

〔原著〕

骨格性 I 級不正咬合の抜歯非抜歯ボーダーライン症例における治療前後の比較

山田 隆介, 中尾 友也, 飯嶋 雅弘

北海道医療大学歯学部 口腔構造・機能発育学系 歯科矯正学分野

Comparative evaluation of extraction or non-extraction treatment in skeletal Class I malocclusion borderline cases

Ryusuke YAMADA, Yuya NAKAO, Masahiro IJIMA

Key words : borderline case, Class I, extraction, non-extraction

Abstract

Objective : In skeletal Class I cases with moderate crowding (borderline cases), extraction and non-extraction treatments have long been discussed. The aim of this study was to make pre- and post-treatment comparisons in extraction and non-extraction borderline patients who were diagnosed with skeletal Class I malocclusions. **Methods :** In total, 438 patients diagnosed with skeletal Class I malocclusion were included in this study. Konstantonis analysis was used to identify extraction or non-extraction borderline cases among these patients, and 26 borderline cases (13 extraction and 13 non-extraction patients) were finally selected for analysis. In addition, cephalometric analysis and model analysis were performed on these cases. The model analysis was assessed by the American Board of Orthodontics-Objective Grading System (ABO-OGS) using plaster study

models. **Results :** Cephalometric analysis at post-treatment showed that the values of FMA, U1-SN, Ls-E-plane, LL-E-plane, and LL-Sn-Pg' line in the non-extraction group were significantly larger than those in the extraction group. The values of FMIA and overbite in the non-extraction group were significantly smaller than those in the extraction group. Extraction treatment led to significant soft tissue changes which resulted in upper and lower lip position and thickness changes. There was no significant difference between the non-extraction and extraction groups in the ABO-OGS comparison. **Conclusions :** These results suggest that extraction decisions in borderline cases do not influence the patient occlusion, but slightly influences the vertical dimension and facial profile.

緒 言

矯正歯科治療における抜歯の選択基準には、歯と顎骨の大きさの不調和、顎骨の前後的位置、および垂直的位置の不正、上下顎中切歯の唇側傾斜、上下唇の突出などが挙げられる。Jacksonらは矯正歯科治療における抜歯の理由を以下のように述べている。“著しい叢生がある状態で、残りの歯を排列するために必要なスペースを確保するため”、“上下顎前突の解消、あるいは上下顎骨の前後的位置の不正を歯系でカムフラージュできるように歯を移動するため”としている (Jackson et al., 2017)。このように、歯もしくは顎骨において明らかな不調和が存在

する場合、矯正歯科治療では抜歯が選択される可能性が高い。しかし、日常臨床では、上下顎骨の前後的位置の問題がなく、叢生や上下顎前突の程度が中等度の症例が存在する。このような症例では明らかな不調和が存在しないことから、抜歯・非抜歯の判断に苦慮することも少なくない。われわれ矯正歯科医は、抜歯および非抜歯の明確な適応基準に準じて患者を評価し、その結果を患者に提示して適切な治療方針が選択される必要がある。しかし、現在のところ抜歯・非抜歯の明確な選択基準が示されているとは言い難く、治療法の選択が治療結果にどのような影響を与えるかも不明な点が多い。

そこで本研究では、日本人の骨格性 I 級抜歯・非抜歯

ボーダーライン症例の矯正歯科治療において、抜歯または非抜歯の選択が治療結果にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。

方 法

1. 研究対象の抽出

北海道医療大学病院、および北海道医療大学歯科クリニックの矯正歯科を受診した総患者数4041名から全顎的なマルチブラケット装置により矯正歯科治療を実施した患者1533名を対象とした。次に、セファロ分析を施行し、ANB角が 2.94 ± 1.52 度の範囲内を骨格性 I 級と診断し、438名を抽出した(小笠原ら, 1989)。さらにKonstantonisの抜歯・非抜歯ボーダーライン症例の条件(表1)を利用し(Konstantonis, 2012)、ボーダーライン症例を抽出した。その結果、抜歯群13名、非抜歯群13名であった。サンプルサイズの決定には統計ソフトウェア(G power 3.1.9.2, hhu)を使用し、検定力: 0.8, 効果量: 0.5, 有意水準: 0.05に設定した。なお、本研究では性差を考慮しないという目的で対象を女性のみに限定した。また、初診時に顎顔面形成異常を伴う症候群や先天異常、顎顔面における外傷の既往のある症例、矯正治療の既往を伴う症例は除外した。

本研究は北海道医療大学の倫理審査の承認のもとに行った(承認番号: 207)。

2. 研究方法

1) セファロ分析による骨格系, 歯系, および軟組織の分析

抜歯群, 非抜歯群の初診時と動的治療終了時についてセファロ分析を行い, 骨格系, 歯系の8項目(図1), および軟組織の11項目(図1, 2)について評価した。OverjetとOverbiteに関しては, 平行模型から測定した。

2) 平行模型による模型分析

抜歯群, 非抜歯群の初診時と動的治療終了時の平行模型とパノラマエックス線写真を使用し, The American Board of Orthodontics Objective Grading System (以下,

ABO-OGS)に従って8項目(図3)について咬合の評価を行った。

3) 測定誤差

本研究におけるセファロ分析と模型分析の測定誤差を検討するために26名の資料から5名分の側面頭部エックス線規格写真と平行模型を無作為に抽出した。計測は同一計測者が行い, 最初の計測から2週間以上間隔をあげて2回測定し, Dahlberg's formula ($EM = \sum d / 2n$)より計測者内での再現性を算出し, 距離計測と角度計測の精度について検討した(Dahlberg, 1940)。

4) 統計処理

統計処理ソフト(SPSS 23.0, IBM, Armonk, NY)を用い, セファロ分析および模型分析について, Kolmogorov-Smirnov testにより量的変数の正規性を確認したのち, Student-t testを行った。なお, 有意水準は5%で判定した。

結 果

1. 初診時の非抜歯群と抜歯群の比較

1) 初診時のセファロ分析における非抜歯群と抜歯群の比較検討

非抜歯群と抜歯群における初診時の模型分析の結果を

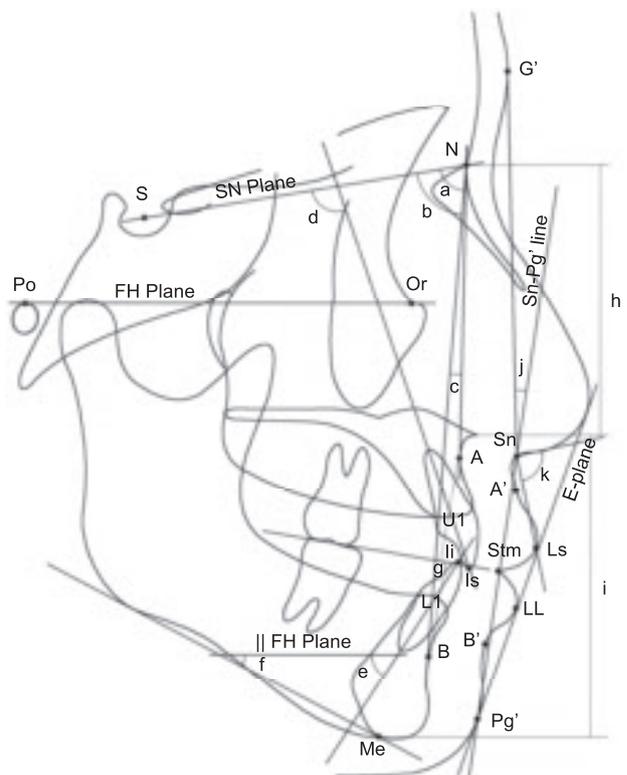


図1 セファロ分析の点と線
骨格系: a: SNA, b: SNB, c: ANB, d: U1-SN, e: FMIA, f: FMA, g: WITS, h/i: ALFH/AUFH
軟組織: j: G'-Sn-Pg', k: Nasolabial angle

表1 Konstantonisの抜歯・非抜歯ボーダーライン症例の条件

	非抜歯群 (N=32)		抜歯群 (N=30)	
	Mean	SD	Mean	SD
Lower tooth A.L.D. (mm)	-3.20	1.81	-3.78	2.06
LL to E-plane (mm)	-1.20	2.61	-0.72	2.83
FMIA (°)	63.39	5.64	61.18	4.13

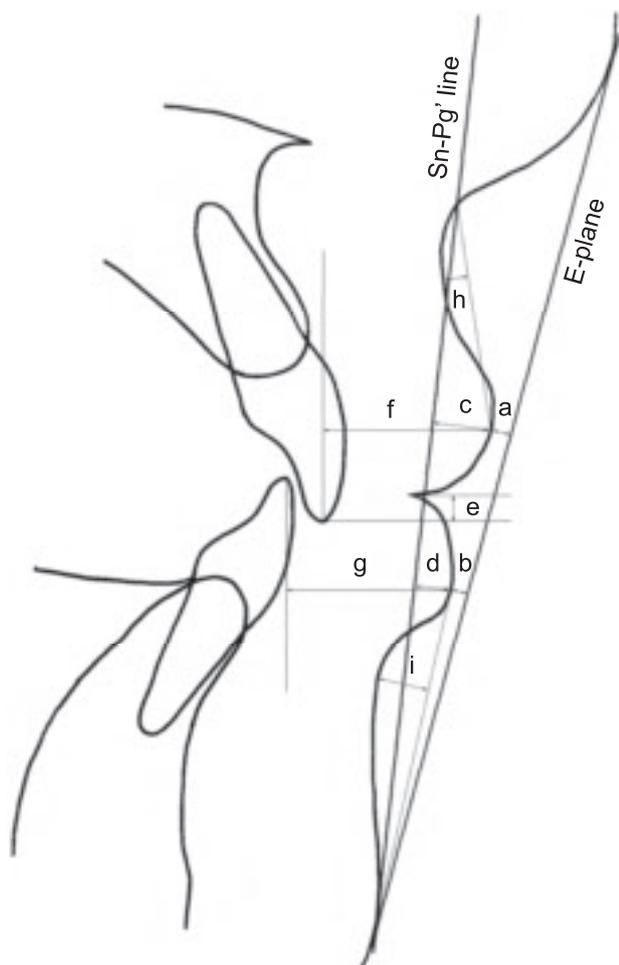


図2 セファロ分析の点と線 (軟組織)

a: Ls-E-plane, b: LL-E-plane, c: Ls-Sn-Pg' line, d: LL-Sn-Pg' line, e: Is-Stm, f: Is-Ls, g: Ii-LL, h: Maxillary, sulcus-Sn-Ls, i: Mandibular, sulcus-LL-Pg'

表2に示す。骨格系では、すべての項目において有意差は認められなかった。軟組織における分析でも、多くの項目で非抜歯群と抜歯群との間で有意差は認められなかったが、Is-Lsにおいて有意差を認めた ($P=0.006$) (表2)。

2) 初診時の平行模型による模型分析における非抜歯群と抜歯群の比較検討

非抜歯群と抜歯群における初診時の模型分析の結果を表3に示す。すべての項目において有意差は認められなかった。

2. 動的治療終了時の非抜歯群と抜歯群の比較

1) 動的治療終了時のセファロ分析における非抜歯群と抜歯群の比較検討

骨格系の計測項目において、ANB角は非抜歯群で 3.34° 、抜歯群で 3.10° と有意差は認められなかった。一方、FMAは非抜歯群で 28.34° 、抜歯群で 25.35° と、非

抜歯群が有意に大きかった ($P=0.045$)。歯系の計測項目において、U1-SNは、非抜歯群で 107.44° 、抜歯群で 98.26° と非抜歯群が有意に大きかった ($P=0.000$)。FMIAは、非抜歯群で 55.03° 、抜歯群で 61.89° と非抜歯群が有意に小さかった ($P=0.002$) (表4)。軟組織の計測項目において、Ls-E-planeは、非抜歯群で -0.52 mm、抜歯群で -2.22 mmと、非抜歯群が有意に大きかった ($P=0.029$)。LL-E-planeは、非抜歯群で 0.92 mm、抜歯群で -1.68 mmと、非抜歯群が有意に大きかった ($P=0.000$) (表4)。LL-Sn-Pg' lineは、非抜歯群で 4.90 mm、抜歯群で 2.65 mmであり、非抜歯群が有意に大きかった ($P=0.000$) (表4)。

2) 動的治療終了時の平行模型による模型分析における非抜歯群と抜歯群の比較検討

非抜歯群と抜歯群における動的治療終了時の模型分析の結果を表5に示す。すべての項目において有意差は認められなかった。

3. 測定精度について

セファロ分析、および模型分析における反復測定誤差の標準偏差値を表6、7に示す。セファロ分析におけるDahlbergの式によるランダム・エラーは、距離計測で 0.39 mm以内、角度計測で 0.57° 以内であった。

考 察

1. 研究手法について

1) 治療前後の評価について

骨格性I級抜歯・非抜歯ボーダーライン症例は、抜歯・非抜歯の選択が等しく影響を受けやすい (Yashwant et al., 2016)。したがって、咬合の安定性、顔貌、歯列弓の特徴および顎顔面複合体に及ぼす影響などの様々な側面を考慮して抜歯・非抜歯ボーダーライン症例の治療選択を行う必要がある。そして、それに基づいた治療結果の評価は、定量的でなければならない (Vaidya et al., 2018)。本研究では、治療前後の咬合の安定性、側貌形態、および顎顔面複合体に及ぼす影響を定量的に評価するため、セファロ分析と模型分析を行った。特に模型分析においては、客観的に咬合を評価するために、アメリカ矯正歯科学会認定医試験で採用されている模型評価システムABO-OGSを用いて分析を行った。

2) 抜歯・非抜歯ボーダーライン症例の条件

骨格性I級抜歯・非抜歯ボーダーライン症例の条件について統一された明確な基準は存在しない。骨格性I級抜歯・非抜歯ボーダーライン症例の条件の決定には、過去の文献を参考に行う場合と段階的判別分析 (Beit et

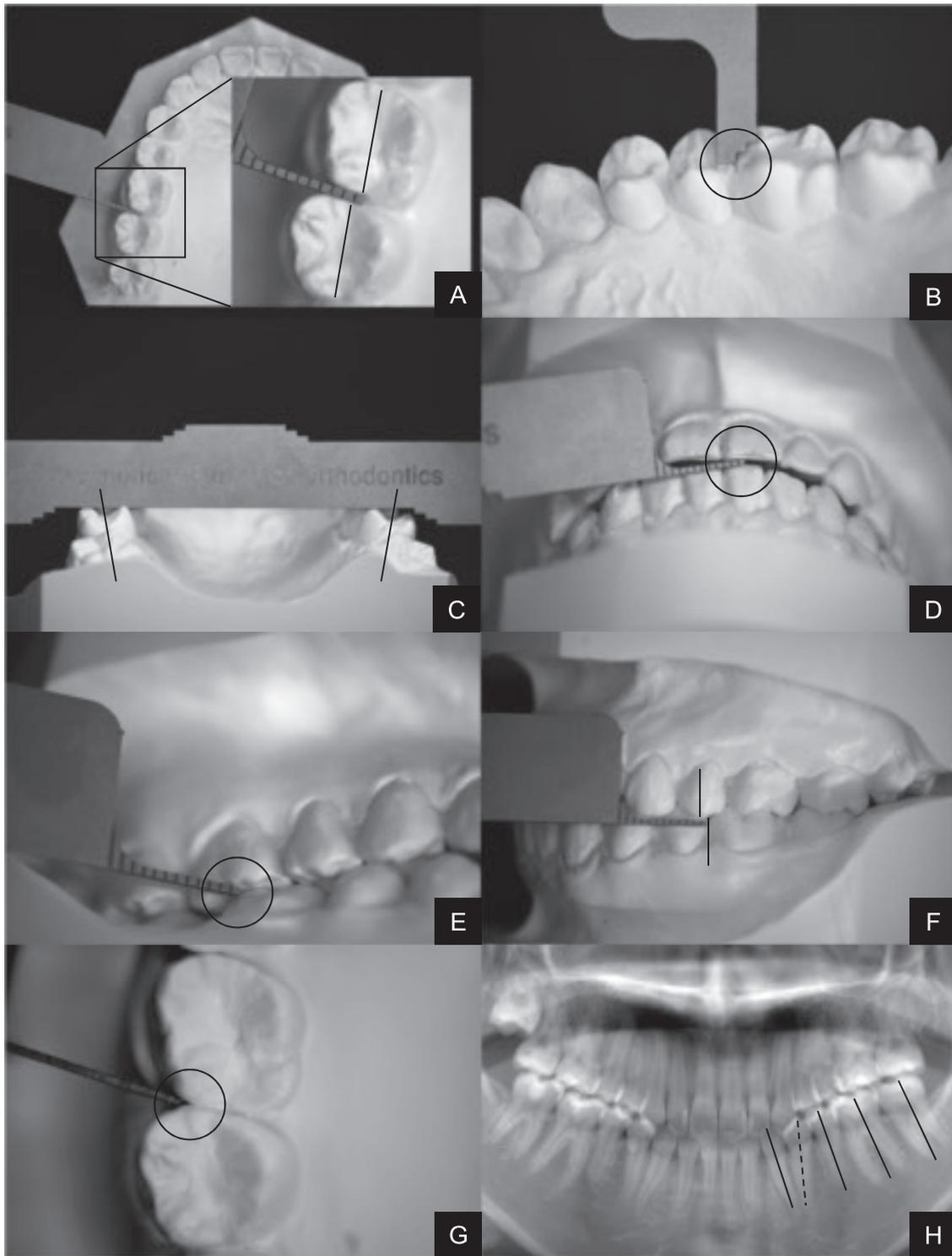


図3 模型分析：The American Board of Orthodontics Objective Grading System

A : Alignment, B : Marginal ridges, C : Buccolingual inclination, D : Overjet, E : Occlusal contacts, F : Occlusal relationships, G : Interproximal contacts, H : Root angulation

al., 2017 ; Herzog et al., 2017 ; Konstantonis, 2012 ; Konstantonis et al., 2013 ; Yashwant et al., 2016) により行う場合がある。過去の文献で示されている条件の決定は以下のとおりである。

(1) Proffitによれば、骨格性 I 級の叢生において、5

– 9 mmのArch Length Discrepancy (以下, A.L.D.) がある場合 (Proffit, 2004)。

(2) 5 – 9 mmのOverjetおよび6 mm以上のA.L.D.を有する場合 (Kirschneck et al., 2016)。

(3) 北京大学矯正歯科学分野の5名の矯正歯科医が、

表2 初診時の非抜歯群と抜歯群の比較：セファロ分析

	Non-extraction	Extraction	Mean difference	95%CI	P value
SNA (°)	82.33(2.84)	81.27(3.13)	1.06	-1.36, 3.48	0.376
SNB (°)	79.16(2.37)	78.40(2.75)	0.75	-1.32, 2.83	0.461
ANB (°)	3.17(0.80)	2.83(1.10)	0.34	-0.44, 1.12	0.374
U1-SN (°)	104.91(5.98)	109.40(6.20)	-4.50	-9.43, 0.43	0.072
FMIA (°)	60.70(3.17)	60.20(2.93)	0.50	-1.97, 2.97	0.678
FMA (°)	27.92(3.71)	25.59(3.05)	2.33	-0.42, 5.08	0.093
WITS (mm)	-1.51(1.39)	-2.01(2.24)	0.50	-1.00, 2.01	0.497
Overjet (mm)	2.93(1.56)	3.92(1.29)	-0.98	-2.14, 0.17	0.091
Overbite (mm)	2.65(1.84)	3.22(1.26)	-0.57	-1.85, 0.71	0.367
ALFH/AUFH	1.22(0.07)	1.20(0.06)	0.03	-0.03, 0.08	0.351
G'-Sn-Pg' (°)	11.96(2.97)	10.35(5.05)	1.62	-1.74, 4.97	0.33
Ls-E-plane (mm)	-0.48(1.44)	-0.63(1.29)	0.15	-0.95, 1.26	0.776
LL-E-plane (mm)	0.55(0.93)	1.27(1.06)	-0.72	-1.52, 0.08	0.074
Ls-Sn-Pg' line (mm)	6.24(1.84)	6.42(0.90)	-0.18	-1.35, 1.00	0.758
LL-Sn-Pg' line (mm)	4.68(1.32)	5.32(1.23)	-0.64	-1.67, 0.40	0.215
Is-Stm (mm)	2.45(1.72)	2.95(1.73)	-0.5	-1.89, 0.89	0.466
Is-Ls (mm)	13.72(2.85)	11.03(1.14)	2.69	0.89, 4.50	0.006*
Ii-LL (mm)	13.30(1.50)	13.18(1.74)	0.12	-1.19, 1.44	0.849
Max, sulcus- Sn-Ls (mm)	2.03(0.78)	1.87(0.72)	0.16	-0.45, 0.77	0.590
Mand, sulcus- LL-Pg' (mm)	4.58(0.68)	5.18(0.86)	-0.6	-1.23, 0.03	0.060
Nasolabial angle (°)	100.00(9.91)	94.50(11.15)	5.5	-3.04, 14.04	0.196

*P<0.05
(): SD

初診時の患者資料から、各々が抜歯、非抜歯、ボーダーラインとして分類し、全員一致もしくは過半数であった症例を抜歯・非抜歯ボーダーラインと決定した (Xu, 2006)。

一方、段階的判別分析を使用して決定される場合は以下のとおりである。

(4) 母集団に対してセファロ分析の変数の測定値、模型分析の変数の測定値、年齢および性別をZスコアとし

て標準化し判別分析を行う (Beit et al., 2017; Herzog et al., 2017; Konstantonis., 2012; Konstantonis et al., 2013; Yashwant et al., 2016)。抜歯群・非抜歯群について2群を分けるのに重要度の高い変数が得られる (Beit et al., 2017; Herzog et al., 2017; Konstantonis., 2012; Konstantonis et al., 2013; Yashwant et al., 2016)。さらに重要度の高い変数に対して、カットオフ点を決定し、その周辺の抜歯および非抜歯症例を選出する (Beit et al., 2017;

表 3 初診時の非抜歯群と抜歯群の比較：モデル分析

	Non-extraction	Extraction	Mean difference	95%CI	P value
Alignment	25.69(6.32)	29.54(5.49)	-3.84	-8.64, 0.94	0.110
Marginal ridges	4.38(2.18)	4.54(3.10)	-0.15	-2.32, 2.02	0.885
Buccolingual inclination	7.46(4.56)	7.69(3.88)	-0.23	-3.66, 3.20	0.891
Overjet	6.15(5.70)	4.69(3.84)	1.46	-2.47, 5.39	0.451
Occlusal contacts	2.62(5.17)	4.00(3.27)	-1.38	-4.89, 2.12	0.422
Occlusal relationships	4.92(3.82)	8.08(5.16)	-3.15	-6.83, 0.52	0.089
Interproximal contacts	0.15(0.38)	0.00(0.00)	0.15	-0.07, 0.38	0.165
Root angulation	1.38(0.87)	2.23(2.01)	-0.85	-2.13, 0.44	0.182
Total	52.77(15.08)	60.77(17.91)	-8.00	-21.40, 5.40	0.230

*P<0.05
(): SD

Herzog et al., 2017 ; Konstantonis., 2012 ; Konstantonis, 2013 ; Yashwant et al., 2016). 選出した抜歯・非抜歯ボーダーライン症例の重要度の高い変数の平均値と標準偏差は近似した値となる (Beit et al., 2017 ; Herzog et al., 2017 ; Konstantonis., 2012 ; Konstantonis, 2013 ; Yashwant et al., 2016). 重要度の高い変数は, NB line (セファロのN点とB点を結ぶ直線) に対する下顎中切歯切縁の距離であるL1-NB, 上顎のA.L.D., 下顎のA.L.D. (Yashwant et al., 2016) や, 下顎のA.L.D., LL-E-plane, 上顎のA.L.D., Overjet (Konstantonis et al., 2013) などがあ。統計学的に決定されるため, 重要度の高い変数は異なってくる (Konstantonis, 2012 ; Konstantonis et al., 2013 ; Yashwant et al., 2016). この理由は, 各文献が採用する判別変数の差異や, 各文献の初診時について, 2群の間で有意差が生じる判別変数に差異があるからである。判別分析を使用した場合, A.L.D.と下顎切歯の位置に関係する変数が重要であったため, 本研究では, 下顎のA.L.D., LL-E-planeおよびFMIAを重要度の高い変数としたKonstantonisの分析を抜歯・非抜歯ボーダーライン症例の条件を採用した (Konstantonis, 2012) (表1)。

3) 患者抽出について

本研究における患者抽出はKonstantonisの抜歯・非抜歯ボーダーライン症例の条件を採用した (Konstantonis, 2012) (表1)。抽出した症例は抜歯・非抜歯のボーダーライン症例であり, 初診時のセファロ分析では両群において有意差がないことが望ましい。Konstantonisによる

と判別分析により抽出した抜歯群と非抜歯群のセファロ分析において有意差がないことを報告している (Konstantonis, 2012 ; Konstantonis et al., 2013)。これはすなわち, 初診時の分析値は治療後の分析項目に影響を及ぼさないこと示している (Konstantonis, 2012)。本研究における初診時分析では, 両群でIs-Ls (上唇の厚径) のみに有意差を認めたが, この項目は過去に報告されている抜歯・非抜歯の分類に関与する重要度の高い項目には含まれていない。したがって, 本研究における患者抽出ではKonstantonisらの報告と同様にボーダーライン症例の抽出できたと考える。

5) 測定誤差について

(1) セファロ分析について

過去に多くのセファロ分析を用いた研究が行われているが, セファロ分析を行う上でエックス線像の透写図の再現性とそれに付随した測定誤差が問題となる (Lysell, 1980)。また, 検者間における測定誤差も再現性を考慮した上で大きな問題となる。本研究では術者間の誤差をなくすために, 同一検者による double determination methodによる誤差分散算出方法により測定精度を検証した。その結果, Dahlbergの式によるランダム・エラーは, 距離計測で0.39 mm以内, 角度計測で0.57°以内であった。セファロ分析における角度と距離の測定誤差が3.0度以内, 3.0 mm以下の範囲内と報告されていることから, 本研究の分析値の信頼性が示された (Baumrind et al., 1971 ; 今野ら, 2014)。また, 本研究と同様に骨

表4 動的治療終了時の非抜歯群と抜歯群の比較：セファロ分析

	Non-extraction	Extraction	Mean difference	95%CI	P value
SNA (°)	82.22(2.75)	81.20(3.28)	1.03	-1.42, 3.48	0.394
SNB (°)	78.89(2.41)	78.10(2.97)	0.79	-1.40, 2.98	0.464
ANB (°)	3.34(0.68)	3.10(1.26)	0.24	-0.60, 1.07	0.558
U1-SN (°)	107.44(4.79)	98.26(5.43)	9.18	5.03, 13.32	0.000以下*
FMIA (°)	55.03(4.78)	61.89(5.09)	-6.85	-10.85, -2.86	0.002*
FMA (°)	28.34(3.90)	25.35(3.26)	2.99	0.08, 5.90	0.045*
WITS (mm)	-1.81(1.38)	-1.16(2.46)	-0.65	-2.29, 0.99	0.415
Overjet (mm)	2.09(0.51)	2.43(0.49)	-0.34	-0.75, 0.07	0.099
Overbite (mm)	1.91(0.67)	2.52(0.53)	-0.62	-1.10, -0.13	0.015*
ALFH/AUFH	1.23(0.07)	1.19(0.07)	0.04	-0.02, 0.10	0.146
G'-Sn-Pg' (°)	12.27(3.13)	10.65(4.46)	1.62	-1.51, 4.74	0.296
Ls-E-plane (mm)	-0.52(1.74)	-2.22(1.96)	1.69	0.19, 3.19	0.029*
LL-E-plane (mm)	0.92(1.62)	-1.68(0.98)	2.59	1.49, 3.69	0.000以下*
Ls-Sn-Pg' line (mm)	6.02(1.90)	5.32(2.62)	0.70	-1.15, 2.55	0.443
LL-Sn-Pg' line (mm)	4.90(1.38)	2.65(0.82)	2.25	1.33, 3.17	0.000以下*
Is-Stm (mm)	2.03(1.50)	2.60(1.36)	-0.57	-1.73, 0.59	0.321
Is-Ls (mm)	12.94(2.22)	14.58(2.06)	-1.64	-3.37, 0.09	0.063
Ii-LL (mm)	12.36(1.34)	13.23(1.48)	-0.87	-2.01, 0.33	0.130
Max, sulcus- Sn-Ls (mm)	1.89(0.71)	2.20(0.50)	-0.31	-0.81, 0.19	0.214
Mand, sulcus- LL-Pg' (mm)	4.44(0.49)	4.75(0.90)	-0.32	-0.90, 0.27	0.280
Nasolabial angle (°)	101.73(9.84)	100.38(8.82)	1.35	-6.22, 8.91	0.717

*P<0.05
(): SD

格性 I 級抜歯・非抜歯ボーダーライン症例を対象とした Yashwant らの報告と比較すると、本研究の結果が Yashwant らの報告よりも小さかったことから、軟組織における計測についても本研究の信頼性が示された (Yashwant et al., 2016).

(2) 平行模型による模型分析について

Hildebrand らは、模型分析による測定精度に関して、

それぞれの評価項目、あるいは総スコアにおいて誤差が 2 ポイント以上の場合、臨床上問題になると報告している (Hildebrand et al, 2008 ; Fabels&Nijkamp, 2014). 本研究では ABO-OGS 専用ゲージとそれに付属したキャリブレーションキットを使用し、複数回トレーニングを行ったのちに計測を行った。

その結果、各評価の平均の標準偏差は 1 ポイントを下回る結果となり、本研究の測定精度は臨床上問題のない

表5 動的治療終了時の非抜歯群と抜歯群の比較：模型分析

	Non-extraction	Extraction	Mean difference	95%CI	P value
Alignment	6.46(3.82)	4.54(4.12)	1.92	-1.50, 5.04	0.229
Marginal ridges	4.00(2.12)	4.38(3.01)	-0.38	-2.85, 1.46	0.710
Buccolingual inclination	6.92(5.57)	5.54(2.90)	1.38	-1.80, 5.64	0.435
Overjet	3.54(3.73)	2.31(1.84)	1.23	-0.86, 3.93	0.301
Occlusal contacts	5.23(4.99)	5.54(4.31)	-0.31	-4.19, 3.42	0.868
Occlusal relationships	3.46(3.57)	2.38(1.76)	1.08	-1.68, 3.07	0.343
Interproximal contacts	0.00	0.00	0.00	-	-
Root angulation	1.92(1.61)	2.00(1.87)	-0.08	-1.44, 1.44	0.911
Total	31.54(8.92)	26.69(13.02)	4.85	-4.19, 13.88	0.279

*P<0.05
(): SD

レベルであることが示された。

2. 結果について

1) 動的治療終了時の非抜歯群と抜歯群の比較

(1) セファロ分析について

セファロ分析による骨格系の変化では、FMAにおいて非抜歯群が有意に大きい値を示した。FMAとはFH平面に対する下顎下縁平面傾斜角を示す項目で、この値が大きいと下顎下縁平面角が開大していることを示す(相馬ら, 2017)。矯正歯科治療において、抜歯・非抜歯症例に関わらずしばしば顎間ゴムが使用される。Proffitによれば、顎間ゴムの使用目的は緊密な咬合関係の獲得であるが、その反面、大臼歯の挺出と下顎骨の時計回りの回転を生じやすいといった欠点もある(Proffit et al., 2004)。したがって、非抜歯群におけるFMAの増加は上記理由によることが考えられる。一方、抜歯群でも顎間ゴムの効果により同様の結果が予測されたが、抜歯群のFMAはわずかに小さくなった。過去の報告によると抜歯症例では、上下顎小臼歯抜去に伴い、上下顎大臼歯が近心移動し、その結果くさび効果が生じる。くさび効果が生じると下顎下縁平面は反時計回りに回転する(Beit et al., 2017; Kuroda et al., 2009; Hans et al., 2006)。抜歯群ではこの効果が顎間ゴムの効果を相殺し、FMAが小さくなったと考えられる。本研究において、初診時の非抜歯群のFMAの平均は27.92度であった。岩澤らによれば日本人の平均FMAは、 27.28 ± 3.13 度(Iwasawa et al., 1977)としている。本研究における症例は垂直的顎間関

係に問題のないMedium angleの症例であったため、非抜歯群における治療後のFMAのわずかな増加は、臨床的に重要なことではないと考えられる。また、Kouvelisらによれば、抜歯群および非抜歯群に限らず、治療前後のFMAの変化量が1.2度以下ならば臨床上問題ないとしている(Kouvelis et al., 2018)。しかし、FMAが過大なHigh angleの症例においては治療における垂直的コントロールに留意しなければならない(Beit et al., 2017)。

軟組織の変化では、非抜歯群のLs-E-plane(上唇の突出度)、LL-E-planeおよびLL-Sn-Pg' line(下唇の突出度)が抜歯群よりも有意に大きい値を示した。これらの項目において有意差が生じた理由は、抜歯群では上下顎前歯が口蓋側と舌側傾斜したことにより、上下唇が後退したためである。E-planeを基準とした場合、本研究では上唇について平均の変化量は非抜歯群で-0.05 mm、抜歯群で-1.58 mmであり、下唇の平均変化量は非抜歯群で0.37 mm、抜歯群で-2.95 mmであった。Konstantonisらの報告によると、上唇について平均の変化量は非抜歯群で-0.68 mm、抜歯群で-2.75 mmであり、下唇の平均変化量は非抜歯群で0.67 mm、抜歯群で-3.34 mmであり、本研究に近い値を示した(Konstantonis, 2012)。Sn-Pg' lineを基準とした場合においても同じ傾向を示した。つまり、非抜歯群において、上唇の位置はやや後退し、下唇の位置はやや突出する傾向があり、抜歯群において、上下唇の位置は後退するが、後退量は上唇よりも下唇のほうが大きいといえる。上唇と下唇の位置関係は、側貌のプロファイルに大きく影響する項目で

表6 反復測定誤差の標準偏差：セファロ分析

	測定誤差の標準偏差
SNA	0.232
SNB	0.190
ANB	0.154
U1-SN	0.678
FMIA	0.570
FMA	0.204
WITS	0.188
Overjet	0.162
Overbite	0.138
ALFH/AUFH	0.009
G'-Sn-Pg'	0.224
Ls-E-plane	0.116
LL-E-plane	0.122
Ls-Sn-Pg' line	0.134
LL-Sn-Pg' line	0.120
Is-Stm	0.130
Is-Ls	0.144
Ii-LL	0.118
Max, sulcus-Sn-Ls	0.124
Mand, sulcus-LL-Pg'	0.160
Nasolabial angle	0.376

あり、抜歯および非抜歯の治療選択を行う際は、治療後の上唇と下唇の位置関係を考慮し、慎重に行うことが望ましい。

(2) 平行模型による模型分析について

動的治療終了時の非抜歯群と抜歯群の比較では、各項目について有意差を示さなかった。Anthopoulouらの報告によると抜歯・非抜歯ボーダーラインにおけるABO-OGSによる評価では、抜歯群と非抜歯群に有意差はなかったとしている (Anthopoulou et al., 2014)。また、Vaidyaらの報告によると、AlignmentとOverjetについ

表7 反復測定誤差の標準偏差：模型分析

	測定誤差の標準偏差
Alignment	0.440
Marginal ridges	0.090
Buccolingual inclination	0.398
Overjet	0.200
Occlusal contacts	0.200
Occlusal relationships	0.310
Interproximal contacts	0.00
Root angulation	0.110

て、抜歯群のほうが非抜歯群よりも有意に小さいポイントを示したとしている。この理由は、抜歯群では抜歯したスペースを利用することによりこれらの項目が改善されたからであるとしている (Vaidya et al., 2018)。本研究では両群において有意差を示さなかったことから、動的治療終了時の咬合状態に関しては抜歯と非抜歯について差がなかったと考えられる。さらに動的治療終了時の非抜歯群と抜歯群の比較では、総スコアについて有意差を示さなかった。アメリカ矯正歯科学会認定医試験での合否基準は以下のとおりである。動的治療終了時のABO-OGS総スコア20ポイント以下で合格、20-30ポイントで要検討、30ポイント以上で不合格と定めている。Anthopoulouらの報告によると、非抜歯群で10%、抜歯群で16%が合格していて、非抜歯群で50%、抜歯群で64%が合格した可能性を示した (Anthopoulou et al., 2014)。本研究でも同様の結果を示し、本研究の治療成績が他研究と近いことが裏付けられた。すなわち、抜歯・非抜歯のどちらの治療方針を選択しても咬合状態には差がないことを示し、良好な咬合を獲得できることが示された。今回われわれはABO-OGSを用いて定量的な咬合評価を行ったが、日本ではこれらのような定量的咬合評価はほとんど普及していない。動的治療を終了する判断としてABO-OGSなどのような定量的咬合評価を行うことは、より治療成績を向上させるといった意味では有効な方法であるといえる。

結 論

本研究の結果から、骨格性I級不正咬合の抜歯・非抜歯ボーダーライン症例の治療にあたり、以下のことが明らかになった。

1. 矯正歯科治療における抜歯・非抜歯の決定には、抜歯治療では上下唇の後退とその変化量を、非抜歯治療では下唇の突出とその変化量を考慮する必要がある。
2. 治療においては、両群とも初診時の垂直的顎間関係に留意し、垂直的コントロールに配慮した歯の移動を行う必要がある。
3. 動的治療終了時における両群の咬合評価に有意差がなかったことから、咬合状態に関しては抜歯・非抜歯ともに良好な結果を得ることができる。ただし、動的治療を終える前には、ABO-OGSの客観的な咬合評価を施行し、緊密な咬合状態であることを確認する必要があると示唆された。

謝 辞

稿を終えるに際し、本研究の遂行にあたりご指導ご鞭撻を賜りました、北海道医療大学歯学部 生体機能・病態学系 歯科放射線学分野の中山英二教授、生体機能・病態学系 組織再建口腔外科学分野の志茂 剛教授、奥村一彦教授に深甚なる感謝の意を表します。

文 献

1. Anthopoulou C, Konstantonis D&Makou M. Treatment outcomes after extraction and nonextraction treatment evaluated with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 146(6) : 717-23, 2014.
2. Baumrind S&Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *Am J Orthod* 60 : 111-127, 1971.
3. Beit P, Konstantonis D, Papagiannis A&Eliades T. Vertical skeletal changes after extraction and non-extraction treatment in matched class I patients identified by a discriminant analysis : cephalometric appraisal and Procrustes superimposition. *Prog Orthod* 18(1) : 44, 2017.
4. Dahlberg G. *Statistical methods for medical and biological students*. New York : Interscience Publications ; 1940.
5. Fabels LN&Nijkamp PG. Interexaminer and intraexaminer reliabilities of 3-dimensional orthodontic digital setups. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 146(6) : 806-11, 2014.
6. Hans MG, Groisser G, Damon C, Amberman D, Nelson S&Palomo JM. Cephalometric changes in overbite and vertical facial height after removal of 4 first molars or first premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 130(2) : 183-8, 2006.
7. Herzog C, Konstantonis D, Konstantoni N&Eliades T. Arch-width changes in extraction vs nonextraction treatments in matched Class I borderline malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 151(4) : 735-743, 2017.
8. Hildebrand JC, Palomo JM, Palomo L, Sivik M&Hans M. Evaluation of a software program for applying the American Board of Orthodontics objective grading system to digital casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 133(2) : 283-9, 2008.
9. Iwasawa T, Moro T&Nakamura K. Tweed triangle and soft-tissue consideration of Japanese with normal occlusion and good facial profile. *American journal of orthodontics*, 1977.
10. Jackson TH, Guez C, Lin FC, Proffit WR&Ko CC. Extraction frequencies at a university orthodontic clinic in the 21st century : demographic and diagnostic factors affecting the likelihood of extraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 151 : 456-62, 2017.
11. Kirschneck C, Proff P, Reicheneder C&Lippold C. Short-term effects of systematic premolar extraction on lip profile, vertical dimension and cephalometric parameters in borderline patients for extraction therapy—a retrospective cohort study. *Clin Oral Invest* 20 : 865-874, 2016.
12. 今野正裕, 上地潤, 辻祥之, 溝口到. 顔面非対称を伴う不正咬合症例におけるデンタルコンベンションの三次元形態分析. *日顎変形誌*24 (1) : 37-45, 2014.
13. Konstantonis D. The impact of extraction vs nonextraction treatment on soft tissue changes in Class I borderline malocclusions. *Angle Orthod* 82 : 209-17, 2012.
14. Konstantonis D, Anthopoulou C&Makou M. Extraction decision and identification of treatment predictors in Class I malocclusions. *Prog Orthod* 14 : 47, 2013.
15. Kouvelis G, Dritsas K, Doulis I, Kloukos D&Gkantidis N. Effect of orthodontic treatment with 4 premolar extractions compared with nonextraction treatment on the vertical dimension of the face : A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 175-187, 2018.
16. Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Kyung HM&Takano-Yamamoto T. Class II malocclusion treated with miniscrew anchorage : comparison with traditional or-

- thodontic mechanics outcomes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 135(3) : 302–9, 2009.
17. Lysell L&Petersson A. The submento–vertex projection in radiography of the temporomandibular joint. *Dentomaxillofac Radiol* 9:11–17, 1980.
 18. 小笠原潤治, 石井英司, 庄司昌史, 千枝一実, 森田修一, 土佐博之, 中村進治. Quadrilateral analysisによる顎顔面部成長の評価. *日矯歯誌*. 第48巻, 第3号, 別冊, 1989.
 19. Proffit WR (高田健治):プロフィットの現代歯科矯正学 (CONTEMPORARY ORTHODONTICS). クインテッセンス出版:2004, 240–294
 20. Proffit WR (高田健治):プロフィットの現代歯科矯正学 (CONTEMPORARY ORTHODONTICS). クインテッセンス出版:2004, 554–579
 21. 相馬邦道, 飯田順一郎, 山本照子, 葛西一貴, 後藤慈巳. *歯科矯正学* 第5版:2017, p129–156.
 22. 相馬邦道, 飯田順一郎, 山本照子, 葛西一貴, 後藤慈巳. *歯科矯正学* 第5版:2017, p157–164.
 23. Vaidya M, Jyothikiran H, Raghunath N&Pai P. Extraction Versus Non–Extraction : A Retrospective Study. *Int J Orthod Rehabil* 9 : 23–6, 2018.
 24. Xu TM, Liu Y, Yang MZ&Huang W. Comparison of extraction versus nonextraction orthodontic treatment outcomes for borderline Chinese patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 129 : 672–7, 2006.
 25. Yashwant VA, Ravi K&Arumugam E. Comparative evaluation of soft tissue changes in Class I borderline patients treated with extraction and nonextraction modalities. *Dental Press J Orthod* 21(4) : 50–9, 2016.