

Anita Lorenc

Uniwersytet Warszawski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7614-0881>

e-mail: anita.lorenc@uw.edu.pl

Agnieszka Borowiec

Laboratorium Mowy w Warszawie

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6580-8321>

e-mail: aborowiec1@o2.pl

Normatywna pozycja spoczynkowa języka. Badania wstępne z wykorzystaniem systemu EMA i techniki CBCT*

Normative tongue resting position.

A preliminary study with the use of EMA and CBCT technology

Abstrakt

Celem niniejszego artykułu jest zrozumienie mechanizmu określonego jako pozycja spoczynkowa układu stomatognatycznego, w której formowaniu i stabilizacji kluczową rolę pełni język. Na podstawie wybranych pozycji z literatury przedmiotu omówiono wyniki badań pozycji spoczynkowej języka opracowanych z użyciem obiektywnych technik instrumentalnych. W dalszej części artykułu przedstawione zostały metodologia oraz wyniki badań własnych opracowane w ramach studium pojedynczego przypadku. Wykorzystano w tym celu obiektywne techniki instrumentalne, takie jak artykulografia elektromagnetyczna (system EMA) i tomografia komputerowa (technika CBCT). Na podstawie przeprowadzonych badań przedstawiono opis normatywnej pozycji spoczynkowej języka oraz jej schematyczne rekonstrukcje.

Słowa kluczowe: normatywna pozycja spoczynkowa języka, EMA (artykulografia elektromagnetyczna), CBCT (tomografia komputerowa wiązka stożkowa)

Abstract

The goal of this study is to scrutinise the mechanism referred to as the resting position of the stomatognathic system. The resting position is shaped and stabilized by the tongue.

* Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu badawczego pt. *Badanie mowy zaburzonej i funkcji prymarnych za pomocą artykulografu CARSTENS AG501 i analizatora rozkładu pola akustycznego* (Nr rej. 2021/43/B/HS2/00162) finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

The study references selected currently available literature on the subject to analyse results of the resting position examination with the use of objective instrumental technology. Further in the article, the methods and results of a case study conducted by the authors are reported. Objective instrumental techniques used for the purpose of the case study include electromagnetic articulography (EMA) and cone-beam computed tomography (CBCT). The undertaken study allowed the authors to provide a description of the normative tongue resting position and its schematic reconstructions.

Keywords: normative tongue resting position, EMA (Electromagnetic Articulography), CBCT (Cone Beam Computed Tomography)

1. Wprowadzenie

Funkcje, od których zależy przeżycie człowieka, nazywamy funkcjami prymarnymi¹. Zaliczamy do nich m.in. oddychanie, którego zadaniem jest natlenienie organizmu (funkcja oddechowa) oraz dostarczanie ciała niezbędnych produktów odżywczych (funkcja pokarmowa). Funkcje te realizowane są w układach anatomicznych, odpowiednio – oddechowym i pokarmowym. Swoistą bramą układu pokarmowego i oddechowego, stanowiącą także strefę ich ochrony, jest przednio-dolna część głowy człowieka (łac. *splanchnocranium*), zwana też częścią trzewną (por. np. Łasiński 1993: 9), jak również czaszką twarzową albo twarzoczaszką (zob. Dudkiewicz 1997). Twarz morfologiczna cechuje się dużą dynamiką, a wraz z przestrzenią jamy ustnej i gardła stanowi morfologiczno-czynnościową strukturę odpowiedzialną zarówno za wstępny etap czynności pokarmowych, jak i za funkcje wyższe, takie jak mówienie. Cechy te uwidaczniają się w specyficznych określeniach, którymi opisuje się ten obszar: zespół orofacjalny, kompleks (zespół) ustno-twarzowy, zespół twarzowo-szczękowy. W stomatologii używa się także określenia: układ stomatognatyczny (Majewski 2007).

Celem niniejszego artykułu jest zrozumienie mechanizmu, który powoduje automatyczne, bezwysiłkowe domykanie układu stomatognatycznego. Taki mechanizm zostanie określony w niniejszym opracowaniu jako pozycja spoczynkowa układu stomatognatycznego, w której formowaniu i stabilizacji kluczową funkcję pełni język. Pozycja spoczynkowa układu ustno-twarzowego związana jest z wygaszeniem aktywności organizmu przy równoczesnej automatycznej kontroli postawy. W normalnym układzie spoczynkowym jama ustna jest szczelnie domknięta, a oddech pobierany przez nos. To zapewnia delikatnemu rejonowi trzewnemu twarzoczaszki

¹ Pojęcie funkcji prymarnych pojawia się w literaturze od dawna. W artykule z 1968 r. Melvin L. Moss pisze o „prymarności ruchowych matryc funkcjonalnych” (1968: 65–73). W literaturze polskiej pojęcia wprowadzonego przez Mossa używa Danuta Pluta-Wojciechowska (zob. np. 2000).

prawidłowe funkcjonowanie. Jeżeli drożność nosa pozwala na inhalację, mięśniem, który determinuje sprawność funkcjonowania prawidłowej pozycji spoczynkowej, jest język.

W literaturze przedmiotu rola pozycji spoczynkowej języka nie została dotychczas wystarczająco doceniona i opisana. Wciąż brakuje pełnej definicji i analizy normatywnego biomechanizmu domykającego układ trzewny organizmu. Wiele badań opiera się na opisie objawów funkcjonowania zaburzonego układu, bez dociekania przyczyn takiego stanu rzeczy. W opracowaniach masa języka traktowana jest raczej jak bryła mięśnia, który powinien „jakoś” dopasować się do kształtu jamy ustnej. Ocena sprawności samego języka jest pomijana, a nawet lekceważona. Wynika to z braku konkretnych, opisanych naukowo cech sprawności, do których można odnieść ewaluację mięśnia. I na koniec: trudno opisać stan wyjściowy, gdy nie zauważa się jego istotności.

2. Pozycja spoczynkowa języka w świetle wybranych badań instrumentalnych

Podjęmowane dotąd badania dotyczące normy funkcjonalnej języka w pozycji spoczynkowej pokazują niejednorodność rozumienia tego pojęcia. Wpływało to na metodologię planowanych analiz i sposób objaśniania ich wyników. Wycinkowość badań zajmujących się opisem normy funkcjonalnej, niejednorodność rozumienia pojęć oraz różnorodność podejść metodologicznych prowadzą do chaosu zarówno w definiowaniu normy, zaburzeń, jak również przyczyn i skutków obserwowanych parafunkcji.

O roli, jaką pełni język w konstruowaniu stabilnej pozycji spoczynkowej, pisał już w 1875 r. Franciscus C. Donders (1875), który wskazał na istnienie rejonu podciśnienia pomiędzy uniesionym w kierunku podniebienia trzonem języka a strukturami kostnymi sklepienia jamy ustnej. Badacz twierdził, że wywołana w ten sposób siła stabilizująca język pozwala na bezwysiłkowe zamykanie jamy ustnej w układzie spoczynkowym. Odkrycie Dondersa z czasem zostało potwierdzone przez inne zespoły badaczy (Faigenblum 1966; Engelke 2011; Boudriol 2013; Hiraki 2016). Jednak pomimo tego, że opisy naukowe dotyczą tej samej funkcji, jaką jest pozycja spoczynkowa języka, to znaleźć w nich można wiele rozbieżności. Tak jest w przypadku badań Wilfrieda Engelkego i współpracowników (2011), którzy definiowali pozycję spoczynkową (ang. *oral resting posture*, zob. 2011: 167) jako funkcję „postpołykaniową” (2011: 174). Zespół skupiał się na różnicowaniu sił podciśnień uzyskiwanych w trakcie połykania kontrolowanego, z przedłużonym

utrzymaniem języka przy podniebieniu tuż po polknięciu. Badacze nie analizowali zatem przestrzeni podciśnienia w pozycji spoczynkowej, a wynikało to z przyjętych założeń metodologicznych i konstrukcji zadania przewidzianego w scenariuszu badania. Na podstawie przedstawionych wyników można mylnie wnioskować, że pozycja spoczynkowa związana jest ze wzmocnieniem napięcia mięśniowego w ruchu werbykalnym. Pod koniec lat 60. XX w., nie odnosząc się do wcześniejszych doniesień płynących z badań Dondersa, zaproponowano nową technikę badania pozycji spoczynkowej. Określono ją jako ang. *rest position* (zob. Fishman 1969: 109) oraz jako ang. *normal tongue posture* (zob. Fishman 1969: 113) polegającą na ułożeniu języka na dnie jamy ustnej. W badaniu wykorzystano technikę cefalometrii. Takie podejście kontynuowane było w kolejnych badaniach (por. np. Promozić 2012; Fatima, Fida 2019) analizujących wpływ tkanek miękkich na struktury twarde w obrębie układu stomatognatycznego. Ze względu na oparcie badań o tak sformułowaną metodologię, nie wniosły one istotnych informacji dotyczących pozycji spoczynkowej języka. W 1949 r. zespół Corwina R. Wrighta wprowadził terminy normatywnej (ang. *normal position*) i nienormatywnej (ang. *abnormal position*) pozycji języka (Wright i in. 1949: 270–271). Badacze zajmowali się oceną relacji pomiędzy stanem mięśnia języka i jego pozycją a stabilizowaniem elementów protetycznych. Za normatywną pozycję spoczynkową przyjęto jednak język układający się swobodnie w dnie jamy ustnej po jej otwarciu. Norma bądź nienormatywność funkcji mięśnia oceniana była w odniesieniu do cech morfologicznych układu w relacji do dolnego łuku zębowego. Kolejni badacze, pomimo że nie powoływali się na wspomnianego wyżej autora, proponowali ocenę funkcji języka według tego samego podejścia (por. Kotsiomi i in. 2000). Przyjęli, że pojęcie „pozycja spoczynkowa języka” zostało wprowadzone w 1967 r. przez A.M. Cooksona i odnosiło się do powtarzalnej, zrelaksowanej pozycji języka, w sytuacji gdy wargi są rozłączone, a żuchwa lekko uchylona (Kotsiomi i in. 2000: 349). Wpływ tego podejścia widać także w literaturze polskiej, kiedy w podręczniku do protetyki Eugeniusz Spiechowicz opisuje „normalne” funkcjonowanie języka jako rozluźnionego, odłożonego w dnie jamy ustnej (Spiechowicz 2016: 49). Badania te muszą być rozpatrywane jako oceniające cechy mięśnia w sytuacji jego rozluźnienia, natomiast nie mogą być brane pod uwagę w opisie normatywnej pozycji spoczynkowej języka.

Kolejny obszar analizowany przez badaczy w kontekście układu spoczynkowego języka to zależność funkcjonalno-morfologiczna opisywana w literaturze jako równowaga mięśniowa (ang. *equilibrium theory*), w której pozycja języka uważana była za jeden z kluczowych czynników tej równowagi. Istotne badania w tym nurcie prowadzone były przez Williama R. Proffita

(1978). Autor zakładał, że napór spoczynkowy mięśni warg i języka oraz siły związane z tkankami miękkimi układu oralnego, a także siłami wyrzynania zębów i ich stabilizowania w wyrostkach zębodołowych stanowią główne czynniki w kształtowaniu równowagi w obrębie układu stomatognatycznego (1978: 185). W dalszych badaniach W. Proffit potwierdził „ucisk języka na podniebienną powierzchnię górnych zębów bocznych” (Proffit i in. 2007: 148), uznając, że jest to fizjologiczna cecha pozycji spoczynkowej języka.

Nowe możliwości badawcze, jakie pojawiły się wraz z zastosowaniem ultrasonografii, pozwoliły na bezinwazyjne obrazowanie jamy ustnej i języka w spoczynku. Badania prowadzone z wykorzystaniem tej techniki potwierdziły stabilizowanie języka w normie funkcjonalnej w rejonie przypodniebiennym (Volk i in. 2010; Kravanija i in. 2018).

Kolejny parametr oceny pozycji spoczynkowej języka, związany z ustawieniem jego poszczególnych partii, dotyczył położenia apeksu. W wynikach swoich badań F.C. Donders potwierdził normatywną pozycję czubka języka w położeniu spoczynkowym w rejonie za górnymi siekaczami (1875)². Proffit i in. (2007) uważali, że w początkowej fazie dojrzewania funkcjonalnego jamy ustnej, do około 3. r.ż., koniec języka wsuwany jest pomiędzy siekacze (2007: 150). Za dojrzałą funkcję uznał „zanikanie” wysuwania języka, przenosząc normę w jej uzyskaniu u niektórych dzieci dopiero do około 6. r.ż. (2007: 150)³.

Także inni autorzy opisują ustawienie apeksu w rejonie zasiekaczowym (Proffit 2007: 150), w rejonie brodawki przysiecznej (Artese i in. 2011; Engelke i in. 2011). W badaniach K. Hirakiego i współpracowników położenie to traktowane jest jako zakotwiczenie pozycji języka (2016: 167). W niektórych badaniach deklarujących ocenę pozycji spoczynkowej języka nie potwierdzono położenia czubka języka w rejonie brodawki przysiecznej, ale – ze względu na przyjętą metodologię opisaną powyżej – wskazywano na rejon dolnych zębów lub dna jamy ustnej (Fischman 1969; Fatima, Fida 2019; Primozić 2012).

W niewielu badaniach zajmowano się układem tylnej partii języka w pozycji spoczynkowej. W. Engelke i in. (2011) nadali znaczenie stabilizacji postdorsum w rejonie podniebienia miękkiego, uzasadniając w ten sposób możliwość utworzenia przestrzeni powietrznej między grzbietem języka a podniebieniem.

² Określenie to, pojawiające się tutaj i w dalszej części artykułu, odnosi się do pasa dźwięka tuż za górnymi siekaczami.

³ Wyniki badań dotyczące normatywnej i zaburzonej pozycji spoczynkowej języka u niemowląt zostały złożone przez autorki do kolejnego numeru „Prac Językoznawczych”.

3. Metodologia badania pozycji spoczynkowej języka z wykorzystaniem artykulografii elektromagnetycznej (EMA) i tomografii komputerowej (CBCT)

3.1. Przedmiot i cel badań

Przedmiotem badań zaprezentowanych w niniejszym artykule jest pozycja spoczynkowa języka. Ich celem jest zdobycie nowej wiedzy i opisanie mechanizmów funkcjonujących w jamie ustnej, odpowiedzialnych za kształtowanie wymienionej funkcji prymarnej, z wykorzystaniem technik instrumentalnych. Podjęte badania własne mają dostarczyć obiektywnego opisu normatywnej pozycji spoczynkowej języka, z uwzględnieniem poszczególnych części tego mięśnia w relacji do artykulatorów pasywnych.

3.2. Badana osoba

W badaniach wzięła udział kobieta w normie biologicznej i artykulacyjnej (por. Lorenc 2016a), w wieku 58 lat, u której przeprowadzono logopedyczną diagnozę miodfunkcjonalną (zarejestrowaną w postaci nagrań wideo), diagnozę fizjoterapeutyczną i ortodontyczną, uzupełnioną badaniem tomograficznym, zleconym przez lekarza ortodontę. Badana kobieta wyraziła dobrowolną zgodę na udział w eksperymencie, a także na wykorzystanie jego wyników oraz materiałów multimedialnych w publikacjach naukowych.

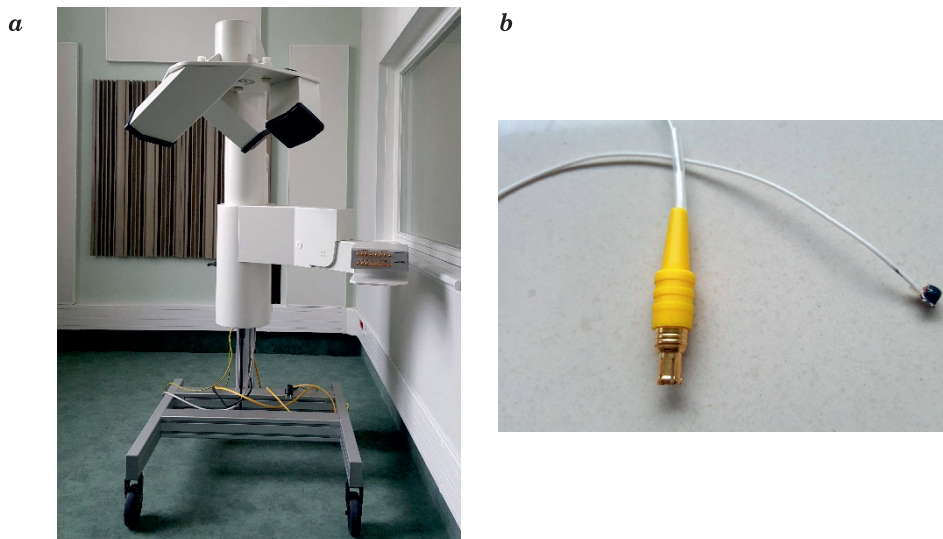
3.3. Materiał badawczy: procedury i scenariusze nagraniowe

Sesję nagraniową zrealizowano w warunkach laboratoryjnych w Pracowni Fonetyki Stosowanej im. Marii Przybysz-Piwko Instytutu Polonistyki Stosowanej Uniwersytetu Warszawskiego. Synchronicznie rejestrowano: dane artykulograficzne z wykorzystaniem artykulografu Carstens AG501, dane audio, a także obraz wideo. Scenariusz nagraniowy składał się z kilku części. W pierwszej z nich wykorzystano fragment filmu niemego (Chafe (red.) 1980), trwający 5 minut i 54 sekundy, podczas oglądania którego zarejestrowano spontaniczną pozycję spoczynkową układu stomatognatycznego badanej kobiety. Materiały wizualne oraz bodźce językowe wyświetlano na ekranie telewizyjnym. Do prezentacji oraz zapisu sygnatur czasowych odpowiedzi użyto programu E-Prime (Schneider i in. 2002).

Projekt badań uzyskał pozytywną opinię Komisji Rektorskiej ds. Etyki Badań Naukowych z Udziałem Człowieka Uniwersytetu Warszawskiego, która uznała go za zgodny z zasadami prowadzenia badań naukowych z udziałem ludzi (nr wniosku 179/2022, decyzja z 26 listopada 2022 r.).

3.4. Rejestracja danych EMA

Dane EMA rejestrowano z wykorzystaniem najnowszej generacji artykulografu elektromagnetycznego firmy Carstens, model AG501. Urządzenie to pozwala (por. ryc. 1a) rejestrować, przechowywać, prezentować i oceniać ruchy artykulatorów (języka, warg, żuchwy, podniebienia miękkiego) w trójwymiarowej przestrzeni w czasie rzeczywistym – podczas mówienia. Ogólna zasada jego działania polega na indukcji napięcia zmiennego w sensorach (zob. ryc. 1b), mocowanych na narządach artykulacyjnych badanych osób, przez pole magnetyczne o różnych częstotliwościach wytwarzane przez cewki nadawcze. Proces ten umożliwia obliczenie współrzędnych sensorów w trójwymiarowej przestrzeni (określenie współrzędnych XYZ) w czasie rzeczywistym, a także dwóch miar kątowych (φ , θ). Artykulograf Carstens AG501 może rejestrować 1250 próbek/sekundę. Rejestracja przebiega w maksymalnie 24 kanałach. Obecnie jest to najdokładniejsze urządzenie pomiarowe wśród systemów EMA – jego dokładność wynosi 0,3 mm (Savariaux

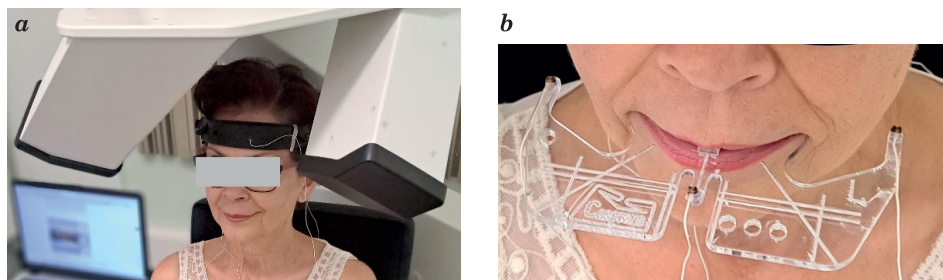


Ryc. 1. Artykulograf Carstens AG501 w Pracowni Fonetyki Stosowanej im. Marii Przybylsz-Piwko IPS UW (a); sensor HQ220-L120-B (b)

Źródło: opracowanie własne.

i in. 2017). Artykulograf AG501 spełnia wymagania bezpieczeństwa dla urządzeń elektrycznych określone przez Międzynarodową Komisję Elektrotechniczną i Amerykańską Federalną Komisję Łączności (zob. Carstens Medizinelektronik GmbH 2014).

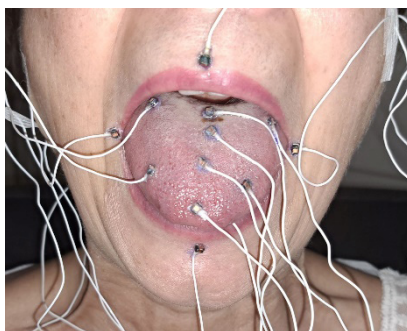
W badaniu zastosowano łącznie 17 sensorów, z których 16 wykorzystywano w toku całego badania. Jako sensory referencyjne, służące do późniejszej normalizacji danych powiązanej z korektą ruchów głowy, wykorzystano trzy sensory mocowane na cały czas trwania badania do opaski nagłownej (zob. ryc. 2a) w okolicy mostka nosowego oraz wyrostków sutkowatych (lewego i prawego) oraz trzy kolejne sensory mocowane na płytce doustnej do zapisu pozycji układu w nagryzie przy zamkniętych ustach (ang. *bite plane*; ryc. 2b). Dodatkowo jeden sensor wykorzystywano do wykonania obrysów artykulatorów pasywnych. Obrisy i pozycję układu w nagryzie rejestrowano przed rozpoczęciem mocowania sensorów na narządach artykulacyjnych do badania właściwego, tj. nagrań funkcji prymarnych i mowy w głównej fazie eksperymentu.



Ryc. 2. Osoba badana: (a) usytuowana pod czasą artykulografu Carstens AG501; (b) podczas rejestracji pozycji referencyjnej układu z użyciem płytki doustnej *bite plane*
Źródło: opracowanie własne.

Na narządach artykulacyjnych badanej osoby zamocowano: cztery sensory rejestrujące pracę warg – dwa w kątach warg i dwa w ich środkowej części, tuż ponad czerwienią górnej i dolnej wargi, osiem sensorów na języku (cztery w linii środkowej w celu rejestracji pracy czubka języka oraz jego części przedniej, środkowej i tylnej oraz po dwa sensory na bocznych krawędziach języka, po lewej i prawej stronie; zob. ryc. 3). Jeden sensor, przyklejony wewnątrz jamy ustnej na granicy dolnych siekaczy i dziąseł, służył do kontroli pracy żuchwy.

Sensory (typ HQ220-L120-B) przyklejano za pomocą nietoksycznego kleju tkankowego EPIGLU. W ich mocowaniu przyjęto procedurę równych stosunków odległości sprawdzoną w poprzednich badaniach z wykorzystaniem artykulografu Carstens AG500 (zob. Lorenc 2016b).



Ryc. 3. Sposób mocowania sensorów artykulografu Carstens AG501 rejestrujących pracę warg i języka osoby badanej

Zródło: opracowanie własne.

3.5. Rejestracja danych z wykorzystaniem tomografii komputerowej

Badanie CBCT urządzeniem Carestream CS 9600 3D charakteryzuje się możliwością tworzenia stożkowej wiązki promieni Rentgena, co pozwala na uzyskanie pełnego obrazu strukturalnego w wertykalnym ustawieniu ciała (w położeniu horyzontalnym pojawiałyby się inne działania sił grawitacji na układ stomatognatyczny wraz z językiem). Czas ekspozycji na promieniowanie wynosi 20 sekund, a ilość promieniowania wyemitowana przez maszynę to 1147 mGy/cm^2 . W badaniu widoczne są tkanki miękkie, takie jak język, podniebienie miękkie, dzięki czemu jest możliwa ocena funkcjonalna tych struktur. Procedura badania CBCT dostosowana jest do oceny funkcji spoczynkowej układu stomatognatycznego, gdyż w tym wypadku nie stosuje się rozpornika stabilizującego zgryz. Badany, z ustawioną prawidłowo czaszką w linii horyzontalnej w relacji do podłoża, proszony jest o pozostanie w wygodnej dla siebie pozycji z zamkniętą jamą ustną. Rejestracja danych odroczone jest o 15 sekund w celu uzyskania stabilizacji funkcjonalnej. Podczas podawania instrukcji do badania nie przekazuje się żadnych sugestii na temat ułożenia układu orofacjalnego.

3.6. Narzędzia analizy i przetwarzania danych

W czasie trwania eksperymentu korzystano z narzędzi: mc5recorder, cs5view, cs5cal, NormPos, CalcPos, Bin2ASCII, Just View (zob. Carstens Medizinelektronik GmbH 2014) dostarczonych przez producenta artykulografu, służących do kolekcjonowania, przetwarzania, wizualizacji i normalizacji danych.

Manualną segmentację i transkrypcję nagrań przeprowadzono z wykorzystaniem programu Praat (Boersma & Weenink 1992–2022). Pliki wynikowe w formacie *. TextGrid wyeksportowano do aplikacji *phonEMAtool* (Mik, Lorenc 2024a), która posłużyła do ekstrakcji danych, inspekcji wizualnej trajektorii ruchu sensorów, analizy gestów artykulacyjnych i eksportu danych pomiarowych do pliku tekstowego. Wykresy ilustrujące położenie sensorów artykulografu w stosunku do obrysu artykulatorów pasywnych badanej osoby podczas realizacji pozycji spoczynkowej języka wygenerowano z użyciem programu *EMAviwer* (Mik, Lorenc 2024b).

Analiza danych uzyskanych w badaniu CBCT została przeprowadzona z wykorzystaniem oprogramowania Horos (zob. [http1](http://)).

4. Wyniki badania pozycji spoczynkowej języka

Na potrzeby stworzenia precyzyjnego opisu pozycji spoczynkowej języka zdecydowano się wprowadzić następujące pojęcia:

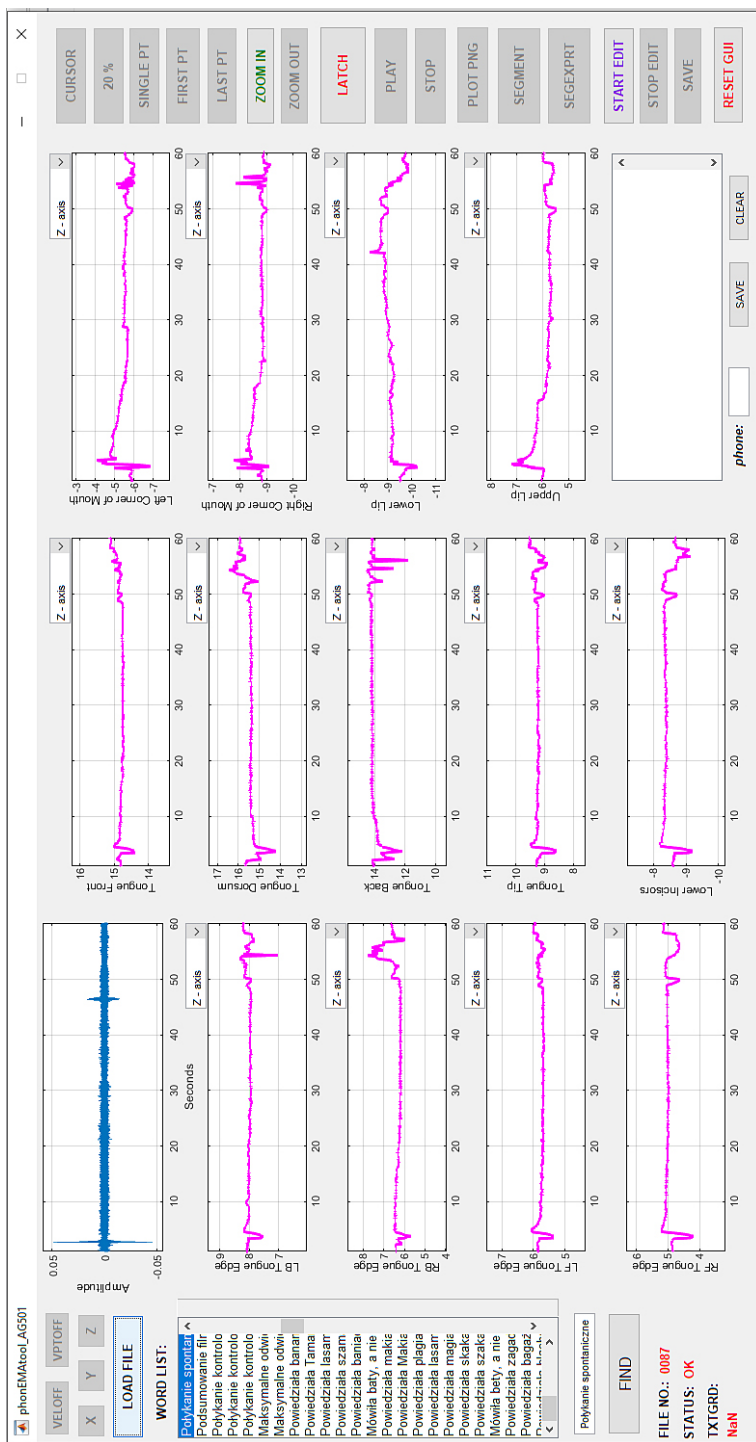
- (i) zwarcie przednie – tworzone przez język w przedniej części jamy ustnej,
- (ii) zwarcie tylne – tworzone przez język w tylnej części jamy ustnej,
- (iii) zwarcie/a boczne – tworzone przez język w bocznej części/bocznych częściach jamy ustnej.

W związku z tym, że przedstawiona klasyfikacja rejonów stabilizacji tworzonych w jamie ustnej przez język znajdujący się w spoczynku ma posłużyć w niniejszym artykule do opisu normatywnej konfiguracji układu, a w dalszych badaniach również do charakterystyki strategii kompensacyjnych o zróżnicowanej etiologii, celowo zdecydowano się na użycie terminów ogólnych: zwarcia tworzone są przez język, bez wyraźnego wskazywania na jego konkretną część, a przednia, tylna i boczna/boczne części jamy ustnej nie odsyłają do jej górnego lub dolnego obszaru.

4.1. Pozycja spoczynkowa języka u osoby dorosłej w świetle badania EMA

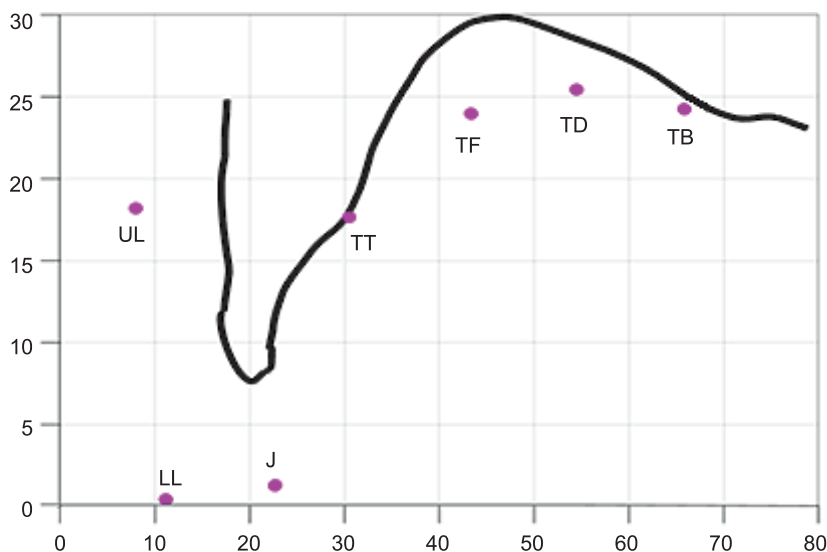
Analizie poddano najdłuższy odcinek stabilnej pozycji spoczynkowej pomiędzy dwoma połknięciami śliny (zob. ryc. 4), który trwał w zaokrągleniu 40 sekund.

Jak już wspomniano wcześniej, model artykulografu Carstens AG501 rejestruje 1250 próbek/sekundę, w związku z czym w omawianym przypadku trwającym około 40 sekund położenie sensorów obliczano na podstawie analizy 10 tys. 185 punktów pomiarowych. Z wykorzystaniem programu



Ryc. 4. Okno programu phonEMAtool (Mik, Lorenc 2024a)
Źródło: opracowanie własne.

EMAviwer (Mik, Lorenc 2024b) opracowano przekrój boczny położenia sensorów artykulografu przymocowanych w linii środkowej języka, warg i żuchwy w relacji do uzyskanego w badaniu obrysu artykulatorów pasywnych. Rycina 5 ilustruje wynik przeprowadzonych analiz.



Ryc. 5. Średnie położenie sensorów artykulografu (TT ang. *tongue tip* – czubek języka, TF ang. *tongue front* – przednia część języka, TD ang. *tongue dorsum* – środkowa część języka, TB ang. *tongue back* – tylna część języka, UL ang. *upper lip* – górna warga, LL ang. *lower lip* – dolna warga, J ang. *jaw* – żuchwa) w relacji do obrysu artykulatorów pasywnych (od lewej: zębów, dziąseł, podniebienia twardego i podniebienia miękkiego) w przekroju strzałkowym opracowanym w programie *EMAviwer* (Mik, Lorenc 2024b)

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie przeprowadzonych analiz zilustrowanych na rycinie 5 można stwierdzić, że:

- (1) sensor czubka języka (TT) stabilizuje się w okolicy największej wypukłości wałka dziąsłowego; wiedząc, że sensor ten był przyklejany 0,5 cm od czubka języka, można wnioskować, iż czubek języka i okolica tuż za nim przylegają do przedniej części dziąseł za górnymi siekaczami; jest to tzw. zwarcie przednie;
- (2) sensor tylnej części języka (TB) stabilizuje się w okolicy podniebienia miękkiego; jest to tzw. zwarcie tylne;
- (3) pomiędzy zwarcie przednim, tworzonym za pomocą czubka (TT) i laminalnej części języka oraz zwarcie tylnym, tworzonym tylną częścią języka (TB) pozostaje wolna przestrzeń (Dondersa), gdyż sensory przedniej (TF) i środkowej (TD) części języka są oddalone od podniebienia twardego.

4.2. Pozycja spoczynkowa języka u osoby dorosłej w badaniu tomograficznym CBCT

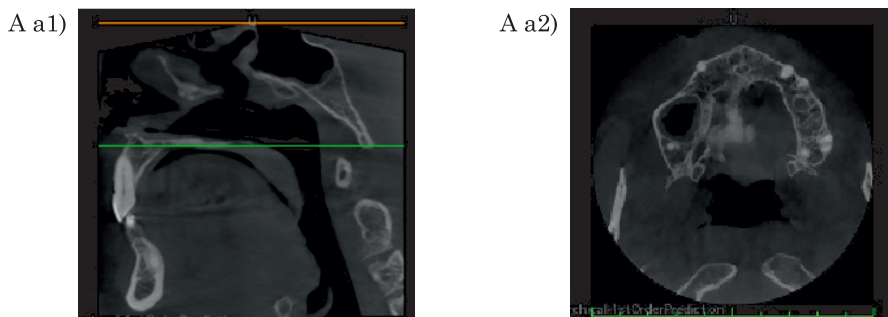
Obraz 3D uzyskany w badaniu CBCT urządzeniem Carestream CS 9600 3D pozwala spojrzeć na układ języka w pozycji spoczynkowej z różnych perspektyw (dalej odpowiednio: A – horyzontalnej, B – strzałkowej, C – czołowej) w dowolnie wybranym miejscu jamy ustnej. Do analiz wybrano charakterystyczne punkty masy języka tworzące, opisywane przez Engelkego i in. (2011), strefy różnicowania ciśnień w układzie stomatognatycznym. Dzięki uzyskanym obrazom, charakteryzującym się różnicowaniem struktur tkanekowych, możliwe było opisanie układu masy języka w relacji do podniebienia i łuków zębowych w funkcji spoczynkowej.

W osobnym punkcie – D – przedstawiono analizę ustawienia przedniej partii języka w położeniu spoczynkowym w relacji do łuków zębowych i podniebienia.

Na zamieszczonych zdjęciach miejsce wykonywanego pomiaru zilustrowane jest za pomocą zielonej linii. Obszary najbardziej zaciemnione na zdjęciach to struktury wypełnione powietrzem.

A. Analiza relacji pomiędzy językiem i podniebieniem w przekroju horyzontalnym

Ten typ analizy pozwala zobaczyć pełen obraz języka w relacji do podniebienia w płaszczyźnie horyzontalnej. Zamieszczone poniżej zdjęcia (zob. ryc. 6–9) ilustrują wyniki analiz w płaszczyźnie poziomej w zależności od umiejscowienia linii pomiarowej.

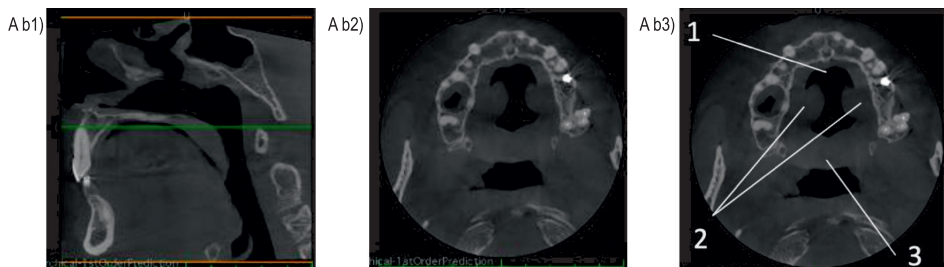


Ryc. 6. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie horyzontalnej: A a1) zielona linia pomiarowa umieszczona w obszarze najwyższego wysklepienia podniebienia; A a2) widoczne struktury kostne podniebienia

Źródło: opracowanie własne.

Szczegółowy opis oznaczeń zamieszczonych na rycinie 7 A b3) jest następujący:

- (1) przestrzeń Dondersa, pusty obszar związany z zaleganiem powietrza w okolicy dorsalno-podniebiennej, wynikający z wytworzenia rejonu podciśnienia wzdłuż całej długości podniebienia pomiędzy zwarciami przednim i tylnym oraz zwarciami bocznymi;
- (2) zwarcie boczne tworzone przez boczne krawędzie języka w bocznych częściach podniebienia w okolicy przyzębowej;
- (3) zwarcie tylne tworzone przez tylną część języka wraz z podniebieniem miękkim.



Ryc. 7. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie horyzontalnej:

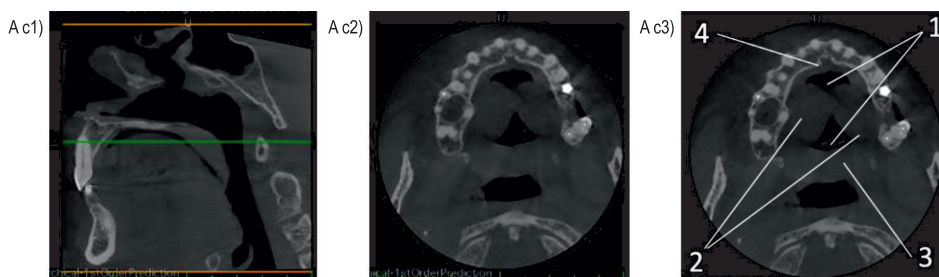
- A b1) zielona linia pomiarowa umieszczona tuż nad najwyższym wzniesieniem dorsalnej części języka; A b2) widoczna wolna przestrzeń wypełniona powietrzem (przestrzeń Dondersa), pojawiająca się pomiędzy dorsalną częścią języka a podniebieniem; A b3) oznaczenie uzyskanego obrazu: 1 – przestrzeń Dondersa, 2 – zwarcia boczne języka w rejonie górnego łuku zębowego i podniebienia, 3 – zwarcie tylne

Źródło: opracowanie własne.

Szczegółowy opis oznaczeń zaznaczonych na rycinie 8 A c3) jest następujący:

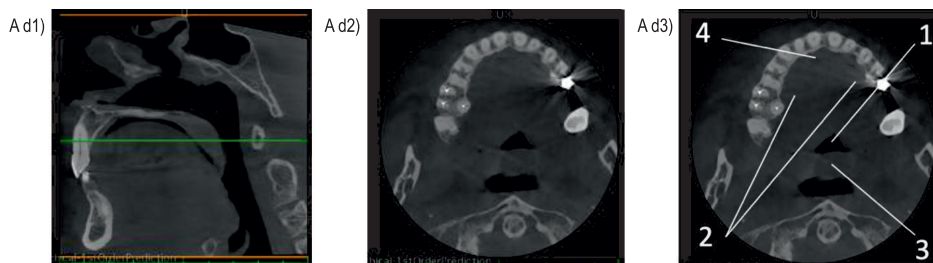
- (1) przestrzeń Dondersa, wolna przestrzeń wypełniona powietrzem, pojawiająca się za zwarciami przednim i przed zwarciami tylnymi, rozdzielona najwyższym wzniesieniem języka w części mediodorsalnej;
- (2) zwarcia boczne z widocznym wygórowanym ukształtowaniem mediodorsum unoszonego w kierunku podniebienia;
- (3) zwarcie tylne tworzone przez tylną część języka w okolicy podniebienia miękkiego;
- (4) zwarcie przednie tworzone przez przednią część języka (apeks i predorsum)⁴ w rejonie brodawki przysiecznej – w rejonie łuku zębowego widoczny wąski pas stabilizowanego mięśnia języka w rejonie zasięgowym.

⁴ Przednia część języka rozumiana jest jako czubek (apeks) i część od czubka języka po około 2 cm w głąb jamy ustnej określana synonimicznie jako część predorsalna, laminalna lub koronalna (ang. *lamina, blade of the tongue*).



Ryc. 8. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie horyzontalnej:
 A c1) zielona linia pomiarowa umieszczona tuż nad tylną granicą zwarcia przedniego
 tworzonego przez część predorsalną języka; A c2) przestrzeń Dondersa rozdzielona
 najwyższym wzniesieniem języka w części mediodorsalnej (zob. A c1);
 A c3) oznaczenie uzyskanego obrazu: 1 – przestrzeń Dondersa, 2 – zwarcia boczne,
 3 – zwarcie tylne, 4 – zwarcie przednie
 Źródło: opracowanie własne.

W związku z umieszczeniem na rycinie 9 linii pomiarowej poniżej tylnej granicy zwarcia przedniego na obrazach A d2) i A d3) uwidacznia się lita struktura mięśnia języka bez wyodrębniających się w poprzednich analizach, wytyczanych w wyższych partiach jamy ustnej, zwarć bocznych krawędzi języka i zwarcia przedniego. Wciąż widoczna jest przestrzeń Dondersa – przed zwarciem tylnym.



Ryc. 9. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie horyzontalnej:
 A d1) zielona linia pomiarowa umieszczona poniżej tylnej granicy zwarcia przedniego
 tworzonego przez część predorsalną języka; A d2) przekrój przez lita strukturę mięśnia
 języka aż do zwarcia tylnego; A d3) oznaczenie uzyskanego obrazu: 1 – kontynuacja
 przestrzeni Dondersa w rejonie zwarcia tylnego, 2 – zwarcia boczne,
 3 – zwarcie tylne, 4 – zwarcie przednie
 Źródło: opracowanie własne.

B. Analiza położenia języka i przestrzeni Dondersa w przekroju strzałkowym

Kolejny typ analiz dotyczących położenia języka i przestrzeni Dondersa został przeprowadzony w ujęciu strzałkowym (bocznym), przebiegającym prostopadle do czoła, dzielącym ciało na część lewą i prawą. Zamieszczone poniżej zdjęcia (zob. ryc. 10–13) ilustrują wyniki analiz w płaszczyźnie strzałkowej w zależności od umiejscowienia linii pomiarowej.



Ryc. 10. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie strzałkowej:

- B a1) zielona linia pomiarowa umieszczona w rejonie prawego policzka;
 B a2) rzut wertykalny wyznaczonego miejsca pomiarowego; B a3) obraz kontrolny w ujęciu czołowym, brak przestrzeni Dondersa w opisywanym rejonie

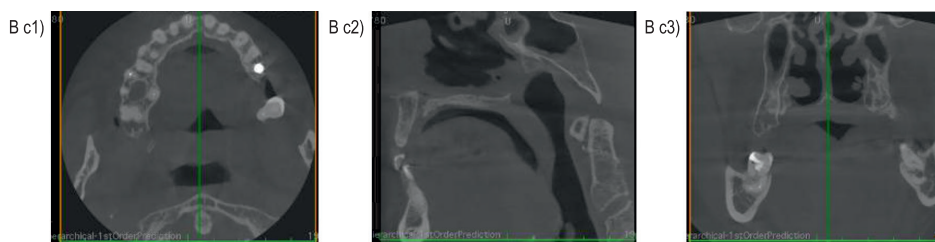
Źródło: opracowanie własne.



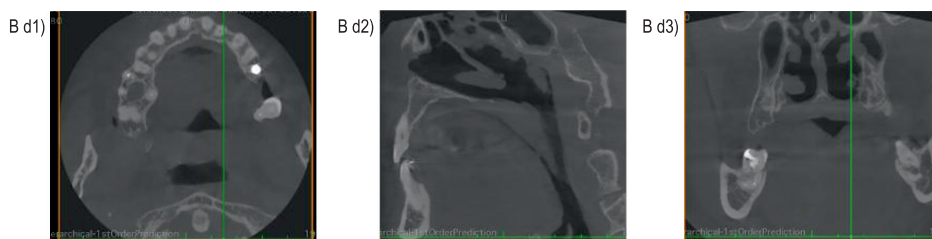
Ryc. 11. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie strzałkowej:

- B b1) zielona linia pomiarowa umieszczona na granicy prawego zwarcia bocznego, widoczna jest prawostronna granica boczna zwarcia przedniego i tylnego;
 B b2) widoczna przestrzeń Dondersa wzdłuż całego grzbietu języka od zwarcia przedniego do tylnego; B b3) obraz kontrolny w ujęciu czołowym z widoczną przestrzenią Dondersa

Źródło: opracowanie własne.



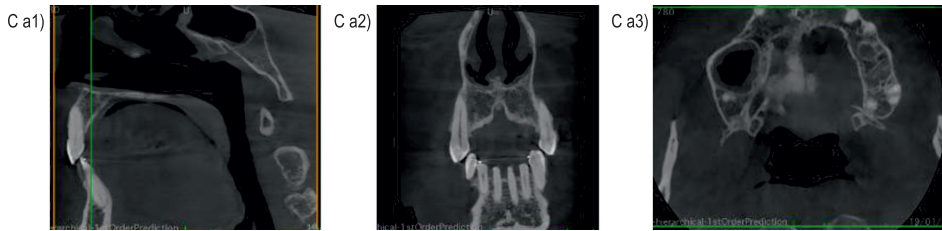
Ryc. 12. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie strzałkowej:
 B c1) zielona linia pomiarowa umieszczona centralnie, w rejonie międzysiekaczowym, widoczna lekka asymetria w ukształtowaniu przestrzeni Dondersa w rejonie tylnym;
 B c2) widoczna przestrzeń Dondersa w rejonie centralnym dorsum od zwarcia przedniego do zwarcia tylnego; B c3) obraz kontrolny w ujęciu czołowym, potwierdzający lekką asymetrię lewostronną w ukształtowaniu przestrzeni Dondersa w rejonie tylnym
 Źródło: opracowanie własne.



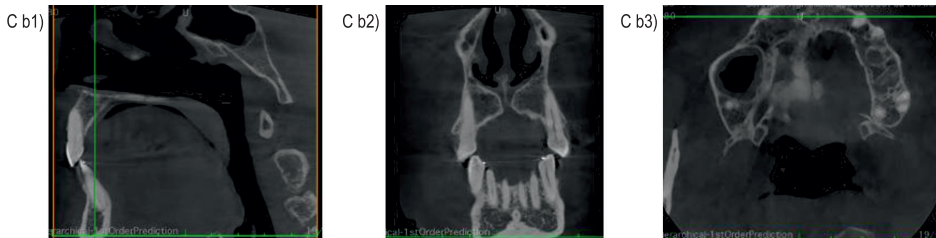
Ryc. 13. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie strzałkowej:
 B d1) zielona linia pomiarowa umieszczona w rejonie lewej bocznej krawędzi zwarcia tylnego – widoczna asymetria przestrzeni Dondersa, z jej lewostronnym powiększeniem;
 B d2) lekko zarysowana granica przestrzeni powietrznej na granicy zwarcia boczego języka i podniebienia miękkiego; B d3) obraz kontrolny w ujęciu czołowym z widoczną przestrzenią Dondersa
 Źródło: opracowanie własne.

C. Analiza położenia języka w przekroju czołowym

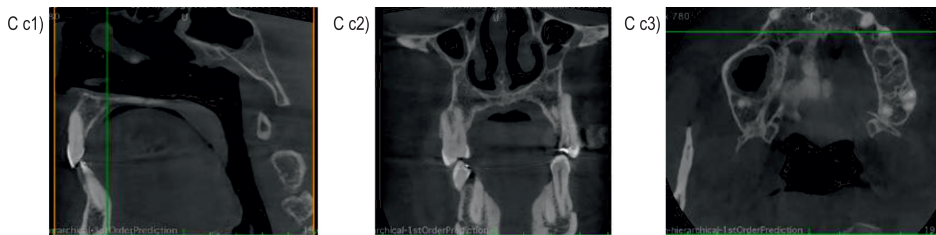
Analiza położenia języka w płaszczyźnie czołowej przebiega wzdłuż osi pionowej oraz poprzecznej, równoległe do czoła, dzieląc ciało ludzkie na część przednią i tylną. Zamieszczone poniżej wybrane zdjęcia z badania CBCT (zob. ryc. 14–20) ilustrują wyniki analiz w płaszczyźnie czołowej w zależności od umiejscowienia linii pomiarowej.



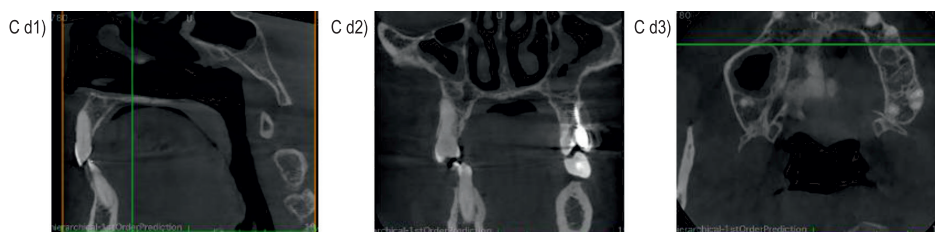
Ryc. 14. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie czołowej:
 C a1) zielona linia pomiarowa umieszczona w okolicy apeksu położonego w rejonie zasiekaczowym w górnym łuku zębowym; C a2) lita struktura mięsna języka bez szczelin powietrznych; C a3) przekrój przez masę języka – brak szczelin powietrznych
 Źródło: opracowanie własne.



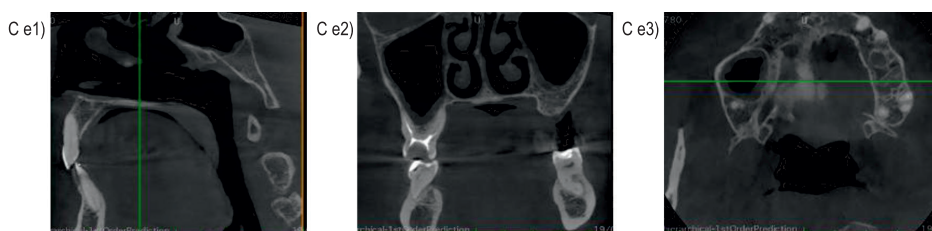
Ryc. 15. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie czołowej:
 C b1) zielona linia pomiarowa umieszczona w rejonie predorsalnym (laminalnym) języka;
 C b2) brak przestrzeni Dondersa, wskazującej na stabilizację języka w rejonie zasiekaczowym; pełne zwarcie języka w rejonie wyrostka zębodołowego;
 C b3) przednia część języka przywiera do struktury wyrostka zębodołowego górnego łuku zębowego
 Źródło: opracowanie własne.



Ryc. 16. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie czołowej:
 C c1) zielona linia pomiarowa umieszczona w rejonie tylnej granicy zwarcia przedniego, za częścią predorsalną języka; C c2) pojawia się przestrzeń Dondersa;
 C c3) obraz kontrolny w ujęciu horyzontalnym – pomiar za wyrostkiem zębodołowym
 Źródło: opracowanie własne.



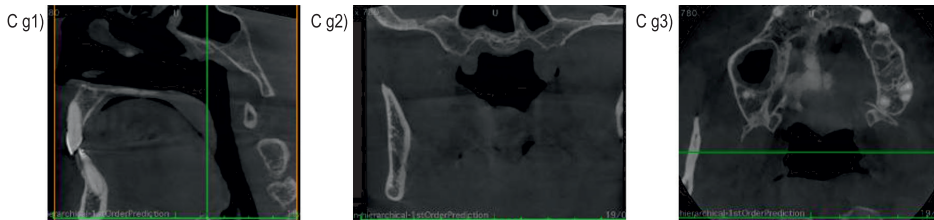
Ryc. 17. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie czołowej:
 C d1) zielona linia pomiarowa umieszczona w rejonie zazębodołowego wgłębienia
 podniebienia; C d2) widoczna przestrzeń Dondersa w rejonie przypodniebiennym,
 lekka asymetria z powiększeniem przestrzeni po stronie lewej; C d3) obraz kontrolny
 w ujęciu horyzontalnym – pomiar na wysokości zębów 14, 24
 Źródło: opracowanie własne.



Ryc. 18. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie czołowej:
 C e1) zielona linia pomiarowa umieszczona w centralnym punkcie podniebienia twardego;
 C e2) przestrzeń Dondersa lekko zmniejszona w porównaniu do poprzedniego
 miejsca pomiaru; C e3) obraz kontrolny w ujęciu horyzontalnym –
 pomiar na wysokości zębów 6 w górnym łuku zębowym
 Źródło: opracowanie własne.



Ryc. 19. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie czołowej:
 C f1) zielona linia pomiarowa umieszczona w rejonie przedniej części zwarcia tylnego;
 C f2) wciąż widoczna przestrzeń Dondersa; C f3) obraz kontrolny w ujęciu horyzontalnym –
 pomiar za ostatnimi zębami trzonowymi
 Źródło: opracowanie własne.

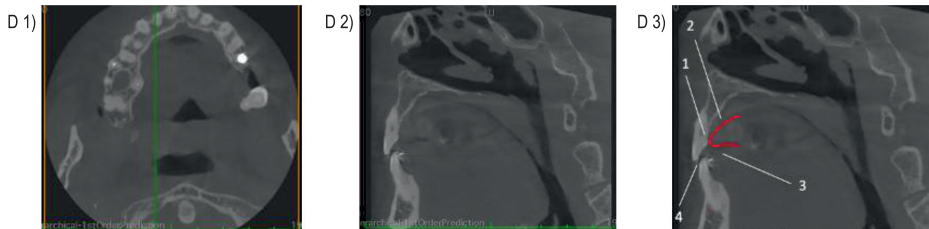


Ryc. 20. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie czołowej: C g1) zielona linia pomiarowa umieszczona w rejonie tylnej części zwarcia tylnego (okolica uwularna); C g2) widoczne pełne zwarcie struktury podniebienia miękkiego i języka; przestrzeń powietrzna powyżej to część nosogardła; C g3) obraz kontrolny w ujęciu horyzontalnym – pomiar w środkowej części kanału oddechowego – gardła

Źródło: opracowanie własne.

D. Analiza ustawienia przedniej partii języka w relacji do łuków zębowych i podniebienia w położeniu spoczynkowym

Ostatnią część analiz obrazów CBCT poświęcono szczegółowej obserwacji przedniej części języka w relacji do łuków zębowych i podniebienia w różnych ujęciach. Poniżej zamieszczono wybrane zdjęcia z badania CBCT (zob. ryc. 21) ilustrujące wyniki analiz.



Ryc. 21. Obraz CBCT układu stomatognatycznego w płaszczyźnie strzałkowej: D 1) zielona linia pomiarowa umieszczona w rejonie policzkowym, linia na granicy zęba górnego drugiego i trzeciego po stronie prawej; D 2) ujęcie boczne języka; D 3) to samo ujęcie boczne języka z obrysowaną na czerwono częścią przednią, a w jej obrębie: 1 – apeks, 2 – część laminalna, 3 – część sublaminarna, 4 – przestrzeń interokluzyjna

Źródło: opracowanie własne.

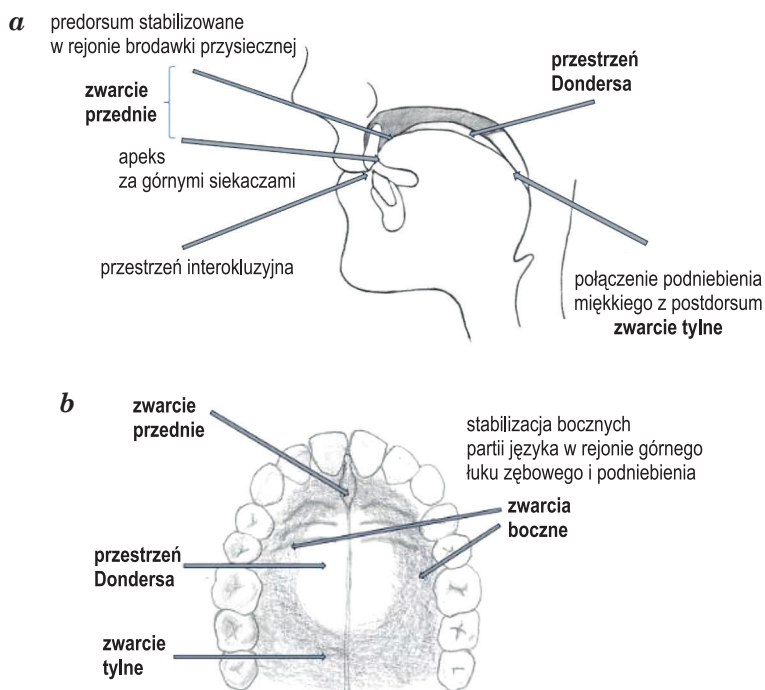
Szczegółowa analiza uzyskanych powyżej obrazów pozwala zaobserwować, że:

- apeks jest ustawiony w rejonie zasiękażowym;
- część laminalna (predorsum) stabilizuje się w pasie dziąsła, w rejonie brodawki przysiecznej;

- część sublaminalna⁵ (brzuszną) języka jest uniesiona nad dnem jamy ustnej, widoczna przestrzeń podjęzykowa;
- wyraźnie widoczna jest przestrzeń interokluzyjna.

4.3. Rekonstrukcja normatywnej pozycji spoczynkowej języka na podstawie przeprowadzonych badań

Wyniki badań własnych przeprowadzonych z wykorzystaniem systemu EMA i techniki CBCT przeniesiono na modele rekonstrukcyjne. Przedstawione poniżej schematy ilustrują normatywną pozycję spoczynkową języka z perspektywy wertykalnej (zob. ryc. 22a) oraz z perspektywy horyzontalnej (zob. ryc. 22b).



Ryc. 22. Normatywna pozycja spoczynkowa języka: (a) z perspektywy wertykalnej; (b) z perspektywy horyzontalnej
Źródło: opracowanie własne.

⁵ Dolna powierzchnia przedniej części języka.

Język w spoczynku stabilizuje się w kilku obszarach:

- (a) zwarcie przednie – tworzone przez przednią część języka (predorsum) w pasie dźwięka, w rejonie brodawki przysiecznej. Apeks znajduje się na dźwięśle, tuż za górnymi siekaczami (tzw. rejon zasięgowy), część sublaminalna języka jest uniesiona, tworząc przestrzeń podjęzykową;
- (b) zwarcie tylne – tworzone przez tylną część języka (postdorsum) w okolicy podniebienia miękkiego i języczka;
- (c) zwarcia boczne – tworzone przez lewy i prawy bok języka w rejonie połączenia struktur górnego łuku zębowego i podniebienia.

Pomiędzy zwarciami przednim (a), tylnym (b) i boczными (c) powstaje przypodniebienna przestrzeń powietrzna, określana jako przestrzeń Dondersa. Przestrzeń ta jest rejonem podciśnienia wytworzonego przez pionizującą się środkową część języka (mediodorsum) wytłaczającą część powietrza spod podniebienia, położoną w lekkim oddaleniu od sklepienia podniebienia. Z perspektywy czołowej obraz ten pozwala zauważyć wyraźne zagłębienie na odcinku pośrodkowej linii języka (ang. *grooved tongue shape*) – por. rycina 18 C e2) oraz rycina 19 C f2). Pomiędzy szczękami tworzy się przestrzeń interokluzyjna. Wargi są połączone w sposób bezwysiłkowy.

5. Podsumowanie

W badaniach lingwistycznych ogromny wpływ na zachowania językowe, pozajęzykowe i parajęzykowe mają techniki elicytacji, czyli sposoby, za pomocą których badacze zachęcają lub nakłaniają uczestników badań do mówienia, komunikowania się, wykonywania zadań przewidzianych w eksperymencie (Karpiński, Klessa 2021: 15). Niektóre techniki elicytacji mogą dawać mówcy dużą swobodę i nie ograniczać go w zakresie sposobu realizacji zadania, podczas gdy inne mogą być bardzo „restrykcyjne” i obejmować dokładne instrukcje dotyczące tego, co mówca powinien zrobić, pozostawiając niewiele lub nie pozostawiając miejsca na spontaniczność (Podesva, Zsiga 2013: 176–180). W badaniach przedstawionych w niniejszym artykule dobrano techniki elicytacji dające badanym osobom całkowitą swobodę (podczas badania z wykorzystaniem systemu EMA uczestnicy byli zaangażowani w oglądanie filmu niemego, a podczas badania CBCT nie otrzymywali żadnej instrukcji odnośnie do położenia języka). Jest to jeden ze sposobów pozwalających wyjaśnić rozbieżności istniejące w wynikach dotychczasowych badań pozycji spoczynkowej języka omówionych w paragrafie 2, gdzie uczestnicy badań byli proszeni np. o przełknięcie śliny i utrzymanie języka w tej pozycji lub zrelaksowanie języka.

Przedstawione w niniejszym artykule wyniki są pierwszym kompleksowym opisem normatywnej pozycji spoczynkowej języka, dotyczącym położenia wszystkich partii mięśnia i otaczających go przestrzeni, opracowanym z wykorzystaniem obiektywnych technik instrumentalnych. Badania są kontynuowane zarówno w odniesieniu do normy, jak i kompensacji. Zdobyta wiedza daje ogromny potencjał w planowaniu świadomych procesów terapeutycznych w logopedii, przyczyni się również do wystandaryzowania logopedycznego postępowania miofunkcjonalnego towarzyszącego leczeniu ortodontycznemu lub protetycznemu.

Literatura

- Artese A., Drummond S., Nascimento J.M., Artese F. (2011): *Criteria for diagnosing and treating anterior open bite with stability*. „Dental Press Journal of Orthodontics” 16(3), s. 136–161.
- Boersma P., Weenink D. (1992–2022): *Praat: doing phonetics by computer [program komputerowy]. Wersja 6.2.06*, <<https://www.praat.org.>>, dostęp: 23.01.2022.
- Bourdiol P., Mishellany-Dutour M.A., Peyron A., Woda A. (2014): *Tongue-mandible coupling movements during saliva swallowing*. „Journal of Oral Rehabilitation” 41, s. 199–205.
- Carstens Medizinelektronik GmbH (2014): *AG501 User Manual (3D Electromagnetic Articulograph) by Carstens Medizinelektronik GmbH, Revision 3*, <<http://www.ag500.de/manual/ag501/ag501-manual.pdf>>, dostęp: 10.11.2023.
- Chafe W. (red.) (1980): *The Pear Stories: Cognitive, Cultural, and Linguistic Aspects of Narrative Production*. Norwood, New Jersey.
- Donders F.C. (1875): *Under den Mechanismus des Saugens*. „Pflügers Archiv” 10, s. 91–94.
- Dudkiewicz Z. (1997): *Rozszczep wargi i podniebienia w świetle współczesnych poglądów*. „Medycyna Wieku Rozwojowego” 1, 4, s. 668–678.
- Engelke W., Jung K., Knösel M. (2011): *Intra-oral compartment pressures: a biofunctional model and experimental measurements under different conditions of posture*. „Clinical Oral Investigations” 15, s. 165–176.
- Faigenblum M.J. (1966): *Negative oral pressures. A research report*. „The Dental Practitioner and Dental Record” 16(6), s. 214–216.
- Fatima F., Fida M. (2019): *The assessment of resting tongue posture in different sagittal skeletal patterns*. „Dental Press Journal of Orthodontics” 24(3), s. 55–63.
- Fishman L.S. (1969): *Postural and dimensional changes in the tongue from rest position to occlusion*. „The Angle Orthodontist” 39, 2, s. 109–113.
- Hiraki K., Yamada Y., Kurose M., Ofusa W., Sugiyama T., Ishida R. (2016): *Application of a barometer for assessment of oral functions: Donders space*. „Journal of Oral Rehabilitation”. Vol. 44, Issue 1, s. 65–72.
- Karpiński M., Klessa K. (2021): *Linguist in the field: a practical guide to speech data collection, processing, and management*. Poznań.
- Kotsiomi E., Kapari D. (2000): *Resting tongue position and its relation to the state of the dentition: a pilot study*. „Journal of Oral Rehabilitation” 27, s. 349–354.
- Kravanja S.L., Hocevar-Boltezar I., Music M.M., Jarc A., Verdenik I., Ovesnik M. (2018): *Three-dimensional ultrasound evaluation of tongue posture and its impact on articulation disorders in preschool children with anterior open bite*. „Radiology and Oncology” 52(3), s. 250–256.

- Lorenc A. (2016a): *Kryteria diagnostyczne normy wymawianiowej*. [W:] *Logopedia artystyczna*. Red. B. Kamińska, S. Milewski. Gdańsk, s. 107–143.
- Lorenc A. (2016b). *Wymowa normatywna polskich samogłosek nosowych i spółgłoski bocznej*. Warszawa.
- Łasiński W. (1993): *Anatomia głowy dla stomatologów*. Warszawa.
- Majewski S.W. (2007): *Gnatofizjologia stomatologiczna. Normy okluzji i funkcje układu stomatognatycznego*. Warszawa.
- Mik Ł., Lorenc A. (2024a). *phoneEMAtool* [program komputerowy].
- Mik Ł., Lorenc A. (2024b). *EMAVIEWER* [program komputerowy].
- Podesva R.J., Zsiga E. (2013): *Sound recordings: acoustic and articulatory data*. [W:] *Research methods in linguistics*. Red. R.J. Podesva, D. Sharma. Cambridge, s. 169–194.
- Proffit W. (1978): *Equilibrium Theory Revisited: Factors Influencing Position of the Teeth*. „Angle Orthodontics” 48, s. 175–185.
- Moss M.L. (1968): *The primary of functional matrices in orofacial growth*. „Journal of Contemporary Dental Practice” 19, s. 65–73.
- Pluta-Wojciechowska D. (2000): *Językoznawczy model terapii mowy dziecka z rozszczepem podniebienia*. [W:] *Teoretyczne podstawy metod usprawniania mowy – Afazja – Zaburzenia rozwoju mowy*. Red. H. Mierzejewska, M. Przybysz-Piwkova. Warszawa, s. 109–123.
- Primozic J., Farčnik F., Perinetti G., Richmond S., Ovsenik M. (2013): *The association of tongue posture with the dentoalveolar maxillary and mandibular morphology in Class III malocclusion: A controlled study*. „European Journal of Orthodontics” 35, s. 388–393.
- Proffit W.R., Fields H., Sarver D. (2007): *Ortodoncja współczesna*. T. 1. Red. A. Komorowska. Wrocław.
- Savariaux Ch., Badin P., Samson A., Gerber S. (2017): *A comparative study of the precision of Carstens and Northern Digital Instruments electromagnetic articulographs*. „Journal of Speech, Language, and Hearing Research” 60(2), s. 322–340.
- Schneider W., Eschman A., Zuccolotto A. (2002): *E-Prime: User's guide*. Psychology Software Incorporated.
- Spiechowicz E. (2016): *Protetyka stomatologiczna. Podręcznik dla studentów*. Warszawa.
- Volk J., Kadivec M., Mušič M.M., Ovsenik M. (2010): *Three-dimensional ultrasound diagnostics of tongue posture in children with unilateral posterior crossbite*. „American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics” 138, s. 608–612.
- Wright C.R., Muyskens J.H., Strong L.H., Westerman K.N., Kingery R.H. & Williams S.T. (1949): *A study of the tongue and its relation to denture stability*. „Journal of the American Dental Association” 39, s. 269–275.

Źródła internetowe

http1: <https://horosproject.org/>