下顎運動のコンピュータ演算式

第4報 顆路と切歯指導板の調節値と対合歯の咬頭傾斜角の基準値から臼歯離開量を算出

高山 寿 夫

Mathematical Expressions for Computing Mandibular Movement

Part IV Equations for Calculating Amounts of Disocclusion on Articulator

Hisao Takayama

Mathematical equations to calculate the amount of disocclusion on an articulator from adjustment values of the condylar guidance and anterior guide table and also cusp angles on the casts, were derived, based on the mathematical model of mandibular movement^{4,5)}. The equations derived can be used for analysing relations between the amounts of disocclusion, cusp angles on the casts and adjustment values on an articulator.

はじめに

第1～3報¹⁻³⁾で、下顎運動と咬合の関連を理論と実験の両面から解析するために必要な一連のコンピュータ演算式の導出を行ってきた。

そのうち、第3報³⁾では著者らの導出したヒトの下顎運動の数学モデル（一次近似式）^{4,5)}を基本式とし、生体の顆路と切歯路と対合歯の咬頭傾斜角を既知として、臼歯離開量を算出するためのコンピュータ演算式を導出した。しかし上下顎歯列模型をマウントした咬合器上で、咬合器の顆路と金属性切歯指導板を調節して臼歯離開量を制御しようとする場合には、第3報における切歯路を切歯指導棒尖端の運動路に置き換えなければならない。切歯指導棒の尖端は切歯指導板にガイドされるので、切歯路の値の代わりに切歯指導板の調節値を用いることになる。

一方、第2報²⁾で咬合器の顆路と切歯指導板の調節値を既知として咬頭路を算出するためのコンピュータ演算式を導出したが、臼歯離開は咬頭路と対合歯の咬頭傾斜との間にできるすき間であるから、臼歯離開量を算出するには第3報で行ったように、臼歯離開量、咬頭路傾斜度および咬頭傾斜角の三者間の解析的関係にもとづいた演算を行わなければならない。さらに実際問題としてこの算出に必要な咬頭路沿いの咬頭傾斜角のデータは乏しいので、咬頭傾斜角の代わりに臼歯離開量の計測値（または標準値）を用い、逆に咬頭傾斜角を算出する手順を確立しておくことも有用であろう。

本研究の目的は、顆路と切歯指導板の調節値と対合歯の咬頭傾斜角の基準値を既知として臼歯離開量を算出するためのコンピュータ演算手順を導出するとともに、顆路と切歯指導板の調節値と臼歯離開量の計測値（または標準値）を既知として咬頭傾斜角を算出する手順を導出することにある。

算出に用いる演算式

上述した本研究の目的を達成するための算出には、第2報²⁾および第3報³⁾でそれぞれ導出した複数の演算式の一部記号の表記と定義を変更したものを用いる。

1. 蝶番回転角の算出式

表1に、第2報²⁾で導出した“切歯指導板にガイドされた咬合器の上顎フレームの蝶番回転角の算出式(第2報;表2)”を、一部記号の定義と表記を本研究の目的に合致するように変更した上で転載した。前方運動では、表1の(1)式に、咬合器の切歯指導桿先端の2次元座標(A_g, C_g ; 顎頭間軸中点を原点とし、前方および下方を正とする)、矢状前方顎路傾斜度 Ω_{cp} 、切歯指導板の矢状傾斜度 Ω_{gp} および前方顎路長 Λ_{cp} を代入することにより、前方運動における上顎フレームの蝶番回転角 Θ_{hp}^g (開口方向を正とする)を算出することができる。また側方運動では、表1の(2)式に、咬合器の切歯指導桿先端の3次元座標($A_g, B_g=L_c/2, C_g$; 作業側の顎頭中心を原点とし、前方、舌側方および下方を正とする)、顎頭間距離 L_c 、矢状側方顎路傾斜度 Ω_{cl} 、ベネット角 B_e 、切歯

指導板の矢状傾斜度 Ω_{gp} および側翼角 W_{gl} および側方顎路長 Λ_{cl} を代入することにより、側方運動における上顎フレームの蝶番回転角 Θ_{hl}^g (開口方向を正とする)を算出することができる。

2. 咬頭路の算出式

表2に、第2報²⁾で導出した“咬合器上の齒列模型の咬頭路傾斜の算出式(第2報;表3)”のうち、咬頭の3次元変位に関する部分を一部記号の定義と表記を本研究の目的に合致するように変更した上で転載した。前方運動では、表2の(3)および(4)式に、咬合器の矢状前方顎路傾斜度 Ω_{cp} 、切歯点の2次元座標(A_i, C_i ; 顎頭間軸中点を原点とし、前方および下方を正とする)、臼歯咬頭の2次元座標(a_m, c_m ; 切歯点を原点とし、後方および上方を正とする)、前方顎路長 Λ_{cp} および前方蝶番回転角 Θ_{hp}^g を代入することにより、咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた前方運動における臼歯咬頭の前方および下方変位($\Delta X_{mp}^g, \Delta Z_{mp}^g$)を算出することができる。側方運動の作業側では表2の(5)~(7)式に、また非作業側では表2の(8)~(10)式に、咬合器の矢状側方顎路傾斜度 Ω_{cl} 、ベネット角 B_e 、切歯点の3次元座標($A_i, B_i=L_c/2, C_i$; 作業側の顎頭中心を原点と

表1 切歯指導板にガイドされた咬合器の上顎フレームの蝶番回転角の算出式

$$\Theta_{hp}^g = \frac{(\tan\Omega_{gp} - \tan\Omega_{cp}) \times \cos\Omega_{cp} \times \Lambda_{cp}}{C_g \times \tan\Omega_{gp} + A_g} \quad \dots(1)$$

$$\Theta_{hl}^g = \left\{ \frac{L_c}{2} \times (\tan\Omega_{gp} - \tan\Omega_{cp}) + (C_g \times \tan\Omega_{cl} + A_g + L_c \times \tan B_e) \times \tan W_{gl} / \cos\Omega_{gp} \right\} \times (\Lambda_{cl} \times \cos\Omega_{cl} / L_c) / (C_g \times \tan\Omega_{gp} + A_g) \quad \dots(2)$$

(A_g, B_g, C_g): 咬合器の切歯指導桿先端の3次元座標(ただし、前方運動時には $B_g=0$ 、側方運動時には

$$B_g = \frac{L_c}{2} \text{とした})$$

L_c : 咬合器の顎頭球中心間距離

$\Theta_{hp}^g, \Theta_{hl}^g$: 切歯指導板によってガイドされた咬合器の上顎フレームの前方(側方)蝶番回転角(単位はラジアン)

Ω_{cp}, Ω_{cl} : 咬合器の矢状前方(側方)顎路傾斜度調節値

B_e : 咬合器のベネット角調節値

Ω_{gp} : 咬合器の槌型調節性切歯指導板の中心溝の矢状傾斜度調節値

W_{gl} : 咬合器の槌型調節性切歯指導板の側翼角調節値

$\Lambda_{cp}, \Lambda_{cl}$: 前方(側方)顎路長

表 2 咬合器上の歯列模型の咬頭路の算出式

1) 前方運動

$$\Delta X_{mp}^g = \cos \Omega_{cp} \times \Lambda_{cp} - (C_i - c_m) \times \Theta_{hp}^g \quad \cdots (3)$$

$$\Delta Z_{mp}^g = \sin \Omega_{cp} \times \Lambda_{cp} + (A_i - a_m) \times \Theta_{hp}^g \quad \cdots (4)$$

2) 側方運動

(1) 作業側

$$\Delta X_{mw}^g = \left\{ \frac{L_c}{2} - b_m \right\} \times \delta_i - (C_i - c_m) \times \Theta_{hi}^g \quad \cdots (5)$$

$$\Delta Y_{mw}^g = \{ (C_i - c_m) \times \tan \Omega_{ci} + (A_i - a_m) + L_c \times \tan B_e \} \times (\Lambda_{ci} \times \cos \Omega_{ci} / L_c) \quad \cdots (6)$$

$$\Delta Z_{mw}^g = \left\{ \frac{L_c}{2} - b_m \right\} \times \tan \Omega_{ci} + (A_i - a_m) \times \Theta_{hi}^g \quad \cdots (7)$$

(2) 非作業側

$$\Delta X_{mnw}^g = \left\{ \frac{L_c}{2} + b_m \right\} \times \delta_i - (C_i - c_m) \times \Theta_{hi}^g \quad \cdots (8)$$

$$\Delta Y_{mnw}^g = \{ (C_i - c_m) \times \tan \Omega_{ci} + (A_i - a_m) + L_c \times \tan B_e \} \times (\Lambda_{ci} \times \cos \Omega_{ci} / L_c) \quad \cdots (9)$$

$$\Delta Z_{mnw}^g = \left\{ \frac{L_c}{2} + b_m \right\} \times (\tan \Omega_{ci}) \times \delta_i + (A_i - a_m) \times \Theta_{hi}^g \quad \cdots (10)$$

($\Delta X_{mp}^g, \Delta Z_{mp}^g$): 咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた前方運動における下顎臼歯咬頭の上顎に対する 2 次元変位

($\Delta X_{mw}^g, \Delta Y_{mw}^g, \Delta Z_{mw}^g$): 咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた側方運動の作業側における下顎臼歯咬頭の上顎に対する 3 次元変位

($\Delta X_{mnw}^g, \Delta Y_{mnw}^g, \Delta Z_{mnw}^g$): 咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた側方運動の非作業側における下顎臼歯咬頭の上顎に対する 3 次元変位

(A_i, B_i, C_i): 切歯点の 3 次元座標(ただし座標の原点は下顎固定とし, 前方および側方運動においてそれぞれ顎頭間軸中点および作業側顎頭中心とした)

(a_m, b_m, c_m): 切歯点を原点とし, 後方, 頬側方, 上方を正とした臼歯咬頭の 3 次元座標

表 3 臼歯離開量の算出式

1) 前方運動

$$D_{mp}^g = \Delta Z_{mp}^g - \Delta X_{mp}^g \times \tan \omega_{mp} \quad \cdots (11)$$

$$\text{または } \omega_{mp} = \tan^{-1} \{ (\Delta Z_{mp}^g - D_{mp}^g) / \Delta X_{mp}^g \} \quad \cdots (12)$$

2) 側方運動

(1) 作業側

$$D_{mw}^g = \Delta Z_{mw}^g - \sqrt{(\Delta X_{mw}^g)^2 + (\Delta Y_{mw}^g)^2} \times \tan \omega_{mw} \quad \cdots (13)$$

または

$$\omega_{mw} = \tan^{-1} \{ (\Delta Z_{mw}^g - D_{mw}^g) / \sqrt{(\Delta X_{mw}^g)^2 + (\Delta Y_{mw}^g)^2} \} \quad \cdots (14)$$

(2) 非作業側

$$D_{mnw}^g = \Delta Z_{mnw}^g - \sqrt{(\Delta X_{mnw}^g)^2 + (\Delta Y_{mnw}^g)^2} \times \tan \omega_{mnw} \quad \cdots (15)$$

または

$$\omega_{mnw} = \tan^{-1} \{ (\Delta Z_{mnw}^g - D_{mnw}^g) / \sqrt{(\Delta X_{mnw}^g)^2 + (\Delta Y_{mnw}^g)^2} \} \quad \cdots (16)$$

ω_{mp} : 対合歯の矢状有効咬頭傾斜角

$\omega_{mw}, \omega_{mnw}$: 対合歯の作業側(非作業側)前頭有効咬頭傾斜角

D_{mp}^g : 咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた前方臼歯離開量

D_{mw}^g, D_{mnw}^g : 咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた作業側(非作業側)の側方臼歯離開量

し、前方、舌側方および下方を正とする)、顎頭間距離 L_c 、臼歯咬頭の3次元座標 (a_m, b_m, c_m ; 切歯点を原点とし、後方、頬側方および上方を正とする)、側方顎路長 Δc_l および側方蝶番回転角 Θ_{hl}^g を代入することにより、咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた側方運動の作業側または非作業側における臼歯咬頭の3次元変位(作業側では $\Delta X_{mw}^g, \Delta Y_{mw}^g, \Delta Z_{mw}^g$; 非作業側では $\Delta X_{mnw}^g, \Delta Y_{mnw}^g, \Delta Z_{mnw}^g$) を算出することができる。

3. 臼歯離開量の算出式

表3に、第3報³⁾で導出した“臼歯離開量の算出式”(第3報; 表2)を一部記号の定義と表記を本研究の目的に合致するように変更した上で転載した。前方運動では、表3の(11)式に、(前方運動時の咬頭路に沿った)対合歯の矢状有効咬頭傾斜角 ω_{mp} および咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた前方運動における下顎臼歯咬頭の上顎に対する2次元変位 (X_{mp}^g, Z_{mp}^g) を代入することにより、咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた前方臼歯離開量 D_{mp}^g を算出することができ

図1 前方運動における臼歯離開量の算出原理図(矢状面)。

C: 咬頭嵌合位における咬頭頂の対合歯咬合面との接触点, $\Delta X_{mp}, \Delta Z_{mp}$: 前方運動における咬頭頂の前方および下方変位, C-P: 前方咬頭路, C-H: 水平基準面の矢状断面, $\angle PCH$: 矢状前方咬頭路傾斜度 Ω_{mp} , C-S: 対合歯の咬頭斜面の矢状断面, $\angle SCH$: 対合歯の矢状前方有効咬頭傾斜角 ω_{mp} , D_{mp} : 前方運動時の臼歯離開量 (PS) (保母ら: 咬合学, クインテッセンス出版, 1995 より)。

る。また側方運動の作業側では(13)式に対合歯の(側方運動の作業側咬頭路に沿った)前頭有効咬頭傾斜角 ω_{mw} および咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた作業側の下顎臼歯咬頭の上顎に対する3次元変位 ($\Delta X_{mw}^g, \Delta Y_{mw}^g, \Delta Z_{mw}^g$) を、非作業側では(15)式に(側方運動時の非作業側咬頭路に沿った)対合歯の前頭有効咬頭傾斜角 ω_{mnw} および下顎臼歯咬頭の3次元変位 ($\Delta X_{mnw}^g, \Delta Y_{mnw}^g, \Delta Z_{mnw}^g$) を代入することにより、それぞれ咬合器の顎路と切歯指導板にガイドされた作業側および非作業側の側方臼歯離開量(作業側では、 D_{mw}^g ; 非作業側では D_{mnw}^g) が算出できる。

4. 臼歯離開量算出の原理図

図1および図2に、第3報³⁾からそれぞれ前方

図2 側方運動の作業側における臼歯離開量の算出原理図(括弧内は非作業側における場合を示す)。

C: 咬頭嵌合位における咬頭頂の対合歯咬合面との接触点, $\Delta X_{mw}, \Delta Y_{mw}, \Delta Z_{mw}, (\Delta X_{mnw}, \Delta Y_{mnw}, \Delta Z_{mnw})$: 側方運動の作業側(非作業側)における前方、側方および下方変位, C-P: 作業側(非作業側)における側方咬頭路, C-H: 水平基準面の咬頭路を含む垂直断面, $\angle PCH$: 作業側(非作業側)の前頭咬頭路傾斜度 Φ_{mw} (Φ_{mnw}), C-S: 対合歯の作業側(非作業側)における咬頭斜面の咬頭路を含む垂直断面, $\angle SCH$: 対合歯の前頭側方有効咬頭傾斜角 ω_{mw} (ω_{mnw}), D_{mw} (D_{mnw}): 作業側(非作業側)における臼歯離開量 (PS) (保母ら, 咬合学, クインテッセンス出版, 1995 より)。

運動および側方運動における臼歯離開量算出の原理図（第3報；図1および図2）を転載した。図3はその模式図である。

演算手順

本研究で目的とした臼歯離開量の算出および咬頭傾斜角の算出は、前方運動および側方運動のそれぞれにつき、前項に示した演算式を次のような手順で順次組み合わせることによって達成できる。

1. 前方運動

前方運動の場合には、(1)式の右辺を(3)および(4)式に代入し、次いで(3)および(4)式の右辺を(11)式に代入するという手順でコンピュータ演算プログラムを作成することにより、咬合器の顎路調節値 (Ω_{cp} , Δ_{cp})、切歯指導板調節値 Ω_{gp} および（前方運動の咬頭路に沿った）対合歯の矢状有効咬頭傾斜角の基準値 ω_{mp} 等を与えて、前方運動時の臼歯離開量 D^s_{mp} を算出することができる。

もし臼歯離開量の計測値または標準値が既知であって、対合歯の矢状有効咬頭傾斜角を求めたい場合には上記の手順において(11)式の代わりに(12)式を用い、上記において矢状有効咬頭傾斜角 ω_{mp} の代わりに前方臼歯離開量 D^s_{mp} を与えて、矢状有効咬頭傾斜角 ω_{mp} を算出すればよい。

2. 側方運動

側方運動の作業側では、(2)式の右辺を(5)および(7)式に代入し、次いで(5)～(7)式の右辺を(13)式に代入するという手順でコンピュータ演算プログラムを作成することにより、咬合器の顎路調節値 (Ω_{cl} , B_e , Δ_{cl})、切歯指導板の調節値 (Ω_{gp} , W_{gl}) および（側方運動の作業側咬頭路に沿った）対合歯の作業側前頭有効咬頭傾斜角 ω_{mw} 等を与えて、側方運動時の作業側臼歯離開量 D^s_{mw} を算出することができる。

同様に非作業側では、(2)式の右辺を(8)および(10)式に代入し、次いで(8)～(10)式の右辺を(15)式に代入するという手順でコンピュー

タ演算プログラムを作成することにより、咬合器の顎路調節値 (Ω_{cl} , B_e , Δ_{cl})、切歯指導板の調節値 (Ω_{gp} , W_{gl}) および（側方運動の非作業側咬頭路に沿った）対合歯の非作業側前頭有効咬頭傾斜角 ω_{mnw} 等を与えて、側方運動時の非作業側臼歯離開量 D^s_{mnw} を算出することができる。

もし臼歯離開量の計測値または標準値が既知であって、対合歯の有効咬頭傾斜角を求めたい場合には上記の手順において(13)式または(15)の代わりにそれぞれ(14)または(16)式を用い、上記において有効咬頭傾斜角 ω_{mw} または ω_{mnw} の代わりに側方臼歯離開量 D^s_{mw} または D^s_{mnw} を与えて、前頭有効咬頭傾斜角 ω_{mw} または ω_{mnw} を算出すればよい。

考 察

以上のようにして、本研究の目的とした演算式が導出された。本研究で用いたヒトの下顎運動の数学モデルは力学における Euler の定理を用いた一次近似式で、近似を用いない一般式に比べ格段の簡潔度を有しているが、下顎運動の解析に応

図3 臼歯離開量算出原理の模式図。

① 水平基準面、②咬頭路、③咬頭斜面、④臼歯離開量、⑤咬頭路傾斜度、⑥咬頭傾斜角。（保母須弥也：ツインホビーによる新補綴臨床術式。Dental Magazine 85, モリタ, 1995 より）。

用した場合、その近似誤差は変位において最大 33 μm 、角度において最大 0.8 deg である⁴⁾。したがって、本研究で導出した演算式の精度は実用上十分と考えられる。

図 4～6 は第 3 報³⁾で導出した“顆路と切歯路と対合歯の咬頭傾斜の計測値から臼歯離開量を算出”する式の応用例で、顆路と切歯路の値には標準値を用いて有効咬頭傾斜角と臼歯離開量との関係を求めたグラフである。図 4 は前方運動、図 5 は側方運動の作業側、図 6 は側方運動の非作業側の場合を示している。これらの図は図中に示すように、第一大臼歯および第二大臼歯における臼歯離開量の計測データの平均値を与えてそれぞれの

有効咬頭傾斜角を推定するのに用いられた⁶⁾。

図 7～9 は本研究で導出した“顆路と切歯指導板と対合歯の基準値から臼歯離開量を算出”する式の応用例で、図 7 は前方運動において顆路の値には標準値を、有効咬頭傾斜角には図 4 の推定結果にもとづいて設定した基準値を用いて切歯指導板の矢状傾斜度と臼歯離開量との関係を求めたグラフである。図 8 および図 9 はそれぞれ、側方運動の作業側および非作業側において顆路の値には標準値を、有効咬頭傾斜角には図 5 および図 6 の推定結果にもとづいて設定した基準値を、さらに切歯指導板の矢状傾斜度には図 7 を用いて求めた基準値を用いて、それぞれ切歯指導板の側翼角と作

図 4 前方運動における臼歯離開量と第二大臼歯の矢状前方有効咬頭傾斜角との関係を算出してプロットした結果(実線)。標準値は矢状前方顆路傾斜度を 40°, 矢状前方切歯路傾斜度を 45°とした。第二大臼歯における前方臼歯離開量の計測データの平均値は 0.97 mm なので、この値を縦軸にとって横一線に引いた直線とグラフとの交点を黒丸印で示す。この交点の横軸の値は約 27°と読み取れた。これが矢状前方有効咬頭傾斜角の推定値である。縦軸は前方臼歯離開量、横軸は矢状前方有効咬頭傾斜角。破線と白丸印は第一大臼歯における結果。(保母ら：咬合学。クインテッセンス出版、1995 より)

業側および非作業側の臼歯離開量との関係を求めたグラフである。これらの図は図中に示すように臼歯離開量の標準値を与えて切歯指導板調節の際の基準値を決定するのに用いられた。ちなみに、図8および図9において臼歯離開量の基準値を作業側で0.5 mm, 非作業側で1.0 mm とし、そのいずれにおいて求めた側翼角の調節値もほぼ20°となり同じ結果が得られたことは、当然のことながら本研究で導出した演算式が実用式として有効であり、かつ上記のようにして求めた有効咬頭傾斜

角の基準値と臼歯離開量の標準値が実用値としてそれぞれ正しいことを裏付けている。

以上の応用例から分かるように本研究で導出した演算式は、第1～3報で求めた演算式と合わせ、下顎運動および咬合器のすべての誘導要素、咬頭形態並びに臼歯離開量の相互関係の理論的解析、また一方から他方の推定、さらに実験データの一貫性の確認等にきわめて有効なツールであるといえることができるであろう。

図5 側方運動の作業側における臼歯離開量と第二大臼歯の前頭側方有効咬頭傾斜角との関係を算出してプロットした結果(実線)。標準値は矢状側方顎路傾斜度を40°、ベネット角を15°、前頭側方切歯路傾斜度を45°とした。第二大臼歯における作業側の臼歯離開量の計測データの平均値は0.43 mmなので、この値を縦軸にとって横一線に引いた直線とグラフとの交点を黒丸印で示す。この交点の横軸の値は約14°と読み取れた。これが作業側の前頭側方有効咬頭傾斜角の推定値である。縦軸は作業側臼歯離開量、横軸は前頭側方有効咬頭傾斜角(作業側)。破線と白丸印は第一大臼歯における結果。(保母ら：咬合学。クインテッセンス出版、1995より)

図6 側方運動の非作業側における臼歯離開量と第二大臼歯の前頭側方有効咬頭傾斜角との関係を算出してプロットした結果(実線)。標準値は矢状側方顆路傾斜度を40°、ベネット角を15°、前頭側方切歯路傾斜度を45°とした。第二大臼歯における非作業側の臼歯離開量の計測データの平均値は0.78 mmなので、この値を縦軸にとって横一線に引いた直線とグラフとの交点を黒丸印で示す。この交点の横軸の値は約21°と読み取れた。これが非作業側の前頭側方有効咬頭傾斜角の推定値である。縦軸は非作業側臼歯離開量、横軸は前頭側方有効咬頭傾斜角(非作業側)。破線と白丸印は第一大臼歯における結果。(保母ら：咬合学。クインテッセンス出版、1995より)

図7 調節性の槌状切歯指導板の矢状傾斜度調節値と前方臼歯離開量との関係を算出してプロットした結果。矢状前方顆路傾斜角の標準値を40°、矢状前方有効咬頭傾斜角の基準値を25°とした。第二大臼歯における前方臼歯離開量の標準値を1.0 mmとし、この値を縦軸にとって横一線に引いた直線とグラフとの交点を黒丸印で示す。この交点の横軸の値は約45°と読み取れた。これが切歯指導板の矢状傾斜度の調節値である。(保母ら：咬合学。クインテッセンス出版、1995より)

図8 調節性の槌状切歯指導板の側翼角調節値と作業側の側方臼歯離開量との関係を算出してプロットした結果。矢状側方顎路傾斜角の標準値を40°, ベネット角を15°, 切歯指導板の矢状傾斜度を45°とし、作業側の前頭側方有効咬頭傾斜角の基準値を15°とした。第二大臼歯における作業側の側方臼歯離開量の標準値を0.5 mmとし、この値を縦軸にとって横一線に引いた直線とグラフとの交点を黒丸印で示す。この交点の横軸の値は約20°と読み取れた。これが切歯指導板の側翼角の調節値である。(保母ら：咬合学。クインテッセンス出版, 1995より)

図9 調節性の槌状切歯指導板の側翼角調節値と非作業側の側方臼歯離開量との関係を算出してプロットした結果。矢状側方顎路傾斜角の標準値を40°, ベネット角を15°, 切歯指導板の矢状傾斜度を45°とし、非作業側の前頭側方有効咬頭傾斜角の基準値を20°とした。第二大臼歯における作業側の側方臼歯離開量の標準値を1.0 mmとし、この値を縦軸にとって横一線に引いた直線とグラフとの交点を黒丸印で示す。この交点の横軸の値は約20°と読み取れた。これが切歯指導板の側翼角の調節値で、作業側と非作業側における算出結果はほぼ等しい値となった。(保母ら：咬合学。クインテッセンス出版, 1995より)

付記)：臼歯離開量の計測方法と計測結果については前報⁷⁻¹²⁾を、また臼歯離開量の解析結果については既刊の拙著⁶⁾を参照されたい。

著者注)：前報¹⁻³⁾に記載した演算式のうち、第1報¹⁾に1カ所、第2報²⁾に2カ所計3カ所のミスプリントが発見されているので、これらの演算式を利用される際には著者宛お問い合わせいただきたく、お詫びとともにお願いする次第である。

結 論

下顎運動の数学モデル^{4,5)}を用い、第2報²⁾で導出した“切歯指導板にガイドされた咬合器の上顎フレームの蝶番回転角の算出式”および“咬合器上の咬頭路の

算出式”に加え、第3報³⁾で導出した“臼歯離開量の算出式”の一部記号の定義と表記を本研究の目的に合致するように変更し、順次組み合わせることによって、顎路と切歯指導板の調節値と対合歯の咬頭傾斜角の基準値から臼歯離開量を算出する手順を導出した。本研究で導出した演算式並びに手順は下顎運動と臼歯離開咬合の解析に有用であると考えられる。

参考文献

- 1) 高山寿夫：下顎運動のコンピュータ演算式、第1報 顎路と切歯路の計測値から咬頭路傾斜を算出。顎咬合誌 14：84-87, 1993。
- 2) 高山寿夫：下顎運動のコンピュータ演算式、第2報 顎路と切歯指導板の調節値から咬頭路傾斜を算出。顎咬合誌 14：126-129, 1993。

- 3) 高山寿夫：下顎運動のコンピュータ演算式，第3報 顎路と切歯路と対合歯の咬頭傾斜の計測値から臼歯離開量を算出．顎咬合誌 15：20～23，1994.
- 4) 高山寿夫：臨床応用を目的としたヒトの下顎運動の運動学的並びに実験的解析に関する研究．東京大学学位審査論文 第 8203 号：1987.
- 5) Takayama, H. and Hobo, S.：The derivation of kinematic formulae for mandibular movement. Int J Prosthodont 2：285-295, 1989.
- 6) 保母須弥也 監著，羽賀通夫，高山寿夫 著：咬合学．クインテッセンス出版(株)，東京，1995.
- 7) 原元信貴，高山寿夫，保母須弥也：前方運動における臼歯離開量の計測，第1報 前歯「有り」の場合．顎咬合誌 14：4-6，1993.
- 8) 原元信貴，高山寿夫，保母須弥也：前方運動における臼歯離開量の計測，第2報 前歯「無し」の場合．顎咬合誌 14：16-19，1993.
- 9) 星野 元，渡辺和夫，高山寿夫，保母須弥也：非作業側における臼歯離開量の計測，第1報 犬歯「有り」の場合．顎咬合誌 14：41-44，1993.
- 10) 渡辺和夫，星野 元，高山寿夫，保母須弥也：非作業側における臼歯離開量の計測，第2報 犬歯「無し」の場合．顎咬合誌 14：77-80，1993.
- 11) 保母須弥也，高山寿夫：犬歯誘導とグループ・ファンクションの発現率に関する実験的解析．顎咬合誌 14：70-73，1993.
- 12) 保母須弥也，高山寿夫：側方運動における臼歯離開の実験的解析．顎咬合誌 14：110-114，1993.

別刷請求先：高山寿夫

国際デンタルアカデミー