2)	Th6	36.1(5.0)	31.2(5.7)	26.4(5.6)	25.3(6.0)	
24.2(6.5)	27.7(7.1)	32.0(6.4)	38.7(7.1)	Th7	37.7(7.0)	32.5(7.6)	27.7(8.5)	25.9(8.9)	
23.0(6.2)	27.6(6.7)	34.9(7.3)	40.7(6.8)	Th8	40.3(6.4)	33.4(5.8)	28.2(6.9)	23.8(6.1)	
22.9(6.6)	28.0(6.7)	35.3(6.8)	42.5(7.2)	Th9	42.0(7.0)	35.5(6.8)	28.8(7.0)	24.2(6.6)	
23.3(6.1)	28.8(6.7)	36.8(6.2)	43.2(7.0)	Th10	43.7(7.0)	37.1(7.0)	30.2(7.1)	24.5(6.5)	
25.0(8.2)	30.5(7.0)	38.6(8.1)	44.8(7.4)	Th11	45.4(8.4)	39.2(8.4)	31.9(8.3)	24.8(7.8)	
26.2(8.1)	33.6(9.3)	38.6(7.9)	45.7(7.3)	Th12	44.8(8.4)	39.4(7.4)	32.5(7.4)	25.6(7.2)	
30.0(11.9)	34.6(11.3)	42.7(11.9)	50.5(10.3)	L1	50.3(8.3)	43.2(9.0)	36.8(11.0)	29.9(12.0)	
最小値 mm									
2.0行線	1.5行線	1.0行線	0.5行線	脊椎	0.5行線	1.0行線	1.5行線	2.0行線	
34.5	30.2	28.2	31.7	Th1	30.0	23.5	25.2	27.6	
33.0	31.3	26.7	29.1	Th2	28.0	25.1	24.6	26.2	
29.8	26.9	25.2	29.1	Th3	28.3	23.6	22.9	23.6	
25.7	25.2	26.2	27.3	Th4	26.4	23.2	21.9	22.9	
25.0	21.6	22.9	28.1	Th5	27.6	22.7	19.5	17.6	
20.3	21.1	22.4	30.1	Th6	28.0	23.0	17.1	15.6	
18.3	20.5	23.3	29.7	Th7	26.9	23.2	17.2	16.5	
18.5	21.1	25.2	34.0	Th8	32.0	24.5	18.6	15.0	
16.1	21.3	27.4	35.2	Th9	33.5	25.4	19.6	14.0	
15.5	19.9	27.5	34.9	Th10	33.7	25.8	19.6	15.1	
14.1	20.9	27.7	35.8	Th11	33.7	25.7	19.0	12.9	
12.5	19.0	27.6	35.6	Th12	35.8	28.5	20.1	15.4	
12.7	13.8	26.2	33.1	L1	37.4	32.0	14.1	13.0	
最小値/平均値比									
2.0行線	1.5行線	1.0行線	0.5行線	脊椎	0.5行線	1.0行線	1.5行線	2.0行線	
82.4%	76.6%	70.8%	71.2%	Th1	68.6%	60.7%	65.9%	68.9%	
86.0%	85.9%	72.2%	69.5%	Th2	69.3%	71.5%	71.6%	72.5%	
86.0%	80.6%	73.4%	73.4%	Th3	73.5%	71.8%	72.8%	72.2%	
80.3%	83.5%	79.3%	71.7%	Th4	70.3%	73.5%	75.7%	78.6%	
84.6%	76.4%	72.5%	75.5%	Th5	76.5%	73.6%	73.6%	65.8%	
76.0%	78.0%	70.4%	79.9%	Th6	77.6%	73.6%	64.9%	61.5%	
75.7%	73.9%	72.8%	76.8%	Th7	71.3%	71.3%	62.1%	63.8%	
80.3%	76.6%	72.1%	83.6%	Th8	79.4%	73.3%	65.9%	63.0%	
70.4%	76.1%	77.7%	82.8%	Th9	79.7%	71.6%	68.1%	57.9%	
66.6%	69.0%	74.7%	80.8%	Th10	77.2%	69.5%	65.0%	61.6%	
56.3%	68.6%	71.7%	80.0%	Th11	74.2%	65.6%	59.6%	52.0%	
47.6%	56.6%	71.5%	77.9%	Th12	79.9%	72.3%	61.8%	60.1%	
42.3%	39.8%	61.4%	65.5%	L1	74.4%	74.1%	38.3%	43.4%	

表の上段は体表-胸膜間距離の平均値を表す。括弧内は標準偏差を表す。中段は、体表-胸膜間距離の最小値を表す。下段は最小値を平均値で除した値(%)を表す。

Th1~12およびL1は胸椎突起下と腰椎棘突起下の高さを各々示す。各行は後正中線から肩甲骨内側縁までを4等分する線。赤色は20mm未満、桃色は30mm未満、黄色は40mm未満、緑色は50.0mm未満、水色は60.0mm未満を示す。なお、最小値/平均値比は80.0%未満を灰色(淡)で70.0%未満を灰色(濃)で示した。

表3 青年男性背部の体表-胸膜間距離-低体重 (BMI 18.5 未満)- (N=7)

平均±標準偏差 mm									
左側				後正中線	右側				
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
39.0(4.0)	35.7(5.0)	35.1(5.9)	38.5(5.2)	Th1	36.5(5.0)	32.0(5.8)	32.2(5.6)	33.4(4.9)	
35.9(2.3)	33.4(2.1)	31.8(3.9)	35.7(4.4)	Th2	34.9(5.5)	29.9(5.1)	29.8(5.0)	30.7(4.0)	
32.4(1.9)	30.9(2.9)	30.9(4.0)	34.3(3.1)	Th3	33.5(3.6)	28.5(4.7)	27.8(4.7)	28.2(3.5)	
29.4(2.3)	29.1(4.1)	30.7(4.1)	33.8(3.9)	Th4	33.1(4.0)	28.3(4.1)	27.7(4.5)	28.4(3.8)	
28.0(2.2)	26.8(3.0)	28.4(3.8)	33.1(3.8)	Th5	32.5(3.6)	26.5(3.6)	23.4(3.2)	23.0(3.4)	
24.8(2.9)	24.0(2.8)	27.4(3.6)	33.8(3.0)	Th6	31.5(3.3)	26.7(3.8)	21.5(3.7)	21.0(4.1)	
22.2(2.9)	24.9(5.4)	27.7(3.1)	34.1(3.3)	Th7	32.3(3.9)	27.3(3.9)	22.3(5.1)	20.9(5.6)	
20.2(1.8)	24.7(3.6)	29.3(4.0)	35.9(2.2)	Th8	35.2(2.9)	28.8(2.9)	24.2(5.4)	19.6(4.1)	
18.9(2.0)	23.7(1.9)	30.0(3.0)	37.4(1.9)	Th9	36.3(2.2)	30.0(3.1)	23.4(2.9)	19.3(3.1)	
18.2(2.3)	24.1(2.5)	32.1(3.7)	37.0(1.7)	Th10	36.7(2.4)	30.8(3.6)	24.2(3.9)	19.0(3.3)	
17.8(2.8)	23.9(2.9)	31.0(2.7)	37.6(2.2)	Th11	37.9(3.0)	31.6(4.0)	24.7(4.5)	18.1(3.5)	
19.4(4.5)	28.0(7.3)	33.0(3.6)	39.7(3.7)	Th12	40.3(3.4)	34.5(4.1)	25.6(4.6)	19.9(4.0)	
20.8(6.1)	26.0(6.8)	33.3(6.0)	42.6(6.3)	L1	42.5(4.6)	36.3(5.4)	26.1(6.8)	20.3(4.8)	
最小値 mm									
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
34.5	30.2	28.2	31.7	Th1	30.0	23.5	25.2	27.6	
33.0	31.3	26.7	29.1	Th2	28.0	25.1	24.6	26.2	
29.8	26.9	25.2	29.1	Th3	28.3	23.6	22.9	23.6	
25.7	25.2	26.2	27.3	Th4	26.4	23.2	21.9	22.9	
25.0	21.6	22.9	28.1	Th5	27.6	22.7	19.5	17.6	
20.3	21.1	22.4	30.1	Th6	28.0	23.0	17.1	15.6	
18.3	20.5	23.3	29.7	Th7	26.9	23.2	17.2	16.5	
18.5	21.1	25.2	34.0	Th8	32.0	24.5	18.6	15.0	
16.1	21.3	27.4	35.2	Th9	33.5	25.4	19.6	14.0	
15.5	19.9	27.5	34.9	Th10	33.7	25.8	19.6	15.1	
14.1	20.9	27.7	35.8	Th11	33.7	25.7	19.0	12.9	
12.5	19.0	27.6	35.6	Th12	35.8	28.5	20.1	15.4	
12.7	13.8	26.2	33.1	L1	37.4	32.0	14.1	13.0	
最小値/平均値比									
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
88.4%	84.6%	80.2%	82.4%	Th1	82.2%	73.5%	78.2%	82.6%	
92.0%	93.8%	83.8%	81.4%	Th2	80.2%	83.8%	82.6%	85.5%	
91.9%	87.0%	81.7%	84.8%	Th3	84.4%	82.8%	82.4%	83.6%	
87.5%	86.5%	85.5%	80.7%	Th4	79.8%	81.9%	79.0%	80.8%	
89.3%	80.6%	80.7%	84.9%	Th5	85.0%	85.7%	83.4%	76.6%	
81.8%	87.8%	81.9%	89.1%	Th6	88.8%	86.2%	79.5%	74.1%	
82.5%	82.2%	84.0%	87.0%	Th7	83.2%	85.0%	77.1%	79.1%	
91.5%	85.6%	86.1%	94.6%	Th8	90.8%	85.2%	76.8%	76.5%	
85.1%	89.9%	91.3%	94.0%	Th9	92.3%	84.6%	83.6%	72.5%	
85.2%	82.7%	85.6%	94.3%	Th10	91.9%	83.9%	80.9%	79.6%	
79.2%	87.5%	89.3%	95.1%	Th11	88.9%	81.4%	76.9%	71.3%	
64.6%	67.9%	83.6%	89.8%	Th12	88.8%	82.6%	78.6%	77.2%	
61.2%	53.1%	78.6%	77.8%	L1	88.1%	88.2%	54.1%	63.9%	

表の上段は体表-胸膜間距離の平均値を表す。括弧内は標準偏差を表す。中段は、体表-胸膜間距離の最小値を表す。下段は最小値を平均値で除した値 (%) を表す。

Th1~12 および L1 は胸椎突起下と腰椎棘突起下の高さを各々示す。各行は後正中線から肩甲骨内側縁までを4等分する線。赤色は20mm未満、桃色は30mm未満、黄色は40mm未満、緑色は50.0mm未満、水色は60.0mm未満を示す。なお、最小値/平均値比は80.0%未満を灰色(淡)で70.0%未満を灰色(濃)で示した。

表4 青年男性背部の体表-胸膜間距離-普通体重_低 (BMI 18.5 以上 21.8 未満)- (N=11)

平均±標準偏差 mm									
左側				後正中線	右側				
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
37.1(2.8)	35.7(2.9)	34.9(3.4)	40.5(3.8)	Th1	39.5(3.7)	33.9(3.2)	33.8(3.5)	36.0(3.8)	
34.3(3.1)	33.2(3.3)	33.9(3.3)	38.8(3.8)	Th2	36.6(2.6)	31.6(3.3)	31.6(3.5)	33.0(3.3)	
30.9(2.7)	30.6(3.2)	31.8(2.8)	37.3(3.9)	Th3	35.9(2.1)	30.1(2.1)	28.7(2.9)	29.4(3.4)	
28.9(3.9)	27.8(3.0)	30.3(2.8)	36.1(3.4)	Th4	35.4(2.0)	28.7(2.0)	25.5(2.9)	25.7(3.0)	
25.6(4.7)	24.8(3.1)	28.9(2.8)	33.9(3.7)	Th5	33.3(3.7)	28.7(2.9)	23.9(2.3)	24.6(4.8)	
22.4(4.1)	23.7(2.4)	28.9(3.1)	34.2(3.6)	Th6	33.8(3)	28.3(2.6)	23.1(1.8)	22.0(4.0)	
21.1(4.9)	24.8(4.6)	28.9(2.6)	35.3(2.6)	Th7	34.8(2.7)	28.9(2.6)	23.9(3.5)	23.9(10.1)	
19.5(2.5)	24.3(3.4)	31.9(2.9)	37.4(2.3)	Th8	37.4(2.3)	30.3(2.6)	24.4(2.5)	20.8(2.5)	
19.5(2.6)	25.3(2.9)	32.6(2.9)	39.4(3.2)	Th9	39.1(2.4)	32.5(2.9)	25.7(3.6)	20.9(2.6)	
21.0(3.8)	26.4(4.3)	34.0(3.6)	40.0(2.9)	Th10	40.9(2.6)	34.9(3.3)	28.4(4.6)	23.0(5.1)	
23.2(4.9)	28.2(3.9)	36.2(4.4)	41.9(3.9)	Th11	42.9(3.0)	36.2(3.7)	28.5(3.4)	21.6(3.4)	
24.5(7.5)	29.5(4.7)	34.5(5.6)	42.2(2.7)	Th12	39.9(7.0)	34.6(4.1)	29.8(3.8)	21.9(4.4)	
25.9(10)	28.6(4.5)	38.4(4.0)	46.6(4.2)	L1	48.1(4.6)	39.4(4.1)	33.3(8.2)	24.7(9.7)	
最小値 mm									
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
32.4	32.2	27.6	33.0	Th1	33.7	28.7	26.5	28.7	
30.3	28.5	29.9	31.8	Th2	31.9	26.2	26.2	28.2	
27.1	26.8	26.8	30.2	Th3	33.7	26.4	24.1	22.4	
23.6	21.2	26.8	32.2	Th4	32.9	25.9	20.5	20.9	
18.4	20.5	25.2	27.9	Th5	24.9	23.7	21.0	18.2	
17.1	21.0	24.5	24.5	Th6	28.6	24.4	19.8	17.1	
15.5	18.8	24.6	30.4	Th7	29.4	24.6	17.8	16.5	
16.1	20.0	26.0	33.2	Th8	33.7	25.2	20.0	17.0	
15.9	19.8	26.6	34.0	Th9	34.1	28.7	20.5	17.5	
13.2	18.0	28.0	35.4	Th10	37.1	29.2	21.1	16.9	
18.1	21.0	29.6	36.8	Th11	37.9	29.5	21.0	14.6	
16.8	21.1	26.0	38.0	Th12	20.1	26.6	24.3	15.0	
16.7	21.8	31.7	39.0	L1	39.6	34.0	25.2	16.3	
最小値/平均値比									
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
87.2%	90.1%	79.0%	81.4%	Th1	85.2%	84.7%	78.5%	79.8%	
88.5%	85.9%	88.1%	82.0%	Th2	87.1%	82.9%	83.0%	85.4%	
87.6%	87.6%	84.3%	81.0%	Th3	93.8%	87.8%	84.0%	76.1%	
81.7%	76.4%	88.5%	89.2%	Th4	93.0%	90.1%	80.2%	81.4%	
72.0%	82.5%	87.1%	82.3%	Th5	74.8%	82.5%	88.0%	74.1%	
76.5%	88.7%	84.7%	71.7%	Th6	84.5%	86.2%	85.9%	77.9%	
73.5%	75.8%	85.2%	86.1%	Th7	84.5%	85.1%	74.6%	69.0%	
82.6%	82.3%	81.4%	88.8%	Th8	90.1%	83.1%	82.0%	81.8%	
81.6%	78.2%	81.5%	86.3%	Th9	87.2%	88.2%	79.8%	83.6%	
62.8%	68.1%	82.3%	88.4%	Th10	90.8%	83.7%	74.4%	73.4%	
78.0%	74.5%	81.8%	87.8%	Th11	88.4%	81.4%	73.8%	67.7%	
68.6%	71.5%	75.4%	90.1%	Th12	50.3%	76.8%	81.6%	68.6%	
64.5%	76.1%	82.6%	83.6%	L1	82.3%	86.2%	75.7%	65.9%	

表の上段は体表-胸膜間距離の平均値を表す。括弧内は標準偏差を表す。中段は、体表-胸膜間距離の最小値を表す。下段は最小値を平均値で除した値 (%) を表す。

Th1~12 および L1 は胸椎突起下と腰椎棘突起下の高さを各々示す。各行は後正中線から肩甲骨内側縁までを4等分する線。赤色は20mm未満、桃色は30mm未満、黄色は40mm未満、緑色は50.0mm未満、水色は60.0mm未満を示す。なお、最小値/平均値比は80.0%未満を灰色(淡)で70.0%未満を灰色(濃)で示した。

表5 青年男性背部の体表-胸膜間距離-普通体重_高 (BMI 21.8 以上 25.0 未満) (N=12)

平均±標準偏差 mm									
左側				後正中線	右側				
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
43.6(4.2)	41.1(2.9)	42.6(2.3)	47.2(2.5)	Th1	46.7(3.4)	42.1(2.7)	41.0(2.5)	42.5(3.4)	
39.3(3.3)	37.5(3.3)	38.7(3.8)	43.8(3.6)	Th2	42.1(3.9)	36.7(3.0)	35.8(2.8)	37.8(2.8)	
35.7(3.7)	34.0(3.4)	35.4(2.8)	40.8(3.5)	Th3	39.3(2.6)	34.0(2.5)	33.0(2.9)	34.6(4.1)	
33.1(3.6)	30.6(3.2)	33.7(2.8)	38.4(3.2)	Th4	37.7(2.0)	32.3(3.2)	29.8(4.2)	29.8(4.3)	
30.6(5.0)	28.6(3.6)	32.3(3.1)	38.6(3.3)	Th5	37.3(2.7)	31.6(2.9)	27.2(3.3)	27.6(4.4)	
27.5(3.5)	28.0(3.7)	32.9(3.5)	39.0(3.0)	Th6	37.5(2.9)	32.2(2.3)	27.9(2.2)	27.2(3.3)	
23.4(1.8)	27.7(4.0)	32.8(3.1)	39.6(3.5)	Th7	38.7(2.4)	33.5(2.6)	28.4(3.0)	25.8(3.6)	
22.8(2.4)	27.5(3.0)	36.5(4.4)	41.5(3.4)	Th8	41.1(2.7)	34.6(2.6)	29.1(3.4)	24.4(3.4)	
22.9(3.1)	28.0(3.6)	36.2(3.5)	43.1(3.5)	Th9	43.0(3.6)	36.6(3.7)	29.5(3.9)	24.8(4.0)	
23.5(3.2)	29.0(4.8)	37.9(2.8)	44.7(3.8)	Th10	45.2(3.2)	37.8(3.8)	30.1(4.2)	24.6(3.7)	
26.7(8.6)	31.5(4.5)	39.9(4.1)	46.3(3.3)	Th11	46.1(2.0)	40.1(2.2)	32.7(2.8)	25.8(2.1)	
26.9(5.7)	34.0(3.8)	41.1(3.6)	47.0(4.7)	Th12	46.1(5.0)	41.7(2.8)	33.6(2.6)	27.3(3.4)	
31.9(8.0)	38.1(6.3)	46.5(14.4)	53.4(10.4)	L1	51.1(5.7)	44.4(7.1)	40.3(8.3)	34.0(8.9)	
最小値 mm									
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
33.2	36.9	40.0	42.9	Th1	40.5	36.3	36.3	34.9	
33.9	32.2	32.7	38.1	Th2	35.3	31.3	30.2	32.9	
29.2	27.5	31.3	33.0	Th3	35.2	29.6	26.3	26.7	
27.3	26.0	28.7	31.6	Th4	34.6	26.7	20.3	21.4	
23.3	20.3	24.3	31.2	Th5	33.0	25.4	20.5	20.0	
21.5	19.2	24.5	33.0	Th6	30.9	28.6	24.4	20.5	
20.6	22.5	27.9	33.0	Th7	34.5	28.5	22.9	18.4	
18.5	23.5	28.0	34.0	Th8	36.5	29.3	22.5	15.0	
17.7	23.2	28.0	35.2	Th9	36.1	29.1	21.8	14.0	
15.6	20.9	32.0	37.7	Th10	38.6	29.3	21.2	15.1	
19.5	25.7	32.7	41.2	Th11	43.7	35.5	28.6	22.5	
18.5	25.1	33.2	38.3	Th12	33.5	36.3	30.9	22.9	
22.5	28.7	35.0	34.3	L1	45.0	36.6	30.7	23.9	
最小値/平均値比									
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
76.1%	89.7%	94.0%	90.9%	Th1	86.7%	86.3%	88.5%	82.1%	
86.2%	85.9%	84.5%	87.1%	Th2	83.9%	85.3%	84.3%	87.1%	
81.8%	80.9%	88.3%	80.9%	Th3	89.5%	87.1%	79.8%	77.1%	
82.5%	85.0%	85.2%	82.4%	Th4	91.8%	82.7%	68.2%	71.8%	
76.2%	71.0%	75.3%	80.9%	Th5	88.6%	80.3%	75.4%	72.5%	
78.3%	68.5%	74.5%	84.5%	Th6	82.4%	89.0%	87.3%	75.3%	
88.0%	81.4%	85.0%	83.3%	Th7	89.1%	85.2%	80.5%	71.2%	
81.0%	85.5%	76.8%	82.0%	Th8	88.8%	84.6%	77.4%	61.6%	
77.5%	82.9%	77.3%	81.7%	Th9	83.9%	79.5%	73.8%	56.5%	
66.4%	72.0%	84.5%	84.4%	Th10	85.4%	77.5%	70.4%	61.5%	
73.1%	81.5%	81.9%	88.9%	Th11	94.7%	88.5%	87.4%	87.1%	
68.8%	73.9%	80.7%	81.5%	Th12	72.7%	87.1%	92.1%	83.8%	
70.6%	75.3%	75.3%	64.2%	L1	88.1%	82.5%	76.2%	70.3%	

表の上段は体表-胸膜間距離の平均値を表す。括弧内は標準偏差を表す。中段は、体表-胸膜間距離の最小値を表す。下段は最小値を平均値で除した値 (%) を表す。

Th1~Th12 および L1 は各胸椎突起下と腰椎棘突起下の高さを示す。各行は後正中線から肩甲骨内側縁までを4等分する線。赤色は20mm未満、桃色は30mm未満、黄色は40mm未満、緑色は50.0mm未満、水色は60.0mm未満を示す。なお、最小値/平均値比は80.0%未満を灰色(淡)で70.0%未満を灰色(濃)で示した。

表6 青年男性背部の体表-胸膜間距離-肥満 (BMI 25.0 以上) — (N=5)

平均±標準偏差 mm									
左側				後正中線	右側				
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
52.1(10.9)	48.8(8.5)	50.5(7.2)	55.6(6.8)	Th1	55.8(8.7)	50.7(8.5)	50(8.9)	52.4(11.5)	
48.6(8.9)	45.3(7.5)	46.8(7.1)	52.6(6.5)	Th2	52.3(6.0)	46.4(6.8)	43.5(8.6)	46.8(9.1)	
43.5(9.0)	41.4(8.2)	42.2(6.8)	49.4(6.2)	Th3	49.0(6.2)	42.4(6.1)	38.9(8.0)	41.4(9.0)	
40.1(10.8)	36.1(7.9)	40.8(6.1)	47.6(4.9)	Th4	48.3(4.7)	40.5(5.0)	36.1(5.8)	36.3(7.2)	
38.1(7.7)	37.0(6.3)	40.1(6.3)	47.1(5.7)	Th5	44.5(3.6)	39.7(4.8)	35.0(5.3)	34.7(6.6)	
37.0(8.4)	36.3(7.9)	41.9(8.2)	47.7(8.4)	Th6	44.2(3.0)	41.8(4.6)	36.6(4.1)	34.3(6.0)	
35.5(9.1)	38.3(10.5)	42.9(9.3)	50.3(10.9)	Th7	49.4(10.6)	45.5(11.6)	41.8(13.2)	37.2(11.2)	
35.3(7.2)	38.9(10.2)	45.8(11.2)	52.6(9.8)	Th8	51.8(8.1)	43.9(6.0)	40.2(7.9)	34.9(5.8)	
35.8(7.2)	39.7(9.5)	46.3(10.2)	55(10.6)	Th9	54.1(9.4)	46.8(9.0)	41.1(7.5)	36.8(5.6)	
34.8(4.4)	40.3(6.3)	46.9(8.1)	55.2(8.4)	Th10	55.9(7.7)	49.4(7.4)	42.5(6.6)	35.5(5.8)	
35.1(7.7)	42.3(6.4)	51.5(11.4)	57.1(8.8)	Th11	59.9(12.9)	54(11.1)	47.2(9.4)	39.0(9.3)	
38.2(4.7)	49.4(12.4)	49.2(11.5)	58.8(6.1)	Th12	58.9(6.3)	51.5(8.6)	45.9(7.3)	37.7(6.9)	
47.8(11.1)	51.6(15.1)	56.2(8.6)	63.1(11.2)	L1	64.0(7.2)	58.4(7.3)	51.1(8.4)	45.1(13.2)	
最小値 mm									
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
36.7	35.7	39.2	44.5	Th1	42.3	37.3	36.0	34.5	
37.4	35.6	38.6	43.9	Th2	42.0	35.6	30.3	33.3	
28.7	28.7	31.6	38.5	Th3	38.3	32.2	26.7	27.1	
24.7	27.4	31.3	39.7	Th4	40.0	33.5	28.0	25.1	
26.3	26.9	29.5	37.3	Th5	39.6	31.4	25.7	23.3	
25.0	25.5	28.1	33.7	Th6	40.6	34.6	30.0	24.9	
22.3	24.1	29.0	35.7	Th7	42.6	37.6	28.5	25.3	
25.5	25.1	32.0	41.0	Th8	42.3	36.5	31.2	27.5	
27.7	28.5	34.5	44.1	Th9	43.9	36.1	32.4	30.2	
29.0	31.7	36.0	46.2	Th10	45.5	38.7	33.9	27.3	
27.4	37.5	39.7	48.3	Th11	50.2	43.7	40.7	32.7	
33.6	41.0	35.2	50.0	Th12	50.5	40.1	36.7	31.0	
35.7	28.5	42.9	47.0	L1	53.3	47.7	43.1	27.1	
最小値/平均値比									
2.0 行線	1.5 行線	1.0 行線	0.5 行線	脊椎	0.5 行線	1.0 行線	1.5 行線	2.0 行線	
70.4%	73.1%	77.6%	80.1%	Th1	75.9%	73.6%	72.0%	65.8%	
76.9%	78.5%	82.5%	83.5%	Th2	80.3%	76.8%	69.7%	71.1%	
66.0%	69.3%	74.9%	77.9%	Th3	78.2%	75.9%	68.6%	65.5%	
61.6%	75.9%	76.6%	83.4%	Th4	82.8%	82.7%	77.6%	69.1%	
69.1%	72.6%	73.5%	79.3%	Th5	89.0%	79.2%	73.4%	67.1%	
67.5%	70.2%	67.1%	70.7%	Th6	91.9%	82.7%	81.9%	72.6%	
62.8%	63.0%	67.7%	71.0%	Th7	86.2%	82.7%	68.2%	68.0%	
72.3%	64.5%	69.8%	77.9%	Th8	81.6%	83.2%	77.5%	78.8%	
77.4%	71.7%	74.6%	80.2%	Th9	81.1%	77.2%	78.8%	82.2%	
83.4%	78.6%	76.8%	83.8%	Th10	81.4%	78.4%	79.7%	76.8%	
78.0%	88.6%	77.1%	84.6%	Th11	83.8%	81.0%	86.2%	83.8%	
88.0%	83.0%	71.5%	85.0%	Th12	85.8%	77.8%	80.0%	82.3%	
74.7%	55.3%	76.4%	74.5%	L1	83.3%	81.7%	84.3%	60.1%	

表の上段は体表-胸膜間距離の平均値を表す。括弧内は標準偏差を表す。中段は、体表-胸膜間距離の最小値を表す。下段は最小値を平均値で除した値 (%) を表す。

Th1~12 および L1 は胸椎突起下と腰椎棘突起下の高さを各々示す。各行は後正中線から肩甲骨内側縁までを4等分する線。赤色は20mm未満、桃色は30mm未満、黄色は40mm未満、緑色は50.0mm未満、水色は60.0mm未満を示す。なお、最小値/平均値比は80.0%未満を灰色(淡)で70.0%未満を灰色(濃)で示した。

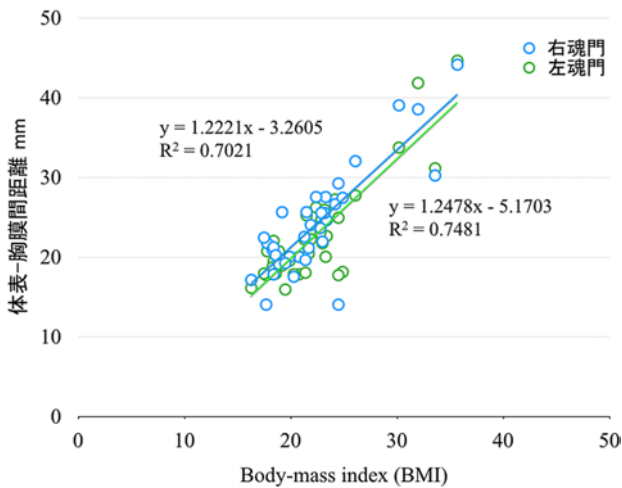


図1 左右の魂門穴における体表-胸膜間距離と body-mass index (BMI) との相関

左右の魂門穴 (2.0 行線の Th9 棘突起下の高さ) において体表-胸膜間距離と body-mass index (BMI) との間に有意な相関が観察された (F 値 (1, 33): 各々 98.0, 77.8, 各々 $P < 0.0001$). 図中の R^2 は決定係数を表す。

における体表-胸膜間距離と BMI との相関を図 1 に示す。決定係数 (R^2) は各々 0.7481 と 0.7021 であり、有意な正の相関が認められた (F 値 (1, 33) = 各々 98.0, 77.8, 各々 $P < 0.0001$)。

IV. 考察

1. 体表-胸膜間距離測定

危険刺鍼深度に関する研究^{6-23,18)}は、これまでも数多く発表されている。測定対象では、生体^{6,16,18)}と遺体⁷⁻¹⁶⁾、測定法では、解剖⁷⁻¹⁵⁾、コンピューター断層撮像 (Computed tomography: CT)^{16,18)}、超音波撮像法^{6,13)}を用いた報告がある。これらのうち代表的な研究としては、張らの遺体解剖による報告^{14,15)}と、林らの生体を対象とした CT による報告¹⁸⁾がある。

張ら¹⁵⁾は、冷凍処理 (-30°C) した遺体 (中国人成人男性 21 例および女性 30 例) を解剖して、背腰部膵穴の体表-臓器間距離 (肺, 肝臓, 腎臓) を計測し報告している。本データは、ガイドライン¹⁹⁾や書籍²²⁾にも採用されるなど、日本国内の危険刺鍼深度の基準の一つとなっている。

しかしながら、遺体による解剖では、死後硬直、さらには、ホルマリンなどの防腐処理に加え、切断を容易にするための冷凍保存処理による組織変性 (変形) の影響は避けられない。また、最短の体表-臓器間距離となる切断面を決定することは容易ではなく、これを保証するためには事前に CT や MRI による撮像を行う必要がある。

一方、林ら¹⁸⁾は、生体 187 例 (男性 90 名, 女性 97 名, 67.8 歳, 23~91 歳) を対象に CT を用いて、任意の体表-胸膜間最短距離 (気管分岐部, 肩甲骨下角部) を計測し, これを報告した。張らの報告では, 性別で分けているものの, 体格に関係なく集計しており, 算出された数値 (平均±標準誤差) を, どのような体格の患者にまで適応できるか不明であった。林らは, 被験者を BMI (低体重, 普通体重, 肥満) で分け, 体表-胸膜間最短距離とその相関を求めており, これは臨床応用する上で非常に有用である。

しかしながら, 林らのデータは, 気管分岐部 (概ね膏肓穴 <2.0 行線で Th4 の高さ>) と肩甲骨下角部 (概ね譙譙穴 <2.0 行線で Th6 の高さ>) の 2 部位と限定されている。また, 部位を特定しないで背部の体表-胸膜間最短距離部 (概ね膈俞穴 <2.0 行線で Th7 の高さ>あるいは魂門穴) を求めているが, 過去の報告⁵⁾から, 鍼による気胸が必ずしも体表-胸膜間距離の短い部位でのみ発生しているとは限らないことから, 張らのように胸郭周囲の危険刺鍼深度を広く求めておくことが肝要と考える。

CT は, 原則 MRI と同様に 3 次元画像を撮像し, 測定後に繰り返し任意の断面で体表-胸膜間距離を繰り返し測定することが可能である。これは, 遺体解剖では不可能なことである。しかしながら, CT では X 線を用いるため被爆は避けられず, 積極的に活用するには倫理的問題がある。林らのデータは, クリニックを受診した患者の CT 画像を再利用したものである。

今後, 年齢を含め様々な体格の被験者を対象に, 広くデータを蓄積していくためには, 被爆などの危険性がない, 拘束時間が短いなど, 被験者の負担の少ない測定法の利用が求められる。

以上のような観点から, 本研究では 3D-MRI を採用した。前述のように気胸は胸郭周囲のいずれの部位でも発生しうるという前提のもと, 可能な限り特定の膵穴や部位に限定せず, 背部を格子状に左右合計 104 点を決め体表-胸膜間距離を計測した。

現時点においては, 年齢が体表-胸膜間距離にどのような影響を及ぼしているか不明であることから, 対象は青年男性 (10 代後半から 20 代) に限定し, さらに体格を BMI で 4 段階 (低体重, 普通体重_低, 普通体重_高, 肥満) に分けた。そして, 背部に模した体表-胸膜間距離表を作成すると共に, 従来の平均±標準偏差のみならず最小値を提示し, さらに深度に応じて色付けすることにより視覚的に体表-胸膜間距離 (危険刺鍼深度) を把握できるようにした。

BMI別に体表-胸膜間距離を色により視覚化することにより、施術者が容易に患者の刺鍼部位の危険度を把握できるものと考えている。規格上、鍼体は10mm単位に長くなるため、使用する鍼の長さを安全かつ容易に選ぶことができるよう10mm単位で色分けを行った。体表-胸膜間距離が浅い部位(30mm未満)は危険を表す赤色で、反対に深い部位(60mm未満)は安全性が高いことを示す水色とした。

2. 体表-胸膜間距離とBMI

国内の鍼灸の安全性に関する書籍にも採用されている張らの報告¹⁵⁾(男性の遺体21名を対象、年齢および体格不明)では、風門穴(1.0行線でTh2の高さ)の体表-胸膜間距離の平均値は左側で62.45mm、右側で63.33mm、膏肓穴では36.70mmと39.89mm、膈関穴では21.23mmと22.07mm、魂門穴20.28mmと20.82mmであった。我々のデータと比較したところ風門穴や膏肓穴など肩甲骨上方へ行くほどその差(5~27mm)は大きくなり体表-胸膜間距離は厚くなった。一方、肩甲骨の下方ではその差は小さかった(4mm未満)。これらの差は、前述の通り、対象となった被験者の体格の差に加え、生体と遺体の差つまり死後硬直による筋の変化(牽引)や遺体の保存時の姿勢に起因するのではないかと我々は考えている。

一方、生体(187例、男性90名、女性97名、23歳~91歳、平均67.8歳)を対象とした前述の林らの報告¹⁸⁾では、膏肓穴(付近)32.0mm、譙譙穴(付近)24.5mm、膈関穴あるいは魂門穴(付近)とも22.3mmと本研究とほぼ同等の値であった。林らは、体表-胸膜間距離はBMIと有意な正の相関を示すものの、体表年齢との間には相関は認められなかったと報告している。我々と対象年齢が大きく異なるにも関わらずデータが近似していたことは、体表-胸膜間距離に対する年齢の影響は少ないことを示唆するが、この点については、さらなる検討が必要であると我々は考えている。

林らの報告と同様に、本研究では計測した104点全てにおいて、体表-胸膜間距離とBMIとの有意な正の相関が観察された。林らの報告と同様に、本研究では計測した104点全てにおいて、体表-胸膜間距離とBMIとの有意な正の相関が観察された。林らが検討したと同じく左右の魂門穴における相関を検討したところ有意かつ高い正の相関が認められた。この結果は、体表-胸膜間距離をBMI別に検討することの必要性および有用性を示すものと我々は考えている。

つまり、安全に刺鍼を行うためには、被験者の体格に応じて刺鍼深度を考慮しなければならないことを示唆し、臨床および教育においては、BMI別(低体重、普通体重、肥満、等)に安全刺鍼深度を設定しておくことは合理的かつ実用的であると考えている。

3. 安全刺鍼深度

厳ら²⁴⁾は安全な刺鍼深度の目安を危険刺鍼深度の平均値の80%(ただし頭頸部)、また、前述の張ら²⁵⁾は70%と仮定している。そこで、我々は今回得られた全被験者および各BMIにおける体表-胸膜間距離の最小値をその平均値で除した値を算出し、上記の百分率の妥当性を検証した。

その結果、全被験者および各BMIにおいて80%未満(表では淡い灰色部)あるいは70%未満(表では濃い灰色部)を示す部位が多数認められ、なかには40%未満(表2の1.5行線でL1の高さ)の部位もあった。このことは、単に平均値から安全刺鍼深度を決定することが極めて危険であることを示唆する。この傾向は全被験者および肥満のデータで顕著であった。本調査では、肥満に分類される被験者は5名しかいなかったにも関わらず、肥満1度から3度とそのバラつき(標準偏差)が大きかったためと考えられた。肥満領域のBMIをさらに区分し、各BMIのデータを増やす必要であると考えられた。

以上のことから、安全な刺鍼深度を決定するには、BMI別に体表-胸膜間距離を求め、その下限である最小値を基に算出することが妥当であると考えられた。

4. 今後の課題

本研究では青年男性を対象としてBMIを4段階に分類したが、普通体重に比較し、低体重と肥満の被験者数が少なかった。より安全な刺鍼深度の基準を定めていくためには、BMIをさらに分類し、各BMIにおいて体表-胸膜間距離を算出する必要がある。また、過去の文献から、背部を対象としたが、今後は頸部、胸部、腋部などに領域を広げていく必要がある。加えて、女性のデータを集積する必要があることはいうまでもない。また、年齢さらには人種間の違いも検討する必要があると考えている。

また、本研究では、測定肢位を肩関節内転位としたが、臨床においては、肩関節を外転して刺鍼することも多く、肩甲骨の回旋により特に肩甲間部の体表-胸膜間距離が変化することは容易に推測される。この点についても早急な検討が必要であると考えている。

一方、体表-胸膜間距離の計測とは別に日本では

押手の問題²⁶⁾がある。押手は細く長い鍼を正確に目的の組織に刺入するために必須であり、かつ日本伝統の刺鍼技法でもある。押手は刺鍼時に周囲の組織を圧迫することから、事実上、体表-胸郭間距離を短縮する。この短縮する距離は押手圧の上下圧や周囲圧に依存するが、現時点では押手による影響を詳細に検討した報告は少ない²⁷⁾。

我々のパイロット実験では、肺俞穴（1.0行線でTh3の高さ）へのゴムボール（直径20mm）による圧迫（被験者が痛みを我慢できる最大圧）により、被験者（8名、BMI 17.5~35.7）の体表-胸膜間距離は、12.7~23.0mm（38.1±13.5%）短縮した。短縮距離はBMIに比例する傾向が見られた。

このように、安全な刺鍼深度を決定することは容易ではない。より臨床に即した安全刺鍼深度の決定には、様々な視点からの検討が必要であると考えられた。

V. 結語

本研究から以下の結果を得た。

- ・最短の体表-胸膜間距離を測定するための方法として3D-MRIは非常に有用であった。
- ・BMI別に体表-胸膜間距離を集計することにより、患者の体格別に危険刺鍼深度を示すことができた。
- ・体表-胸膜間距離あるいは体表-筋間距離を色分けすることにより、視覚的にそれらを把握することができた。
- ・安全刺鍼深度は、体表-胸膜間距離の平均値ではなく各BMI別の最小値から算出すべきであると考えられた。

謝辞：本研究の遂行にあたり貴重なご助言を賜りました大阪府立大阪南視覚支援学校理療科教諭であり森ノ宮医療大学医療大学鍼灸情報センター客員講師の古瀬暢達先生、同センター助教の保坂政嘉先生、呉竹学園東洋医学臨床研究所所長補佐の上原明仁先生に心より感謝致します。

最後になりましたが、本研究の被験者としてご参加いただきました明治国際医療大学鍼灸学部の学部生ならびに同大学院の大学院生の皆様に心より感謝申し上げます。

利益相反：なし。

文献

1. White A, Hayhoe S, Hart A, et al.: Survey of adverse events following acupuncture (SAFA): a prospective study of 32,000 consultations, *Acupunct Med*, 19(2): 84-92, 2001.
2. MacPherson H, Thomas K, Walters S, et al.: A prospective survey of adverse events and treatment reactions following 34,000 consultations with professional acupuncturists. *Acupunct Med*, 19(2): 93-102, 2001.
3. Endres HG, Molsberger A, Lungenhausen M, et al.: An internal standard for verifying the accuracy of serious adverse event reporting: the example of an acupuncture study of 190,924 patients. *Eur J Med Res*, 22; 9(12): 545-551, 2004.
4. 山下仁, 榎田高士, 形井秀一ら: より安全な鍼灸臨床のためのアイデア (2) 有害事象報告論文 (2003-2006) および指サック・グローブ装着に関する議論. *全日鍼灸会誌*, 58(2): 179-194, 2008.
5. 古瀬暢達, 山下仁, 増山祥子ら: 鍼灸安全性関連文献レビュー 2007~2011年. *全日鍼灸会誌*, 63(2): 100-114, 2013.
6. 小林英俊: 気胸の防止について. *全日鍼灸会誌*, 36(3): 235, 1986.
7. 尾崎朋文, 北村清一郎, 森俊豪ら: 星状神経節刺針の解剖学的検討. *全日鍼灸会誌*, 37(4): 268-278, 1987.
8. 上島幸枝, 北村清一郎, 巽哲男ら: 頸部における胸膜頂の体表投影部位に関する解剖学的研究. *全日鍼灸会誌*, 39(2): 212-20, 1989.
9. 沢井勝三, 椎野瑞穂, 木村明彦ら: 鍼灸医学の立場から見た人体横断解剖(1). *全日鍼灸会誌*, 41(3): 271-280, 1991.
10. 椎野瑞穂, 沢井勝三, 木村明彦ら: 鍼灸医学の立場から見た人体横断解剖(2). *全日鍼灸会誌*, 43(3): 125-134, 1993.
11. 沢井勝三, 椎野瑞穂, 木村明彦ら: 鍼灸医学の立場から見た人体横断解剖(3). *全日鍼灸会誌*, 43(4): 165-172, 1993.
12. 上島幸枝, 北村清一郎, 巽哲男ら: 頸部における胸膜頂の体表投影部位に関する解剖学的研究 (第II報) 一胸鎖乳突筋, 鎖骨, 頸部諸経穴 (気舎, 欠盆, 水突, 天鼎) との関連一. *全日鍼灸会誌*, 44(4): 317-328, 1994.
13. 愛知政則, 川瀬勝士: 体表から肺までの深さに関する, 解剖, 及び超音波による測定と所見.

- 医道の日本, 648: 36-39, 1998.
14. 張建華, 嚴振国, 顧洪川ら: 胸部の経穴における刺針安全深度の研究. 東洋医とペインクリニック, 28: 139-142, 1998.
 15. 張建華, 嚴振国, 顧洪川ら: 背腰部の経穴における刺針深度の研究. 東洋医とペインクリニック, 28(4): 143-146, 1998.
 16. 尾崎朋文, 森俊豪, 坂本豊次ら: 膏肓穴刺鍼の安全深度の検討—遺体解剖, および生体での臨床所見とCT画像における検討—. 全日鍼灸会誌, 52(4): 413-420, 2002.
 17. 山下仁, 形井秀一: 鍼治療と両側性気胸. 全日鍼灸会誌, 54(2): 142-148, 2004.
 18. 林智成, 鈴木信, 米山榮ら: 胸部CTによる背部危険刺鍼深度の検討—臨床的有害事象を回避するために—. 全日鍼灸会誌, 61(4): 411-419, 2011.
 19. 尾崎昭弘, 坂本歩編, 鍼灸安全性委員会: 鍼灸医療安全ガイドライン. 医歯薬出版, 東京, 2007.
 20. 全日本鍼灸学会研究部安全性委員会: 臨床で知っておきたい鍼灸安全の知識. 医道の日本, 神奈川, 2009.
 21. 白石尚基, 上原明仁編: 臨床経穴局所解剖学カラーアトラス. 文光堂, 東京, 2010.
 22. 嚴振国, 高橋研一, 吉備登ら: 危険経穴の断面解剖アトラス. 医歯薬出版, 東京, 2011.
 23. 北村清一郎, 熊本賢三: 鍼灸師・柔道整復師のための局所解剖カラーアトラス改訂第2版. 南江堂, 東京, 2012.
 24. 嚴振国, 張建華, 顧洪川ら: 頭頸部の危険経穴における刺針安全深度の研究 (第1報). 全日鍼灸会誌, 47(3): 191-195, 1997.
 25. 張建華, 嚴振国, 余安勝ら: 針刺意外穴位的安全深度. 針刺研究, 25(3): 233, 2000.
 26. 形井秀一: 「押し手」の意義と安全性を検討するための覚書. 全日鍼灸会誌, 53(4): 471-483, 2003.
 27. 古瀬暢達, 田中賢, 竹内将文ら: 鍼実技指導における教育効果の検討—刺鍼深度と刺鍼部上下圧を指標として—. 理療教研, 37(1): 11-18, 2015.

Measurement of distance between human dorsal body surface and pleura using three-dimensional nuclear magnetic resonance imaging (3D-MRI) —body-mass index categorization—

Tsuyoshi Kawakita¹⁾, Hisashi Shinbara²⁾, Sayaka Kambayashi¹⁾, Satomi Nagaoka¹⁾,
Tomokazu Murase³⁾, Masahiro Umeda³⁾, Eiji Sumiya²⁾

¹⁾Graduate School of Acupuncture and Moxibustion, Meiji University of Integrative Medicine

²⁾Department of Basic Acupuncture and Moxibustion, Meiji University of Integrative Medicine

³⁾Department of Medical Informatics, Meiji University of Integrative Medicine

Abstract

Objectives: To obtain basic data regarding safe acupuncture needle depth allowing for prevention of pneumothorax, we used three-dimensional nuclear magnetic resonance imaging (3D-MRI) to measure the distance from the body's surface to the pleura (dangerous acupuncture depth) in the dorsal thoracic region; different colors were assigned to different depths, and the correlation between the distance from body surface to pleura and the body-mass index (BMI) was examined.

Subjects and Methods: The study was carried out on 35 healthy young males (18–28 years, 23 ± 3 years); the distance from the body surface to the pleura was measured at 104 sites in the dorsal thoracic region by using 3D-MRI; and the data were compiled according to the BMI (less than 18.5, 18.5 or greater but less than 21.8, 21.8 or greater but less than 25.0, and 25.0 or greater). 3D-GRE (volumetric interpolated breath-hold examination, VIBE) was used for the 3D-MRI sequences. The collected data (mean values, minimum values, minimum values / mean values) were posted on a table representing the dorsal thoracic region, and were shown in different colors according to the distance. In addition, a linear regression analysis was carried out on the BMI and the distance from the body surface to the pleura.

Results: At all the 104 measurement sites, a significant correlation was found between the BMI and the distance from the body surface to the pleura ($R^2 = 0.348-0.817$, F value (1, 33) = 17.6–146.9, and $P < 0.0001$ each). For all participants, as well as for the minimum value of the distance from the body surface to the pleura as categorized according to the BMI, the average values ranged from 38.3% to 95.1%.

Conclusions: Our findings suggested that safe acupuncture needle depth should be calculated on the basis of the minimum value of the dangerous depth according to BMI, and not on the basis of the mean dangerous depth. In addition to the BMI, additional studies using gender and age will need to be conducted in the future.