

オーボエ奏法の3次元動作解析

著者	辻 功, 仲保 徹, 三邊 武幸
雑誌名	洗足論叢
号	47
ページ	47-55
発行年	2019-02-21
ISSN	02877368
URL	http://id.nii.ac.jp/1493/00000948/

オーボエ奏法の3次元動作解析

Three-dimensional motion analysis of playing the oboe.

辻 功 仲保 徹 三邊武幸

Isao Tsuji, Tohru Nakabo, Takeyuki Sanbe

1 はじめに

音楽家の筋骨格系障害（PRMDs）については、1980年代から問題視されている¹⁾。PRMDsは楽器演奏による身体の使い過ぎにより、主に頸部、上肢、背部、顔面などの筋に症状がみられることをいう。多くは筋や腱、関節周囲の炎症で、まれに神経症状が含まれることがある。PRMDsは2年～5年程度続く慢性的な疼痛を伴う機能障害であり、健康上の問題に発展しやすい。PRMDsの調査研究によると、音楽家の39～87%が身体に何らかの不調を訴えており、演奏を学ぶ学生では34～62%が身体症状を有しているという²⁾。一流の音楽家は年間を通して毎日長時間の練習を行っている可能性があり、この状況を運動競技の視点で見ると、身体の一定部位の筋あるいは関節を痛めることが容易に考えられ、音楽家においては上肢の障害がこれにあたりと判断できる。overuse syndromeはスポーツの分野では繰り返し行われるスポーツ動作により身体組織の一定の部位に過剰な負荷が生じ、身体組織の損傷をきたすものとされる。一定期間の安静により軽快することが多いため、過度な予防措置を取る必要はないが、運動強度や頻度の調整が必要である³⁾。音楽家は最も反復性の高い活動を行う職業であり、1分間に何千回ものキー操作を指で行うこともある。PRMDsはこのような特異的な活動を行う音楽家の特徴的な障害であり、その特殊な活動環境により、適度な休息や適切な治療が行えていないのが現状である⁴⁻⁷⁾。

楽器の演奏は他の運動競技（野球やサッカー、陸上競技、水泳など）と同様にパフォーマンスにPRMDsなどのリスクを伴うものである。練習時間の長さや反復性の高い活動という面では、野球における投球障害に類似している。投球障害の発生メカニズムは様々な科学的手法による動作解析により明確にされており、障害予防の指導方法も一定の見解がまとまり、各地で予防教室の開催も行われている⁸⁾。この動作解析をもとに運動制御理論や運動学習理論を背景にしたパフォーマンスの向上方法や障害の予防方法は、スポーツ医学でその成果がみられている。その手法を音楽教育に活用することは、効率的で効果的な技能習得が可能となり、PRMDsの予防につながるものと考えられる。

伝統的な音楽教育は、知識や技術を指導者から生徒へ口頭や直接的な音として伝えられる、レッスン室で1対1で行われる徒弟モデルであり、芸術的価値や演奏技能を直接的に受け継いでいく⁹⁾。すなわち、演奏技能の教育は、指導者の個人的な経験に基づき行われており、人の動きの原則を踏まえた生体

力学的解釈を踏まえたものではないと考えられる。また、音楽は作曲家の意図を楽譜から読み取り、音楽家の経験や主観により自由な思想として表現されている。この自由であることが音楽の魅力と解釈できるため、楽器の演奏技能そのものの解析は十分に行われていないと考える。

オーボエはギネス世界記録において世界で最も演奏が難しい木管楽器と認定されている。その奏法はリードを口で挟み音を出すため、運指だけでなく、息遣いや楽器の構え、姿勢など様々な要因が影響する。国内の報告においても身体症状の有症状率は高く、顎、頸部、肩、背部、手首と幅広い身体部位に疼痛症状の報告がある^{1, 4-5)}。しかし、その症状の原因や要因の解明に繋がるような研究報告は乏しかった。一方で鍵盤楽器や弦楽器では姿勢・動作解析が行われており¹⁰⁾、その解析結果から overuse syndrome の発症要因に Hand Span（母指から小指までの長さ）が関係しているとの報告もある¹¹⁾。

本研究は、オーボエ奏者の動作解析を行い、奏法の特徴を知ることで PRMDs の予防や、指導方法のポイントとなる視点を得ることを目的とする。

2. 解析方法

2-1 計測システムの概要

オーボエ奏法の計測を、3次元動作解析装置を用いた計測方法で行った。計測機器は3次元動作解析装置 Vicon MX（Vicon Motion Systems 社）を使用し、赤外線カメラ13台で計測を行った。この計測装置は直径9.5mmの赤外線反射マーカを身体各部に貼付し、複数台の赤外線カメラでマーカ位置を計測することで、身体の動きが計測できるものである。計測空間には天井に8台、床に5台の赤外線カメラを設置した。計測前に計測空間の校正を行い、平均誤差0.6mm以内で赤外線反射マーカの中心位置を計測することができる環境であった。システムの概要を図1に示す。

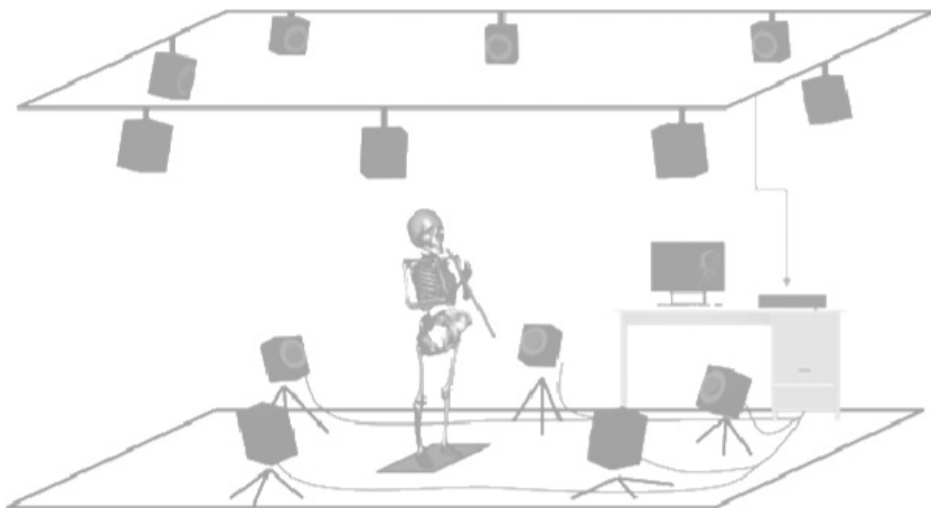


図1 計測システムの概要

計測室内に13台の赤外線カメラを配置した。各カメラはコントロールボックスを介してPCに接続される。

2-2 赤外線反射マーカの貼付位置

本研究ではオーボエ奏法の全体像を把握するために、身体の大きな関節運動が全て把握できるような計測を行った。赤外線反射マーカの貼付位置は Plug in Gait モデル（図2参照）を用い、このモデルにより、上肢、下肢、体幹の各関節運動の計測が可能である。対象者への赤外線反射マーカの貼付は両面テープで行った。

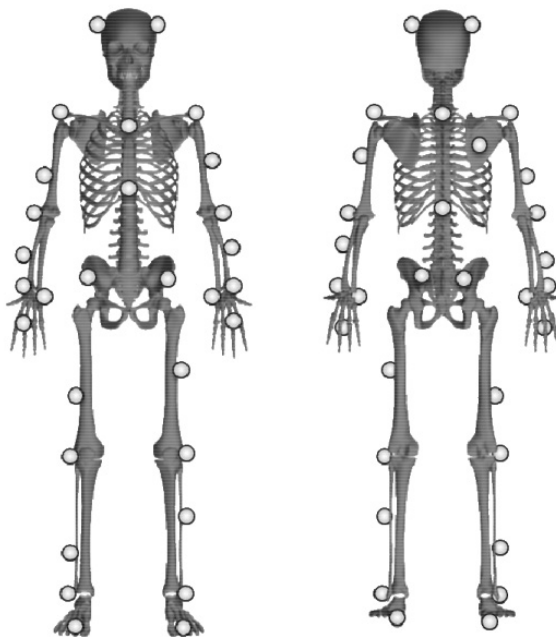


図2 赤外線反射マーカ貼付位置 (Plug in Gait model)

マーカは、頭部4か所、胸骨頸切痕、剣状突起、第7頸椎棘突起、第10胸椎棘突起、右肩甲骨、両肩峰、両上腕、両上腕骨外側上顆、両前腕、両橈骨茎状突起、両尺骨茎状突起、両第3中手骨頭、両上前腸骨棘、両上後腸骨棘、両大腿、両大腿骨外側上顆、両下腿、両外果、両踵骨、両第3中足骨頭の計39か所に貼付した。

2-3 オーボエ奏法の各関節運動の計測

赤外線反射マーカの座標データは、赤外線カメラからサンプリング周波数100HzでPCに取り込まれ、計測解析用ソフトウェアである Nexus2.6.1にて処理を行った。まず、ソフトウェアにより3次元化された各マーカに対してラベリングというそれぞれのマーカがどの身体位置を指しているのかを指定する作業を行った。次に各マーカが計測時間内において消失がないことを確認し、ローパスフィルタ (Butterworth filter, 遮断周波数6Hz) を掛けノイズ除去を行った。そして実行プログラム Plug in Gait Dynamic を実行し身体各関節角度を算出した。

三

2-4 倫理上の配慮

計測を行うにあたり、対象者に対して本研究内容の説明を十分に行い、本人の承諾を得た後、同意書に署名した上で計測を実施した。なお、本研究は、昭和大学保健医療学部人を対象とする研究などに関する倫理審査委員会の承認を得て実施した (承認番号 437)。

2-5 対象者

対象者は音楽大学で管楽器を専攻する男子学生1名で、年齢22歳、身長172cm、体重50kg、オーボエ演奏歴は8年であった。

2-6 計測方法

計測姿勢は立位とし、演奏課題は、ブリテン作曲"オヴィドの詩による6つの変容"よりパン冒頭部分とした。演奏はインターバルを取りながら8試行を行った。また、計測と同時に演奏時の様子をビデオカメラで顔が映らないように撮影し、動作とサウンドの同期を行った。

2-7 統計・解析方法

はじめに8試行を撮影したビデオ動画からサウンドデータを抽出し、専門家による演奏の評価を行った。8試行中で演奏にミスのない3試行を解析対象データとした (図3)。

次にビデオ動画とサウンドから演奏開始 (吹き始め) と演奏終了 (吹き終わり) の時間を判定し、計測データから演奏中のデータの抽出を行った。(図4) さらに抽出した3試行の演奏中データの時間軸を正規化し (図5)、関節運動ごとにその角度変化をグラフ化した (図6)。3試行の再現性、一致度を級内相関係数 (Intraclass correlation coefficient, ICC) から検討した。ICCは複数回の測定により得られた結果の一致度を示す信頼性の指標であり分散分析法をもとにして得られる係数である。ICCの値は0~1の範囲をとり、完全な一致では1となる。Landisらの基準¹²⁾では0.7以上では再現性があるとされているため、本研究の判定基準も0.7以上とした。

統計処理にはSPSS statics Ver.21を使用した。

四

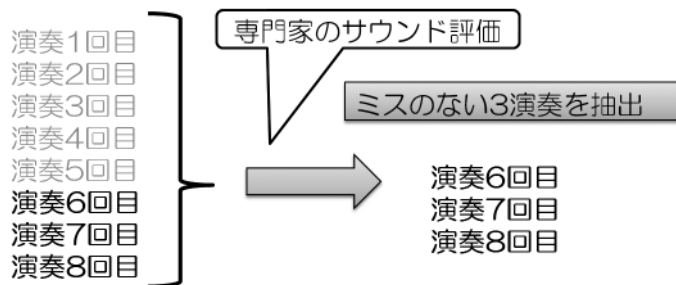


図3 解析対象データの抽出方法

3次元動作解析と同時に行ったビデオ撮影データからサウンドデータのみを抽出し、専門家による評価を行った。演奏の評価は音の擦れ、無音、誤音の有無を総合的に判断し行った。

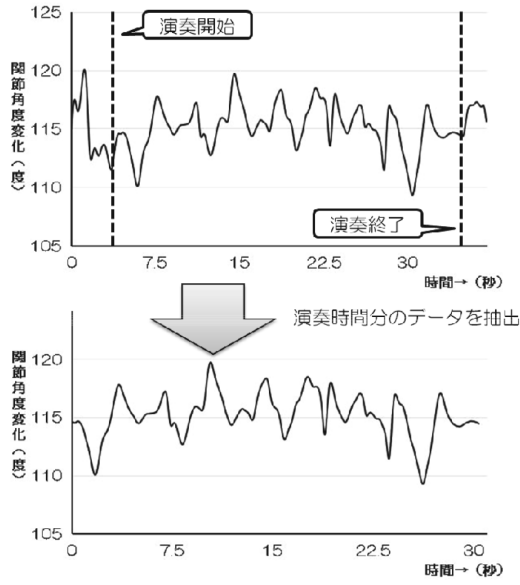


図4 解析データの抽出

各演奏の演奏開始時間と演奏終了時間から対応する関節角度変化のデータを抽出した。

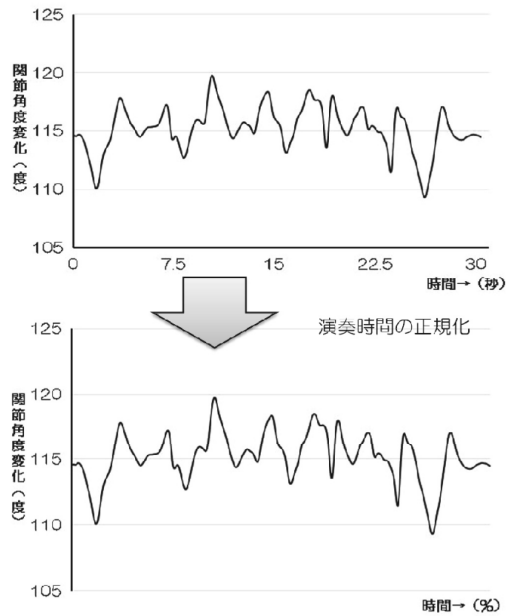


図5 時間軸の正規化

演奏開始時間から演奏終了時間までの総時間が100%となるように正規化を行った。

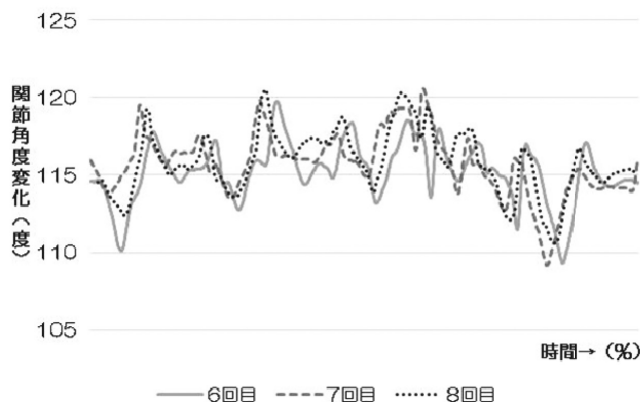


図 6 関節運動のグラフ化

3 演奏分の各関節の関節角度変化のデータをグラフ化し、演奏時の関節運動の比較を行った。

表 1 級内相関係数 ICC (1,3)

関節運動	級内相関係数 ICC (1,3) (95%信頼区間: 下限-上限)	
	右	左
頸部 屈曲/伸展	0.758 (0.731-0.783)	
胸椎 屈曲/伸展	0.69 (0.655-0.722)	
腰椎 屈曲/伸展	0.723 (0.691-0.751)	
骨盤 前傾/後傾	0.472 (0.412-0.526)	
肩関節 屈曲/伸展	0.779 (0.753-0.802)	0.673 (0.636-0.707)
肩関節 外転/内転	0.338 (0.262-0.407)	0.145 (0.48-0.233)
肘関節 屈曲/伸展	0.873 (0.859-0.887)	0.968 (0.965-0.972)
手関節 屈曲/伸展	0.502 (0.445-0.554)	0.759 (0.732-0.784)
手関節 撓屈/尺屈	0.407 (0.260-0.567)	0.830 (0.811-0.848)
股関節 屈曲/伸展	0.438 (0.374-0.495)	0.219 (0.131-0.299)
膝関節 屈曲/伸展	0.620 (0.578-0.659)	0.615 (0.572-0.655)
足関節 底屈/背屈	0.604 (0.559-0.645)	0.553 (0.503-0.599)

表は1名の対象者が3回演奏した時の各関節運動のデータの級内相関係数 ICC (1,3) を示す。上段が級内相関係数、下段の括弧表記は95%信頼区間における下限値と上限値である。

3. 結果

表1に各関節運動の級内相関係数 ICC (1.3) の結果を示す。頸部屈曲/伸展の ICC (1.3) は 0.758 (95% CI : 0.731-0.783)、胸椎屈曲/伸展は 0.69 (95% CI : 0.655-0.722)、腰椎屈曲/伸展は 0.723 (95% CI : 0.691-0.751) であり脊椎運動の再現性は頸椎、腰椎で認めた。肩関節屈曲/伸展の ICC (1.3) は右で 0.779 (95% CI : 0.753-0.802)、左で 0.673 (95% CI : 0.636-0.707)、肘関節屈曲/伸展は右で 0.873 (95% CI : 0.859-0.887)、左で 0.968 (95% CI : 0.965-0.972)、手関節屈曲/伸展は右で 0.502 (95% CI : 0.445-0.554)、左で 0.759 (95% CI : 0.732-0.784) であった。Landis らの基準¹²⁾によると、0.7 以上で再現性があるとしているため、頸部、腰部、肩関節、肘関節、左手関節は再現性のある運動を示した。一方で、肩関節外転/内転の ICC (1.3) は右で 0.338 (95% CI : 0.262-0.407)、左で 0.145 (95% CI : 0.480-0.233)、骨盤前後傾は 0.472 (95% CI : 0.412-0.526)、股関節屈曲/伸展は右で 0.438 (95% CI : 0.374-0.495)、左で 0.219 (95% CI : 0.131-0.299) であり、再現性の低い結果となった。

4. 考察

音楽家は反復性の高い活動を行う特異的な職業である。また、ただ繰り返し動作を行うのではなく、楽曲を正確に演奏するために、そのキー操作は正確であり、高速度でなければならない。このような演奏技術を維持するためには、長時間に及ぶ練習が必要不可欠であり、その結果として筋疲労によるパフォーマンスの低下や、身体の障害 (PRMDs) といった問題が常に存在している。このような状況は Overtraining Syndrome の危険性が高く、高いトレーニング負荷の持続や過密スケジュールなどが原因の慢性疲労状態になりやすいと考える。Overtraining Syndrome はトレーニング負荷による疲労と回復のアンバランスから起こるとされる¹³⁾。トレーニングによる刺激は身体にダメージを与えるが、その後の休息により疲労物質が取り除かれ、エネルギー源が補給され回復していく。刺激が適度であればトレーニング効果が得られる。音楽家において適度な負荷の練習とはどの程度の練習なのか、個別性の要因が強いため明確な判断はされていないが、スポーツ医学の知見では身体症状と精神症状から診断される。精神症状の評価では心理テストの POMS (Profile of Mood State) が補助的に有用とされる。

身体的な負荷については、生体力学的解析を行うことで理解が深まる。Visentin らはヴァイオリン演奏の動作解析で両腕にかかる負荷の量と質を報告している。それは3次元動作解析による関節モーメントと筋電計による筋電図の解析結果から、左腕の静的な負荷に対して右腕の動的な負荷は左腕の約4倍であるというものである。また、静的な負荷については、楽器を保持する左腕は長時間の持続的な筋収縮を行っており、持続的な筋活動が起因となって肩関節の障害を誘発している可能性を示した。さらにこの計測結果をもとに、演奏者の不自然な左腕の動きを情報提供することで、適切な運動に修正することができたと報告している⁹⁾。故に、動作解析の結果は、音楽教育における有用性を含んでいることが推察される。

本研究の対象者は音楽大学で学ぶ学生であり、オーボエ奏法の技術習得は発展途中であると考えられる。頸部の角度、胸腰椎の動きの再現性は、常に一定の呼吸リズムで演奏を行っていたことを裏付けている。

脊椎と胸郭の構造上、脊椎の屈曲方向の動きは呼気に、伸展方向の動きは吸気と連動する。再現性の高い脊柱の動きは、課題曲に対しての息遣いが一定のパターンで行われていたことを示唆している。また、肩関節、肘関節、左手関節の動きも再現性が高い結果となった。これは演奏中に楽器の構え方が変わらなかったことを示す結果と考える。これら演奏中の身体の動きの再現性から、構え方や息遣いにおいては完成度の高い演奏が行っていたと判断する。その一方で左手関節動きの再現性の高さに比べ右手関節は再現性の低い結果が得られた。これはオーボエ奏法の特徴である右手母指 IP 関節での楽器の保持が影響していると推測できる。この楽器の保持は、奏者の能力だけでなく奏者と楽器との適合性、すなわち大きさや重量も併せて検討しなければならない。楽器そのものに対する介入は楽器を異なるものに変えてしまう可能性もあり簡単なことではないが、楽器の質量やホルダーの大きさ、形状など人間工学に基づいた介入も検討すべきであると考え。本研究の対象者においては楽器を保持する補助具を使用することで、より負荷の少ない演奏が可能だと推察される。

本研究で行ったオーボエ奏法の解析では、PMRDs の発生部位として報告されている、頸部、肩関節、脊柱、手関節で高い再現性が確認された。このことはオーボエの奏法も鍵盤楽器や弦楽器と同様に動作の反復性が高いことを意味している。さらに習熟したピアニストは長年の練習により、少ない筋収縮量で長時間、打鍵し続けることができるという¹⁴⁻¹⁵⁾。運動学習理論を背景に考えればオーボエ奏者においても同様に奏法の習熟により少ない筋活動で長時間の演奏が可能となることが考えられる。今回、筋活動電位の計測など生理学的解析を行っていないため推測の域を脱することはないが、反復性の高い動きを適切な筋活動で行うことができれば障害発生に至らず、逆に過剰な筋収縮が伴えば障害発生要因となることが推察される。奏法の指導の際には、反復性の高い運動を行う、頸部、肩関節、肘関節、手関節の筋の状態を練習前後で確認することが必要と考える。奏法は腕や指先を使うものだけでなく、全身運動であることを指導者が理解し、また奏者の身体状況、筋の柔軟性と関節の可動範囲などを把握しながら行う音楽教育が望まれる。

6. 結論

本研究では楽器の奏法についてその動作の再現性を確認することまでしか到達しえなかった。楽器の奏法は体幹から指先までの全ての関節が関与する複雑な動作である。当然、一つの関節運動が阻害されればその歪みは多様に現れるはずである。また良い音を奏でることは、適切な身体使いをすることから産まれる。適切な身体使いとは、余剰な筋活動をせず、各関節運動が連動できることである。演奏指導の際、指導者はサウンドに対する注意と同様の注意を奏者の身体の使い方に向けるべきと考える。同様に奏者についても楽器演奏時の身体運動を学習・教育段階から多面的に理解することが重要であり、このことが音楽家の PRMDs の予防につながるはずである。本研究ではオーボエ奏者の有症状部位と演奏時の関節運動の再現性の高い部位が一致する可能性を示すことができた。しかし、楽器奏法については、生体力学的負荷や筋活動電位による筋疲労の程度など確認すべき内容が多く存在する。今後はこれら多様な解析方法も含め、より詳細な奏法の解析を行うことで音楽家の PRMDs の予防に寄与できるものとする。様々な科学的的手法により奏法をより詳細に解析し、多様な専門家により調査研究が行われ

ば、スポーツ医学と同様に障害の予防の観点からより高いパフォーマンスの獲得、さらに音楽教育の新しいモデルの開発まで可能と考える。

7. 研究体制

研究代表者（辻功）は、本研究の計画立案を行い、被験者の確保、説明と同意および同意書の取得、サウンド評価、個人情報のとりにまとめと保管、データの分析、論文の作成を担当した。研究分担者（仲保徹）は、研究計画立案の補助、倫理審査委員会への申請、実験計測の実施、データの取りまとめ、データの分析の補助、論文作成の補助を担当した。研究分担者（三邊武幸）は研究計画立案と見直し、データ分析の補助、論文作成の補助を担当した。

注

- 1) 根本孝一、有野浩司、富士川恭輔 2004 「音楽家に発生する医学的問題：職業医学的観点からの検討」『日本医事新報』 4126 29-32
- 2) Zaza, C 1998 「Playing-related musculoskeletal disorders in musicians: a systematic review of incidence and prevalence.」『Canadian medical association journal』 158 (8) 1019-1025
- 3) 松本秀男 2016 「スポーツ・運動療法は患者治療にどこまで有効か スポーツによる疾患」『成人病と生活習慣病』 46 (6) 676-680
- 4) 尼子雅敏、根本孝一、有野浩司 2015 「音楽家の手・上肢障害」『芸術と痛み』 6 (2) 22-26
- 5) 金塚 彩、鈴木崇根、岩瀬真紀 他 2015 「音楽家の筋骨格系問題についてのアンケート調査と検診の報告」『日本手外科学会雑誌』 32 (3) 352-355
- 6) Chan C., Ackermann B. 2014 「Evidence-informed physical therapy management of performance-related musculoskeletal disorders in musicians.」『Frontiers in Psychology』 5 706-720
- 7) Shafer-Crane GA. 2006 「Repetitive Stress and Strain Injuries : Preventive Exercises for the Musician」『Physical Medicine & Rehabilitation Clinics of North America』 17 827-842
- 8) 筒井廣明、山口光圀 2004 『投球障害肩 こう診てこう治せ』 メジカルビュー
- 9) Peter V., Gongbing S., Edwin BW. 2008 「Informing music teaching and learning using movement analysis technology1」『International Journal of Music Education』 26 (1) 73-87
- 10) Cheryl DM., Thomas AL., Jennifer LS. et al 2014 「Complex hand dexterity: a review of biomechanical methods for measuring musical performance」『Frontiers in Psychology』 5 414-426
- 11) Arons JA. 2006 「Hand span and digital motion on the keyboard: concerns of overuse syndrome in musicians.」『Journal of Hand Surgery』 31 (9) 830-835
- 12) Landis JR., Koch GG. 1977 「The measurement of observer agreement for categorical data.」『Biometrics』 33 159-174
- 13) 川原貴 2006 「オーバートレーニング症候群の予防」『臨床スポーツ医学』 23 (8) 919-924
- 14) Furuya S, Kinoshita H. 2008 「Expertise-dependent modulation of muscular and non-muscular torques in multi-joint arm movements during piano keystroke.」『Neuroscience』 156 (2) 390-402
- 15) Penn IW, Chuang TY, Chan RC, Hsu TC. 1999 「EMG power spectrum analysis of first dorsal interosseous muscle in pianists.」『Medicine & Science in Sports & Exercise』 31 (12) 1834-1838

