

論 文 要 旨

Pain intensity during the first 7 days following the application of light and heavy continuous forces

〔 弱い持続的矯正力と強い持続的矯正力を付加した
7 日間の痛みの強さ 〕

上 村 裕 希

【序論および目的】

歯科矯正治療における歯の移動に際して、95%の患者が痛みを訴えると報告されている。このため、痛みに対する不安が、患者に歯科矯正治療を躊躇させる要因の一つとされている。このような治療中の痛みを軽減する手段として、弱い矯正力による歯の移動が試みられている。しかし、ヒトにおける矯正力の大きさと痛みの強さとの関連についてはこれまで歯科矯正治療中の実際の患者において検討されてきたが、痛み閾値の個人差や咬合干渉により、弱い持続的矯正力と強い持続的矯正力を付加したときの痛みの差については明らかにされていない。一方、矯正臨床では従来 20 cN~200 cN の矯正力が用いられているが、20 cN の矯正力による歯の移動の報告は少ない。そこで本研究ではまず、歯が 20 cN の弱い矯正力で動くことを検証した。次に、咬合干渉を可及的に生じないような条件下で 20 cN の弱い矯正力と 200 cN の強い矯正力を片側ずつ付加して同一個人内の痛みを比較し、弱い持続的矯正力と強い持続的矯正力を付加した 7 日間の痛みの強さを検討した。

【対象と方法】

実験①：歯が 20 cN の弱い矯正力で動くことの検証

対象は、鹿児島大学病院矯正歯科に通院中で、歯科矯正治療のために第一小臼歯の抜去、続いて犬歯の遠心移動を予定した 15~20 歳の患者 6 名の犬歯 8 本である。

犬歯の遠心移動は、犬歯から第一大臼歯に特製の超弾性クローズドコイルスプリング(Tomy International, Tokyo, Japan)を用いて行った。20 cN の持続的な矯正力を付加するため、スプリングの伸びが常に 1.7 mm になるように調整した。歯の移動距離の計測は、2 週間隔で 10 週間、手製の計測用ジグと 0.01 mm 単位のデジタルノギスを用いて行った。

実験②：弱い持続的矯正力と強い持続的矯正力を付加した 7 日間の痛みの強さの検討

対象は、正常咬合を呈する健康な成人男性で、臨床研究に関する倫理指針に基づき説明を行い、同意の得られたボランティア 12 名である。年齢は 24~31 歳であった。喪失歯、矯正治療の経験、側方歯部開咬、重度の歯周病やう蝕、および片側咀嚼癖のある者は除外した。

咬合干渉の影響を除くため、犬歯から第二大臼歯を 0.7 mm ステンレスワイヤーにて口蓋側面でレジン固定した。バイパスワイヤーを第一小臼歯と第一大臼歯に装着し、上顎第二小臼歯に装着したリングボタンの間に、20 cN または 200 cN の矯正力を付加するための超弾性クローズドコイルスプリングを調整して用い、それぞれ弱い矯正力群、強い矯正力群とした。一側の上顎第二小臼歯に 20 cN あるいは 200 cN の矯正力を 7 日間付加し、1 週間後、他側に 200 cN あるいは 20 cN の矯正力を 7 日間付加した。2 種類の矯正力は左右でランダムに振り分け、対象者および評価者には知らせなかった。痛みは、自発痛と咬合痛の強さを矯正力の付加直後から 2~4 時間おきに 7 日間、100 mm の visual analogue scale

(VAS)に記入させて記録した。また、第一小臼歯と第一大臼歯の痛み閾値を、テンションゲージで20 Nまで力を加える際に痛みを訴える力の大きさとして調べた。また咬合干渉の有無を調べるため、咬合紙を咬ませて早期接触の診査を行った。

統計解析について、矯正力の付加直後と各経過時間後における VAS 値の変化および、弱い矯正力群と強い矯正力群の VAS 値を比較するために、ウィルコクソンの符号付順位和検定を行った。

【結果】

実験①

対象 8 本の歯は全て移動し、10 週間での平均移動量は 2.4 mm であった。

実験②

第一小臼歯と第一大臼歯における痛み閾値は、どの時期においても 20 N 以上であった。実験期間を通して、咬合干渉は認めなかった。

矯正力の付加直後と各経過時間後における VAS 値の変化では、自発痛の VAS 値は、両群の全ての経過時間後で、矯正力付加直後と比べて有意の差がなかった。咬合痛の VAS 値は、弱い矯正力群では付加直後と比べて全ての時間帯で有意の差がなかった。しかし、強い矯正力群では、矯正力付加後 6~156 時間で付加直後と比べて咬合痛の VAS 値は有意に大きかった。

弱い矯正力群と強い矯正力群の比較では、すべての時間帯における自発痛および 0~6 時間と 104 時間目以降における咬合痛の VAS 値には、両群で有意の差がなかった。しかし、8 ~100 時間目の咬合痛の VAS 値は、強い矯正力群で、弱い矯正力群と比べて有意に大きかった。

【考察】

犬歯を効果的に移動させるための最適矯正力は、臨床的に 100 ~200 cN と報告されている (Jarabak and Fizzel 1972)。最近、20 cN で歯が動くことを示した報告がある (Daskalogiannakis and McLachlan, 1996; Iwasaki 2000) が、20 cN の矯正力が生物学的活性を有するかどうか検証する必要があるがあった。実験②の対象はボランティアであったため、付加逆的な変化、すなわち歯が動くような変化は倫理的に認められなかった。したがって、まず実験①で 20 cN の矯正力で歯が動くことを検証し、同じ矯正力を実験②の弱い矯正力として用いた。実験①の結果から、20 cN の矯正力が生物学的活性を持つことは明らかだった。

咬合干渉は、歯科矯正治療における歯の痛みの増強因子としてすでに報告されている (Simmons and Brandt, 1992)。そこで、本研究では咬合干渉を防ぐ目的で、固定源となる第一小臼歯と第一大臼歯が突出しないよう、それぞれの隣在歯とワイヤーで固定した。その結果、咬合紙による診査で咬合干渉は認めなかった。また、第一小臼歯と第一大臼歯の痛み閾値は、実験期間のどの時期においても変化しなかった。したがって、本研究で認められた咬合痛は第二小臼歯に付加した矯正力のみによって起こったと考えられた。従来、ヒトにおいて矯正力の大きさと痛みの関係に差がなかったのは、咬合干渉と痛みの個人差の影響によるものと考えられ、本研究において矯正力付加後 8~100 時間の痛みで、強い矯正力付加後のほうが弱い矯正力付加後と比べて大きいことが示された。

【結論】

1. 歯は 20 cN の矯正力で動くことが確認された。
2. 20 cN の弱い矯正力を付加しているときの痛みには、自発痛、咬合痛共に、矯正力付加直後とすべての経過時間後で差はなかった。
3. 200 cN の強い矯正力を付加しているときの咬合痛は、矯正力付加直後と比べて 6 時間目から 156 時間までの間で有意に大きかった。
4. 強い矯正力を付加しているときの咬合痛は、弱い矯正力を付加しているときに比べて、矯正力付加開始後およそ 8 時間目から 5 日目までの間で有意に大きかった。

論文審査の要旨

報告番号	総研第 46 号	学位申請者	上村 裕希
審査委員	主査	梶山 加綱	学位
	副査	杉原 一正	副査
	副査	乾 明夫	副査
			博士 (歯学)
			原田 秀逸
			田松 裕一

**Pain intensity during the first 7 days following the application of
light and heavy continuous forces**

(弱い持続的矯正力と強い持続的矯正力を付加した7日間の痛みの強さ)

歯科矯正治療時における歯の移動で患者は様々な痛みや不快感を訴えることが知られている。このため、痛みに対する不安が患者に歯科矯正治療を躊躇させる要因の一つとされている。歯科矯正臨床においては、様々な強さの矯正力が用いられているが、20 cNの矯正力による歯の移動の報告は少なく、さらに、歯科矯正治療中に生じる咬合干渉や痛み閾値の個人差などにより、弱い持続的矯正力と強い持続的矯正力を加えた時の痛みの差については、まだ明らかにされていない。そこで本研究では、まず、20 cNの弱い矯正力で歯が動くことを検証し、次に咬合干渉や痛み閾値の個人差を可能な限り排除した後、弱い持続的矯正力と強い持続的矯正力を加えた直後の7日間の痛み（自発痛・咬合痛）の強さを検討した。

その結果、以下の知見が明らかにされた。

1. 20 cNの矯正力で8本の犬歯は全て移動し、10週間での平均移動距離は2.4 mmであった。
2. 自発痛に関しては、弱い矯正力と強い矯正力のいずれにおいても、全ての時間帯において有意の差を認めなかった。
3. 咬合痛に関しては、弱い矯正力を加えた場合、全ての時間帯で有意の差を認めなかった。しかし、強い矯正力を加えた場合では、矯正力を加えた後の6~156時間において、その直後と比較して有意に大きかった。
4. 全ての時間帯における自発痛ならびに0~6時間と104時間目以降における咬合痛に関して、弱い矯正力と強い矯正力の間に有意の差を認めなかった。
5. 強い矯正力を加えた後の8~100時間目の咬合痛は、弱い矯正力を加えた場合と比べて有意に大きかった。

本研究は、咬合干渉や痛み閾値の個人差などにより、これまでヒトにおいて明らかにされていなかった弱い持続的矯正力と強い持続的矯正力を加えたときの7日間の痛みの強さについて明らかにした。歯科矯正臨床において、痛みを起こさないで最も効果的な歯の移動を行うための最適矯正力はまだ明らかにされておらず、今後さらなる研究によって痛みのない歯科矯正治療を可能にすることが期待される。よって、本研究は学位論文として十分な価値を有するものと判定した。

最終試験の結果の要旨

報告番号	総研第 46 号	学位申請者	上村 裕希
審査委員	主査	梶山 加綱	学位
	副査	杉原 一正	副査
	副査	乾 明夫	副査
			博士 (歯学)
			原田 秀逸
			田松 裕一

主査および副査の5名は、平成20年9月10日、学位申請者上村裕希君に面接し、学位申請論文の内容について説明を求めると共に、関連事項について試問を行った。具体的には、以下のような質疑応答がなされ、いずれについても満足すべき回答を得ることができた。

質問1) 過去に20 cNで動くという報告があるのに、もう一度確認実験をしたのはなぜでしょうか？

(回答1) これまで臨床的には、最適矯正力は100~200 cNであると考えられてきました。20 cNの矯正力で歯が効果的に動かせると報告した論文は、わずか2編です。歯科矯正治療による痛みを和らげるために、これまで可能な限り弱い力を用いる試みがなされています。従って今回、20 cNの矯正力で歯が効果的に動かせることを検証する必要がありました。

質問2) 20 cNと200 cNの矯正力に対する歯の動きに関して、どの位差があるのかということを検討してもよかったですのではないのでしょうか？

(回答2) その通りだと考えられます。ただ、今回の研究の目的は20 cNの矯正力により歯を動かすことができるかどうかを調べることでした。また、強すぎる矯正力は歯根膜に硝子様変性を起こし、組織の損傷を起こさない弱い矯正力よりも、歯の動きが悪くなるという報告はすでにあります。

質問3) 一般的に矯正臨床では100~200 cNの矯正力で歯を動かしているとのことですが、20cNの矯正力で歯が動くことが示されているのなら、なぜ臨床ではその矯正力を使用しないのでしょうか？

(回答3) 今回の実験では、20 cNの矯正力で歯が効果的に動くことが明らかにされました。日常の矯正臨床において歯を動かす際に起こる咬合干渉や、ブラケットスロット間の摩擦等があるため、実際はより強い力を必要とします。従って、一般的にはまだ20 cNより強い矯正力を用いて歯を動かしています。しかし最近、摩擦の少ない新たなブラケットが開発されており、今後は、より弱い矯正力で歯を動かすことが期待されています。

質問4) 20~200 cNの間で、どのくらいの矯正力で痛みがなくかつ効果的に歯を動かすことができるのでしょうか？

(回答4) 歯を動かすための最適矯正力は、組織の損傷を起こさないような最小の力で最大限に動かすことができる矯正力と定義されています。現在、ヒトにおいて、最適矯正力がどの位であるかは明らかにされていません。ラット臼歯の傾斜移動において変性組織が生じる力の境界は1.6 gと4.0 gの間にあるものと考えられ、この力はヒト上顎犬歯の歯根表面積から推測すると約18g~44gに相当します。したがって、この間で、痛みがなくかつ効果的に動かす最適矯正力があると考えられます。

質問5) 10週間で2.4 mm移動という結果は効果的な歯の移動といえるのでしょうか？

(回答5) 一般的には、1か月で1.0 mmの歯の移動が理想的であるとの報告があり、今回の実験結果では、それと同じ結果を得ることができました。従って、十分効果的であったと考えられます。

質問6) 今回、20 cNと200 cNの矯正力を用いて比較していますが、50 cNや100 cNの矯正力も調べたほうがよかったですのではないのでしょうか？

(回答6) その通りだと考えます。ただし、実験期間中に咬合干渉を起こさないようにするためには、同一顎内で比較することが必要でした。また、被験者1名からデータを得るのに最大2歯までしか使うことができませんでした。従って、考えられる一番弱い力(20 cN)と強い力(200 cN)を用いました。

質問 7) 痛みの評価に VAS を用いて、矯正力を加えたときの自発痛と咬合痛を調べていますが、両者の痛みの発生メカニズムについて説明してください。

(回答 7) 矯正力を加えたときの痛みの原因として炎症などの組織損傷と神経損傷によるものがあります。歯根膜組織に軽度の炎症が起こり、種々の起炎物質が遊離されるものと考えられます。自発痛は、この炎症による痛みと考えられます。一方、矯正力により神経終末の分布がわずかに変化し、軽度の神経損傷の状態に陥ると考えられています。咬合痛は、歯根膜の神経線維の感受性が高まった一種の機械刺激性異痛症による結果と考えられています。

質問 8) VAS は主観的評価ですが、客観的評価はできなかったのでしょうか？

(回答 8) 客観的評価を出来ればさらによかったと考えられます。しかし、ヒトにおいて歯根膜の痛みを客観的に評価するための方法は殆どなく、技術的に困難です。今後の課題として、痛みの客観的評価を行う実験ができるようにすることが必要だと考えられます。

質問 9) 咬合干渉についても客観的評価ができたのではなかったのでしょうか？

(回答 9) そのとおりです。ME 機器等を用いて客観的評価を行えば、さらに良かったかもしれません。

質問 10) 痛みの閾値測定はどのようにして行ったのですか？

(回答 10) テンションゲージを用いて、歯の歯冠側から歯根に向って、最大 20N の圧力をゆっくり加えて行いました。

質問 11) 20 cN の矯正力を一定に保つためには具体的にどのようにしたのでしょうか？

(回答 11) 被験者に通常より短い間隔の 2 週間ごとに来院させ、確認しながら行いました。そしてバネの伸びが常に 1.7 mm になるように結紮線等を用いて調整を行いました。

質問 12) 実験①と②で移動方向が違いますが、痛みが変わってくるのではないのでしょうか？

(回答 12) 実験②では成人男性ボランティアに参加してもらいました。従って、不可逆的な組織変化は許されませんでした。しかし、20cN の矯正力で歯を動かせることを示す必要がありました。歯が動くことを検証するためには、組織の不可逆的な変化を起こす必要があります。また、痛みを評価するために同一顎内で行う必要がありました。その方法としては圧下移動が適当であると考えられます。一歯だけの選択的な圧下移動が必要な症例はあまりなく、同じような実験を行うことは困難でした。そこで、実験①で犬歯の歯体移動を行い、20cN の力で歯が動くことを検証しました。同じ距離の歯冠を移動させようとした場合、歯体移動に比べて圧下や傾斜移動のほうが矯正力による圧迫や牽引を受ける歯根膜の範囲が小さいことから、歯体移動のほうがより強い矯正力を必要とします。従って、実験②の 20 cN の矯正力で痛みが起らなかったのも、実験①でも痛みは起らなかったと考えられます。

質問 13) Table 1 で 200cN の矯正力を使用したときに組織の損傷があるはずなのに、痛みが"0"の被験者がいるのは、おかしいのではないのでしょうか？

(回答 13) 国際疼痛学会では、痛みを「組織の実質的あるいは潜在的な損傷と関連した、あるいはこのような障害と関連して述べられる不快な感覚的、情動的体験」と定義しています。200 cN の矯正力を用いて VAS に"0"を記入した被験者でも、今回の論文には示していませんが、アンケートに対して普段よりも「肩こりがある」と答えていました。従って、不快な感覚として痛みを認識していた可能性がありました。

質問 14) VAS 値について、Table 1 の Heavy force 群と Figure 3 のグラフについて説明してください。

(回答 14) 今回、一対の標本によるノンパラメトリック検定を行いました。従って、グラフには中央値 (Median) を表示しました。

質問 15) 今後の展望について教えてください。

(回答 15) 歯科矯正臨床において、最適矯正力はまだ明らかにされていません。組織の損傷を起こさずに、最大の移動量を得るための最適矯正力を明らかにし、全く痛みのない歯科矯正治療を確立することが望まれます。

以上の結果から、5名の審査委員は申請者が大学院博士課程修了者としての学力・識見を有しているものと認め、博士(歯学)の学位を与えるに足る資格を有するものと認定した。