

Znaczenie WALA ridge w diagnostyce ortodontycznej – przegląd aktualnego piśmiennictwa

Significance of WALA ridge in orthodontic diagnosis – review of current literature

Anna Julia Masłowska-Kasowicz ^{B C D E} (ORCID ID: 0000-0001-9717-3079)

Justyna Poddębniak ^{B C F} (ORCID ID: 0000-0001-6095-1578)

Dorota Kuśmierczyk ^{B C F} (ORCID ID: 0000-0003-3880-6045)

Małgorzata Zadurska ^{A E F} (ORCID ID: 0000-0002-2303-4102)

Wkład autorów: ^A Plan badań ^B Zbieranie danych ^C Analiza statystyczna ^D Interpretacja danych
^E Redagowanie pracy ^F Wyszukiwanie piśmiennictwa

Authors' Contribution: ^A Study design ^B Data Collection ^C Statistical Analysis ^D Data Interpretation
^E Manuscript Preparation ^F Literature Search

Zakład Ortodoncji, Warszawski Uniwersytet Medyczny
Department of Orthodontics, Medical University of Warsaw

Streszczenie

Filozofia ortodontyczna 6E, do której zalicza się sześć elementów harmonii szczękowo-twarzowej, jest nowym, trójwymiarowym podejściem do diagnostyki ortodontycznej. Pierwszy element wskazuje, że optymalny kształt łuku zębowego, wynikający z ustawienia zębów centralnie w bazie apikalnej z odpowiednią inklinacją korony, warunkuje dobrą okluzję i funkcję narządu żucia. Sformułowanie w 1980 roku przez L.F. Andrews pojęcia WALA ridge umożliwiło wykonanie pomiarów służących do analizy kształtu i wielkości łuków zębowych. **Cel.** Celem pracy był przegląd piśmiennictwa dotyczącego zastosowania WALA ridge w diagnostyce i leczeniu ortodontycznym. **Materiał i metody.** Dokonano przeglądu piśmiennictwa w języku polskim i angielskim z wykorzystaniem bazy PubMed z lat 2008–2023, używając następujących słów kluczowych: 'WALA ridge',

Abstract

The 6E orthodontic philosophy, which includes six elements of maxillofacial harmony, is a new three-dimensional approach to orthodontic diagnosis. Its first element emphasizes that the optimal dental arch shape resulting from the alignment of teeth centrally at the apical base with proper crown inclination determines good occlusion and masticatory function. Andrews developed the WALA ridge concept in 1980, and it made it possible to take measurements to analyze the shape and size of dental arches. **Aim.** The paper aimed to review the literature on using WALA ridge in orthodontic diagnosis and treatment. **Material and methods.** Literature in Polish and English was reviewed using the PubMed database from 2008–2023, using the following keywords "WALA ridge", "six keys to ideal occlusion", "six elements of maxillofacial harmony". **Results.** The course of the

Adres do korespondencji/*Correspondence address:*

Anna Julia Masłowska-Kasowicz
Zakład Ortodoncji, Warszawski Uniwersytet Medyczny
ul. Binieckiego 6, 02-097, Warszawa
e-mail: aniamaslowska@vp.pl



Copyright: © 2005 Polish Orthodontic Society. This is an Open Access journal, all articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material, provided the original work is properly cited and states its license.

‘sześć kluczy okluzji idealnej’, ‘sześć elementów harmonii szczękowo-twarzowej’. **Wyniki.** Przebieg krzywizny łuku zębowego określanej punktami FA, jak i bazy apikalnej określanej punktami WALA, jest wartością indywidualną dla każdego pacjenta, co powinno być uwzględniane przy wyborze kształtu łuków ortodontycznych w trakcie leczenia ortodontycznego. Pomiary oparte na WALA ridge determinują granicę położenia zębów w odcinku przednim i bocznym wyrostka zębodołowego, co pozwala na ocenę możliwości ekspansji łuków zębowych, a tym samym umożliwiając podjęcie wyboru odnośnie metody leczenia ekstrakcyjnego lub nieekstrakcyjnego. Występuje również odmienna zależność pomiędzy kształtem łuku zębowego a bazą apikalną w poszczególnych wadach zgryzu, z podziałem na klasy Angle’a i szkieletowe. **Wnioski.** WALA ridge służy jako miarodajny punkt odniesienia morfologii łuków zębowych i powinien być uwzględniany w diagnostyce pacjentów ortodontycznych. (Masłowska-Kasowicz AJ, Poddębniak J, Kuśmierczyk D, Zadurska M. Znaczenie WALA ridge w diagnostyce ortodontycznej – przegląd aktualnego piśmiennictwa. *Forum Ortod* 2023; 19 (1-2): 26-34).

Nadesłano: 09.03.2023

Przyjęto do druku: 11.05.2023

<https://doi.org/10.5114/for.2023.130176>

Słowa kluczowe: WALA ridge, sześć kluczy okluzji idealnej, sześć elementów harmonii szczękowo-twarzowej

Wstęp

W ortodontycji szczególne miejsce zajmuje postać Lawrence’a F. Andrews. Szeroko znana jest wprowadzona przez niego w 1965 zasada „sześciu kluczy optymalnej okluzji”, a w 1970 – zasada techniki łuku prostego w leczeniu aparatami stałymi. W latach 1980–1990 Andrews opracował własny system artykulacji The Andrews Articulator System, a wspólnie z synem Williamem sformułował pojęcie filozofii ortodontycznej 6E. Obejmuje ona sześć elementów harmonii szczękowo-twarzowej, takich jak: analiza położenia zębów; szerokości, długości, kształtu łuków zębowych; analiza przednio-tylnych relacji szczęk; szerokości i wysokości szczęki i zuchwy; ocena wypukłości bródki oraz okluzji. Jest ona nowym, trójwymiarowym podejściem do diagnostyki ortodontycznej oraz wskazuje wytyczne odnośnie pozycjonowania zębów względem podstawy kostnej i otaczających tkanek miękkich w celu uzyskania idealnej okluzji. Pierwszy element filozofii 6E podkreśla, że optymalny kształt łuku zębowego wynikający z ustawienia zębów centralnie w bazie apikalnej z odpowiednią inklinacją korony warunkuje dobrą okluzję i funkcję narządu żucia. Opracowanie w 1980 przez Andrews’a pojęcia WALA ridge umożliwiło wykonanie pomiarów służących do analizy kształtu i wielkości łuków zębowych (1).

dental arch curvature determined by FA points, as well as the apical base determined by WALA points, is an individual value for each patient, which should be taken into account when choosing the shape of orthodontic arches during orthodontic treatment. Measurements based on the WALA ridge determine the border of teeth positions in the anterior and lateral sections of the alveolar process, allowing to assess the possibility of expansion of dental arches, and thus choosing a method of extraction or non-extraction treatment. There is also a different relationship between the shape of the dental arch and the apical base in different malocclusions, with the classification of Angle and skeletal classes. **Conclusions.** The WALA ridge serves as an authoritative reference point of dental arch morphology and should be considered in diagnosing orthodontic patients. (Masłowska-Kasowicz AJ, Poddębniak J, Kuśmierczyk D, Zadurska M. Significance of WALA ridge in orthodontic diagnosis – review of current literature. *Orthod Forum* 2023; 19 (1-2): 26-34).

Received: 09.03.2023

Accepted: 11.05.2023

<https://doi.org/10.5114/for.2023.130176>

Keywords: WALA ridge, six keys to ideal occlusion, six elements of maxillofacial harmony

Introduction

In orthodontics, Lawrence F. Andrews holds a special place. The principle of “six keys to optimal occlusion” that he introduced in 1965 is widely known, and in 1970, he introduced the principle of the straight-wire technique in fixed appliance treatment. From 1980 to 1990, Andrews developed his own articulation system: The Andrews Articulator System, and together with his son William, formulated the concept of the 6E orthodontic philosophy. It includes six elements of maxillofacial harmony, such as analysis of tooth position; width, length, and shape of dental arches; analysis of anterior-posterior relationships of the jaws; width and height of the maxilla and mandible; assessment of chin prominence and occlusion. It is a new three-dimensional approach to orthodontic diagnosis and indicates guidelines for positioning teeth relative to the bone base and surrounding soft tissues to achieve ideal occlusion. The first element of the 6E philosophy emphasizes that the optimal shape of the dental arch resulting from the alignment of teeth centrally at the apical base with proper crown inclination determines good occlusion and masticatory function. Andrews developed the WALA ridge concept in 1980, and it made it possible to take measurements to analyze the shape and size of dental arches (1).

Termin WALA ridge to akronim inicjałów imienia i nazwiska jego twórców – Larry’ego Andrewsa (ojciec) i Williama Andrewsa. (syn). Jest to linia położona na największej wypukłości dziąsła skeratynizowanego, bezpośrednio nad połączeniem śluzówkowo-dziąsłowym na przedśionkowej powierzchni części zębodołowej żuchwy. Grupę osób badanych stanowili pacjenci z pełnym uzębieniem stałym, I klasą Angle’a i kątem ANB wynoszącym 0–4 stopni. Wykazano, że WALA ridge jest zlokalizowana na poziomie centrum rotacji każdego zęba lub w bliskiej odległości od niego. Jeżeli środek rotacji zęba nie jest usytuowany na wysokości WALA ridge, wówczas po przyłożeniu siły ortodontycznej ząb nie będzie ulegał osiowemu przemieszczeniu (1, 2, 3, 4).

Do wykonania pomiarów opartych na WALA ridge służą punkty WALA. Są to punkty odpowiadające największej wypukłości dziąsła skeratynizowanego na wyrostku zębodołowym żuchwy. Linia wyznaczona przez punkty WALA jest używana przez badaczy jako odpowiednik bazy apikalnej wyrostka zębodołowego pacjenta. W odróżnieniu od pomiaru bazy apikalnej na wysokości wierzchołków korzeni zębów według Lundströma, przebieg WALA ridge jest łatwiejszy do wyznaczenia i przez to, według jego autorów, bardziej wiarygodny klinicznie. Przy określaniu przebiegu WALA ridge pomocny może być również fakt, że występuje ona 6 mm ponad dnem przedśionka jamy ustnej, na wysokości geometrycznego środka korzenia zęba jednokorzeniowego i w pobliżu bifurkacji korzeni zębów wielokorzeniowych.

Dodatkowymi punktami pomiarowymi są punkty FA. Są to punkty położone centralnie, na największej wypukłości korony zębów jednokorzeniowych lub w miejscu rowka na koronie zębów wielokorzeniowych. Odpowiadają miejscu montażu zamka ortodontycznego aparatu stałego. Linia wyznaczona przez połączenie punktów FA na poszczególnych zębach jest traktowana przez badaczy jako odpowiednik kształtu łuku zębowego pacjenta. Punkt FA wyznacza się na osi FA (Facial Axis), tj. na osi długiej zęba wykreślanej na powierzchni wargowej lub policzkowej korony (1) (Ryc. 1).

Odległość między punktem FA na koronie zęba a odpowiadającym mu w płaszczyźnie horyzontalnej punktem WALA (FA-WALA) określa średnią grubość blaszki kortykalnej i pokrywających ją tkanek miękkich. Pomiar FA-WALA jest różny dla poszczególnych zębów i wynosi od 0,1 mm dla siekaczy przyśrodkowych do 2,2 mm dla drugich zębów trzonowych (Tab. 1) (Ryc. 2). Zęby trzonowe zajmują wówczas prawidłowe położenie w części zębodołowej żuchwy. Parametry określone dla żuchwy mogą być przeniesione na szczękę.

W pracach Andrewsa, jak i kolejnych badaczy, wykazano przyrostową zmianę wartości FA-WALA od pierwszego zęba przedtrzonowego do drugiego zęba trzonowego w żuchwie w okluzji prawidłowej. W badaniu przeprowadzonym przez Kong-Záreta i wsp. pomiar FA-WALA dla pierwszego i drugiego zęba przedtrzonowego oraz pierwszego i drugiego zęba trzonowego w żuchwie wynosił odpowiednio –0,96 mm,

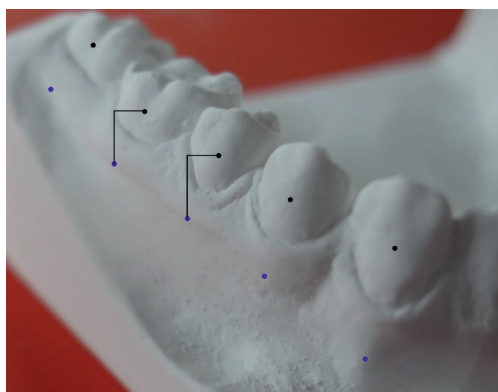
The “WALA ridge” term is an acronym for the initials of the first and last names of its creators – Larry Andrews (father) and William Andrews (son). This line is located on the largest prominence of the keratinized gingiva, directly above the mucogingival junction on the vestibular surface of the alveolar part of the mandible. The study group consisted of patients with full permanent dentition, Angle Class I, and ANB of 0–4 degrees. The WALA ridge has been shown to be located at or near the level of the center of rotation of each tooth. If the center of rotation of a tooth is not located at the height of the WALA ridge, then after the application of an orthodontic force, the tooth will not undergo axial displacement (1, 2, 3, 4).

WALA points are used to perform measurements based on the WALA ridge. These are the points corresponding to the largest prominence of the keratinized gingiva on the alveolar process of the mandible. Researchers use the line indicated by the WALA points as an equivalent of the apical base of the patient’s alveolar process. Unlike measuring the apical base at the height of the tooth root apices, according to Lundström, the WALA ridge course is easier to determine and thus more clinically reliable, according to its authors. When determining the WALA ridge course, it may be helpful to remember that it occurs 6 mm above the floor of the oral vestibule, at the level of the geometric center of the root of a single-rooted tooth and near the root bifurcation of multi-rooted teeth.

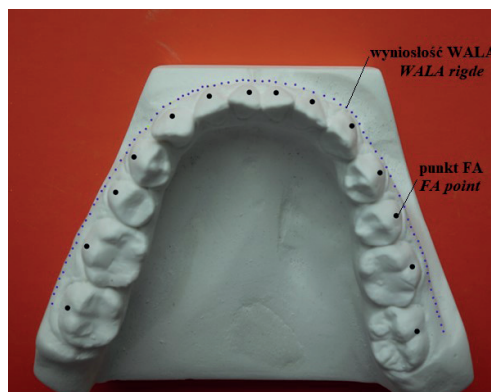
FA points are additional measurement points. These points are centrally located on the largest prominence of the crown of single-rooted teeth or at the groove site on the crown of multi-rooted teeth. They correspond to the place where a bracket of a fixed orthodontic appliance is attached. Researchers consider the line drawn by connecting FA points on each tooth to be equivalent to the shape of the patient’s dental arch. The FA point is determined on the facial axis (FA), i.e. the long axis of a tooth plotted on the labial or buccal surface of the crown (1) (Fig. 1).

The distance between the FA point on the tooth crown and the corresponding WALA point (FA-WALA) in the horizontal plane determines the average thickness of the cortical plate and the soft tissues covering it. The FA-WALA measurement varies from tooth to tooth, ranging from 0.1 mm for medial incisors to 2.2 mm for second molars (Tab. 1) (Fig. 2). In such a situation, molars occupy the correct position in the alveolar part of the mandible. The parameters specified for the mandible can be transferred to the maxilla.

The work of Andrews, as well as that of subsequent researchers, showed an incremental change in FA-WALA values from the first premolar to the second molar in the mandible in normal occlusion. In the study by Kong-Záret et al., the FA-WALA measurements for first and second premolars and first and second molars in the mandible were –0.96 mm, 1.45 mm, 2.12 mm, and 2.55 mm, respectively. In addition, there were no statistically significant differences in the



Rycina 1. Położenie punktów FA i WALA.
Figure 1. Position of FA and WALA points.



Rycina 2. Pomiar FA-WALA oraz przebieg WALA ridge.
Figure 2. FA-WALA measurement and WALA ridge form.

Tabela 1. Pomiar FA-WALA dla zębów w żuchwie (w milimetrach)

Table 1. FA-WALA measurement for mandibular teeth (in millimeters)

Ząb w żuchwie Mandibular tooth	Ząb I1 Tooth I1	Ząb I2 Tooth I2	Ząb C Tooth C	Ząb P1 Tooth P1	Ząb P2 Tooth P2	M1	M2
Odległość FA-WALA (w mm) Distance FA-WALA (in millimeters)	0.1	0.3	0.6	0.8	1.3	2.0	2.2

1,45 mm, 2,12 mm i 2,55 mm. Nie wykazano ponadto istotnych statystycznie różnic w pomiarach z uwzględnieniem płci i wieku badanych oraz strony łuku zębowego (5).

Pomiary FA-WALA były wykonywane przez Andrewsa ręczną suwmiarką. W pracach przeprowadzanych przez kolejnych badaczy używano fotografii lub skanów modeli, trójwymiarowych zdjęć tomografii stożkowej CBCT, a także specjalnej konstrukcji aparatów.

Cel

Celem pracy było przedstawienie aktualnego piśmiennictwa dotyczącego znaczenia WALA ridge w diagnostyce.

Materiał i metody

Dokonano przeglądu piśmiennictwa w języku polskim i angielskim z wykorzystaniem bazy PubMed z lat 2008–2023, używając słów kluczowych: ‘WALA ridge’, ‘sześć kluczy okluzji idealnej’, ‘sześć elementów harmonii szczękowo-twarzowej’. Ostatecznie po zastosowaniu kryteriów włączenia (słowa kluczowe) i wyłączenia (opisy przypadków) wybrano 20 pozycji piśmiennictwa.

Wyniki i dyskusja

Pomiar WALA a kształt łuków zębowych

Pomiary oparte na WALA ridge determinują granicę położenia zębów w odcinku przednim i bocznym (wymiar poprzeczny

measurements by gender and age of the subjects or side of the dental arch (5).

Andrews took FA-WALA measurements with a hand caliper. The work carried out by subsequent researchers used photographs or scans of models, three-dimensional cone beam tomography (CBCT) images, and cameras of a particular design.

Aim

The purpose of this paper was to present the current literature on the importance of WALA ridge in diagnosis.

Material and methods

Literature in Polish and English was reviewed using the PubMed database from 2008–2023, using the keywords “WALA ridge”, “six keys to ideal occlusion”, “six elements of maxillofacial harmony”. Finally, after applying inclusion (keywords) and exclusion (case reports) criteria, 20 literature items were selected.

Results and discussion

WALA measurement vs. shape of dental arches

Measurements based on the WALA ridge determine the border of a teeth position in the anterior and lateral sections (transverse and horizontal dimensions), allowing to assess the possibility of expansion of the dental arch and thus

i horyzontalny), co pozwala na ocenę możliwości ekspansji łuku zębowego, a tym samym na wybór metody leczenia ekstrakcyjnego lub nieekstrakcyjnego. Jest to pomiar będący odpowiedzią na kontrowersje towarzyszące decyzjom lekarza ortodonty w przypadkach pacjentów z wadami granicznymi, wymagającymi zastosowania ekstrakcji wybranych zębów lub ekspansji łuków zębowych.

Kształt łuku zębowego jest cechą wysoce osobniczą. Determinują go indywidualna budowa kości szczęk pacjenta, pokrywające je tkanki miękkie oraz wpływy środowiskowe (6). Jak wykazali O'Neil i Kau znacząca dodatnia korelacja występuje pomiędzy kształtem łuku zębowego określanym punktami FA oraz kształtem bazy apikalnej definiowanej punktami WALA. Kształt łuku zębowego, podstawy kostnej i tkanek miękkich są ze sobą powiązane, a ocena WALA ridge pozwala przewidzieć kształt łuku zębowego adekwatnie do kształtu podłoża kostnego, a tym samym – wybrać odpowiedni kształt łuku ortodontycznego (7). Na podkreślenie zasługuje zatem fakt, że analiza WALA ridge określa rozmiar i kształt łuków zębowych, które należy brać pod uwagę w doborze kształtu i wielkości łuków ortodontycznych stosowanych w leczeniu. Ma to wtórnie wpływ na stabilność wyników leczenia ortodontycznego, ponieważ prawidłowy anatomicznie kształt bazy apikalnej w powiązaniu z prawidłowym kształtem łuku zębowego jest jednym z czynników mających oddziaływanie na brak zmian w położeniu zębów po zakończonym leczeniu ortodontycznym. Szeregowanie zębów bez uwzględnienia pomiaru WALA ridge może skutkować nieprawidłowym ustawieniem korzenia zęba w wyrostku zębodołowym, a tym samym prowadzić do wystąpienia efektów ubocznych dotyczących samego korzenia zęba lub wyrostka zębodołowego i dziąsła, w tym dehiscencji czy fenestracji (1, 8, 2, 3, 9).

W diagnostyce ortodontycznej kształt łuku zębowego w żuchwie jest brany pod uwagę ze względu na fakt, że utrzymanie jego formy podczas leczenia ortodontycznego ma wpływ na stabilność wyników terapii. W nawiązaniu do powyższego pomiary FA i WALA mogą służyć do oceny stabilności leczenia ortodontycznego. Conti i wsp. przy użyciu punktów FA i WALA przeprowadzili długofalową obserwację zmian, jakie zachodzą w szerokości międzykłowej i międzytrzonowcowej podczas leczenia ortodontycznego i trzy lata po jego zakończeniu. Stwierdzono, że szerokość międzykłowa i międzytrzonowcowa na poziomie zębowym (FA) wzrastała w trakcie leczenia ortodontycznego, a następnie ulegała istotnej statystycznie redukcji po zakończonym leczeniu, nie osiągając jednak wartości wyjściowej. Szerokość międzykłowa określana punktami WALA wzrastała w trakcie leczenia ortodontycznego, a następnie ulegała zmniejszeniu po zakończeniu leczenia, chociaż zmiany te nie były istotne klinicznie. Cechą charakterystyczną jest fakt, że szerokość międzytrzonowcowa określana punktami WALA nie zmieniła się w trakcie leczenia ortodontycznego i pozostała stabilna w okresie retencyjnym (10).

choosing a method of extraction or non-extraction treatment. It is a measurement used in response to the controversy surrounding the orthodontist's decisions in cases of patients with borderline defects that require the use of extraction of selected teeth or expansion of dental arches.

The dental arch shape is a highly individual trait. It is determined by the individual structure of the patient's jaw bones, the soft tissues covering them, and environmental factors (6). As demonstrated by O'Neil and Kau, a significant positive correlation exists between the shape of a dental arch defined by FA points and the apical base shape defined by WALA points. The shapes of the dental arch, bone base, and soft tissues are interconnected, and WALA ridge assessment can predict the dental arch shape adequately to the basal bone shape, and thus – choose the appropriate shape of the orthodontic arch (7). Therefore, it should be emphasized that the WALA ridge analysis determines the size and shape of the dental arches that should be considered when selecting the shape and size of orthodontic arches used in treatment. This has a secondary effect on the stability of the outcomes of orthodontic treatment, since the anatomically correct shape of the apical base, in conjunction with the correct shape of the dental arch, belong to factors affecting the lack of changes in the position of teeth after completion of orthodontic treatment. Alignment of teeth without considering the WALA ridge measurement can result in misalignment of a tooth root in the alveolar process and thus lead to side effects involving the tooth root itself or the alveolar process and gingiva, including dehiscences or fenestration (1, 8, 2, 3, 9).

In orthodontic diagnosis, the shape of the dental arch in the mandible is taken into account because maintaining its form during orthodontic treatment affects the stability of treatment outcomes. Concerning the above, FA and WALA measurements can be used to assess the stability of orthodontic treatment. Conti et al. used FA and WALA measurements and conducted a long-term observation of changes that occur in intercanine and intermolar width during and three years after orthodontic treatment. It was found that the intercanine and intermolar width at the dental level (FA) increased during orthodontic treatment, and then decreased statistically significantly after the end of treatment; however, it did not reach the baseline value. The intercanine width, determined by WALA points, increased during orthodontic treatment, and then decreased after treatment completion, although these changes were not clinically significant. Characteristically, the intermolar width determined by WALA points did not change during orthodontic treatment and remained stable in the retention period (10).

WALA measurement vs. orthodontic treatment, including a selection of brackets and prefabricated orthodontic arches

WALA ridge measurement can also be applied in research on evaluating the changes occurring in the shape of dental

Pomiar WALA a leczenie ortodontyczne, w tym dobór zamków i prefabrykowanych łuków ortodontycznych

Pomiar WALA ridge może również znaleźć zastosowanie w badaniach dotyczących oceny zmian zachodzących w kształcie łuków zębowych po zastosowaniu różnych rodzajów zamków aparatów stałych. Esteves i wsp. przeprowadzili ocenę kształtu łuków zębowych z uwzględnieniem zamków samoligaturujących i konwencjonalnych. Wykazano, że leczenie ortodontyczne pasywnymi zamkami samoligaturującymi skutkuje znaczącym zwiększeniem pomiaru odległości WALA-WALA dla poszczególnych zębów, w porównaniu z zamkami konwencjonalnymi, przy których zmiana pomiaru WALA-WALA dotyczyła głównie zębów przedtrzonowych i trzonowych (11).

Koncept WALA ridge jest rozpatrywany również w aspekcie prefabrykowanych łuków ortodontycznych. Wykazano, że występuje istotna statystycznie różnica pomiędzy ich kształtem a kształtem łuków zębowych u pacjentów z okluzją prawidłową. Powyższa różnica nie była natomiast odnotowana na kłach (12).

Pomiar WALA i FA w ocenie dyskrepancji poprzecznej w klasach Angle'a/klasach szkieletowych

Punkty WALA i FA były wielokrotnie oceniane z uwzględnieniem podziału wad zgryzu na klasy Angle'a i szkieletowe. Celem przeprowadzonych badań było określenie w poszczególnych wadach zgryzu odległości FA-WALA, a także odległości międzykłowej WALA-WALA i FA-FA. Wykazano przyrostową zmianę wartości FA-WALA od pierwszego zęba przedtrzonowego do drugiego zęba trzonowego stałego bez względu na klasę Angle'a. Ponadto cechą charakterystyczną jest fakt, że średnia wartość FA-WALA jest mniejsza u pacjentów w wadach zgryzu klasy III, niż I i II wg Angle'a. W wadach klasy III wynosi ona $1,35 \pm 0,32$ mm, a w klasie I i II odpowiednio $1,47 \pm 0,85$ mm i $1,38 \pm 0,86$ mm. Autorzy badania tłumaczą ten fakt większą dojęzykową inklinacją zębów bocznych w wadach doprzednich. Stwierdzono jednocześnie, że położenie drugiego zęba trzonowego stałego w zuchwie najmniej koresponduje z poszczególnymi wadami zgryzu. Należy wnioskować, że wzięcie pod uwagę horyzontalnego pomiaru WALA-FA stanowi wartość dodaną przy wyborze szerokości łuków ortodontycznych w poszczególnych wadach zgryzu, z uwzględnieniem wysokiej indywidualności formy łuków zębowych każdego pacjenta (8).

Pomiary FA-FA i WALA-WALA mogą służyć również do oceny dyskrepancji poprzecznej łuków zębowych. Szerokość międzykłowa w zuchwie mierzona w punktach FA-FA w wadach klasy I wg Angle'a wynosi $30,97 \pm 2,78$ mm, w wadach klasy II wg Angle'a $28,59 \pm 3,58$ mm, natomiast $35,98 \pm 1,69$ mm w wadach klasy III wg Angle'a. Szerokość międzykłowa w zuchwie, mierzona między punktami WALA strony prawej i lewej łuku zębowego w wadach klasy I, II i III, wynosi odpowiednio $31,76 \pm 2,82$ mm, $29,61 \pm 3,34$ mm i $36,78 \pm 1,62$ mm. Można zatem wnioskować, że szerokość

arches after using different types of fixed appliances. Esteves et al. evaluated the shape of dental arches, considering self-ligating and conventional brackets. Orthodontic treatment with passive self-ligating brackets has been shown to result in a significant increase in the WALA-WALA distance measurement for individual teeth, compared to conventional brackets, with the change in WALA-WALA measurement mainly affecting premolars and molars (11).

The WALA ridge concept is also being considered in terms of prefabricated orthodontic arches. It was shown that there was a statistically significant difference between their shape and that of the dental arches in patients with normal occlusion. The above difference; however, was not observed for canines (12).

Measurement of WALA and FA in the evaluation of transverse discrepancy in Angle/skeletal classes

The WALA and FA points have been repeatedly evaluated taking into account the classification of malocclusions into Angle and skeletal classes. The purpose of the study was to determine the FA-WALA distance in each malocclusion, as well as the WALA-WALA and FA-FA intercanine distance. Regardless of the Angle class, an incremental change in FA-WALA values from the first premolar to the second permanent molar was shown. In addition, a characteristic feature is that the average FA-WALA value is smaller in patients with Angle Class III malocclusions than in Angle Class I and II. In Class III malocclusions, it is 1.35 ± 0.32 mm, while in Class I and II it is 1.47 ± 0.85 mm and 1.38 ± 0.86 mm, respectively. The study authors explain this fact by the greater lingual inclination of lateral teeth in anterior malocclusions. At the same time, it was found that the position of the second permanent molar in the mandible correlated the least with individual malocclusions. It should be concluded that taking into account the horizontal WALA-FA measurement is an added value to the selection of orthodontic arch widths in individual malocclusions, considering the high individuality of each patient dental arch form (8).

FA-FA and WALA-WALA measurements can also be used to assess the transverse discrepancy of dental arches. The mandibular intercanine width measured at FA-FA points in Angle Class I malocclusions is 30.97 ± 2.78 mm, in Angle Class II malocclusions 28.59 ± 3.58 mm, and 35.98 ± 1.69 mm in Angle Class III malocclusions. The mandibular intercanine width measured between WALA points of the right and left sides of the dental arch in Angle Class I, II, and III malocclusions is 31.76 ± 2.82 mm, 29.61 ± 3.34 mm and 36.78 ± 1.62 mm, respectively. Therefore, it can be concluded that the WALA-WALA and FA-FA intercanine width in the mandible is greater in Class III than in Class II malocclusions. The mandibular dental arch is narrower in Class II malocclusions relative to the width of the mandibular dental arch in Class III malocclusions. An analogous situation applies to Class I malocclusions, in which the dental arch is larger than

międzykłowa w żuchwie WALA–WALA i FA–FA jest większa w wadach klasy III niż klasy II. Łuk zębowy w żuchwie jest węższy w wadach klasy II względem szerokości łuku zębowego żuchwy w wadach klasy III. Analogiczna sytuacja dotyczy wad klasy I, w których łuk zębowy jest większy niż łuk zębowy w wadach klasy II, co wskazuje na ograniczony wzrost szerokości międzykłowej w wadach dotylnych (8, 13, 2).

W grupie pacjentów z wadą szkieletową klasy II i III występuje umiarkowana korelacja pomiędzy szerokością łuku zębowego a szerokością bazy apikalnej w rejonie kłów, natomiast wysoka korelacja pomiędzy wymienionymi pomiarami w rejonie zębów trzonowych, przy czym współczynnik korelacji jest większy w wadach klasy III niż II. Wzorowanie kształtu łuków ortodontycznych w oparciu o kształt bazy apikalnej żuchwy w wadach doprzednich jest zatem bardziej przewidywalne niż w wadach dotylnych (14, 13). W szkieletowych wadach klasy III szerokość łuku zębowego oraz bazy apikalnej w żuchwie jest większa niż w wadach klasy I, jak również punkty FA położone są bardziej dojęzykowo od zęba siecznego przyśrodkowego do drugiego przedtrzonowca, a dopoliczkowo na pierwszym zębie trzonowym. Ze względu na dodatnią korelację pomiędzy wielkością łuku zębowego i bazy apikalnej pomiary WALA i FA są również ważne przy ocenie możliwości dowargowego przemieszczenia zębów siecznych w żuchwie podczas dekompensacji przedoperacyjnej wady (15, 14).

Ocena występowania zależności pomiędzy kształtem łuku zębowego a formą bazy apikalnej w żuchwie w wadach doprzednich umożliwia stwierdzenie, że korelacja pomiędzy punktami FA i WALA jest od umiarkowanej do wysokiej w rejonie kłów i zębów trzonowych. W wadach klasy III szerokość łuku zębowego jest umiarkowanie determinowana przez szerokość bazy apikalnej na wysokości kłów, natomiast silnie determinowana na wysokości zębów trzonowych. Można zatem wnioskować, że lekarz ortodonta, dobierając szerokość łuków ortodontycznych u pacjentów z doprzednimi wadami zgryzu powinien wnikliwie analizować wymiar podstawy kostnej w obrębie zębów trzonowych. Zmniejszona korelacja pomiędzy szerokością łuku zębowego i bazy apikalnej w obrębie kłów jest skutkiem ich dojęzykowej inklinacji kompensującej dyskrepancję szkieletowe wad klasy III. Punkty FA w wadach doprzednich są usytuowane bardziej dojęzykowo względem punktów WALA nie tylko w obrębie kłów, ale także w odcinku bocznym uzębienia (14).

W szkieletowych wadach klasy I i II stwierdza się wysoką korelację pomiędzy kształtem łuku zębowego i kształtem bazy apikalnej zarówno w rejonie kłów, jak i zębów trzonowych (16). Ponadto u pacjentów z I klasą szkieletową, w porównaniu z pacjentami z III klasą szkieletową, punkty FA są zlokalizowane bardziej dojęzykowo w odcinku bocznym uzębienia, natomiast bardziej dowargowo w odcinku przednim uzębienia w odniesieniu do usytuowania punktów WALA (2).

the dental arch in Class II malocclusions, indicating a limited increase in the intercanine width in the posterior malocclusions (8, 13, 2).

In a group of patients with skeletal Class II and III malocclusions, there is a moderate correlation between the dental arch width and the apical base width in the canine region, while there is a high correlation between the aforementioned measurements in the molar region, with the correlation coefficient being higher in Class III than in Class II malocclusions. Modeling the shape of orthodontic arches based on the shape of the mandibular apical base in anterior malocclusions is, therefore, more predictable than in posterior malocclusions (14, 13). In skeletal Class III malocclusions, the width of the dental arch and apical base in the mandible is greater than in Class I malocclusions, as well as the FA points are located more lingually from the medial incisor to the second premolar, and buccally on the first molar. Because of a positive correlation between the size of the dental arch and the apical base, WALA and FA measurements are also crucial in assessing the possibility of labial displacement of incisors in the mandible during preoperative decompensation of a malocclusion (15, 14).

Thanks to evaluating the occurrence of relationships between the shape of the dental arch and the form of the apical base in the mandible in anterior malocclusions it is possible to conclude that the correlation between FA and WALA points is moderate to high in the region of canines and molars. In Class III malocclusions, the dental arch width is moderately determined by the apical base width at the height of canines, while it is strongly determined at the height of the molars. Therefore, it can be concluded that when selecting the width of orthodontic arches in patients with anterior malocclusions, an orthodontist should carefully analyze the dimension of the bone base within the molars. A reduced correlation between the width of the dental arch and the apical base within the canines is a result of their lingual inclinations compensating for skeletal discrepancies of Class III malocclusions. FA points in anterior malocclusions are located more lingually relative to WALA points not only within the canines, but also in the lateral segment of the dentition (14).

In Class I and II skeletal defects, there is a high correlation between the dental arch shape and the apical base shape in both the canine and molar regions (16). Moreover, in patients with skeletal Class I, compared to patients with skeletal Class III, FA points are located more lingually in the lateral segment of the dentition, while they are located more labially in the anterior segment of the dentition with respect to the location of WALA points (2).

WALA measurement vs. vertical dimension

WALA and FA measurements were also used to evaluate the effects of the vertical dimension of the facial skeleton on the position of teeth in alveolar processes. After retrospective analysis of 153 telerradiograms including cephalometric

Pomiar WALA a wymiar pionowy

Pomiary WALA i FA zostały również wykorzystane do oceny wpływu wymiaru pionowego twarzowej części czaszki na pozycję zębów w wyrostkach zębodołowych. Po analizie retrospektywnej 153 teleradiogramów obejmującej analizę cefalometryczną oraz po analizie modeli diagnostycznych zakwalifikowanych do I, II lub III klasy Angle'a, wykonano pomiary brzegu WALA–WALA oraz odległości punktów FA–FA dla kłów, pierwszych i drugich zębów przedtrzonowych i zębów pierwszych trzonowych żuchwy i szczęki, oceniając różnicę matematyczną między pomiarem punktu WALA od punktu FA dla tych zębów. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano malejącą różnicę między WALA i FA na poziomie górnych zębów przedtrzonowych, która ma pośredni związek z pionowym typem wzrostu przez wzrost kąta gonion. Wyniki badań wykazały również wpływ pionowego wymiaru na kształt dolnego łuku zębowego na poziomie kłów, które przez dojęzykową inklinację powodują wzrost różnicy na poziomie WALA i FA, nasilając tym samym kompensację zębowo-wyrostkową. W wyniku badań zaobserwowano również ścisły związek między kością podstawną i kształtem łuku zębowego a wymiarem strzałkowym. Wzrost kąta ANB zmniejszył różnicę między szerokością WALA a rozpiętością łuku zębowego (FA). Dowodzi to istnienia związku przyczynowo-skutkowego pomiędzy położeniem szczęki i żuchwy w stosunku do przedniego dołu czaszki a kształtem kości podstawnej i formy łuku zębowego (17).

Pomiar WALA a morfologia guzków zębów

Badano również wpływ różnic w wysokości guzków językowych i policzkowych zębów trzonowych w żuchwie na wartość pomiaru WALA ridge. Rasmussen i wsp. wykazali, że jeśli ustawienie zęba trzonowego w żuchwie jest takie, że różnica w wysokości guzka policzkowego i językowego jest mniejsza bądź równa 1 mm, wówczas wartość WALA–FA wynosi 2,56 mm. Jeśli natomiast ustawienie zęba trzonowego w żuchwie jest takie, że różnica w wysokości guzka policzkowego i językowego jest większa niż 1mm, a mniejsza lub równa 2 mm, wówczas wartość WALA–FA wynosi 3,11 mm (18).

Pomiar WALA–FA a głębokość krzywej Spee i Wilsona

Dindaroğlu i wsp. oceniali występowanie współzależności pomiędzy wartością pomiarów WALA–FA a głębokością krzywej Spee i Wilsona. Na podstawie przeprowadzonego badania nie stwierdzono silnej korelacji pomiędzy wymienionymi tutaj parametrami. Zmiana odległości WALA–FA nie miała efektywnego wpływu na zwiększenie głębokości krzywej Spee (19).

Pomiar WALA a diagnostyka fotograficzna

Ramón i wsp. wykazali użyteczność zastosowania pomiaru WALA ridge na fotografiach wewnątrzustnych frontalnych do diagnostyki ortodontycznej dotyczącej oceny szerokości

analizy i po analizie modeli diagnostycznych sklasyfikowanych jako Angle Class I, II, or III, WALA–WALA ridge and FA–FA point distances were measured for canines, first and second premolars and first molars of the mandible and maxilla, evaluating a mathematical difference between the WALA point measurement from the FA point for these teeth. The study showed a decreasing difference between WALA and FA at the level of upper premolars, which is indirectly related to the vertical type of growth by increasing the gonion angle. The results also showed the effects of the vertical dimension on the shape of the lower dental arch at the canine level, which, through lingual inclination, cause an increase in the difference at the WALA and FA levels, thereby exacerbating the dentoalveolar compensation. The study also observed a close relationship between the basal bone and the dental arch shape, and the sagittal dimension. An increase in ANB reduced the difference between WALA width and dental arch span (FA). This proves a causal relationship exists between the position of the maxilla and mandible in relation to the anterior cranial fossa and the shape of the basal bone and the dental arch form (17).

WALA measurement vs. tooth cusp morphology

The effects of differences in the height of lingual and buccal cusps of mandibular molars on the WALA ridge measurement value were also studied. Rasmussen et al. showed that if the alignment of a molar in the mandible was such that a difference in buccal and lingual cusp height was less than or equal to 1 mm, then the WALA–FA value was 2.56 mm. If, on the other hand, the alignment of a mandibular molar was such that a difference in buccal and lingual cusp height was greater than 1 mm and less than or equal to 2 mm, then the WALA–FA value was 3.11 mm (18).

WALA measurement-FA vs. depth of the curve of Spee and Wilson

Dindaroğlu et al. evaluated the presence of correlations between the value of WALA-FA measurements and the depth of the curve of Spee and Wilson. Based on their study, there was no strong correlation between the parameters listed here. Changing the WALA-FA distance had no practical effect on increasing the depth of the curve of Spee (19).

WALA measurement vs. photographic diagnostics

Ramón et al. demonstrated the usefulness of using WALA ridge measurements on frontal intraoral photographs for orthodontic diagnosis regarding the assessment of maxillary and mandibular width, particularly in patients with a lateral crossbite. Measurements taken on photographs provide the same diagnostic value as those taken on models. The study was conducted at the WALA point on maxillary and mandibular first permanent molars in patients aged 6–12 years. It was found that a difference in the width of the maxilla and mandible in patients with lateral crossbite

szczęki i żuchwy, w szczególności u pacjentów ze zgryzem krzyżowym bocznym. Pomiary wykonywane na fotografiach stanowią taką samą wartość diagnostyczną, jak te wykonywane na modelach. Badanie przeprowadzono w punkcie WALA na pierwszych zębach trzonowych stałych szczęki i żuchwy u pacjentów w wieku 6–12 lat. Stwierdzono, że różnica w szerokości szczęki i żuchwy w grupie pacjentów ze zgryzem krzyżowym bocznym wynosi 2,8 mm i przyjmuje wartość ujemną, podczas gdy w grupie kontrolnej, w której nie stwierdzono zgryzu krzyżowego w odcinkach bocznych uzębienia, wynosi 1,4 mm i przyjmuje wartość dodatnią (20).

Wnioski

WALA ridge, będący ważnym elementem ‘sześciu kluczy okluzji idealnej’ Andrewsa, służy jako miarodajny punkt odniesienia morfologii łuków zębowych i powinien być brany pod uwagę w diagnostyce pacjentów ortodontycznych.

was 2.8 mm and took a negative value, while in the control group, which had no crossbite in the lateral sections of the dentition, it was 1.4 mm and took a positive value (20).

Conclusions

The WALA ridge, a vital component of Andrews’ “six keys to ideal occlusion,” serves as an authoritative reference point of dental arch morphology and should be considered in diagnosing orthodontic patients.

Piśmiennictwo / References

- Andrews LF. The 6-elements orthodontic philosophy: Treatment goals, classification, and rules for treating. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015; 148: 883-7.
- Ronay V, Miner M, Will LA, Arai K. Mandibular arch form: the relationship between dental and basal anatomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 143: 430-8.
- Tremont TT, Posnick JC. Selected orthodontic principles for management of cranio-maxillofacial deformities. *Oral Maxillofacial Surg Clin N Am* 2020; 32: 321-38.
- Glass TR, Tremont TT, Martin CA, Ngan PW. A CBCT evaluation of root position in bone, long axis inclination and relationship to the WALA ridge. *Semin Orthod* 2019; 25: 24-35.
- Kong-Zárate CY, Carruitero MJ, Andrews WA. Distances between mandibular posterior teeth and the WALA ridge in Peruvians with normal occlusion. *Dental Press J Orthod* 2017; 22: 56-60.
- Proffit WR. *Contemporary orthodontics*. Elsevier 2018.
- O’Neil R, Kau CH. Comparison of dental arch forms created from assessment of teeth, alveolar bone, and the overlying soft tissue. *J Orofac Orthop* 2021; 82: 413-21.
- Mahalakshmi R, Varadharaja MM, Ninan RL, Kumar VV, Kanasabapathy B, Saravana Balaji MD. Evaluation of horizontal distance between WALA-FA point in Angle’s class I, class II and class III malocclusion. *J Pharm Bioall Sci* 2021; 13: 506-9.
- Weaver K, Tremont TJ, Ngan P, Fields H, Dischinger T, Martin Ch. Changes in dental and basal archforms with preformed and customized archwires during orthodontic treatment. *Orthod Waves* 2012; 71: 45-50.
- Conti MF, Filho MV, Vedovello SA, Valdrighi HC, Kuramae M. Longitudinal evaluation of dental arches individualized by the WALA ridge method. *Dental Press J Orthod* 2011; 16: 65-74.
- Esteves T, Freitas KM, Lima DV, Cotrin P, Cançado RH, Valarelli FP. Comparison of WALA ridge and dental arch dimensions changes after orthodontic treatment using a passive self-ligating system or conventional fixed appliance. *Indian J Dent Res* 2019; 30: 386-92.
- Lombardo L, Fattori L, Molinari C, Mirabella D, Siciliani G. Dental and alveolar arch forms in a Caucasian population compared with commercially available archwire. *Int Orthod* 2013; 11: 389-421.
- Zou W, Wu J, Jiang J, Xu T, Li C. Archform comparisons between skeletal class II and III malocclusion. *PLoS ONE* 2014; 9: 1-7.
- Zou W, Jiang J, Xu T, Wu J. Relationship between mandibular dental and basal bone arch forms for severe skeletal class III patient. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015; 147: 37-44.
- Suzuki A, Arai K, Oda I. Mandibular dental-base arch forms in skeletal class III patients with mandibular prognathism. *Orthod Waves* 2019; 28: 174-83.
- Ball RL, Miner RM, Will LA, Arai K. Comparison of dental and apical base from class II division 1 and class I malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 138: 41-50.
- Szarmach I. Wymiar pionowy twarzowej części czaszki a stopień kompensacji zębowo-wyrostkowej w wadach szkieletowych. *Rozprawa Doktorska UMB* 2022.
- Rasmussen ChM, Zhu P, Lohse ChM, Volz JE, Salinas TJ. Use of the WALA ridge to evaluate mandibular molar inclination measured to American Board of Orthodontics standards. *J WFO* 2019; 8: 51-6.
- Dindaroğlu F, Duran GS, Tekeli A, Görgülü S, Doğan S. Evaluation of the relationship between curve of Spee, WALA-FA distance and curve of Wilson in normal occlusion. *Turk J Orthod* 2016; 29: 91-7.
- Ramón R, Alberto Adanero A, Miegimolle M. A new approach to diagnosis to posterior cross bite: intraoral photography and WALA ridge. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19: 9443.