

第24回日本医学教育学会総会

腹診シミュレータを使用する漢方医学的
診察実習に関する学生の評価



矢久保修嗣¹⁾, 上田ゆき子¹⁾, 室賀一宏¹⁾, 種倉直道¹⁾,
中山隆²⁾, 山中一文²⁾

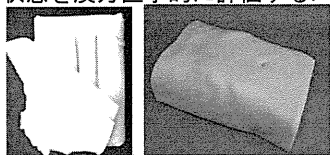
1) 日本大学医学部内科系統統合漢方薬学分野
2) ノムラテクノ

● はじめに

- ・ 現代の医療において、漢方医学は不可欠なものとなってきている。
- ・ 本学では漢方医学のため17コマの講義と2コマの漢方医学実習（漢方薬実習，漢方医学的診察実習）を行っている。
- ・ 漢方医学的診察実習に際して、学生の腹診の経験の有無，実習の意義，実習の必要性に対して調査を行ったので報告する。

● 対象および方法（1）

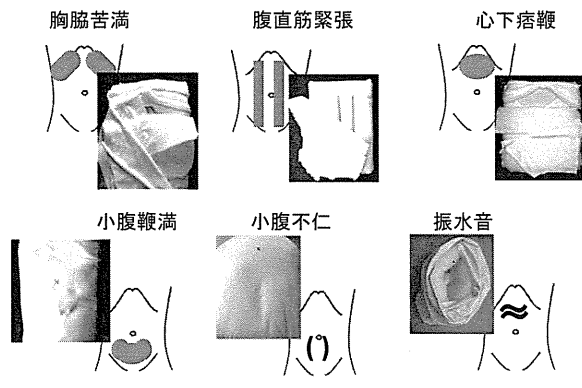
- ・ 漢方医学的診察実習では、腹診の方法について、説明を学生は受けた後に、特徴的な腹診所見をもつシミュレーター（ノムラテクノ社製）に触れて学び、その後二人ひと組でお互いの腹診所見をとる。
- ・ さらに気血水の問診票に答え、所見と合わせて自分の身体の状態を漢方医学的に評価する。



・ 旧タイプ

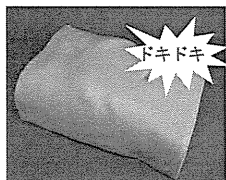
・ 新タイプ

● 旧タイプの腹診シミュレータの構造と特徴



● 新タイプ腹部動悸モデル (ver. 3.1)

- ・ 電動モーターを含む動悸発生装置を配置。
- ・ 動悸発生装置は電動モーターにより上下動するプラスチックの棒と身体の下上に走るゴム製のチューブから構成される。
- ・ プラスチックの棒が上下運動することによりチューブに振動が伝わり動悸が表現される。
- ・ モーターの回転数は70rpm程度に調整



● ツムラ漢方記念館使用腹診くんの完成 (2012年春)

- ・ 心下痞鞭，胸脇苦満，小腹痛満の腹部モデル



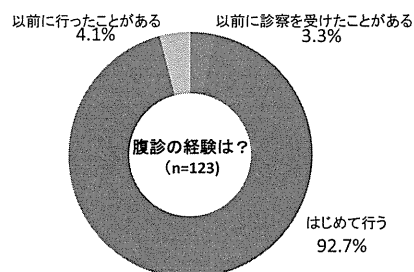
- ・ 腹力，振水音，腹部動悸，小腹痛不仁モデルを展示会場Bで紹介

●対象および方法（2）

- ・これらのシミュレータを用いて平成24年度に漢方医学的診察実習を行った4年次学生123名を対象とした。
- ・実習終了後にアンケートを調査を行った。

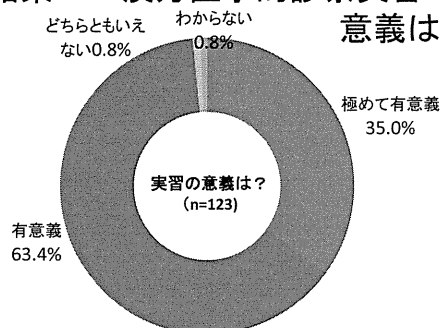


●結果1：腹診の経験



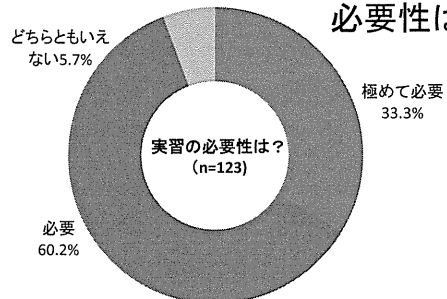
92.7%の学生が漢方医学的診察をはじめて経験した

●結果2：漢方医学的診察実習の意義は？



98.4%の学生が診察実習を意義あるものと評価している

●結果3：漢方医学的診察実習の必要性は？



94.3%の学生が診察実習を必要であると評価している

●考察

- ・この実習で初めて腹診を体験する学生が多いことがわかった。
- ・実習の終了後、多くの学生が漢方医学的診察の意義や必要性を評価し、本実習は有用であると考えられる。
- ・漢方医学的診察の意義は評価するが必要性は評価しない学生が少なからず存在する。
- ・実習終了後に患者として外来を受診する学生が増加

●結語

- ・本学における漢方医学的診察実習は、日本漢方独特の腹診を体験する機会を学生にもたす。
- ・近代西洋医学でおこなわれている腹部診察法や診察所見と漢方医学的腹診の診察法やその所見の相違を体験することができる。
- ・漢方医学的な診断の意義や必要性を実感させることができ、意義深いものと考えられる。

腹診シミュレータ腹力モデルによる腹力標準化の試み



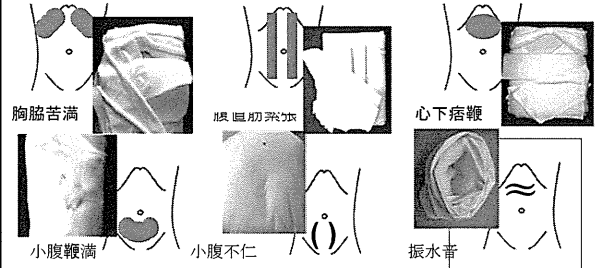
— 第30回和漢医薬学会（金沢） —

矢久保修嗣1), 上田ゆき子1), 並木隆雄2),
中山 隆3), 山中一文3), 松下清孝4),
田村素子5)

- 1) 日本大学医学部内科学系統合和漢医薬学分野
- 2) 千葉大学大学院医学研究院和漢診療学
- 3) ノムラテクノ株式会社
- 4) (株)ツムラコミュニケーションコーポレーション室
- 5) ツムラ漢方記念館

●はじめに

- ・漢方医学で重要な腹診を教育するために、診療上重要な漢方医学的所見を示す腹部モデルにより構成される腹診シミュレータを作成してきた。

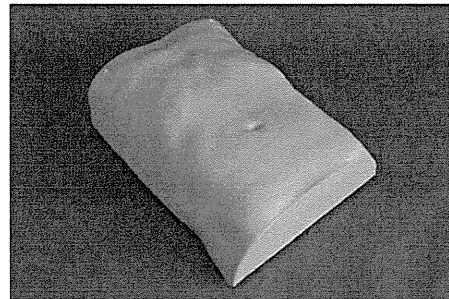


●はじめに

- ・腹力に関して、虚証から実証までの5段階の腹力を示す腹力モデルを我々は作成した。
- ・これは合成樹脂、ウレタンなどを内部で組み合わせて、腹部の弱い抵抗感から強い抵抗感を表現している（第64回日本東洋医学会学術総会）。
- ・この腹力モデルを用いる腹力の評価や、これによる腹力の標準化に関してアンケート調査を行った。

●腹診シミュレータ腹力モデル

腹力モデルの外観

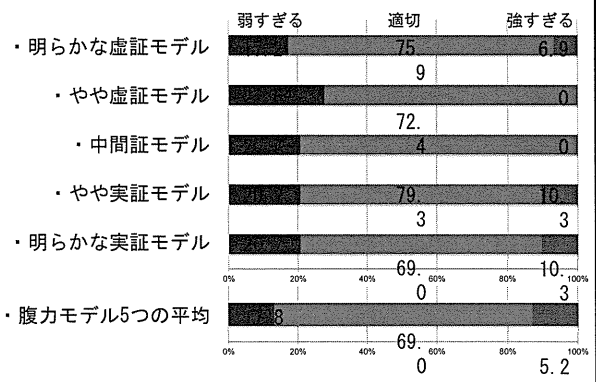


(第64回日本東洋医学会学術総会)

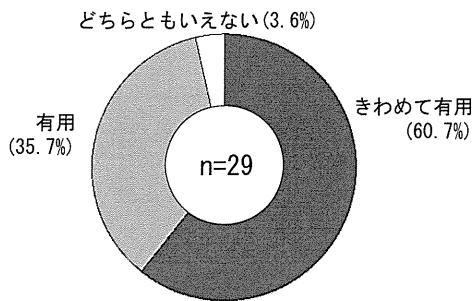
●対象および方法

- ・平成25年3月の講演会で、腹診シミュレータやICD11第23章などに関する講演を聴講した参加者を対象とした。
- ・参加者は腹診シミュレータ腹力モデルを実際に触れ、腹力モデル示す腹力が適切であるのか、あるいは弱すぎる、強すぎるという評価と、腹診シミュレータを用いることによる腹診所見の標準化プロジェクトなどに関するアンケートに回答をした。
- ・アンケート回答者は29名（指導医・専門医69.0%）であった。

●結果～腹力モデルの評価



●結果～腹診シミュレータを用いる 腹診所見標準化プロジェクト



●考案

- ・腹診所見の他覚的な臨床検査による評価は難しい。
- ・術者の感覚の問題もあり、腹診所見の標準化には困難をとまっている。
- ・われわれの作成した腹診シミュレータは典型的な腹診所見を表現することを目的としている。
- ・漢方の腹診教育に有用であることも推測される。
- ・また、腹診所見の国内における標準化に応用すること可能と考えられる。
- ・WHOの作成しているICD11やISO問題もあり、腹診シミュレータが漢方の腹診所見を国際標準化していくためのall Japanのツールのひとつとなることも期待される。

●結語

- ・漢方医学で重要な腹診所見を標準化するため5段階の腹力モデルの作成を行った。
- ・この腹力モデルの示す腹力に関してアンケート調査を行った。
- ・我々の作成した腹診シミュレータ腹力モデルに対して、適切な腹力である評価は73.1%であった。
- ・この評価をより高めるように腹力モデルの改善を我々は考えている。
- ・腹診シミュレータによる腹力の標準化は日本漢方の標準化に対して、興味深いものと考えられる。

漢方医学で重要な腹診に関する シミュレータの作成



日本大学医学部内科学系統合和漢医薬学分野
矢久保修嗣

平成26年3月16日

●東アジアの伝統医学

■古代中国の医学

- ・漢時代 (AD200)
- ・『黄帝内経』
- ・『神農本草経』
- ・『傷寒雑病論』



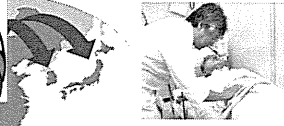
■中国の伝統医学

- ・中医学 (1949~)



■日本の伝統医学

- ・『医心方』(984)~丹波康頼
- ・漢方 (江戸時代にオランダ医学と区別)
- ・漢方専門医の標榜 (2005)



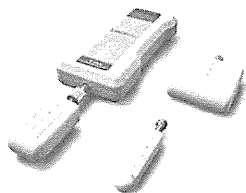
■韓国の伝統医学

- ・韓医学(1986)
- ・東医宝鑑(1613)
- ・四象医学



●腹診所見の臨床検査による評価

- ・腹診所見は感覚的なもの
~抵抗感
- ・腹部の圧を測定する試み
~腹部は均一ではない
- ・腹部X-P検査, 腹部超音波検査, 血液検査など
でも腹診所見の評価は困難



●腹診の学習について

- ・腹診について“入門漢方医学”(日本東洋医学会編集)は, 漢方的な腹部の名称を知ること, 臨床的意義を持つ代表的腹証の理解が必要.
- ・腹診は重要な診察法なので, 腹診に関する教育が必要.
- ・腹診時の術者の手指の動きや, 圧迫する圧力やそのとき手に得られる抵抗感などの習得は, 術者の感覚的な問題も存在するためかなり困難である.
- ・患者にみためた健康人を対象として, 腹診の練習を行っても, 典型的な臨床的意義のある腹証を全て用意することは不可能である.

●腹診シミュレータの企画

- ・腹診は手の触覚という感覚~話だけでは…
- ・典型的な所見の準備は…
- ・腹直筋緊張, 心下痞鞭, 胸脇苦満, 小腹硬満, 小腹不仁, 心下部振水音の所見をもつ6個の腹部模型

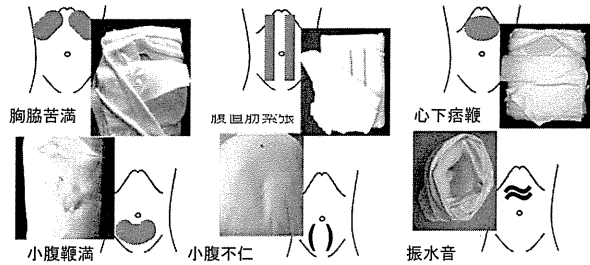


●腹診シミュレータ(ver.1)の作成

- ・成人実物大の腹部のみ~剣状突起部付近から臍下約20cmまでの腹部のみで構成される腹部模型
- ・素材は可塑性のある特殊ポリエステル系樹脂, 人工皮革, パイル生地, 綿, 木綿生地, ジャージ, ポリウレタン, 天然ゴムなど
- ・腹部の特徴的な所見にあわせて各種の硬度の異なる材料を設置
- ・人体が様々な組織の層構造でできていることを考慮し, 素材を重ねた.

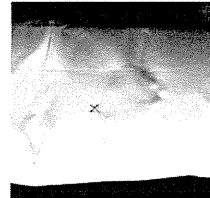
●はじめに

- ・漢方医学で重要な腹診を教育するために、診療上重要な漢方医学的所見を示す腹部モデルにより構成される腹診シミュレータを作成してきた。



・小腹鞭満モデル

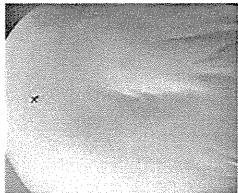
- ・小腹鞭満：下腹部の馬蹄形抵抗
- ・小腹鞭満モデル：下腹部の馬蹄形抵抗感



- ・楕円形状(140×105mm)のやや硬めのスポンジの短径側に20mmの切り欠きを加え、形をなめらかに整形し馬蹄形の膨隆と抵抗感を表現した

●小腹不仁モデル

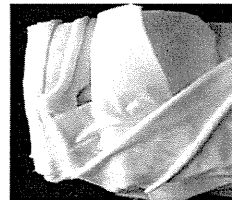
- ・小腹不仁：下腹部正中の緊張低下，腹直筋の緊張（小腹拘急）下腹部の抵抗感減弱，知覚の低下
- ・小腹不仁モデル：下腹部正中の緊張低下感



- ・下腹部正中部のスポンジに楕円形(20×150mm)の切り欠きを作成し、触診した際に同部位の抵抗感が減弱しているようにした

●胸脇苦満モデル

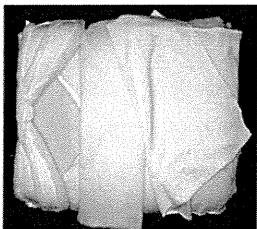
- ・胸脇苦満：季肋下部の抵抗・圧痛
- ・胸脇苦満モデル：季肋下部の抵抗感



- ・左右の季肋部を圧迫したときの抵抗感を、楕円形(100×200×20mm)のやや硬めのウレタンを使用。肋骨下に術者の指が入らないように、肋骨にしっかりと固定

●心下痞鞭モデル

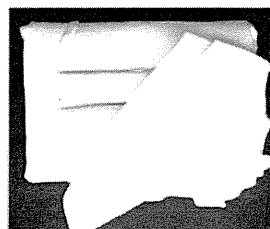
- ・心下痞鞭：心窩部のつまり感・抵抗
- ・心下痞鞭モデル：心窩部の抵抗感



- ・樹脂で作成した肋骨で囲まれた心窩部に楕円形(15×25×25mm)のやや硬めのウレタンをおいた

●腹直筋攣急モデル

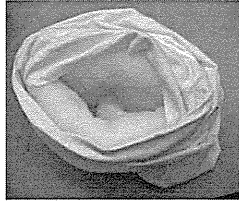
- ・腹直筋攣急：腹直筋の緊張を触れる
- ・腹直筋攣急モデル：腹直筋の抵抗感



- ・天然ゴムで被覆したもの(500×100×50mm)を2本使用して、触診した際の抵抗感を表現

●振水音モデル

- ・振水音：心窩部の拍水音
- ・振水音モデル：心窩部の拍水音



- ・内部に水(50ml)と空気(150ml)を入れたゴム風船を、柔らかい腹部モデルの心窩部に置いて作成

●漢方学習者による腹診シミュレータに対する評価

- 医師を対象とする漢方医学講演会(11回)の腹診学習において、我々はこの腹診シミュレータ(Ver.1)を実際に使用し、参加者にアンケート調査をおこなった。

'05.10.16：大分 '05.10.29：和歌山 '05.11.27：金沢
'05.12.10：高知 '06.3.5：鹿児島 '06.4.23：沖縄
'06.5.28：新潟 '06.6.10：つくば '06.9.2：名古屋
'06.11.12：青森 '07.3.11：大阪

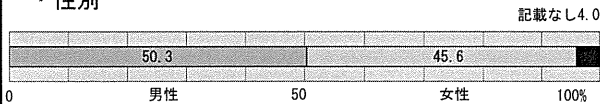
- 149名の医師より無記名のアンケートの回答を得た。

- ・腹診シミュレータに実際にふれてみて～興味？
- ・シミュレータによる腹診の理解は？
- ・シミュレータの有用度は？

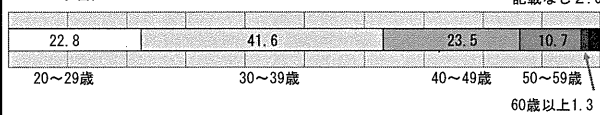
漢方医学的腹診学習用シミュレータに対する学習者の評価, 医学教育 40, 55-60, 2009

●参加者について

- ・性別



- ・年齢



(n=149)

漢方医学的腹診学習用シミュレータに対する学習者の評価, 医学教育 40, 55-60, 2009

●漢方医学について

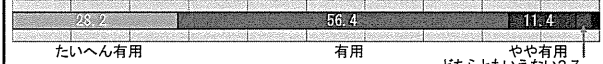
- ・漢方医学の興味？

記載なし2.0



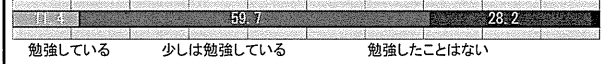
- ・漢方医学の臨床的意義は？

記載なし1.3



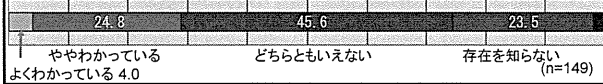
- ・漢方医学に関する勉強は？

記載なし0.6



- ・漢方医学の腹診については？

記載なし2.0

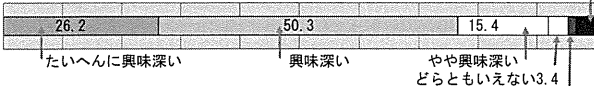


(n=149)

●腹診シミュレータの感想

- ・シミュレータに実際にふれてみて？

記載なし3.4



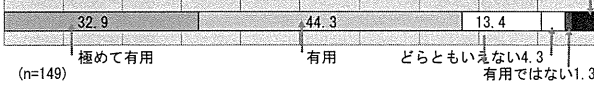
- ・シミュレータによる腹診の理解は？

記載なし4.7



- ・シミュレータの有用度は？

記載なし4.3



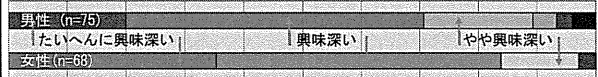
(n=149)

漢方医学的腹診学習用シミュレータに対する学習者の評価, 医学教育 40, 55-60, 2009

●腹診シミュレータの感想～男女差

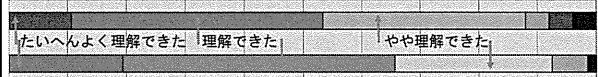
- ・シミュレータに実際にふれてみて？

Mann-Whitney's U test
p=0.03



- ・シミュレータによる腹診の理解は？

p=0.19



- ・シミュレータの有用度は？

p=0.03



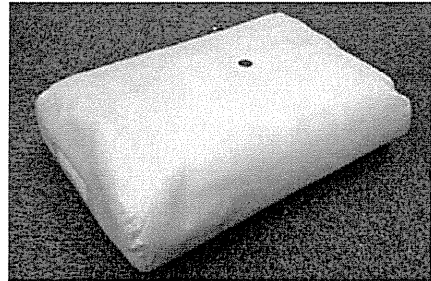
漢方医学的腹診学習用シミュレータに対する学習者の評価, 医学教育 40, 55-60, 2009

●腹診くん(ver. 2.0)の作成

- ・腹診シミュレータ作成を業者に委託し、改良型する(Nubic研究助成)
- ・腹診シミュレータの各モデルの基本的な構造を決定し、それに基づいて漢方医学的に重要な所見モデルを作成する。
- ・腹直筋緊張、心下痞鞭、胸脇苦満、小腹硬満、小腹不仁、振水音の所見をもつ6個の腹部モデルを作成する

●腹診くん(ver. 2.0)の作成

- ・腹診シミュレータで中間証の腹力となるように基本的な構造を決定し、それぞれの所見モデルを作成。

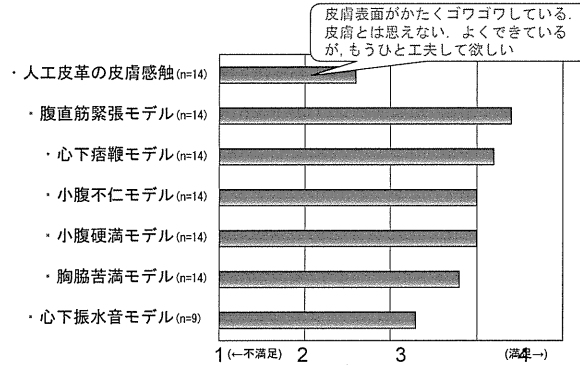


●腹診シミュレータに対する教育担当者による評価

- ・腹診シミュレータ(ver. 2.0)に対する大学における漢方医学教育担当者に本シミュレータに関する無記名のアンケート調査を行った。
- ・それぞれの6つの腹部所見に満足(5点)～不満足(1点)の5段階で評価を行った。
- ・回答を得た14名中に、漢方の臨床経験6～25年の日本東洋医学会認定専門医10名が存在。

Evaluation by Kampo medical faculty of a simulator for teaching abdominal palpation. J Traditional Medicines 26:104-109, 2009.

●漢方医学教育担当者による評価



●アンケートの自由記入

- ・学生にはわかりやすい。
 - ・なかなかよい。
 - ・皮膚表面がかたくゴワゴワしている。皮膚とは思えない。よくできているが、もうひと工夫して欲しい。
 - ・鼠径部の位置を表示した方がよい。
 - ・所見を組み合わせたものも必要。
 - ・圧痛点の確認のため音がするとよい。
- などの意見がみられた。

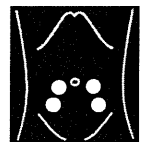


腹診学習用シミュレータに対する漢方医学教育担当者による評価 (第41医学教育学会, 2008)

●圧痛モデルの作成(ver. 2.1)

- ・臍傍・下腹部の抵抗圧痛モデル作成の検討をおこなった。
- ～圧痛所見の装置の開発。

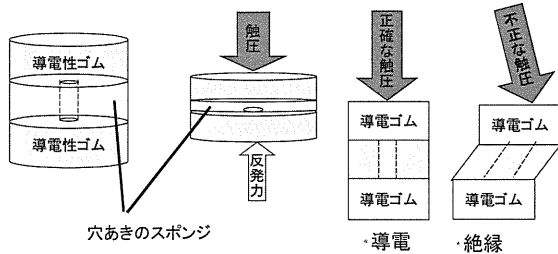
- ・臍の斜め2横指外方の腹直筋上の硬結
- ・脊椎に向けて指頭で圧迫すると激しい放散痛
- ・回盲部、S状結腸部の抵抗・圧痛



腹診教育用シミュレータの開発. 日本東洋医学雑誌59, 595-600, 2008

● 圧痛モデルの作成 (ver. 2.1)

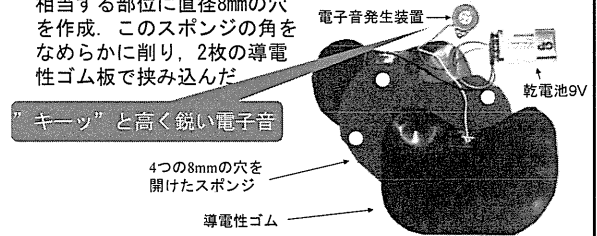
- ・ 圧痛モデルのために特殊なスイッチを作成



腹診教育用シミュレータの開発, 日本東洋医学雑誌59, 595-600, 2008

● 圧痛モデルの作成 (ver. 2.1)

- ・ シリコンの導電性ゴムS60 (鬼怒川ゴム社製)
- ・ 厚さ0.5mmのものを馬蹄形に形成, 同じ形で厚さ10mmの導電性のないスポンジの臍傍, 回盲部, S状結腸部の圧痛点に相当する部位に直径8mmの穴を作成. このスポンジの角をなめらかに削り, 2枚の導電性ゴム板で挟み込んだ



腹診教育用シミュレータの開発, 日本東洋医学雑誌59, 595-600, 2008

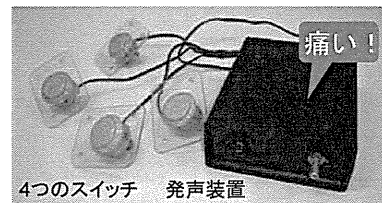
● 圧痛モデルの作成 (ver. 2.2)

- ・ 腹診時に圧迫する力を関知するスイッチの大きさは直径が1cm, 2cmの2種類を用意.
- ・ スwitchの抵抗感に関しては, 内部に組み込むスプリングの強さなどにより3種類を用意.
- ・ これを腹部モデルの下腹部にある4箇所の圧痛点に相当する位置に設置した.
- ・ 圧痛による「痛い」という声を表現するため, 5秒間のボイスレコーダを設置した.
- ・ スwitchが一旦はいると, すぐに「痛い」という声を再生するように女性の声で録音した.

腹診シミュレータにおける瘀血の圧痛点刺激に対する音声反応装置の作成 (第42医学教育学会, 2009)

● 圧痛モデルの作成 (ver. 2.2)

- ・ 圧迫する力を関知するスイッチは, 直径1cmで, かつ圧迫する抵抗の小さいものを使用.

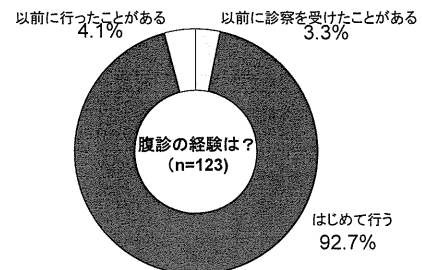


腹診シミュレータにおける瘀血の圧痛点刺激に対する音声反応装置の作成 (第42医学教育学会, 2009)

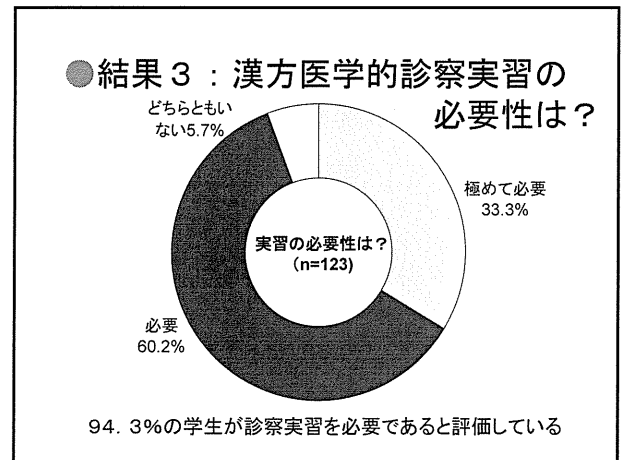
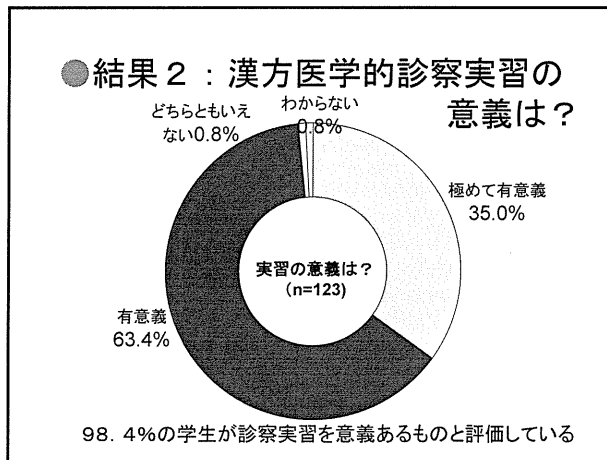
● 腹診の実習

- ・ 現代の医療において, 漢方医学は不可欠なものとなってきている.
- ・ 本学では漢方医学のため17コマの講義と2コマの漢方医学実習 (漢方薬実習, 漢方医学的診察実習) を行っている.
- ・ 漢方医学的診察実習に際して, 学生の腹診の経験の有無, 実習の意義, 実習の必要性に対して調査を行ったので報告する.

● 結果1: 腹診の経験



92.7%の学生が漢方医学的診察をはじめて経験した



●“腹診実習”に対する学生の感想

- ・腹部の所見などは初めてだったのですが、実際に自分たちでやってみることで、頭に残るので、とても良かったです。
- ・腹診を実際に体験できて感触を知ることができた。身をもって体験できた。
- ・五感を使う実習なので、頭に入りやすい。
- ・講義よりもわかりやすかった。
- ・触診できるマクラ(?)は、大変すばらしかった。

●腹診くん(ver. 3.0)の作成

- ・基本的な素材構造として硬質な樹脂製のベース(基板)に、FRP製の肋骨・胸骨、骨盤、内蔵は主に化繊綿。表皮は実際の男性の腹部を型取りし、柔軟性のある樹脂にて成型。
- ・表皮部材の内側に“特殊な複合素材”を覆うことにより、実際の人体の表皮がずれる感覚が得られる。
- ・基板に複数の通気孔を設け、四隅に脚を付けて、下部に空間をつくり、内部の空気が下方に逃げる。
- ・実際の人体に似た感覚が得られる。

●振水音モデル

- ・水の入った袋を心下の位置の基板に固定
- ・袋の中の水は粘性も考慮、かつ腐敗しにくいもの。
- ・水と空気の割合も調整し、音の響く割合
- ・基板の下側に2本の金属製のレールを下駄状に取り付ける

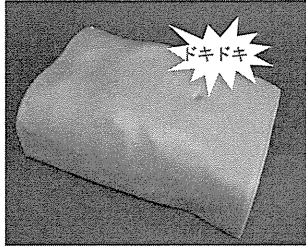
●腹部動悸モデルの作成

- ・電動モーターを含む動悸発生装置を配置。
- ・動悸発生装置は電動モーターによって、カムを回転させて長軸に沿って配置したビニールチューブを上下動する

The development of an abdominal palpation model for the Fukushin Simulator: towards improvement and standardization of Kampo abdominal diagnosis. Int Med J. accepted.

●腹部動悸モデルの完成

- ・ビニールチューブが上下運動することにより大動脈拍動が生じる
- ・モーターの回転数は75rpm程度に調整
- ・腹部動悸(+)
- あるいは腹部動悸2/3の評価
- ・使用経験
- ～あれ、不整脈？
- ～腹部を強く圧迫されて回転軸が屈曲



The development of an abdominal palpitation model for the Fukushin Simulator: towards improvement and standardization of Kampo abdominal diagnosis. Int Med J. accepted.

●ツムラ漢方記念館使用腹診くん(ver. 3.0)の完成(2012年春)

- ・心下痞鞭, 胸脇苦満, 小腹不仁, 小腹鞭満の腹部モデル



- ・腹力の弱い振水音モデル ~不十分: 最近改良

●腹力くんの発表

- ・腹力に関して、虚証から実証までの5段階の腹力を示す腹力モデルを我々は作成した。
- ・これは合成樹脂、ウレタンなどを内部で組み合わせて、腹部の弱い抵抗感から強い抵抗感を表現している(第64回日本東洋医学会学術総会)。
- ・この腹力モデルを用いる腹力の評価や、これによる腹力の標準化に関してアンケート調査を行った(第30回和漢医薬学会学術総会)。

●腹診くん腹力モデル(ver. 3.1)の作成

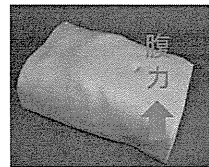
■胸部vs腹部の膨隆

- ・胸>腹: 虚証
- ・胸<腹: 実証



■5種類の腹力モデルは腹部の抵抗感について段階的に表したものの。

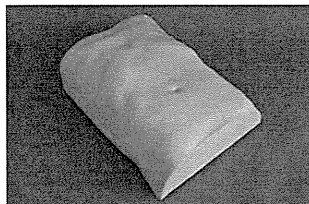
- ・明らかな虚証モデル: 腹部陥凹
- ・やや虚証モデル
- ・中間証モデル
- ・やや実証モデル
- ・明らかな実証: 腹部膨隆



Towards the standardization of abdominal strength in the abdominal palpation diagnostic system of Kampo medicine: development of an abdominal strength model in the Fukushin simulator. Int Med J. 20(6):697-699:2013.

●腹診シミュレータ腹力モデル

腹力モデルの外観



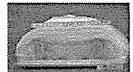
明らかな虚証モデル やや虚証モデル



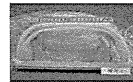
明らかな虚証モデル



やや虚証モデル



中間証モデル

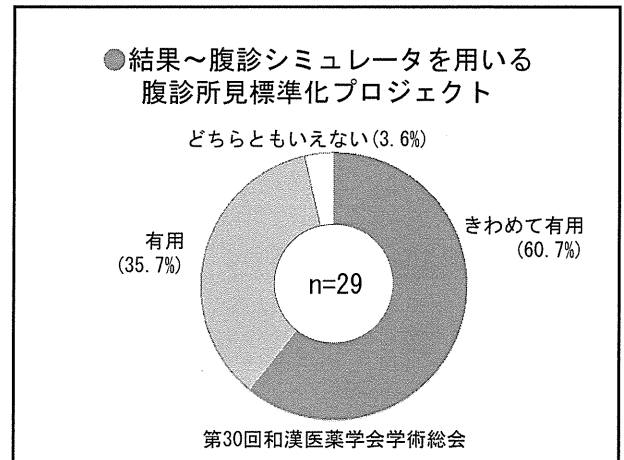
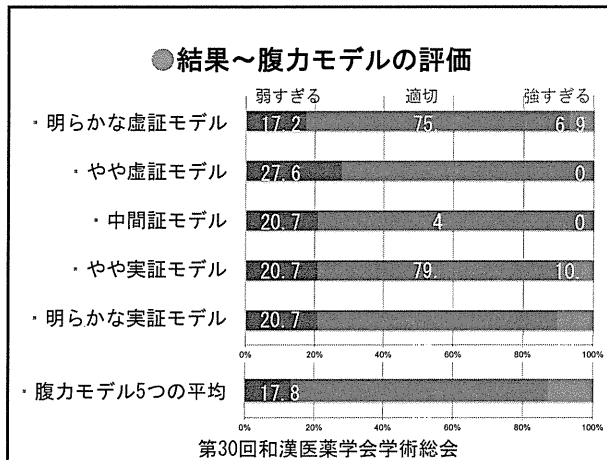


(第64回日本東洋医学会学術総会)

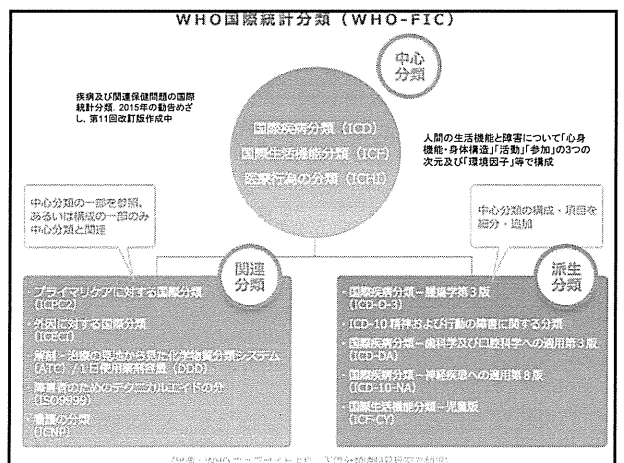
●腹力標準化の検討

- ・平成25年3月の講演会で、腹診シミュレータやICD11第23章などに関する講演を聴講した参加者を対象とした。
- ・参加者は腹診シミュレータ腹力モデルを実際に触れ、腹力モデル示す腹力が適切であるのか、あるいは弱すぎる、強すぎるという評価と、腹診シミュレータを用いることによる腹診所見の標準化プロジェクトなどに関するアンケートに回答をした。
- ・アンケート回答者は29名(指導医・専門医69.0%)であった。

第30回和漢医薬学会学術総会



- ### ●腹力標準化プロジェクト
- ・ 腹診所見の他覚的な臨床検査による評価は難しい。
 - ・ 術者の感覚の問題もあり、腹診所見の標準化には困難をとまっている。
 - ・ われわれの作成した腹診シミュレータは典型的な腹診所見を表現することを目的としている。
 - ・ 漢方の腹診教育に有用であることも推測される。
 - ・ また、腹診所見の国内における標準化に応用すること可能と考えられる。
 - ・ WHOの作成しているICD11やISO問題もあり、腹診シミュレータが漢方の腹診所見を国際標準化していくためのall Japanのツールのひとつとなることも期待される。



●WHO国際統計分類協力センター

Collaborating Centre for the WHO-FIC in Japan

- ・2011年9月9日付けでWHO西太平洋地域事務局から指定
- ・厚生労働省大臣官房統計情報部企画課国際分類情報管理室
国立保健医療科学院研究情報支援研究センター
国立がん研究センターがん対策情報センター
がん情報・統計部

日本病院会日本診療情報管理学会

日本東洋医学会用語及び病名分類委員会

(日本東洋医学サミット会議)

の統合体

- ・WHO-FICネットワークは
17協力センター

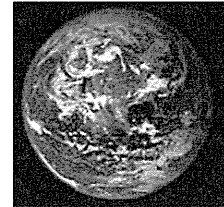


World Health
Organization



●腹診シミュレータのこれから

- ・腹診所見は方剤の決定、証の決定にたいへんに重要
～日本漢方の特徴
- ・腹証の他覚化、臨床検査における評価は困難
～腹部の内部は一定ではない、手は優れている
- ・触診圧測定・圧痛モデル
～名医の触診圧の記録
- ・Kampoを世界に
～腹診シミュレータ
が世界標準に



腹診所見標準化のための腹診シミュレータの開発

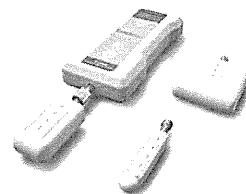


日本大学医学部内科学系統和漢医薬学分野
矢久保修嗣

平成26年1月13日

●腹診所見の臨床検査による評価

- ・腹診所見は感覚的なもの
～抵抗感
- ・腹部の圧を測定する試み
～腹部は均一ではない
- ・腹部X-P検査, 腹部超音波検査, 血液検査など
でも腹診所見の評価は困難



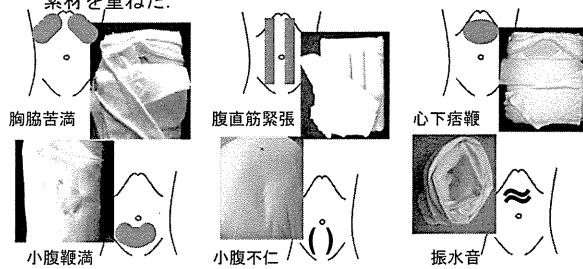
●腹診学習・教育について

- ・腹診について“入門漢方医学”(日本東洋医学会編集)は、漢方的な腹部の名称を知ること、臨床的意義を持つ代表的腹証の理解が必要。
- ・腹診は重要な診察法なので、腹診に関する教育が必要。
- ・腹診時の術者の手指の動きや、圧迫する圧力やそのとき手に得られる抵抗感などの習得は、術者の感覚的な問題も存在するためかなり困難である。
- ・健康人で腹診の練習を行っても、典型的な臨床的意義のある腹証を用意することは不可能。
- ・漢方医学的に重要な典型的な所見をもつ6個の腹部モデル



●腹診シミュレータ(ver.1)の作成

- ・成人実物大の腹部のみで構成される腹部模型
- ・腹部の所見にあわせて各種の硬度の異なる材料を設置
- ・人体が様々な組織の層構造でできていることを考慮し、素材を重ねた。



●漢方学習者による腹診シミュレータに対する評価

■ 医師を対象とする漢方医学講演会(11回)の腹診学習において、我々はこの腹診シミュレータ(Ver.1)を実際に使用し、参加者にアンケート調査をおこなった。

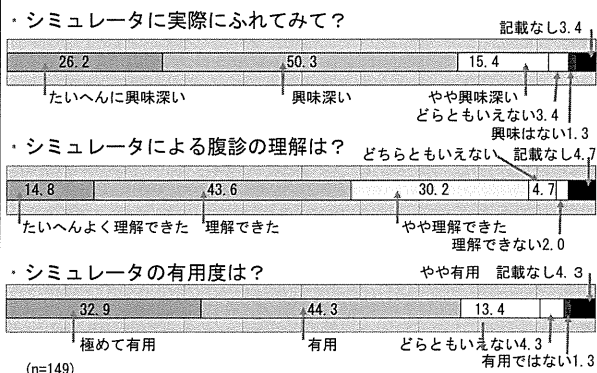
'05.10.16: 大分 '05.10.29: 和歌山 '05.11.27: 金沢
'05.12.10: 高知 '06.3.5: 鹿児島 '06.4.23: 沖縄
'06.5.28: 新潟 '06.6.10: つくば '06.9.2: 名古屋
'06.11.12: 青森 '07.3.11: 大阪

■ 149名の医師より無記名のアンケートの回答を得た。

- ・腹診シミュレータに実際にふれてみて～興味？
- ・シミュレータによる腹診の理解は？
- ・シミュレータの有用度は？

漢方医学的腹診学習用シミュレータに対する学習者の評価, 医学教育 40, 55-60, 2009

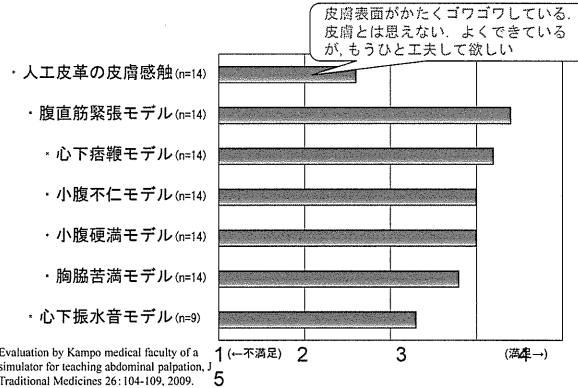
●腹診シミュレータの感想



●腹診シミュレータに対する教育担当者による評価

- ・腹診シミュレータ作成を業者に委託し、改良型する (Nubic研究助成)
- ・腹診シミュレータ (Ver. 2.0) に対する大学における漢方医学教育担当者に本シミュレータに関する無記名のアンケート調査を行った。
- ・それぞれの6つの腹部所見に満足 (5点) ~ 不満足 (1点) の5段階で評価を行った。
- ・回答を得た14名中に、漢方の臨床経験6~25年の日本東洋医学会認定専門医10名が存在。

●漢方医学教育担当者による評価

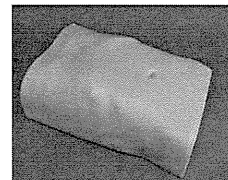


●腹診くん (ver. 3.0) の作成

- ・漢方医学で重要な所見を標準化するための、教育用の腹診シミュレータ腹部モデルに関して検討した。
- ・小腹不仁モデル、心下痞鞭、胸脇苦満、小腹鞭満などの腹部の抵抗感に関する腹部モデルを作成した。
- ・振水音の腹部モデルを作成した。
- ・今までなかったモデルとして、腹部動悸モデル、腹力所見を表現する5段階の腹力モデルの作成をおこなった。

●腹診くん (ver. 3.0) の作成

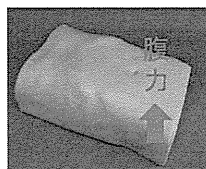
- ・基本的な素材構造として硬質な樹脂製のベース (基板) に、FRP製の肋骨・胸骨、骨盤、内蔵は主に化繊綿。表皮は実際の男性の腹部を型取りし、柔軟性のある樹脂にて成型。
- ・表皮部材の内側に“特殊な複合素材”を覆うことにより、実際の人体の表皮がずれる感覚が得られる。
- ・基板に複数の通気孔を設け、四隅に脚を付けて、下部に空間をつくり、内部の空気が下方に逃げる。



●腹診くん腹力モデル (ver. 3.1) の作成

- 胸部vs腹部の膨隆
 - ・胸 > 腹：虚証
 - ・胸 < 腹：実証

- 5種類の腹力モデルは腹部の抵抗感について段階的に表したものの。
- ・明らかな虚証モデル：腹部陥凹
- ・やや虚証モデル
- ・中間証モデル
- ・やや実証モデル
- ・明らかな実証：腹部膨隆



Int Med J, 20(6):697-699:2013.

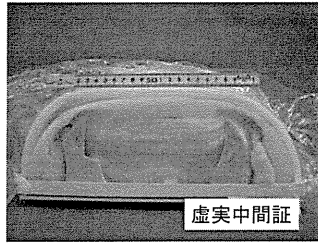
●腹力くんの発表

- ・腹力に関して、虚証から実証までの5段階の腹力を示す腹力モデルを我々は作成した。
- ・これは合成樹脂、ウレタンなどを内部で組み合わせて、腹部の弱い抵抗感から強い抵抗感を表現している (第64回日本東洋医学会学術総会)。
- ・この腹力モデルを用いる腹力の評価や、これによる腹力の標準化に関してアンケート調査を行った (第30回和漢医薬学会学術総会)



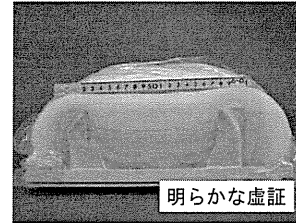
●虚実中間証モデル

- ・内蔵部材の化繊綿の表面側に補強調整部材としてウレタン素材を2重に積層した。
- ・この補強調整部材は、多数の孔を打ち抜いて、全体としての抵抗力を調整した。



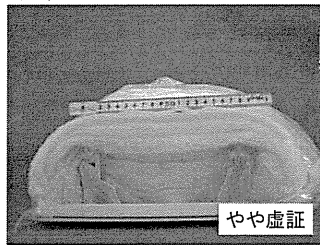
●明らかな虚証モデル

- ・一番抵抗の少ないモデルである。
- ・内蔵部材としての化繊綿を複数枚積層した上に側面を含めた全体を同じ化繊綿で覆った。
- ・腹部と胸部を比較すると、胸部に比し腹部が陥凹しているように作成した。



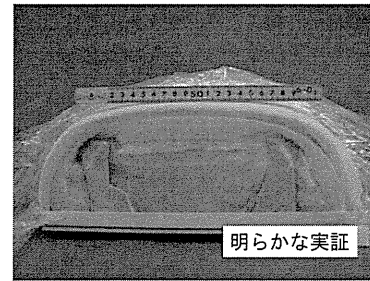
●やや虚証モデル

- ・下半身側の表面裏に十数mm程度の幅で部分補強材としてウレタン素材の一種を配置した。
- ・化繊綿に比べ強度が大きい為、触診した場合の抵抗は大きく、明らかな虚証モデルと虚実中間証モデルの中間の抵抗感を得ることが出来た。



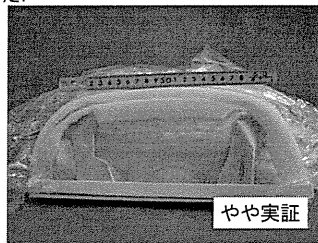
●明らかな実証モデル

- ・表皮部材の内側にウレタン素材とは別の補強部材を全体に覆うことで強度の大きいものとした。
- ・腹部に比し胸部が膨隆しているように作成した。



●やや実証モデル

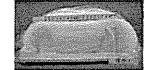
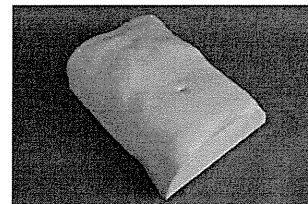
- ・虚実中間証と基本構成は同じであるが、ウレタン素材の補強部材に孔を打ち抜いていないことで、強度が大きいものにした。
- ・虚実中間証と明らかな実証モデルの中間の抵抗感を得ることができた。



●腹診シミュレータ腹力モデル

腹力モデルの外観

明らかな虚証モデル



やや虚証モデル



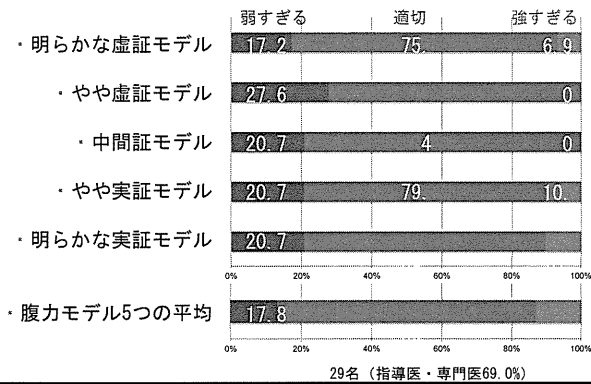
明らかな実証モデル やや実証モデル

中間証モデル

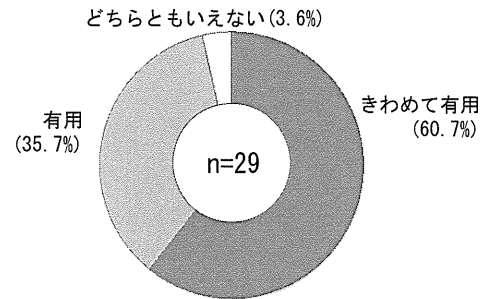


(第64回日本東洋医学会学術総会)

●結果～腹力モデルの評価



●結果～腹診シミュレータを用いる 腹診所見標準化プロジェクト

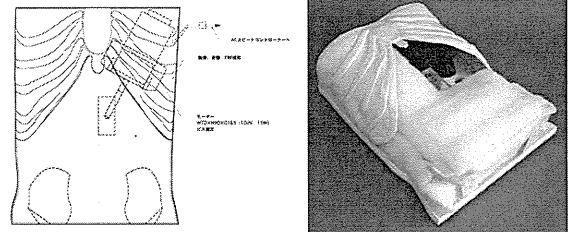


●腹力モデルのまとめ

- ・漢方医学で重要な腹診所見を標準化するため5段階の腹力モデルの作成を行った。
- ・我々の作成した腹診シミュレータ腹力モデルに対して、適切な腹力である評価は73.1%であった。
- ・腹診シミュレータによる腹力の標準化は日本漢方の標準化に対して、興味深いものと考えられる。
- ・腹診所見の国内における標準化に応用すること可能と考えられる。
- ・WHOの作成しているICD11や、ISO問題もあり、腹診シミュレータが漢方の腹診所見を国際標準化していくためのall Jaapanのツールのひとつとなることも期待される。

●腹部動悸モデルの作成

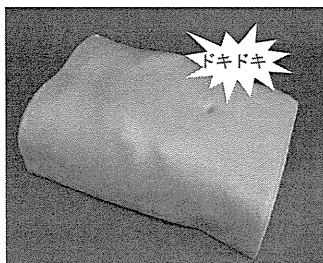
- ・電動モーターを含む動悸発生装置を配置。
- ・動悸発生装置は電動モーターによって、カムを回転させて長軸に沿って配置したビニールチューブを上下動する



The development of an abdominal palpation model for the Fukushin Simulator: towards improvement and standardization of Kampo abdominal diagnosis. Int Med J. accepted.

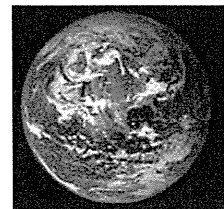
●腹部動悸モデルの完成

- ・ビニールチューブが上下運動することにより大動脈拍動が生じる
- ・モーターの回転数は75rpm程度に調整
- ・腹部動悸(+)
- あるいは腹部動悸2/3の評価
- ・使用経験
- ～あれ、不整脈?
- ～腹部を強く圧迫されて回転軸が屈曲



●腹診シミュレータのこれから

- ・腹診所見は方剤の決定、証の決定にたいへんに重要～日本漢方の特徴
- ・腹証の他覚化、臨床検査における評価は困難～腹部の内部は一定ではない、手は優れている
- ・触診圧測定・圧痛モデル
- ～名医の触診圧の記録
- ・Kampoを世界に
- ～腹診シミュレータが世界標準に



脈波技術の定量化と脈を再現するシミュレータ開発

研究分担者 横田 理 日本大学工学部教授

研究要旨

柔軟物は、一定の外力が加えられるとクリープを起こし、除荷されるとクリープ回復を起こす。クリープ挙動やその回復挙動は、弾性変形を表わすばねと粘性を表わすダッシュポットの二つの要素を組み合わせた力学的モデルが利用されている。柔軟物の試験機にはプランジャや圧子等の固体媒体を用いたレオメータやテクスチュロメータがあり、柔軟物を接触させて試験する方法である。プランジャや圧子などの負荷媒体に代わり、流体を一定時間連続して吹き付ける静的方法を利用すると、柔軟物への負荷と除荷を瞬時に行うことができ、また柔軟物表面に発生したくぼみは半導体レーザ光で計測するので、くぼみの直径や深さの寸法および形状を瞬時に計測することができる特長を有する。しかし、空気噴流を利用して柔軟物表面に繰り返し負荷させたときのくぼみ深さのクリープ挙動とその回復挙動の繰り返し履歴を測定した例は、著者らの知る限りでは報告されていない。

ここでは、空気噴流を用いたクリープ試験機を人工皮膚表面から血管モデルの振動を想定した計測ができる繰り返し試験機に改良し、一定負荷および繰り返し負荷が印加される場合の柔軟物のクリープ挙動とその回復挙動について調べた。

A. 研究目的

一定の荷重のもとで、材料の変形が時間とともに変化していくクリープ現象、およびリラクゼーション現象あるいはクリープ回復現象は、弾性的性質、粘性の性質、およびそれらを合わせ持つ粘弾性性質を示す。例えば、樹脂に負荷をかけると、はじめに瞬間的に弾性的性質の部分が伸び、少し遅れて粘性の性質の部分が伸びる。また、そのまま負荷をかけ続けると、粘性部分が時間とともに伸びる粘性流動が現われる。一方、樹脂に働く荷重を取り除くと、弾性部分は瞬間的に弾性回復するが、粘性部分は徐々に回復する。材料の種類や試験条件によっては、粘性部分は完全に元に状態には戻らず、永久ひずみが残る場合もある。クリープ試験、およびその回復試験は、油圧、モータ、ばねなどにより引張、圧縮、曲げ、ねじりなどを樹脂に静的あるいは繰り返し負荷・除荷させる試験である。

一方、材料のクリープ挙動とその回復挙動を正確に評価するためには、瞬時に負荷および除荷できるシステム、およびそれらによる材料変形を瞬時に計測できるシステムの構築が必要になる。すなわち、瞬時の変形挙動の測定は、瞬間弾性変形や初期の遅延弾性変形を評価する上で重要であるが、従来の試験機は固体を負荷媒体として使用されているので、瞬時の負荷・除荷、またそれらに

よる変形を瞬時に計測できない場合がある。特に繰り返し試験では、非常に短い時間での繰り返し負荷・除荷して、負荷直後、および除荷直後の局所の変形挙動を捉えることは重要である。

本研究は、プランジャや圧子などの負荷媒体に代わり、流体を一定時間連続して吹き付ける静的方法を利用している。この方法は空気噴流を用いるので柔軟物への負荷と除荷を瞬時に行うことができ、また柔軟物表面に発生したくぼみは半導体レーザ光で計測するので、くぼみの直径や深さの寸法および形状を瞬時に計測することができる特長を有する。しかし、空気噴流を利用して柔軟物表面に一定負荷および繰り返し負荷させたときのくぼみ深さのクリープ挙動とその回復挙動の繰り返し履歴を測定した例は、著者らの知る限りでは報告されていない。

ここでは、低負荷の空気噴流を用いたクリープ試験機を一定負荷および繰り返し試験ができる試験機に改良し、それを用いて粘弾性特性の異なる柔軟物に適用し、くぼみの深さ変化の計測を試みた。その結果、繰り返し試験では、くぼみ深さの挙動が柔軟物の種類で異なり、繰り返し負荷と連続負荷でも異なる結果が示されたので、本試験機の工学的有用性を見出すことができた。そこで、開発した繰り返し低負荷クリープ試験機概念設計、測定原理を示し、および製作した繰り返し試験機による測定結果について報告する。

B. 柔軟物のクリープおよびクリープ回復挙動

図1はクリープおよびその回復曲線、図2はそのときの四要素等価モデルを示す。図1において、くぼみのクリープ挙動は時間 $t = 0 \sim t_r$ の間に空気噴流を柔軟物表面に負荷し続けたときのくぼみ深さの変化を示し、クリープ回復挙動は時間 $t = t_r$ で除荷したときのくぼみ深さの変化を示す。柔軟物表面に発生したクリープ挙動のくぼみ深さ $h_{(t)}$ は式(1)で表す。

$$h_{(t)} = h_1 + h_2 + h_3 = h_1' + h_2' + h_3' \quad (1)$$

式(1)のクリープ挙動は、図2に示したばねとダンパーを用いた式(2)⁽⁴⁾で示せる。

$$h_{(t)} = \frac{F}{G_1} + \frac{F}{G_2} \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{G_2}{\eta_2} \cdot t\right) \right\} + \frac{F}{\eta_3} \cdot t \quad (2)$$

式(2)において、第1項の G_1 および第3項の η_3 はマクスウェルモデルのばねの弾性率とダッシュポットの粘性率であり、第2項の G_2 および η_2 はフオークトモデルのばねの弾性率とダッシュポットの粘性率である。柔軟物表面に生じるくぼみ深さのクリープ挙動において、くぼみ深さ $h_{(t)}$ は荷重 F に依存するので次のように示せる。

$$h_{(t)} = J \cdot F \quad (3)$$

$$J = h_{(t)} / F \quad (4)$$

ここで、 J はくぼみ深さのコンプライアンスと呼ぶことにし、その単位は mm/N で、1N 当たりどの程度のくぼみ深さが得られたかを示す。式(4)は式(1)より次のように示せる。

$$J = h_1 / F + h_2 / F + h_3 / F \quad (5)$$

一方、クリープ終了時、あるいはクリープ回復直前の最大くぼみ深さ h_r に対する任意時間のくぼみ深さの割合を等価深さとする、式(1)は式(6)のように示せる。その単位は無次元である。

$$h_{(t)} / h_r = h_1 / h_r + h_2 / h_r + h_3 / h_r \quad (6)$$

式(1)、式(5)、および式(6)の右辺の第1項、第2項、および第3項は、それぞれ最大くぼみ深さの変形に対する瞬間弾性変形、遅延弾性変形、および変形が残留する永久変形であるので、柔軟物の粘弾特性は、弾性率や粘性率を求める代わりにコンプライアンスや等価深さで表示できる。

C. 柔軟物表面のくぼみの測定方法

本測定法は、空気噴流を利用する方法であるため、食品や生体部位の柔らかさや粘弾性特性が測定できる計測装置である。図3に示すように、ノズルより噴き出した空気が柔軟物の表面に当たり、その表面にくぼみが生じる。くぼみは噴流の強さに大きく依存すると考え、噴流の強さによるくぼみ深さの時間的変化を測定することで、柔軟物の粘弾性特性が調べられる。計測装置の構成図を図4に示した。なお、実験に用いたノズル口径 $d_0 = 1.0\text{mm}$ 、噴射距離 5mm とし、柔軟物の寸法はくぼみ形状の

測定に影響しない範囲の直径 50mm 、厚さ 20mm にした。なお、対象とした柔軟物は、人肌ゲル、スライム、プリン、絹豆腐、および木綿豆腐である。

D. 試験機の試作とその測定方法

D.1 試験機概念設計と仕様

柔軟物に引張り、圧縮、ねじり、曲げなどを負荷させ変形を与えて、試験・評価するテクスチュロメータやレオメータに代わる新しいクリープ試験を開発するための概念設計を下記に示した。

- (1) 柔軟物への負荷、除荷を短時間のうちに行える負荷方式とする。そのときに形成される変形挙動も瞬時に計測できるシステムにする。
- (2) 試験機は、非接触式の繰り返し試験を可能とする操作方法で、負荷は比較的低圧力の範囲を用いて、柔軟物に損傷を与えない範囲で作動させる。
- (3) 試験対象物はソフトマター、食品加工物、生体部位などの柔軟物とし、その寸法は任意とする。

以上の構想に基づいた試験機の仕様と機能を検討した結果を以下の3項目に整理するとともに、併せて負荷方式と計測条件を表1にまとめ、試験機の試作を行った。

- (1) プランジャや圧子を用いた繰り返し負荷方式でなく、本試験機を改良して圧縮空気を繰り返し噴き出す負荷方法を採用する。これにより、繰り返しによる瞬時の負荷と除荷、およびレーザ変位計により柔軟物表面に形成されたくぼみ変形を瞬時に計測することができる。
- (2) 負荷と除荷の保持時間は $0.1 \sim 600$ 秒、およびサンプリング時間は最小 0.01 秒に設定する。圧力の設定は $0\text{kPa} \sim 500\text{kPa}$ の範囲で 1kPa ごとの設定を可能にすることで、非接触・低圧力の安全な負荷方式となり、従来の試験機に比べて構造が簡単で、小型化・軽量化が図ることができる。ノズル径も 0.5mm 、 1.0mm 、 1.5mm 、 2.0mm のように 0.5mm ごとのノズルを用意し、それらは簡単に取付け交換できる構造にする。またノズル先端から柔軟物表面までの距離や測定箇所的位置決めは XYZ 軸ステージにより調整する。
- (3) 柔軟物の寸法は、空気噴流によるくぼみ変形が影響を受けない範囲に設定する。

D.2 測定原理および試験機の概要

本測定法の負荷方式は、空気噴流を繰り返し負荷させるので、ソフトマター、食品や生体部位などを対象にした柔らかさや粘弾性特性が測定できる。測定原理は、図3に示すようにノズルより噴き出した空気が柔軟物の表面に当たるとその表面にくぼみが形成されるので、その形状を計測する。しかし、柔軟物が柔らかい場合には空気噴流を弱めたり、ノズルと柔軟物との距離を離したりして、

柔軟物を破損させることなくくぼみを測定することができる。一方、柔軟物が比較的硬い場合には圧力を高めたり、ノズルと柔軟物との距離を近づけたりしてその表面にくぼみを形成させることができる。したがって、繰り返し空気噴流によるくぼみの形状、深さ、および直径の測定やその時間的变化が測定される。すなわち、空気噴流の瞬時の負荷および除荷、およびそれらの繰り返し試験は、くぼみが柔軟物表面に瞬時に形成されたり回復されたりするので、それらの形状変化をレーザー変位センサで瞬時に最適に表示できるので、クリープおよびその回復挙動の瞬時の変化が調べられる。

図 4 に示すように、本装置の構成は、柔軟物の表面にノズルを対向配置して当該表面に向けて一定の噴射圧で流体を噴射する流体噴射装置、噴射された流体によって形成されるくぼみの断面 2 次元形状を非接触で検出する形状探知装置、柔軟物表面に負荷される荷重、くぼみ形状を演算する演算部と表示部を備えている。流体噴射装置は、コンプレッサ、レギュレータ、噴射ノズルから構成されている。コンプレッサは演算部から指令によって圧縮空気をレギュレータに圧送する。レギュレータは、圧縮空気を所定の圧に調整した後、噴射ノズルから柔軟物表面に向けてまっすぐに繰り返し噴射する。形状探知装置は、幅広のラインビームを噴射流体で窪んだ柔軟物表面に照射し、受光することによって、短時間のうちに撮像を行い、その取得情報は演算部に出力される。演算部では、形状探知装置からの入力に基づき、柔らかさやクリープおよびその回復挙動を表示部やデータベースに出力する。

本測定装置の特長は、非接触で測定するので衛生的であり、また表面に少しだけくぼみが形成できれば測定できるので、柔軟物の表面形状に特に限定されない。さらに噴射の噴射圧を一定にして繰り返し測定することが可能であるので、噴射圧の調整が容易で噴射圧が安定することから測定精度の向上に繋がる。流体を柔軟物表面に吹き付けて測定するが、表面に僅かな深さのくぼみが形成できれば良いので、柔らかい物ほど噴射圧を低く設定できることから豆腐のような柔らかい物であっても傷つけたり破損したりすることを抑えることができる。

D.3 測定方法

図 5 には、本試験機のブロック線図を示す。本装置の測定方法について説明すると以下のようになる。対象とする被測定物の表面に僅かなくぼみを形成できるだけの噴射圧となるように、レギュレータを調整すると共に、電子天秤を使用して、当該電子天秤に対し目的とする距離だけ離れた位置にノズルを配置して噴射させることで、噴射力

を実際に計測し、演算部でその噴射力を設定しておく。そして、所定距離だけ対向させて、柔軟物の表面とノズルを対向させる。この状態で、演算部を作動させると、演算部はコンプレッサに作動指令を出力させる。すると、ノズルから所定圧の流体を柔軟物の表面に向けて噴射し、くぼみを形成させる。同期をとって、そのくぼみを二次元形状探知装置で計測させ、演算部で演算される。ここで、ノズルからの噴射は、単発、連続、あるいは繰り返しの負荷も可能である。

図 6 に示すように、装置に取り付けたノズル口径は 0.5mm、噴射距離は 5mm であり、柔軟物の寸法はくぼみ形状の計測に影響しない範囲の直径 50mm、高さ 20mm とした。負荷の大きさは柔軟物の種類により変え、計測時間は最大 10 秒までとした。なお、そのときに得られるデータの取り込み時間は 1/1000 秒とした。柔軟物是人肌ゲルとスライムを用いたが、その理由としては瞬間弾性変形、遅延弾性変形、および粘性流動の挙動の違いが比較的現れやすく、記憶効果も計測しやすいと考えたからである。

D.4 繰り返し試験によるくぼみ深さの模式図

図 7 には負荷と無負荷の繰り返しによる時間とくぼみ深さとの関係を示した模式図である。図 7 (a) のように、第 1 次の負荷あるいは圧力を瞬時に一定時間加えた後、瞬時に負荷を取除く第 1 次無負荷の状態を一定時間保つ。これを第 1 次サイクルとする。続いて、第 2 次負荷、第 2 次無負荷の第 2 次サイクルを同じ時間保持するようにし、さらに負荷と無負荷を周期的に繰り返す。そのときに形成される柔軟物表面のくぼみ深さの挙動は、図 7 (b) の第 1 次クリープ、第 1 次回復、第 2 次クリープ、第 2 次回復のように計測され、負荷と無負荷が繰り返し行われるに伴い、クリープ挙動とクリープ回復挙動も順次繰り返し現れる。

E. 実験結果および考察

E.1 負荷時間を変化させた場合の粘弾性特性

図 8 はスライム表面に噴射圧力 P を 20kPa 一定として、噴射時間 t_f が 5 秒、10 秒、15 秒、および 20 秒の 4 段階に変えたときの負荷開始から 100 秒までのくぼみ深さのクリープおよびクリープ回復を示す。図 8 のくぼみ深さのクリープ曲線は、非線形を示す遅延弾性変形と永久変形が表れる。負荷時間が短いとくぼみは浅く、負荷時間が長くなると、その深さは深くなる。また、クリープ曲線は負荷時間に関わらず、一つの曲線で示された。クリープ回復曲線の瞬間弾性変形はわずかに現われるが、遅延弾性変形は長い時間を必要としており、永久変形も残留する。

E.2 各種柔軟物による粘弾性特性