

健全乳児における出生から7ヵ月までの口蓋と歯槽堤の成長

日本大学大学院松戸歯学研究科歯学専攻

日本大学松戸歯学部小児歯科学講座

石田房枝

(指導 清水 武彦 教授)

1. Abstract
2. 要旨
3. 緒言
4. 資料および方法
 - 1) 資料・方法
 - 2) 計測点
 - 3) 基準平面
 - 4) 解析を行った計測項目
 - 5) 誤差の分析・統計分析
5. 結果
 - 1) 計測誤差
 - 2) 計測項目の月齢に伴う変化
 - 3) 12 計測項目の平均値の月齢間変化
 - 4) 12 計測項目における個人値の月齢間相関
 - 5) 月例及び被験者による平方和への分割
 - 6) 新生児と 7 ヶ月における計測項目間相関
 - 7) 正中部矢状断の口蓋形態の主成分分析結果
6. 考察
 - 1) 歯槽堤部と口蓋部の性質の違い
 - 2) 口蓋の成長発育は新生児期から 3, 4 ヶ月までが活発
 - 3) 基準平面の設定の仕方
 - 4) 計測項目を詳細に検討する必要性
7. 文献
8. 図および表

Abstract

Aim: To investigate the developmental process of palate morphology, including the alveolar ridge, in healthy infants for the predental period of 7 months from immediately after birth.

Methods: The subjects were 32 healthy infants. Four or more dental casts were taken of each subject from immediately after birth until 7 months, at interval of more than 1 month, for a total of 144 dental casts. Twelve characteristics were then measured in order to morphologically study the subjects' palate development. Principal component analysis (PCA) was performed to investigate morphological changes in the palatal vault.

Results: The 12 characteristics were classified into either the alveolar ridge characteristics group, which determined the size of the alveolar ridge, or the palate characteristics group, which determined palate morphology, with each group showing different growth patterns. The characteristics of width and length increased with age in the alveolar ridge characteristics group; this correlation was maintained throughout the predental period. Meanwhile, in the palate characteristics group, the characteristics showed major developmental changes in the first 2 to 3 months after birth, but the changes were subsequently fewer from 3 to 7 months. The PCA of the palatal vault showed that the first principal component increased until 3 months but subsequently ceased to change.

Conclusions: In predental infants, growth patterns of palate morphology differed according to their characteristics. There were major developmental changes in the palate during the first 3 months after birth. The study findings suggested that palate growth in the first half of the predental period may affect subsequent palate growth.

Keywords: palate morphology, alveolar ridge, development, growth, newborn infant, predental period

【要旨】

目的： 出生直後から無歯期である 7 ヶ月間の健常乳児の歯槽堤を含む口蓋形態の発育過程を究明する。

方法： 被験者は 32 名とした。各被験者の出生直後から 7 ヶ月までに 4 個以上の口腔模型を採得し、合計 144 個の口腔模型を用いた。被験者の口蓋と歯槽堤の発育を形態学的に検討するために 12 項目を計測した。計測項目は前幅径 (AW)、前長径 (AL)、犬歯部比 (CR)、後幅径 (PW)、後長径 (PL)、全長径 (TL)、最大深 (Maxdep)、最大深位置 (Locdep)、最大勾配 (Maxslp)、最大勾配点位置 (Locslp)、容積 (Vol)、容積測定面積 (Varea) とした。また正中部矢状断の口蓋形態の形態変化を調べるために主成分分析を行った。

結果： 12 計測項目は、歯槽堤の大きさを決める歯槽堤項目群 (AW, AL, CR, PW, PL, TL) と、口蓋形態を決める口蓋項目群 (Maxdep, Locdep, Maxslp, Locslp, Vol, Varea) とでは発育様式が異なっていた。歯槽堤項目群である幅径、長径は月齢とともに増加し、無歯期を通じて相関が保たれた。一方、口蓋項目群は、出生から 2~3 ヶ月間は発育変化が大きかったが、以後 3 ヶ月から 7 ヶ月は変化が乏しかった。正中部矢状断の口蓋形態の主成分分析においても第一主成分は 3 ヶ月までは増大し、以後変化を示さなかった。

結論： 無歯期乳児の口蓋形態は計測項目により発育様式が異なり、口蓋形態は生後 3 ヶ月間の発育変化が大きく、特に出生直後から 1 ヶ月の間に大きな変化が認められ 3 ヶ月から 7 ヶ月までは変化が乏しいことから、無歯期乳児の口蓋の成長発育を評価するためには、新生児期を起点とすることの重要性が示された。

Keywords 口蓋形態, 歯槽堤, 成長発育, 新生児, 無歯期

【緒言】

乳児の口蓋の成長発育は哺乳、摂食機能や乳歯列の咬合に影響するため重要である。乳児の口蓋の成長発育に関する研究は100年ほど前から行われていた^{1)~5)}。1940年代以後はごく少なく、1950~60年代^{6~9)}、1980~90年代^{10~14)}に若干の報告がある。2000年以降は乳歯列期以後の研究はみられる^{15~20)}が、乳児からの研究は少ない^{21~24)}。特に、新生児を起点にした3次元形態の成長発育を、統計学的解析が可能な数の乳児を出生直後から短い観察期間で解析した縦断研究は石田ら²³⁾以外には見当たらない。

乳児の口蓋発育の研究については、これまで口蓋裂児の報告が最も多くみられる^{25~29)}。口蓋裂児は生まれてすぐHotz床などの作製の目的で印象採得を行うので、口蓋形態の報告が散見され、その後の口蓋形態変化を追跡した報告も多くあるが、殆どは乳児期より年齢が高く、これらの報告は正常な口蓋発育を調べるための参考にはならない。Ovsenikら¹⁶⁾による3歳から12歳までの縦断研究によると、3歳ですでに不正咬合の重症度分類が中等度から重度である者が50%存在していた。またJaunetら²⁴⁾は乳歯萌出以前に不正咬合を引き起こす非対称が起きている可能性を報告している。骨形成マーカーである血清骨アルカリフォスファターゼを測定した研究において胎児期、乳児期はその後の時期よりも活性が高い^{30, 31)}と報告されている。従って、口蓋形態は乳児期には発育の傾向がある程度決定される可能性がある。

石田ら²³⁾は、先行研究で出生直後から1ヵ月までの口蓋形態変化を詳細に調べ、生後1ヵ月間で大きさだけではなく形態も変化することを示した。そこで本研究では、出生直後から7ヵ月期までの歯槽堤を含めた口蓋の成長変化を詳細に分析した。また、特に正中部矢状断の口蓋形態変化を総合的に解析するために、5計測項目に基づき、多変量解析の一つである主成分分析を行った。

【資料及び方法】

正期産の新生児で、出生直後(以後 0 ヶ月)から生後 7 ヶ月までの男児 23 名、女児 9 名の 32 名(出生時平均体重は男児 3,174 g 女児 3,064 g)を用いた。生後 7 日以内(平均 3.4 日)に口腔模型を採得し、その後、無歯期である 7 ヶ月までに 1 ヶ月以上の間隔で 4 個以上の模型を採得し、合計 144 個の上顎口腔模型を用いた。模型採得は 2011~2012 年に行った。シリコン印象材を使用して上顎の印象採得後、硬石膏模型を作製し、3次元計測機を用いて計測を行った。

3次元計測にはレーザー発振機 LK-080 (KEYENCE 社, 東京都), ステージコントローラー CP-500 (コムス社, 神奈川県)を用いた。スキャンの範囲は X 軸(矢状断)に 40,000 μm , Y 軸(前額断)に 50,100 μm とし、計測のピッチは X 軸, Y 軸それぞれ 200 μm および 300 μm とした。各計測点での X, Y, Z 座標はパソコン上にテキストファイル形式で保存された。3次元計測はすべて石田 1 名によって行われた。3次元データの画像解析および統計解析は、口腔模型分析のためのソフトウェア Dentist 5(鵜飼保雄 未公開)によって行った。

計測点 (図1)

模型形態の自動スキャニングに先だって、マニュアル操作で以下の5点の X, Y, Z座標を計測した。

M₁: 切歯乳頭の歯槽頂上の点

R₁: 右側分界溝 (Lateral sulcus) と歯槽堤頂の交点⁴⁾

L₁: 左側分界溝 (Lateral sulcus) と歯槽堤頂の交点⁴⁾

R₂: 右側第一乳臼歯萌出部遠心の歯槽頂上の点(著者が考案)

L₂: 左側第一乳臼歯萌出部遠心の歯槽頂上の点(著者が考案)

コンピュータ上で作成した点 (図1a)

M_2 : 左右口蓋縫線の中点と M_1 を結んだ臨床的正中線（中心線）上での M_1 から十分離れた点。中心線を求めるために測定した。

E : 中心線と線分 R_1-L_1 の交点

F: 中心線と線分 R_2-L_2 の交点

G: M_1 から線分 M_1-F の1.4倍に等しい距離にある中心線上の点で、これは計測の後方限界を決める為に設けた。1.4倍の根拠は、最大深を含む正中線上で、0カ月の模型で計測可能な最大遠心点を求め著者が決定した。

R_G, L_G : G点を通り中心線と直行する線で歯槽頂と交わる点

R_G-L_G 線は中心線に対し直交とするが、 $R_1-L_1, R_2-L_2, R_G-L_G$ は互いに必ずしも平行ではない。

基準平面（以下の3点で作られる面）

M_1 点 切歯乳頭の歯槽頂上の点

R_1 点 右側分界溝（Lateral sulcus）と歯槽堤頂の交点⁴⁾

L_1 点 左側分界溝（Lateral sulcus）と歯槽堤頂の交点⁴⁾

解析を行った計測項目（図 1a, b）

1 前幅径（AW）：点 R_1 から L_1 までの距離（ μm ）

2 前長径（AL）：点 M_1 から線分 R_1-L_1 におろした垂線の長さ（線分 M_1-E ）（ μm ）

3 犬歯部比（CR）：前幅径/前長径（線分 R_1-L_1 /線分 M_1-E ）（無次元）

4 後幅径（PW）：点 R_2 から L_2 までの距離（ μm ）

5 後長径（PL）：点EからFまでの距離（ μm ）

6 全長径（TL）:AL+PL, 点 M_1 から点Fまでの距離（線分 M_1-F ）（ μm ）

7 最大深(Maxdep) 基準平面から中心線上の最深点までの距離（ μm ）

- 8 最大深位置(Locdep) 中心線上で M_1 から最深点までの距離(μm)
- 9 最大勾配(Maxslp) : M_1 から最深点まで中心線上での 1 ピッチ当たりの深さの変化量の最大値 (μm)
- 10 最大勾配点位置(Locslp) : M_1 から中心線上で最大勾配を示した部位の中点の位置(μm)
- 11 容積 (Vol) : 歯槽堤内側で基準平面から 2 ミリ以上の深さをもつ部分で、かつ線分 RG-LG より前方向の部分の容積(μm^3)
- 12 容積測定面積(Varea) : 容積を計測した基準平面と並行な面の面積(μm^2)
- なお、12項目中、項目1-6を歯槽堤項目群、項目7-12を口蓋項目群とする。

正中部矢状断の口蓋形態の統一的でより客観的な特徴を把握すべく主成分分析を行った。口蓋の中心線の深さを表す特性として口蓋項目群である7-10と後方限界を示す後方限界部の深さLimdep、すなわち点Gにおける基準平面からの深さを変数として選んだ。

第1変数 : Maxdep, 第2変数 : Locdep, 第3変数 : Maxslp, 第4変数 : Locslp,
第5変数 : Limdep

誤差の分析

本実験に使用した模型から無作為に抽出された 20 模型のセットについて、2 反復の 3 次元計測を行った。各模型各反復について、12 計測項目を計算した。1 因子実験における 2 反復の乱塊法で分散分析を行った。各計測項目につき、誤差の平方和から誤差分散を推定し、さらに変動係数 (C.V.%) を推定した³²⁾。

統計分析

統計分析には、ソフトウェア Dentist 5 を使用した。異なる月間の平均値の差の有意差検定に t 検定を用いた。12 計測項目の値について、1 因子実験にお

ける乱塊法に基づく分散分析を行った。各計測項目の全平方和を月齢による平方和と個体差による平方和を求め、全平方和に対する比率を求めた。前述の5変数にもとづき Dentist 5 を用いて主成分分析を行った。

なお本研究は日本大学松戸歯学部倫理委員会の承認を受けて行った（承認番号：EC12-007号）。

【結果】

1. 計測誤差（表1）

計測誤差を求めるため、全模型144個中20個を無作為に選び、日を変えて2回計測を行った。12計測項目の誤差を表1に示す。変動係数の最小値はAWの0.85%、最大値はMaxslpの17.37%であった。勾配に関連した項目であるMaxslp, Locslpを除いて計測誤差は平均値の数%以下で、統計学的分析に影響は極めて小さいと考えられる。

2. 計測項目の月齢に伴う変化（図2）

計測項目の月齢に伴う変化を図2に示す。歯槽堤の計測項目群について、AWおよびPWはともに、無歯期の全期間を通じて、平均値が月齢とともに増加した。ALも無歯期を通じて増加が認められたが、幅径に比べて増加の程度は緩やかであった。PLは2ヵ月までは増加したが以後はやや減少の傾向を示した。CRは1ヵ月を超えると月齢とともに減少する傾向が見られた。一方、口蓋の計測項目群については、Maxdep, Vol, Vareaは2ヵ月まで、Locslpは3ヵ月まで、Locdepは4ヵ月まで、それぞれ増加したが、以後は変化が乏しかった。Maxslpは月齢による変化はほとんどみられなかった。

3. 12計測項目の平均値の月齢間変化（表2）

12 計測項目の平均値を、0 ヶ月と 1 ヶ月間、1 ヶ月と 3 ヶ月間、3 ヶ月と 7 ヶ月間で比較した (表 2)。0 ヶ月から 1 ヶ月への変化は、5 計測項目 (AW, PW, Maxdep, Vol, Varea) で高度に有意 ($p < 0.01$) な差があった。1 ヶ月と 3 ヶ月の平均値の差については、7 計測項目 (AW, AL, PW, TL, Locdep, Locslp, Varea) が 1%水準で有意に差があった。3 ヶ月と 7 ヶ月の差については、有意差が認められなかった。

4. 12 計測項目における月齢間の相関 (表 3)

歯槽堤の計測項目群では、0 ヶ月と 1 ヶ月間で 3 項目 (AW, PW, TL)、1 ヶ月と 3 ヶ月間で 3 項目 (AW, AL, CR)、3 ヶ月と 7 ヶ月間で 5 項目 (AW, AL, CR, PW, TL) において有意な相関が認められた (表 3)。有意な相関を示した計測項目は、月齢によって必ずしも同じではなかった。

口蓋の計測項目群については、0 ヶ月と 1 ヶ月間では 4 項目 (Maxdep, Maxslp, Vol, Varea) で有意な相関が認められたが、1 ヶ月と 3 ヶ月間では 1 項目 (Varea) のみが有意な相関を示し、3 ヶ月と 7 ヶ月間ではどの計測項目も有意な相関を示さなかった。

観察期間の初めと終り (0 ヶ月 vs 7 ヶ月) の間では、12 項目中 4 項目 (AW, TL, Vol, Varea) で有意に相関を認めた。なお、PL, Locdep, 及び Locslp は、いずれの月齢間でも相関が認められなかった。

5. 月齢及び個体差による平方和の割合 (表 4)

12 計測項目の変化の要因として、月齢に伴う変動と、個体差による変動に分割した場合の相対的関与程度を比較するために、12 計測項目のそれぞれについて、完全無作為配置による 1 因子実験として、0 ヶ月から 7 ヶ月までの月齢における個体の計測項目値を統計解析した。月齢による平方和と個体差によ

る平方和を求め、全平方和に対する割合を求めた。月齢による平方和の割合は計測項目により、大きく異なった。月齢に帰せられる平方和の割合は、AWおよびPWで大きく、それぞれ63.5%及び62.4%であった。一方、PL、Maxslpでは小さく、それぞれ5.9%および3.2%であった。

6. 0カ月と7カ月における計測項目間の相関 (表5)

歯槽堤の計測項目間については、0カ月で15の項目間組合せ中5つ(AW 対 PW, AL 対 CR, AL 対 TL, CR 対 TL, PL 対 TL)において有意な相関が認められた。これらの5組合せについては、7カ月でも有意に相関があった。前後の長径AL, PLと前後の幅径AW, PWとの間では0カ月でも7カ月でも相関は認められなかった。

口蓋の計測項目間については、0カ月で7組合せ(Maxdep 対 Locdep, Maxdep 対 Vol, Maxdep 対 Varea, Locdep 対 Locslp, Locdep 対 Vol, Locdep 対 Varea, Vol 対 Varea), 7Mで6組合せ(Maxdep 対 Locdep, Maxdep 対 Locslp, Maxdep 対 Vol, Maxdep 対 Varea, Locdep 対 Locslp, Vol 対 Varea)において有意な相関が認められた。0カ月で認められたLocdep 対 Vol, Locdep 対 Vareaの相関は、7カ月では認められなかった。一方、Maxdep 対 Locslpの組合せについては、0カ月では相関が認められなかったが、7カ月では高い相関が認められた。

歯槽堤の計測項目群と口蓋の計測項目群との間では、有意な相関を示す組合せは0カ月では7組合せ(AL 対 Locdep, AL 対 Locslp, CR 対 Locdep, CR 対 Locslp, PL 対 Varea, TL 対 Vol, TL 対 Varea)で、7カ月では6組合せ(PW 対 Maxdep, PW 対 Locdep, PW 対 Locslp, PW 対 Vol, PW 対 Varea, TL 対 Varea)であった。PWは0カ月ではどの計測項目とも相関がなかったが、7カ月ではMaxslp以外のすべての口蓋の計測項目と相関がみられるようになった。

7. 正中部矢状断の口蓋形態の主成分分析結果(図3)

主成分分析の結果求められた第1から第5主成分について χ^2 検定の結果、第1から第4主成分まで有意であった。第1、第2、第3、第4、第5主成分の寄与率はそれぞれ44.6%、23.6%、14.2%、11.8%、5.9%であった。第2主成分までの累積寄与率は68.2%に達した。5変数中で第1および第2変数の変動は第1主成分と、また第3変数の変動は第2主成分と高い相関 ($df=142$, $p < 0.01$) を示した。正中部矢状断の口蓋形態の発育様式は、主成分分析の第1主成分と第2主成分で、ほぼ表すことができることが明らかとなった。第1主成分は月齢に伴う変化を特異的に抽出していた。第1主成分得点は、0~1ヵ月は3~7ヵ月に比べて1%水準で有意に低く、また3ヵ月では他の月齢に比べて個体間分散が小さかった。すなわち3ヵ月までは増大し、以後変化を示さなかった。第2主成分は月齢変化は示さず、第3変数 Maxslp と、特異的に高い関連を示した。第1、第2、第4、第5変数はいずれも第1主成分と第2主成分の両方と関連を示していた。

【考察】

歯槽堤の計測項目群と口蓋の計測項目群の間で、発育様式に違いが認められた。歯槽堤項目群の多くは、無歯期間中、月齢とともに増大したが、口蓋項目群の多くは、出生から3ヵ月間は増大したが、以後の変化は緩やかであった。表2で示したように、0ヵ月対1ヵ月では5項目、1ヵ月対3ヵ月では8項目で月齢別平均値が月齢間で有意差がみられた。しかし、3ヵ月対7ヵ月の間では殆どの計測項目で平均に差がみられなかった。正中部矢状断の口蓋形態の主成分分析の結果でも3ヵ月までは増大するが以後の変化はわずかであった。以上のことから、歯槽堤部は7ヵ月まで月齢に伴って大きくなるのに対して、口蓋計測項目は3ヵ月位までは顕著に増加するが、以後はほとんど変化しないことが示された。

口蓋裂児において、軟骨の可塑性は生後6週までは活発であるので、生後なるべく早い時期にPNAM（術前鼻歯槽形成）などの装置を装着すると、装着が早ければ早いほど、鼻も口蓋も使用しなかった群と比較して形態異常が改善される^{25,26,33}）という報告がある。本研究から、無歯期口蓋の成長発育も、0ヵ月から約3,4ヵ月までが活発であることが確認できた。また主成分分析における第1主成分の分散について3ヵ月が0ヵ月および7ヵ月にくらべて有意に小さかった。すなわち生れた当初は個体差が大きく表れていたが、3ヵ月位にかけて変化が少なくなっていくと考えられる。

永石ら²²は、口蓋の深さは1~2ヵ月群（平均2.09ヵ月）と5ヵ月以上群とに差がないと報告している。湖城¹²も、口蓋の深さは、若干増加傾向を認めるものの、1ヵ月から12ヵ月までほぼ変化なく推移したと述べている。Lebret⁷は乳歯列から永久歯列までの調査で、口蓋の深さは変化しなかったと報告している。Richardson⁹は口蓋の深さは殆ど生れた時に決まり、2歳までの間にはほんの少しの増加しか認められないと報告している。本研究では、0ヵ月から2ヵ月までは口蓋の深さは有意に増加し、3ヶ月以降ではほとんど変化が認められなかった。正中部矢状断の口蓋形態変化は出生直後から2ヵ月までが顕著であることが新たに明らかになった。

口腔模型の3次元計測では基準平面をどのように設定するかが重要な問題である。一般に歯を基準にして計測する^{15,19,20,34}）方法が行われている。歯の無い時期の基準平面はこれまで上顎結節部が用いられた^{12,22,26}）。しかし、この点は、月齢の進んだ模型では識別できるが、早期0ヵ月においては未発達で低い位置にあり基準点として確定しにくい。0ヵ月の口腔模型で明瞭に識別できる点は、切歯乳頭の歯槽頂上の点（ M_1 ）および左右の分界溝（Lateral sulcus）と歯槽堤頂の交点（ R_1, L_1 ）の3か所のみである。

歯槽堤は無歯期を通して月齢に伴い変化しているが、無歯期を通して月齢間相関が認められるのは AW と TL のみであった（表 3）。すなわち生れた時に AW や TL の大きい児は、無歯期の間を通して大きいと考えられる。ただし幅径も長径も、前後で発育様式に違いがあった（表 5）。PW は 0 ヶ月では AW 以外どの計測項目とも相関を示さなかったが、7 ヶ月では Maxslp を除く口蓋の計測項目群の 5 計測項目と相関を示した。また AL は 2 ヶ月まで月齢に伴い増大するが、以後緩やかに増加した。PL は 2 ヶ月までは増大するが、以後は逆に緩やかに減少した。図 3 に示したとおり、月齢に帰せられる平方和の割合は、AW 及び PW で大きく、AL ではやや小さく、PL では非常に小さかった。すなわち、前後の幅径は個人間差が小さく月齢による変化が大きい、PL の変動のほとんどは個人間差であることが示唆された。以上のことから、歯槽の幅径と長径の成長は、前方部と後方部を区別して評価する必要があることが示唆された。過去の研究では、歯槽堤部と口蓋部、前方部と後方部という発育様式の違いを区別せずに口腔計測項目が評価されている^{11, 13, 22)}。本研究により、無歯期の口蓋形態の発育を解明するには、多様な計測項目を総合的にかつ緻密に解析する必要があることが示唆された。また成長発育の変化を調査するためには、0 ヶ月をスタートにすることの重要性が示された。

哺乳機能と歯槽堤を含む口蓋の形態との関係について、形態は精細に分析することはできても、哺乳機能については条件設定が複雑で難しい。単純に母乳か人工乳かという条件だけではなく、母親の乳房の形態や与え方などの母親の条件、児の身体発育の差、母子の関係、社会的環境など厳密な条件設定なしでは結論が導き出せない。現在のところ人工乳と母乳の比較で、母乳の方が歯列咬合の発育が良いという報告³⁵⁾、また関連がないという報告³⁶⁾があるが、詳細な条件設定がなされた報告はない。今後は育児環境を条件に含めた口蓋発育の研究が望まれる。

結論：無歯期乳児の口蓋形態は計測項目により発育様式が異なり，口蓋形態は生後 3 ヶ月間の発育変化が大きく，特に出生直後から 1 ヶ月の間に大きな変化が認められ 3 ヶ月から 7 ヶ月までは変化が乏しいことから，無歯期乳児の口蓋の成長発育を評価するためには，新生児期を起点とすることの重要性が示された。

【文献】

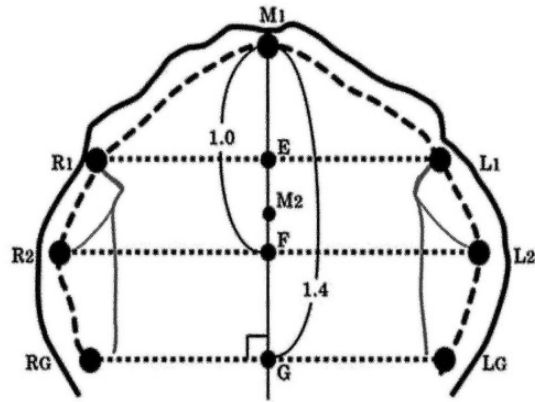
1. Weinberger BB : Important prenatal factors that influence the development of the facial area, and cause malrelation of dental arch at birth, Dental Items Interest, 813-834, 1916.
2. Hellman M : A study of some etiological factors of malocclusion, Dental Cosmos , LVI: 1017-1032 ,1914.
3. Freiband B: Growth of the palate in the human fetus, J Dent Res, 16: 103-122, 1937.
4. Ashley-Montagu MF: The form and dimensions of the palate in the newborn, J Orthod, 20: 694-827, 1934.
5. Sillman JH: Relationship of maxillary and mandibular gum pads in the newborn infants, Am J Orthod Oral Surg, 24: 409-424, 1938.
6. Sillman JH: Serial study of Good Occlusion from birth to 12 years of age, Am J Orthod, 37: 481-507, 1951.
7. Lebret L: Growth Changes of the Palate, J Dent Res, 41: 1391-1404, 1962.
8. Sillman JH: Dimensional changes of the dental arches: longitudinal study from birth to 25 years, Am J Orthod, 50: 824-842, 1964.

9. Richardson AS, Castaldi CR: Dental development during the first two years of life, *J Canad Dent ASS*, 33: 418-429, 1967.
10. Leighton BC: A preliminary study of the morphology of the upper gum pad at the age of 6 months, *Swed Dent J Suppl* , 15: 115-122, 1982.
11. Bishara SE, Kohout FJ, Hogan MM: Influence of feeding and non-nutritive sucking methods on the development of the dental arches, longitudinal study of the first 18 months of life, *Pediatr Dent*, 9: 13-21, 1987.
12. 湖城秀久: 乳児の成長発育に関する研究—上, 下顎歯槽部および口蓋部の三次元的計測—, *小児歯誌*, 26: 112-130, 1988.
13. 竹越史子, 葉山淑人: 無歯期乳児の歯槽弓に関する研究, *神奈川歯学*, 32: 38-49, 1997.
14. Bishara SE, Jakobsen JR, Treder J, Nowak A: Arch width changes from 6 weeks to 45 years of age, *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 111: 401-409, 1997.
15. Tsai HH, Tan CT: Morphology of the Palatal Vault of Primary Dentition in Transvers View, *Angle Orthod*, 74: 774-779, 2004.
16. Ovsenik M, Farcnik FM, Korpar M, Verdenik I: Follow up study of functional and morphological malocclusion trait changes from 3 to 12 years of age, *Eur J Orthod* , 29:523-529, 2007.
17. Ciusa V, Dimagglo FR, Sforza C, Ferrario VF: Three-dimensional palatal development between 3 and 6 years, *Angle Orthod*, 77: 602-606, 2007.
18. Thilander B. : Dentoalveolar development in subjects with normal occlusion: A longitudinal study between the ages of 5 and 31 years, *Eur J Orthod*, 31: 109-120, 2009.

19. Yang ST, Kim HK, Lim YS, Chang MS, Lee SP, Park YS: A three dimensional observation of palatal vault growth in children using mixed effect analysis; a 9 year longitudinal study, *Eur J Orthod* Advance Access published January, 12: 832-840, 2013.
20. Lione R, Buongiorno, Franchi L et al. : Evaluation of maxillary arch dimensions and palatal morphology in mouth-breathing children by using digital dental casts, *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 78: 91-95, 2014.
21. Hohoff A, Stamm T, Meyer U, et al. : Objective growth monitoring of the maxilla in full term infants, *Arch Oral Biol* , 51: 222-235. 2006.
22. 永石恵子, 小倉秀稔, 西田宣弘他 : 無歯期乳児の口蓋形態の特徴および成長による変化, *小児歯誌*, 49: 439-451, 2011.
23. Ishida F, Mashiko M, Shimabukuro I, Yamamoto S, Shimizu K, Maeda T: 3-D image analysis on Palate growth changes from birth to 1 month in healthy infants, *Pediatr Dental J*, 23: 37-43, 2013.
24. Jaunet E, LeGuern A, LeTacon P et al.: Uncovering and treating asymmetry before 6 years in our daily clinical practice: Option or obligation? Orthodontics or orthopedics? , *Int Orthod*, 11: 35-59, 2013.
25. Grayson BH, Cutting CB, Wood R : Preoperative columella lengthening in bilateral cleft lip and palate, *Plast Reconstr Surg*, 92: 1422-1423, 1993.
26. Mishima K, Sugahara T, Mori Y, Sakuda M. : Three-Dimensional Comparison Between the Palatal Forms in Complete Unilateral Cleft Lip and Palate with and without Hotz Plate from Cheiloplasty to Palatoplasty, *Cleft Palate Craniofac J* , 33: 312-317, 1996.

27. Ahmed MM, Brecht LE, Cutting CB, Grayson BH : The Role of Pediatric Dentists in the Presurgical Treatment of Infants with Cleft Lip/ Cleft Palate Utilizing Nasoalveolar Molding, *Pediatric Dentistry*, 34: 209-213, 2012.
28. Bugaighis I, O'Higgins P, Tiddeman B, Mattick C, Ben Ali O, Hobson R: Three-dimensional geometric morphometrics applied to the study of children with cleft lip and/or palate from the North East of England, *Eur J Orthod*, 32: 514-521, 2010.
29. Kozelj V, Vegnuti M, Drevensek M *et al.* : Palate dimensions in six-year-old children with unilateral cleft lip and palate: a six-center study on dental casts, *Cleft Palate Craniofac J*, 49: 672-682, 2012.
30. Tobiume H, Kanzaki S, Hida H *et al.* : Serum Bone Alkaline Phosphatase Isoenzyme Levels in Normal Children with Growth Hormone (GH) Deficiency: A Potential Marker for Bone Formation and Response to GH Therapy, *J Clin Endocrinol Metab* 82: 2056-2061, 1997.
31. Rauchenzauner M, Schmid A , Heinz-Erian P *et al.*: Sex-and Age-Specific Reference Curves for Serum Markers of Bone Turnover in Healthy Children from 2 Month to 18 Years, *J Clin Endocrinol Metab*, 92: 443-449, 2007.
32. 鵜飼保雄 : 統計学への開かれた門, 養賢堂, 16-19, 172-185, 2010.
33. Isogawa N, Ochiai S, Mito T: Three-Dimensional Comparison in Palatal Forms Between Modified Presurgical Nasoalveolar Molding Plate and Hotz's Plate Applied to the Infants With Unilateral Cleft Lip and Palate, *Singapore Dental Journal*, 31: 36-42, 2010.
34. Primožic J, Perinetti G, Richmond S, *et al.*: Three-dimensional longitudinal evaluation of palatal vault changes in growing subjects, *Angle Orthod*, 82: 632-636, 2012.

35. 峰野泰久, 桑原美代子, 後藤明久 他: 哺乳形式と乳歯咬合形態に関する研究, 口科誌, 37: 855-861, 1988.
36. 山下敦子, 千木良あき子, 水上美樹 他: 哺乳方法と乳歯列形態との関連性, 口衛誌, 46: 72-79, 1996.



a

図1a 計測点 (M₁, M₂, R₁, L₁, R₂, L₂,)及び計測点座標から定義された点 (E, F, G, R_G, L_G)

- M₁: 切歯乳頭の歯槽頂上の点
- R₁: 右側分界溝 (Lateral sulcus)と歯槽堤頂の交点⁴⁾
- L₁: 左側分界溝 (Lateral sulcus)と歯槽堤頂の交点⁴⁾
- R₂: 右側第一乳臼歯萌出部遠心の歯槽頂上の点 (著者が考案)
- L₂: 左側第一乳臼歯萌出部遠心の歯槽頂上の点 (著者が考案)
- M₂: 左右口蓋隆線の中点とM₁を結んだ臨床的正中線(中心線)上

でのM₁から十分離れた点。中心線を求めるために測定した。

- E: 中心線と線分R₁-L₁の交点
- F: 中心線と線分R₂-L₂の交点
- G: M₁から線分M₁-Fの1.4倍に等しい距離にある中心線上の点
これは計測の後方限界を決めるために設けた。
- R_G, L_G: G点を通り中心線と直行する線で歯槽頂と交わる点

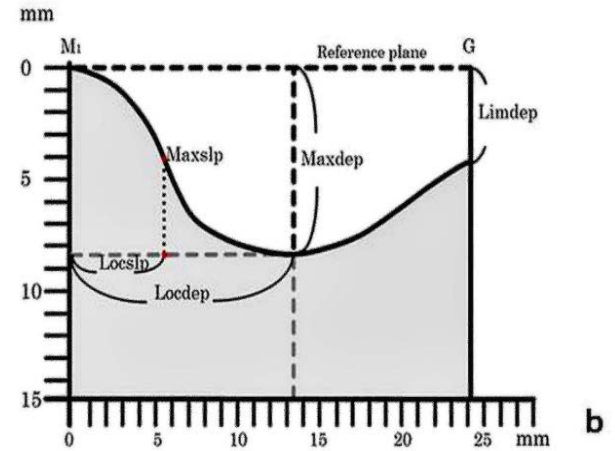


図1b 正中部矢状断の口蓋形態の計測部位

- Maxdep(最大深): 基準平面から中心線上の最深点までの距離
- Locdep(最大深位置): 中心線上でM₁から最深点までの距離
- Maxslp(最大勾配): M₁から最深点まで中心線上での1ピッチ当たりの深さの変化量の最大値
- Locslp(最大勾配点位置): M₁から中心線上で最大勾配を示した部位の中点の位置
- Limdep(点Gにおける深さ)

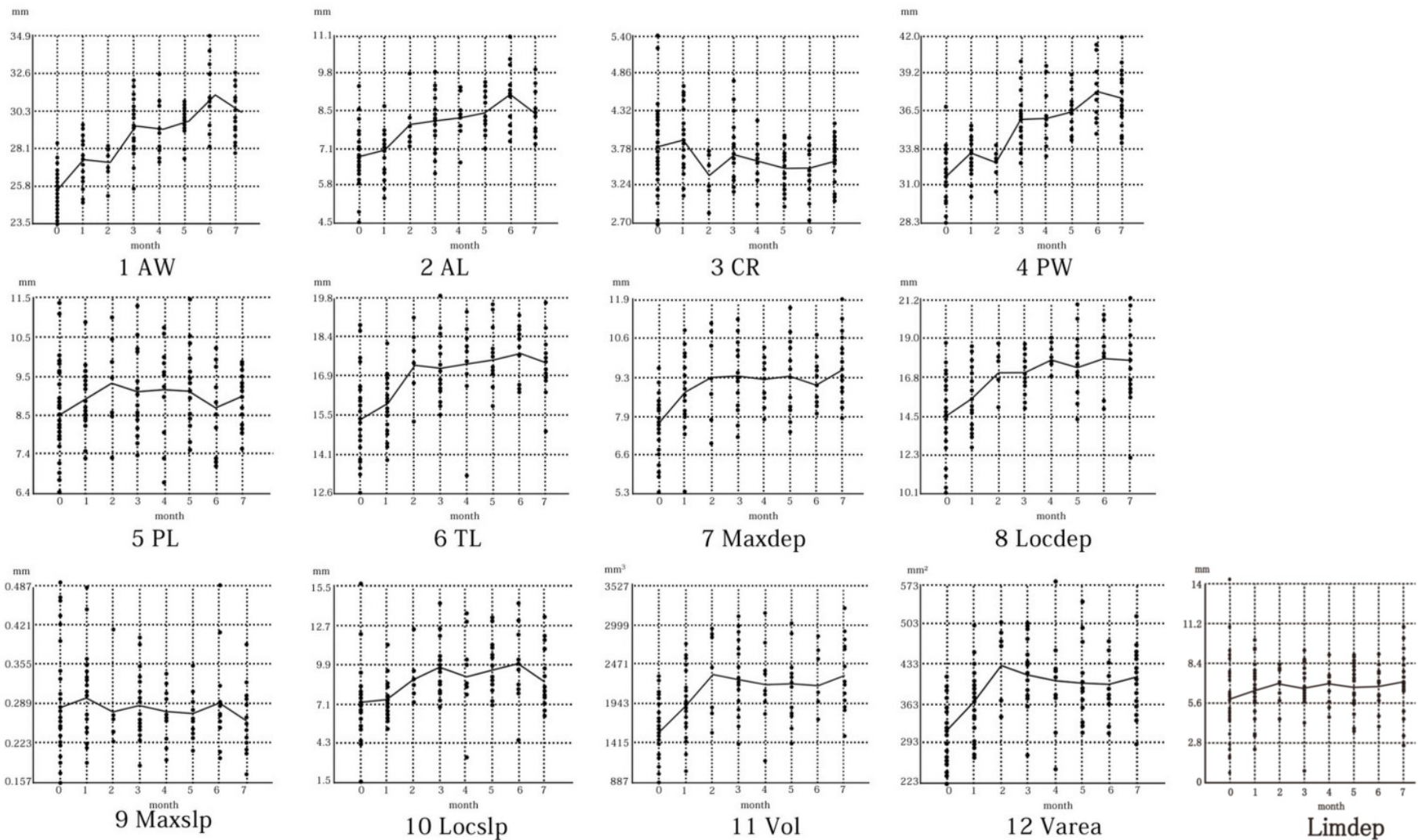


図2 計測項目の月齢別変化

図の各点は、計測された個体値を示す。また折線は月齢別平均を示す。

AW: Anterior width AL: Anterior length CR: Canine ratio (AW/AL) PW: Posterior width PL: Posterior length TL: Total length

Maxdep: Maximum depth Locdep: Location of the maximum depth point Maxslp: Maximum slope

Locslp: Location of the maximum slope point Vol: Volume Varea: Volume area Limdep: Lim depth

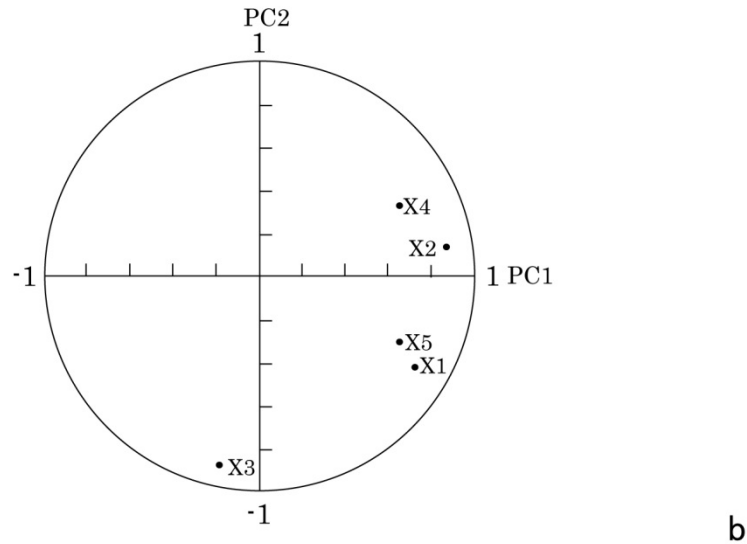
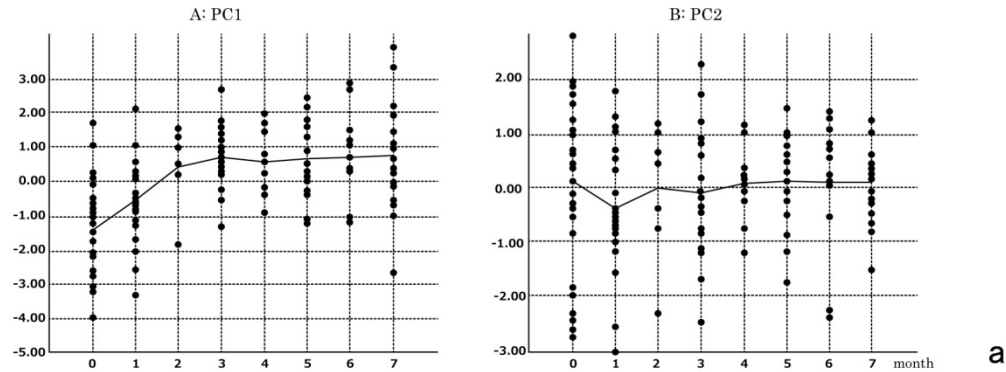


図3a 正中部矢状断の口蓋形態 5変数の第1及び第2主成分の月齢に伴う変化

図の各点は、主成分得点を示す。また折線は月齢別平均値を示す。

A:第1主成分(PC1) B:第2主成分(PC2)

図3b 5変数とPC1およびPC2との相関係数

ある変数(X_i)($i=1,2,\dots,5$)の主成分(PC1, PC2)座標が、円の周辺に近いということは、その変数の変動のほとんどは、PC1, PC2,またはPC1とPC2の組合せにより説明されることを示す。

X1: Maxdep X2: Locdep X3: Maxslp X4: Locslp X5: Limdep

表1 計測誤差の変動係数 (%)

	誤差分布の標準偏差	総平均	変動係数(%)
1 AW	0.239	28.18	0.85
2 AL	0.277	7.49	3.70
3 CR	0.162	3.82	4.26
4 PW	2.396	34.43	6.96
5 PL	0.396	9.06	4.36
6 TL	0.430	16.67	2.59
7 Maxdep	0.421	9.06	4.64
8 Locdep	0.738	16.67	4.43
9 Maxslp	49.448	284.68	17.37
10 Locslp	0.869	8.23	10.56
11 Vol	3.637	58.58	6.21
12 Varea	31.836	380.45	8.37

表2 12計測項目の個体間平均の月齢に伴う変化

Characteristics (unit)	Mean				t-value		
	0M N=32	1M N=25	3M N=20	7M N=19	0Mvs1M	1Mvs3M	3Mvs7M
1 AW (mm)	25.42	27.27	29.24	30.04	5.76**	4.44**	1.50
2 AL(mm)	6.84	7.01	8.07	8.37	0.66	3.84**	1.09
3 CR(-)	3.80	3.94	3.67	3.61	0.96	2.01	0.47
4 PW (mm)	31.66	33.45	35.94	37.54	4.12**	5.04**	2.47
5 PL (mm)	8.50	8.90	9.11	9.00	1.43	0.80	0.39
6 TL (mm)	15.34	15.91	17.19	17.37	1.61	3.79**	0.54
7 Maxdep (mm)	7.67	8.72	9.31	9.53	3.46**	1.71	0.63
8 Locdep (mm)	14.52	15.52	17.01	17.78	1.93	3.45**	1.41
9 Maxslp(mm)	0.280	0.299	0.285	0.259	0.67	0.68	1.55
10 Locslp (mm)	7.12	7.32	9.68	8.64	0.38	4.88**	1.69
11 Vol(mm ³)	1545.06	1903.44	2259.95	2318.11	3.32**	2.65	0.40
12 Varea(mm ²)	313.50	363.12	411.80	408.63	3.34**	2.86**	0.18

** : $p < 0.01$

表3 12計測項目における個体値の月齢間相関

	df	0Mvs1M 23	1Mvs3M 13	3Mvs7M 8	0Mvs7M 17
1	AW	0.50*	0.53*	0.89**	0.65**
2	AL	0.37	0.85**	0.73*	0.14
3	CR	0.20	0.76**	0.83*	0.08
4	PW	0.55**	0.49	0.95**	0.35
5	PL	0.38	0.33	0.62	0.42
6	TL	0.60**	0.46	0.71*	0.49*
7	Maxdep	0.61**	0.30	0.39	0.09
8	Locdep	0.33	0.43	-0.11	-0.03
9	Maxslp	0.43*	-0.06	0.43	0.01
10	Locslp	0.13	-0.11	0.04	-0.05
11	Vol	0.73**	0.51	0.31	0.56*
12	Varea	0.75**	0.52*	0.32	0.77**

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

表4 1 2項目における月齢要因と個体差要因の割合

計測項目	月齢(%)	個体差(%)
1 AW	63.5	36.5
2 AL	41.7	58.3
3 CR	12.8	87.2
4 PW	62.4	37.6
5 PL	5.9	94.1
6 TL	36.7	63.3
7 Maxdep	27.8	72.2
8 Locdep	36.1	63.9
9 Maxslp	3.2	96.8
10 Locslp	22.4	77.6
11 Vol	31.0	69.0
12 Varea	30.7	69.3

表5 0カ月と7カ月における計測項目間相関

0M (df=30)											
Characteristics	2AL	3CR	4PW	5PL	6TL	7Maxdep	8Locdep	9Maxslp	10Locslp	11Vol	12Varea
1 AW	0.16	0.08	0.42*	0.18	0.26	0.02	-0.10	0.13	0.07	0.11	0.16
2 AL		-0.94**	-0.23	-0.16	0.59**	-0.10	0.46*	-0.30	0.53**	0.19	0.23
3 CR			0.30	0.26	-0.46**	0.15	-0.52**	0.36	-0.53**	-0.08	-0.12
4 PW				0.16	0.03	0.27	0.09	-0.02	-0.08	0.22	0.16
5 PL					0.70**	0.08	-0.02	0.06	-0.19	0.31	0.48**
6 TL						-0.01	0.31	-0.17	0.23	0.39*	0.56**
7 Maxdep							0.41*	0.14	-0.07	0.78**	0.62**
8 Locdep								-0.23	0.45*	0.45**	0.46**
9 Maxslp									-0.29	0.02	-0.10
10 Locslp										0.17	0.13
11 Vol											0.94**
7M (df=17)											
Characteristics	2AL	3CR	4PW	5PL	6TL	7Maxdep	8Locdep	9Maxslp	10Locslp	11Vol	12Varea
1 AW	0.22	0.39	0.72**	0.16	0.28	0.24	0.38	-0.09	0.21	0.35	0.34
2 AL		-0.81**	0.16	-0.08	0.68**	-0.11	-0.08	-0.32	0.00	0.11	0.32
3 CR			0.27	0.18	-0.47*	0.23	0.31	0.28	0.11	0.09	-0.12
4 PW				0.25	0.31	0.57*	0.55*	-0.01	0.46*	0.54*	0.53*
5 PL					0.68**	0.05	0.07	-0.29	-0.22	0.28	0.41
6 TL						-0.04	-0.01	-0.45	-0.16	0.28	0.54*
7 Maxdep							0.58**	-0.06	0.76**	0.84**	0.62**
8 Locdep								-0.20	0.60**	0.40	0.18
9 Maxslp									0.09	-0.36	-0.42
10 Locslp										0.44	0.24
11 Vol											0.92**

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$