

あん摩マッサージ指圧師の指圧技能修得のための 学習支援システムの構築

小貫睦巳

常葉大学保健医療学部理学療法学科

要 旨

本研究は、指圧手技の力覚応答性を客観化し、その制御機構について検証することではき師の指圧技能修得プログラムを確立し、教育効果を目に見える形にすることで経験的な教育からさらに一歩進めて科学的な徒手技能修得を体系づけることが目的である。2018年～2020年の3年間にわたり、指圧シミュレーターの実験装置を作製し、音声フィードバック機能を内蔵させた。初年度は機器の作製及び指圧手技の巧拙の基準を検討し、2年目に晴眼学生に対しシミュレーター装置による指圧手技練習の即時効果の検証を、3年目に視覚障がい学生に対し同様に音声フィードバック機能を利用したシミュレーター装置による指圧手技練習の即時効果の検証を行った。この結果、指圧手技の巧拙は、晴眼学生でも視覚障がい学生でも両母指同時圧しでの左右の協調性による定義が適しており、また統計的にも有意であった。シミュレーター装置の視覚障がい者に対する音声フィードバック機能は十分に目的を果たしているという良い結果だった。

キーワード：指圧手技・技能習得・圧センサー・シミュレーター

はじめに

あん摩マッサージ指圧師・鍼灸師（以下「あはき師」と略）の専門教育課程修得においては対象者の硬結部位を把握し圧痛点を探すなどの手技を学ぶことが多い。また理学療法士（以下PTと略）の教育においても対象者への触察の技法は重要である。しかしながらこれらの実際の教育方法については経験を頼りにして判断することが多く、その教授方法も客観的な結果を示す機器や指標などはないのが現状である¹⁾。

また我が国の場合は、あはき師は元が視覚

障がい者の業務独占資格であり、現在は晴眼者に門戸が開放されているものの、視覚障がい者の教育として昭和22年に成立した「あはき法」に基づいており、彼らに対する職業教育としての意味合いも強い。視覚障がい者のあん摩マッサージ指圧師・鍼灸師の職業教育の歴史は「理療」として国立東京盲学校（現・筑波大学附属視覚特別支援学校）にその端を発し、視覚障がい者教育としてのあはき師の嚆矢は故・芹澤勝助らによる功績が大きい²⁾。そして東洋医学でいうところの経絡・経穴は近年、圧痛閾値の低下、硬結、皮膚電

気抵抗値低下などの現象と関係しているといわれており、芹澤の門下生の矢野らによってこれらの現象を画像処理の手法でイメージ化することで指圧などの経穴の特異性が示されるようになってきている³⁾。

また、教育方法の客観化という視点で見ると、医学教育では近年シミュレーション教育が主流となってきており、日本医学教育評価機構(JACME)では世界医学教育連盟(WFME)の評価を受ける上で臨床技能教育にシミュレーション教育を含めており、このように徐々に医療技術の数値化・客観化が為されるようになってきている⁴⁾。加えて保健医療職でも指定規則の改正が近年行われており⁵⁾、この分野においてもより客観的な教育が求められるようになってきている。

一方、技術的な視点で見ると昨今の生体センシング技術の進歩により、生体信号計測機器や素子の小型化・低価格化はこれらの計測を特定の医療の領域からヘルスケアやフィットネス関連領域へと進化させ身近になりつつあり⁶⁾、その中で導電素材が改良され、圧力の測定についてはセンサー本体を構成する部材に金属を使用せず全て伸縮可能なゴム系の材料で構成が可能となってきている。そのひとつが住友理工株式会社の「スマートラバーセンサー」という素材であり、これにより伸縮可能な導電経路をエラストマー中に形成することで柔軟性と導電性という相反する二つの性質を併せ持つことが実現できるようになった⁷⁾。この素材を活用することで圧力分布をサーモグラフィのように表示することが可能であり、これを使用して徒手技能を客観的に表わせる可能性が高くなってきている。

本研究はこの素材を用いて圧力測定や圧に対するフィードバックを行い、指圧技能修得を「見える化」して徒手技能修得のシミュレーターを作製し、客観的な学習支援システムを確立することである。視覚的なフィードバックだけでなく音声によるフィードバックも可

能とし、視覚障がい者の指圧技能のシミュレーターとしての実用化も視野に入れて研究を行う。

研究方法

研究は第1期から第3期に分けて行った。即ち、1期は指圧シミュレーターの実験装置を作製して指圧手技の巧拙の基準を決定すること、2期はこの基準に基づいてシミュレーターを晴眼学生で使用しその即時効果を探り、機器が実際の教育に役立つかどうかを検証すること、3期は2期と同様の実験を視覚障がい学生で行い、視覚障がい者の指圧技能修得に役立つかを検証すること、とした。

研究対象は1期と2期については本学健康鍼灸学科の3年生、3期については視覚特別支援学校理療科3年生とした。この研究は倫理的配慮として、実験協力者には研究の主旨を十分説明し同意書への記入を求め了解の得られた者のみに行った(視覚障がいがあり自身で署名が困難な者には代筆者を立てた)。また研究に当たり本学倫理委員会の審査を受けて行った(承認番号2018-003H)。この研究に於いて開示すべきCOI関係にある企業などはない。

第1期(2018年度)

スマートラバーセンサーを使った住友理工社製の体圧分布測定機器「SR ソフトビジョン」を活用してビューワーソフトを改良し、指圧シミュレーターの実験装置を作製した。実験のために選択した指圧部位は体幹後部(腹臥位で腰背部)とし、両手の母指を使って同時に圧迫する手技としてモニタリングできる仕様とした。その際、左右それぞれの圧を画面上に別々に棒グラフでリアルタイムにモニターできるようになっており、実験協力者はこの棒グラフの動きを見ながらフィードバックして指圧手技を行う。また指圧を受ける躯体を標準化するために上半身腹臥位のト

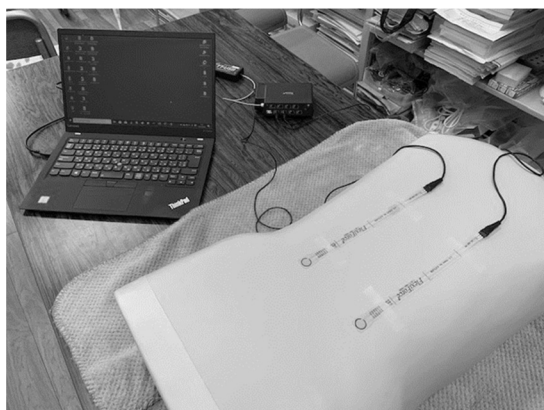


図1 圧の測定装置(トルソに圧センサーを固定)

トルソを作製し圧センサーとセットで準備した。

その上で本学健康鍼灸学科の学生10名を実験協力者として募り、指圧手技の測定および練習を行わせた。測定は脊柱の両側を左右等間隔で上下4カ所ずつ計8カ所をマーキングしておき、この部位を頭側から尾側へ繰り返し圧迫させた。その際、最初は右母指で右側の部位を、その後左母指で左側の部位を圧迫し（左右分離施行）、さらに続けて両母指で左右同時に指圧を行った（左右同時施行）。そしてこの順序での指圧施行を3回繰り返し行わせこの時の圧の変化を測定した。その際、ゆっくりと同じリズムで左右同じ圧になるように意識して行わせ、一回に10秒程度かけるように指示をした。計測値は装置に付属する録画機能で記録した。分析はこの記録を基に各施行の一回の圧の最大値を求め3回の平均を算出した。そしてこの記録映像を基に巧拙の基準を検討した。

第1期の結果

健康鍼灸学科の学生10名（男性9名、女性1名）中計測が上手くいかなかった1名を除外し9名の圧データを指圧計測値として採用し集計した。指圧計測値の結果は、左右分離施行の右が平均 196.7 ± 70.6 、左が 170.3 ± 42.3 、左右同時施行は右が 175.9 ± 56.2 、左が 141.4 ± 40 （いずれも mmHg）であった。結果は全体的に右手よりも左手のほうが圧は

弱い傾向が見られた。また左右同時施行は同時であるにもかかわらず圧のタイミングがずれる者がみられた。今回作製した実験装置によって指圧技能の巧拙の基準については、両母指での圧迫の①左右差がなく、②一定のリズムで漸増漸減し、③最大圧が一定であること、によって定義できると考えられた。

第2期（2019年度）

2期では、1期で得られた①～③の基準に基づいて指圧の練習をシミュレーターで行わせ、精確な圧の測定を行った。シミュレーターとして練習する場合はビューワーソフトの棒グラフのバーの動きを見て確認しながら練習することで圧の運動感覚を習得する。今回の指圧手技のより精確な測定には Thought Technology 社のバイタルモニタープロコンポ（型式 ProComp Infiniti SA7500）を使用した。図1のように躯幹のトルソ上にシート状の圧センサー（FlexForce:NITTA 社製）を取り付けて付属の解析ソフト BioGraph Infiniti にて測定した。

実験のために選択した手技は両側母指圧とし、測定は右母指圧→左母指圧→両側母指同時圧し、の順でそれぞれ10回測定した。測定にはゆっくり感じながら同じ圧になるように意識して圧すように指示して行った。指圧シミュレーターの練習は1人15～20分とし、その練習の前後に上記圧測定を行った。また取得した圧データはサンプリングレート8回/秒でテキストデータに書き出して集計した。データの解析は練習前後の①右母指圧・左母指圧の圧のそれぞれの推移の傾向、および②両側同時圧しのピークの左右のずれの変化を確認した。①については対応のあるt検定を、②については Wilcoxon の符号付き順位検定を行い、有意水準は5%とした。対象は本学健康鍼灸学科の学生10名を実験協力者として募り、研究の主旨を書面と口頭で十分説明し了解の得られた者に同意書を求めて行った。

第2期の結果

対象の属性は健康鍼灸学科の学生 10 名 (男性 6 名, 女性 4 名) で平均年齢 20.3 歳だった。利き腕は右利き 8 名, 左利き 1 名, 不明 1 名であった。各対象の属性及び圧データの結果を表 1 に示す。

シミュレーター練習前の圧データの全員の 10 回平均は右母指が 9.087 ± 0.926 , 左母指が 9.433 ± 0.815 , 両母指同時圧しが右は 9.031 ± 1.260 , 左が 9.069 ± 1.214 だった。同様に練習後は右母指が 7.995 ± 2.131 , 左母指が 8.240 ± 2.060 , 両母指同時圧しが右は 8.391 ± 1.788 , 左が 8.101 ± 1.929 だった (いずれも kg/cm^2)。これらのデータの練習前後のばらつきの変化には一定の傾向は見られなかった。

一方, 両側同時圧しの際に圧のピークのずれの変化をデータから確認した。指圧手技では基本的に体表面に垂直な圧を漸増漸減にて加えるが, 人体表面は常に平らではなく不規則に膨隆しているものでありいつも同じように圧するのは習熟を要する。脊柱の両側などの軀幹の左右対称部位にこの左右同時圧しの手技を用いることが多いが, 慣れないと左右均

等に圧がかからず, また圧すタイミングにずれが生じたりするものである。これが指圧手技の巧拙に影響するなら, 練習後にこのずれが少なくなるものと考えた。結果は圧のピークがずれはなく同期した回数は, 練習前が 10 回のうち平均 3.2 ± 2.15 回だった。これが練習後は 5.5 ± 2.5 回に増加した。この結果は Wilcoxon 符号付き順位検定で有意であった ($p < 0.05$)。

第3期 (2020 年度)

3 期では, 1 期で作製した指圧シミュレーターをさらに改良し, 視覚障がい学生でも練習がしやすい音声機能を付加した。作製したビューワーソフトは圧の分布を示す部分と左右の圧をそれぞれ棒グラフ表示して表す部分の 2 系統を同時にリアルタイム表示可能であるが, 今回はこれに PC の Beep 音を改良して, 圧に合わせて 1 オクターブ 12 階調の音階を形成し, 圧の強弱と音の高低をリンクさせて, 音声によるフィードバック機能を持たせることで全盲の障がい学生でも音によって練習が可能となるよう準備した。またハード

表 1 実験協力者の属性と指圧の練習前後の変化(2019 年度)

協力者	性別	年齢	利き腕	練習前				練習後			
				右側	左側	両側右	両側左	右側	左側	両側右	両側左
A	女性	20	右	8.06 ± 0.26	8.63 ± 0.2	8.18 ± 0.35	7.94 ± 0.64	5.45 ± 0.14	5.67 ± 0.23	6.53 ± 0.67	5.38 ± 0.64
B	女性	20	右	8.57 ± 0.15	8.05 ± 0.36	8.89 ± 0.31	7.55 ± 0.54	5.85 ± 0.29	6.43 ± 0.28	6.46 ± 0.73	5.88 ± 0.68
C	女性	20	左	9.2 ± 0.3	9.7 ± 1.31	9.26 ± 0.77	10.21 ± 0.35	9.36 ± 0.56	8.69 ± 0.75	8.49 ± 0.51	8.9 ± 0.56
D	女性	20	右	10.12 ± 0.25	10.01 ± 0.54	9.62 ± 0.65	9.97 ± 0.54	7.44 ± 0.37	5.16 ± 0.49	6.43 ± 0.95	5.79 ± 0.56
E	男性	21	右	9.27 ± 0.7	10.71 ± 0.26	10.35 ± 0.17	10.71 ± 0.15	6.79 ± 0.32	6.63 ± 0.5	8.59 ± 0.79	9.02 ± 0.56
F	男性	20	右	9.89 ± 0.49	9.51 ± 0.31	9.57 ± 0.29	9.96 ± 0.24	9.56 ± 0.51	9.86 ± 0.38	9.07 ± 0.22	9.55 ± 0.23
G	男性	21	右	9.28 ± 0.96	9.89 ± 0.95	6.47 ± 0.71	8.39 ± 0.73	10.11 ± 0.38	9.57 ± 0.49	10.11 ± 0.41	10.17 ± 0.28
H	男性	21	右	9.03 ± 0.75	9.86 ± 0.43	9.53 ± 0.29	9.54 ± 0.39	9.34 ± 0.55	10.7 ± 0.37	10.06 ± 0.44	10.35 ± 0.28
I	男性	20	不明	10.17 ± 0.21	9.51 ± 0.73	10.66 ± 0.41	9.15 ± 1.06	11.02 ± 0.16	10.36 ± 0.36	11.36 ± 0.48	9.17 ± 1.82
J	男性	20	右	7.23 ± 0.62	8.43 ± 1.37	7.74 ± 0.74	7.23 ± 0.74	5.15 ± 1.0	9.28 ± 1.13	6.76 ± 0.64	6.77 ± 0.76

全体平均 \pm SD 9.08 ± 0.92 9.43 ± 0.81 9.03 ± 1.26 9.06 ± 1.21 7.99 ± 2.13 8.24 ± 2.06 8.39 ± 1.78 8.1 ± 1.92

※右側, 左側はそれぞれの母指圧を, 両側右, 両側左は左右同時圧しのそれぞれの母指圧を示す。

※圧の数値は kg/cm^2 であり, それぞれ 10 回の平均を表す。



図2 エンボス加工した指圧シミュレーター用シート：左右各4カ所のフェルト貼付によって指圧点の位置を把握しやすくする。中央は縦に織り込んで縫ってあり正中を認識しやすくしてある。

的には視覚障がい学生が指先で指圧部位を確認しやすいように図2のように脊柱の両側に指圧点をフェルトを使ってエンボス加工したシートも用意した。

また、このシミュレーターを使って練習した圧の測定には第2期同様にバイタルモニタープロコンポを使用し、実験のために選択した手技も第2期と同じように行った。異なるところは、対象が視覚障がい者であるので測定の際には音声を聞きながらそれに合わせ毎回同じ圧になるように意識して圧すように指示して行ったことである。指圧シミュレーターの練習は1人20分とし、その練習の前後に

上記圧測定を行った。対象の測定の順番についてはカウンターバランスの影響を考慮して公平になるよう割り付けた。また練習においても聞こえている音声に対する圧への意識を集中して圧と音声がリンクするように繰り返し練習させた。さらに測定後に個別に音声フィードバック機能について感想・意見を聞き取り調査した。取得した圧データの解析も第2期同様である。対象は視覚特別支援学校の理療科学生6名を実験協力者として募り、研究の主旨を書面と口頭で十分説明し了解の得られた者に同意書を求めて行った。

第3期の結果

対象の属性は男性5名、女性1名で平均年齢23.5歳だった。利き腕は全員が右利きであり、また6名中4名が点字使用者だった。6名全員が聴覚などに問題がなく、機器の音声フィードバック機能が十分に働くことを確認した上で行った。各対象の属性及び個々の圧データの結果を表2に示す。

シミュレーター練習前の圧データの全員の10回平均は右母指が 7.265 ± 1.224 、左母指が 6.727 ± 2.169 、両母指同時圧しが右は 6.627 ± 2.164 、左が 6.523 ± 3.152 だった。同様に練習後は右母指が 6.411 ± 2.274 、左母指が

表2 実験協力者の属性と指圧の練習前後の変化(2020年度)

協力者	性別	年齢	利き腕	練習前				練習後			
				右側	左側	両側右	両側左	右側	左側	両側右	両側左
A	女性	21	右	8.91 ± 0.29	5.02 ± 0.73	7.16 ± 1.32	4.02 ± 0.8	8.26 ± 0.29	5.74 ± 0.78	8.08 ± 0.47	4.69 ± 1.56
B	男性	22	右	6.28 ± 0.84	8.6 ± 1.24	5.26 ± 1.13	9.78 ± 0.47	5.73 ± 0.65	7.35 ± 1.05	5.68 ± 1.74	6.8 ± 0.85
C	男性	22	右	8.25 ± 0.33	7.86 ± 0.22	7.35 ± 0.83	6.92 ± 0.41	6.71 ± 0.62	6.4 ± 0.92	5.42 ± 0.66	4.29 ± 0.51
D	男性	21	右	7.48 ± 0.69	6.24 ± 1.08	9.79 ± 1.96	8.31 ± 2.84	9.12 ± 0.74	7.29 ± 0.93	10.18 ± 0.53	10.05 ± 0.98
E	男性	20	右	7.04 ± 1.18	9.07 ± 0.41	6.82 ± 2.82	8.58 ± 0.24	6.02 ± 0.98	6.96 ± 1.24	6.3 ± 0.79	7.31 ± 0.42
F	男性	35	右	5.61 ± 0.67	3.55 ± 1.73	3.36 ± 0.78	1.5 ± 1.98	2.61 ± 1.36	0.95 ± 0.91	0.66 ± 0.54	3.66 ± 0.79

全体平均±SD 7.26 ± 1.22 6.72 ± 2.16 6.62 ± 2.16 6.52 ± 3.15 6.41 ± 2.27 5.78 ± 2.44 6.05 ± 3.18 6.13 ± 2.39

※右側、左側はそれぞれの母指圧を、両側右、両側左は左右同時圧しのそれぞれの母指圧を示す。

※圧の数値はkg/cm²であり、それぞれ10回の平均を表す。

5.786±2.443, 両母指同時圧しが右は 6.057±3.189, 左が 6.137±2.399 だった (いずれも kg/cm²)。これらのデータの練習前後のばらつきの変化には一定の傾向は見られなかった。

一方, 両側同時圧しの際に圧のピークのずれの変化については, 同期した回数は練習前が 10 回のうち平均 1.3±1.03 回だった。これが練習後は 5.3±2.25 回に増加した。この結果は Wilcoxon 符号付き順位検定で有意であった (p<0.05)。

また音声フィードバック機能への聞き取り調査の結果は, 「今まで指圧の練習は 1 人では行えなかったが, これなら自分 1 人で練習するのに良さそうである」「音の高低で強さの度合いが変わるので自分でコントロールしやすく, 感覚がわかってきた」という前向きな感想と共に, 「音と感覚の伝わり方が一瞬遅れるので, 慣れが必要だった」という建設的な意見もみられた。

考 察

第 1 期の結果より, 指圧技能の巧拙については, 両母指での指圧手技の協調性という点でとらえると, 圧迫の左右差の変化や一定のリズム, 最大圧が一定であることなどが要素としてあげられた。指圧の効果考えた時に, そもそも「良い指圧」「効果的な指圧」は何かととらえると, 指圧対象の疾病や疲労感などの個人差の問題が大きく, 普遍的な定義を求めにくい。それよりは, 機械的ではあるが, これらの手技の協調性の部分に焦点を当てて客観化することが巧拙という視点により適すると考えられる。

また, 第 2 期および第 3 期の結果より, 今回の研究では指圧シミュレーターの練習後に圧のばらつきの収束化は見られず, 個々の母指圧について定量的な運動感覚の形成は十分為されたとはいえなかった。一方, 左右同時圧しのピークの同期については統計的にも練習後に同期する回数が増え, シミュレーター

を使った練習によって運動感覚が形成された可能性があるといえる。

圧データのばらつきの収束化が見られなかった原因として, 練習時に回数を多く, また十分な圧を加えるように指示したために実験協力者に疲労が生じ, これが結果に影響した可能性が考えられる。また練習時間については授業時間の関係や先行研究⁸⁾などにより 15 分 (視覚障がい学生では 20 分) としたが, これを休憩を取ってもっと時間を長くした場合に違う結果となったかもしれない。

一方, 左右同時圧しのピークの同期については, 通常の片手操作としての深部感覚としてでなく左右両側の手を使うことで固有感覚の統合としてとらえるべき性質⁹⁾, であり, 左右を比較しながら感じて表現すると言う意味で運動感覚としてもわかりやすく, 形成しやすい機序であったと考えられる。

練習による習熟の機序であるが, 例えば楽器演奏者の場合は繰り返し練習することで運動感覚を養うことにより, 脳の体性感覚野の表面積が拡大することが知られている¹⁰⁾。さらにはダンサーの場合は脳内の身体の動きを司る部位が fMRI で活性化し, 学びが生まれる予兆となっていることがわかってきた¹¹⁾。点字使用者でも指 3 本使用者と 1 本使用者では体性感覚野の指領域の拡大があり指再現の配列の順序が変化して身体が適応していくことがわかっている¹²⁾。また最近の研究ではメルケル細胞に「やさしく圧された」というような質的な情報を伝える仕組みがあることがわかってきている¹³⁾。このようなことから, 指圧シミュレーターによる繰り返しの練習があはき師の運動感覚の育成につながる可能性は高いと考えられる。

視覚障がい者の音声フィードバック機能については概ね好意的な感想が得られた。また同期回数の推移が視覚障がい学生も晴眼学生と同様の程度に向上していることや, 練習前の同期回数が視覚障がい学生の方が晴眼学生

よりも低かったことを踏まえての向上と鑑みると、今回の音声フィードバック機能は十分目的を果たしていると考えられる。

一部の意見として、機器が圧の状態を感知して音声で返すのに若干のタイムラグが生じるというものがあったが、これは受け手側が感覚が鋭く、そのタイムラグをもどかしく感じるという感想である。視覚障がい学生が音声を頼りにしているからこそその貴重な意見であり、音声フィードバックの難しさを表している。

今後の課題

人体の揺らぎや機器の感度などを考えると、結果的に巧拙の基準として、手技に左右の同時押しを選択したのは適切であったと考えられるが、もっと複雑な手技の評価を行う場合は、機器の性能などを考えるとこのままでは困難といえる。指圧手技の力覚応答性をより客観化し検証するには指圧手技の制御をより実際的に定義づけられるかが鍵となると思われる。具体的には、圧の1点計測でなく圧面積の経時変化の測定などが考えられる。

また、音声フィードバックのタイムラグについては、機器の性能限界を超えるものなのか現時点では不明だが、可能であれば対応を検討していきたい。今後はこの点を踏まえ、視覚障がい者の利用にも耐えうる指圧シミュレーターへの更なる改良を行っていきたいと考えている。

晴眼者・視覚障がい者いずれの場合も学科の定員数が少なく、対象となる実験協力者の人数を十分集めることができなかった。統計的な限界も含めこれらは今後の課題である。

謝 辞

本研究に際し、ご多忙な中ご協力いただいた本学健康鍼灸学科の教職員の皆様および学生の皆様、視覚特別支援学校の教職員の皆様および学生の皆様に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 後藤修司：これからのあん摩マッサージ指圧鍼灸教育に望まれるもの。河井正隆。理療教育学序説。東京:ジアース教育新社, 2015; 179-182.
- 2) 西條一止, 矢野 忠, 他: 故芹澤勝助先生の鍼灸医療に関する功績と新たな展望-卒後臨床教育の在り方-. 全日本鍼灸学会雑誌. 2010.60(2); 148-181.
- 3) 矢野 忠: 経絡・経穴現象のイメージ化に関する研究. 医療情報学. 1986.6; 269-278.
- 4) 小山勇: シミュレーション教育の在り方への提言-国内外の調査研究から-. 第50回日本医学教育学会セミナー. 於・東京医科大学. 2018. 8.3.
- 5) 文部科学省 厚生労働省 省令第四号 (指定期規則改正)
http://www.japanpt.or.jp/upload/japanpt/obj/files/aboutpt/03_shiteikisokusyourei_181005.pdf (閲覧日 2021.6.13)
- 6) 小貫睦巳: 先端技術と biofeedback 療法の可能性(シンポジウム論文) .バイオフィードバック研究. 2017; 44(1):3-8.
- 7) 加藤陽: スマートラバーセンサの開発とその応用. 計測と制御. 2015; 54(1):64-65.
- 8) 大沼智之, 森田修己: 顎顔面部における圧痛診査時の手指圧. 歯学 春季特集号. 2001; 88: 500-504.
- 9) 山内昭雄, 鮎川武二: 固有感覚. 感覚の地図帳. 東京: 講談社, 2001; 90-91.
- 10) Elbert T, Pantev C, et al.: Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. Science 270, 305-307, 1995.
- 11) Calvo-Merino B, Glaser D, et al.: Action Observation and Acquired Motor Skills: An fMRI Study with Expert Dancers. Cerebral Cortex, 1243-1249, 2005.

12) Sterr A, Muller MM, et al.: Changed perceptions in Braille readers. Nature 391, 134-135, 1998.

13) Maksimovics S, Nakatani M, et al.: Epidermal Merkel cells are mechanosensory cells that tune mammalian touch receptors. Nature, 509 (7502), 617-21, 2014.

※「スマートラバー」は住友理工株式会社の登録商標である。

※この研究は文部科学省・科学研究費助成事業 2018 年度若手研究 18K13249 によって行った。