

Agnieszka Borowiec

Laboratorium Mowy w Warszawie

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6580-832>

e-mail: aborowiec1@o2.pl

Anita Lorenc

Uniwersytet Warszawski

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

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

Pozycja spoczynkowa języka u niemowląt – norma i zaburzenia funkcji*

Resting tongue posture in infants – norm and function disorders

Abstrakt

Celem artykułu jest opis prawidłowej pozycji spoczynkowej języka u niemowląt oraz jej zaburzeń, przedstawiony na tle rozwoju anatomiczno-funkcjonalnego rejonu ustno-twarzowego w okresie prenatalnym. W pracy uwzględniono opis budowy anatomicznej języka oraz stabilizacji funkcjonalnej pozycji spoczynkowej układu stomatognatycznego w świetle wybranych pozycji z literatury. Przedstawiono analizy badań własnych dotyczących normatywnej i zaburzonej pozycji spoczynkowej języka u dziesięciorga niemowląt (5 prawidłowo rozwijających się i 5 z zaburzeniami funkcji prymarnych), opracowane w ramach studium wielokrotnego przypadku. Ich wyniki dowodzą istnienia automatycznego, bezwysiłkowego mechanizmu kontroli rejonu ustno-twarzowego obecnego już od narodzin, gdzie kluczową i nadrzędną rolę wobec pozostałych funkcji prymarnych pełni pozycja spoczynkowa języka. Jej wzorzec będzie przekładał się bezpośrednio na rozwój artykulacji, w związku z czym przeprowadzone badania mają fundamentalne znaczenie w zakresie lingwistycznych podstaw logopedii.

Słowa kluczowe: funkcje prymarne, normatywna i zaburzona pozycja spoczynkowa języka, niemowlęta, badanie logopedyczne

* 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.

Abstract

The aim of this article is to describe the normal resting posture of the tongue in infants and its disorders, presented against the backdrop of the anatomical and functional development of the orofacial region during the prenatal period. The study includes description of the anatomical structure of the tongue and the functional stabilization of the resting posture of the stomatognathic system as presented in the selected literature on the subject. It also features analyses of original research on the normal and dysfunctional resting posture of the tongue in ten infants (5 typically developing and 5 with primary function disorders), conducted as part of a multiple case study. The results demonstrate that there is an automatic, effortless control mechanism of the orofacial region present from birth, in which the resting posture of the tongue plays a key and overriding role in relation to other primary functions. The posture's pattern will have a direct effect on the development of articulation, and the research presented in this study is therefore of fundamental importance in terms of the linguistic foundations of speech therapy.

Keywords: primary functions, normal and dysfunctional resting posture of the tongue, infants, speech therapy examination

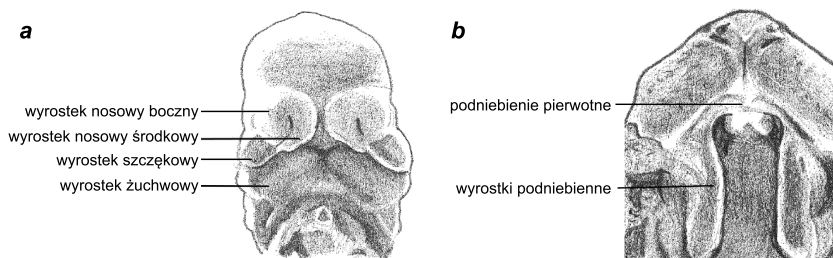
1. Rozwój rejonu ustno-twarzowego w okresie prenatalnym

W okresie rozwoju organizmu kompleks ustno-twarzowy podlega przeobrażeniom, które można podzielić na trzy etapy: rozrost, różnicowanie i dojrzewanie (Pisulska-Otremba 1995). Rozrost rozumiany jest jako szereg zmian o charakterze ilościowym, podczas którego rozwija się twarzoczaszka i narząd żucia. Różnicowanie dotyczy zmian w całej strukturze, a dojrzewanie rozumiane jest jako doskonalenie funkcji poszczególnych elementów układu. Proces rozwoju tego rejonu trwa do 18. r.ż. u kobiet i do 20. r.ż. u mężczyzn. Twarzoczaszka rozwija się głównie w wymiarze pionowym, a istotnym bodźcem do zmian jest pojawienie się zębów mlecznych u dziecka (Bielawska-Victorini i in. 2008: 26–27; Pisulska-Otremba 1995: 13–45; Śmiech-Słomkowska, Rytłowa 1993: 9–33).

1.1. Rozwój anatomiczny

W rozwoju zarodka obserwuje się kolejne fazy tworzenia przestrzeni oralnej. W 17. dniu życia płodowego zaczynają tworzyć się pokłady komórkowe, a z nich wyodrębniają się pojedyncze struktury. Około 20. dnia życia płodowego wykształca się cewa nerwowa – centralna struktura, na bazie której rozwinię się układ nerwowy (Bartel 2012), dając możliwość utworzenia skoordynowanego systemu nerwowo-mięśniowego stanowiącego podstawę układu funkcjonalnego organizmu. Około 28. dnia życia embrionu zaczyna kształtować się podniebienie pierwotne, które utworzy górny rejon układu oralnego: wargę górną, wyrostek zębodołowy i część podniebienia do otworu

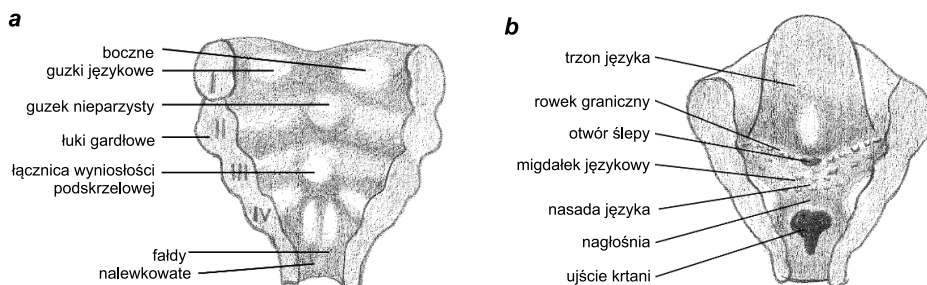
przysiecznego. W badaniach prowadzonych za pomocą mikroskopu elektronowego obserwowano fazy rozwoju twarzoczaszki myszy, które są analogiczne do rozwoju zarodka ludzkiego. W fazie pierwszej, około 36. dnia po zapłodnieniu, łączą się wyrostki nosowe boczne i środkowe oraz wyrostki szczękowe (zob. ryc. 1a). Etap ten kończy się po około 10 dniach, dając pełne ukształtowanie górnej wargi i szczęki w rejonie przednim (zob. ryc. 1b).



Ryc. 1. Stan rozwoju twarzy na przykładzie embrionu myszy: a) wyrostki nosowe, szczękowe i żuchwowe na etapie poprzedzającym ich zespolenie, b) podniebienie pierwotne po zespoleniu, z niezespolonym podniebieniem wtórnym

Źródło: opracowanie własne na podstawie Proffit i in. (2007: 76, 79).

W tym samym czasie z mezynchymy (tkanki łącznej zarodkowej) tworzone są struktury dna jamy ustnej wraz z językiem. Dwie części języka – nasada i trzon powstają z oddzielnych zawiązków. W dnie pierwotnego gardła pojawiają się wybrzuszenia. Do przodu od otworu ślepego z mezynchymy pierwszej pary łuków gardłowych (skrzelowych) tworzy się guzek nieparzysty (pęczek środkowy), a po jego bokach symetrycznie pęczki boczne. Struktura rozwija się, tworząc przednią część języka, zwaną trzonem. W tym samym czasie z drugiego łuku gardłowego powstaje wybrzuszenie (łącznica), co poprzedza rozwój wysklepionej struktury między trzecim i czwartym łukiem skrzelowym (łac. *hypobranchial eminence*). Rozwija się ona i pokrywa wybrzuszenie

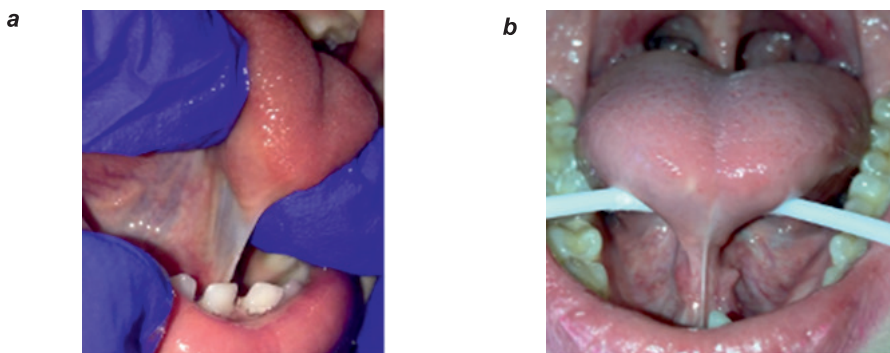


Ryc. 2. Struktura języka: a) w trakcie tworzenia się w 4. tygodniu życia płodowego, b) wykształcona

Źródło: opracowanie własne na podstawie Bartel (2012: 332, 333).

w rejonie drugiego łuku skrzelowego, tworząc w ten sposób nasadę (korzeń) języka (zob. ryc. 2a, b). W tym rejonie pojawia się bruzda graniczna (rowek graniczny), która morfologicznie oddziela nasadę od trzonu języka.

Rozwijający się język otoczony jest ektoderma, która na dalszym etapie pozwala oddzielić się językowi od dna jamy ustnej poprzez proces apoptozy. W tym procesie uwalniana jest przednia część języka. Struktury pozostałe wewnątrz języka tworzą tzw. przegrodę (łac. *lingual sulcus*). Przebiega ona od otworu ślepego i dzieli język na prawą i lewą stronę. „Niewystarczająca apoptoza (programowa śmierć komórek) w fazie różnicowania języka od dna jamy ustnej powoduje jego wrośnięcie” (Avery, Chiego 2006: 6). Efektem zaburzenia procesu apoptozy jest ankyloglosja, nazywana anatomicznym skróceniem wędzidełka języka (zob. ryc. 3).



Ryc. 3. Zaburzenia procesu apoptozy – ankyloglosja u: a) 4-letniego dziecka (KI l. 4) oraz b) 14-latkę (KN l. 14)

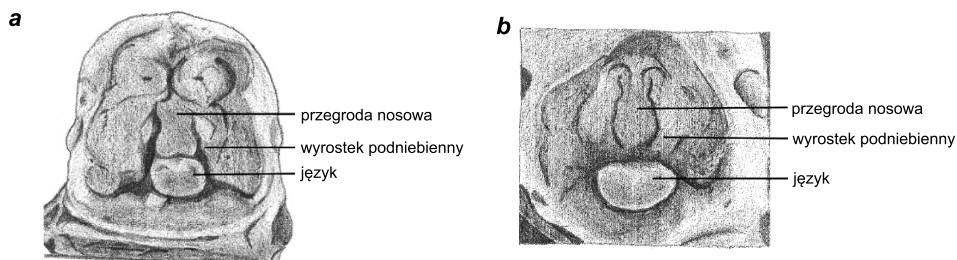
Źródło: opracowanie własne.

Uważa się, że zaburzenie procesu apoptozy struktur ektodermalnych języka wynika zarówno z przyczyn środowiskowych, jak i genetycznych. Wśród tych ostatnich wskazuje się na zaburzenia genu TBX22 (np. Kantaputra i in. 2011).

Ukształtowany język kontaktuje się z obniżonymi strukturami przegrody nosa, a bocznie z wyrostkami podniebiennymi (zob. ryc. 4a). Po zamknięciu się pierwszej strefy jamy ustnej i stworzeniu podniebienia pierwotnego rozpoczyna się dalsze zespalandie struktur nazywanych podniebieniem wtórnym.

Pierwszym etapem tej fazy rozwoju jamy ustnej, który rozpoczyna się od około 8. tygodnia i trwa do 12. tygodnia życia płodowego, jest proces unoszenia się wyrostków podniebiennych (por. ryc. 4b). Alison Hazelbaker (2010: 37) podkreśla znaczenie relacji języka i elementów podniebienia, które wzajemnie się stymulują – mięsień języka wpływa na kształtowanie

się podniebienia, a płytki podniebienne z kolei popychają język ku dołowi i przesuwają go ku przodowi, co sprzyja horyzontalnemu ustawieniu mięśnia języka. Także inni badacze zwracają uwagę na znaczenie aktywności języka w relacji do podniebienia i sugerują, że wraz z zespoleniem podniebienia powstają tłoczące ruchy języka związane z połykaniem (Avery, Chiego 2006: 55).

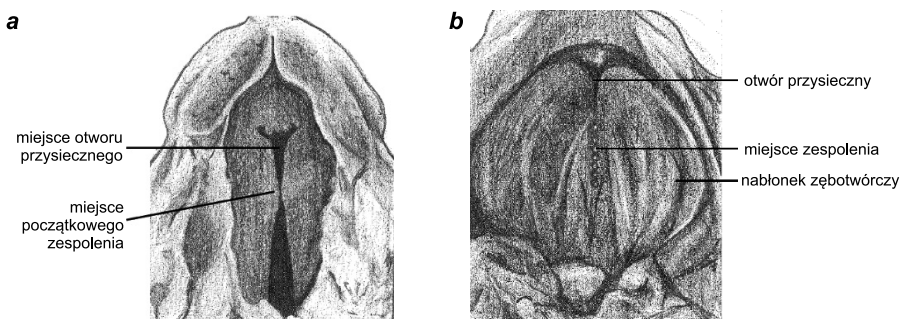


Ryc. 4. Rozwój podniebienia na przykładzie embrionu myszy w przekroju czołowym:

a) przed i b) po uniesieniu się wyrostków podniebiennych i przegrody nosowej

Źródło: opracowanie własne na podstawie Proffit i in. (2007: 78).

Po uniesieniu się wyrostków podniebiennych następuje proces scalania płytek podniebiennych – najpierw w rejonie położonym w odległości około jednej trzeciej długości podniebienia od otworu przysiecznego (zob. ryc. 5a), aż do całkowitego zespolenia podniebienia twardego (zob. ryc. 5b) i wytworzenia podniebienia miękkiego (łac. *palatum molle*) ze stożkowatym wykończeniem, zwanym jęczyzkiem (łac. *uvula*). Ruchome podniebienie miękkie pozwala tworzyć przedziały funkcjonalne różnicujące jamę ustną od kanałów nosowych.



Ryc. 5. Proces scalania płytek podniebiennych na przykładzie embrionu myszy:

a) etap początkowy, b) pełne zespolenie

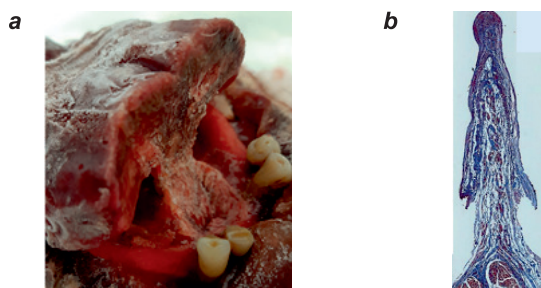
Źródło: opracowanie własne na podstawie Proffit i in. (2007: 79).

1.2. Rozwój funkcjonalny

Tuż po zespoleeniu struktur podniebienia pierwotnego, około 6. tygodnia życia u rozwijającego się płodu, rozpoczyna się wspólne działanie mięśni i układu nerwowego, a około 7. tygodnia uruchamia się reakcja całego ciała na drażnienie warg (Kornas-Biela 2002). Stanowi to wstępny etap kształtowania się odruchów związanych z podstawowymi, automatycznymi funkcjami pozwalającymi dziecku na przeżycie po urodzeniu. W 8. tygodniu życia zarysowane są wszystkie mięśnie języka (Ronin-Walknowska 2006), a kolejny ważny etap w rozwoju układu orofacjalnego przypada na 10 tydzień życia płodowego, gdy rozwijający się układ nerwowy uwrażliwia okolice żuchwową i szczękową (Kornas-Biela 1998). Po zamknięciu się podniebienia wtórnego dziecko zaczyna trenować pobieranie i wypieranie wód płodowych oraz aktywuje funkcję ssania z unoszeniem górnej wargi w celu ustawienia jej do funkcji przyssania się do piersi (Kornas-Biela 2002). Od 15. tygodnia życia płodowego zaczyna się trening kształtowania sprawności mięśnia języka polegający na jego wysuwaniu i tworzeniu „miseczki” w części dorsalnej. Wiąże się to z ruchami pseudowdechowymi, przy których automatycznie język obniża część dorsalną. U 84,6% płodów jest już wówczas rejestrowane polykanie (Miller i in. 2003). W ostatnim trymestrze ciąży, około 33. tygodnia, obserwowano automatyczne domykanie jamy ustnej po stymulacji języka i uniesieniu go w kierunku podniebienia, co z kolei wywoływało akt polykowy (Pisulska-Otremba 1995). W 40. tygodniu życia płodowego dziecko jest gotowe pod względem funkcjonalnym, aby zacząć samodzielne życie poza organizmem matki, z w pełni ukształtowanym mechanizmem skoordynowanego aktu ssania-polykania i oddychania (Hazelbaker 2010). Tuż po urodzeniu dziecka etapowo rozwijający się pod względem budowy, unerwienia, jak i funkcji układ stomatognatyczny jest wydolny w zakresie kontroli górnej części układu trzewnego oraz prowadzenia podstawowych funkcji związanych z tym obszarem: pozycją spoczynkową uszczelniającą omawiany rejon, kontrolą spoczynkowego sposobu oddychania i funkcją pokarmową.

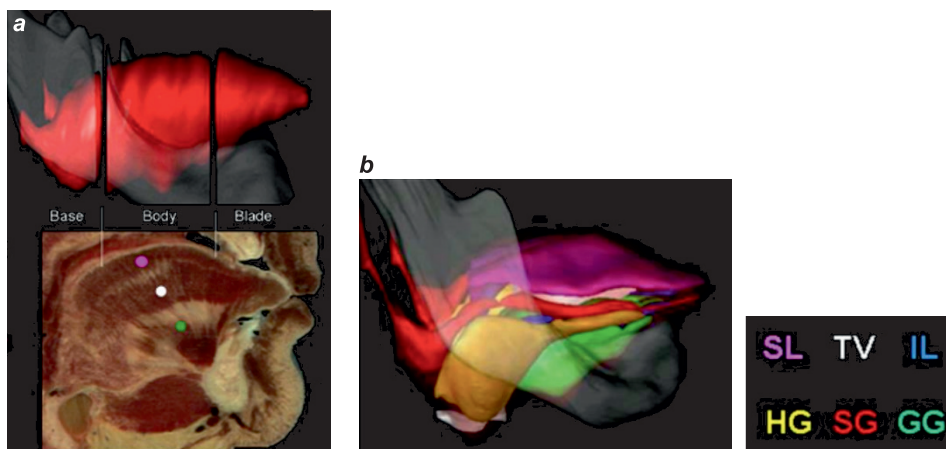
2. Budowa anatomiczna języka i jego części

Włókna mięśni języka ułożone są na łącznotkankowej powięzi, symetrycznie wzdłuż centralnej przegrody i stanowią złożony mięsień zdolny do przeprowadzania skomplikowanych, zsynchronizowanych programów motorycznych (zob. ryc. 6a, 6b).



Ryc. 6. Budowa języka w badaniach sekcyjnych: a) przekrój czołowy mięśnia w relacji do dna jamy ustnej na wysokości mediodorsum z usuniętym wędzidełkiem języka, b) wypreparowana środkowa część powięzi języka
Źródło: Mills i in. (2020: 3).

Normatywną budowę języka opisały w badaniach Ira Sanders i Liancai Mu (2013). Mięsień języka podzielony został na trzy zasadnicze części: korzeń (ang. *base*), trzon (ang. *body*) oraz część przednią (ang. *blade*), określaną też jako część laminalna, predorsalna lub grot (por. ryc. 7a). Autorki opisują część przednią języka jako strukturę pomiędzy apeksem a wrostem brzusz- nym wędzidełka języka i szacują jej długość na około 15 mm. Poszczególne struktury mięśniowe oznaczone zostały kolorami (zob. legenda ryc. 7b). W obszarze predorsalnej części języka mięśnie podłużne górne (łac. *longitudinalis superior* – SL) są cienkie, a wewnętrzna struktura organizowana jest poprzez przeplatające się włókna mięśni poprzecznych (łac. *transversus linguae* – TV) i pionowych (łac. *verticalis linguae* – TV). Dolną strukturę budują mięśnie podłużne dolne (łac. *longitudinalis inferior* – IL) i mięsień



Ryc. 7. Podział języka na: a) odrębne funkcjonalnie części, b) płaszczyzny mięśniowe oznaczone kolorami
Źródło: Sanders, Mu (2013: 12).

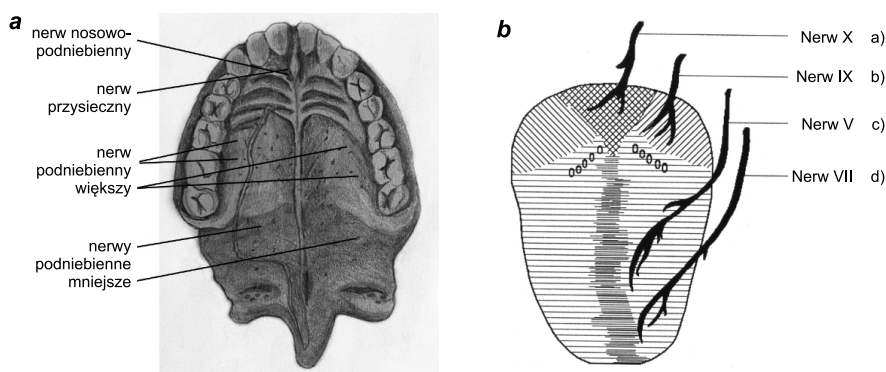
rylcowo-językowy (łac. *styloglossus* – SG). Rejon ten nie jest podzielony przegrodą. Trzon języka, którego średnia długość u dorosłej osoby wynosi około 40 do 50 mm, stanowi zespół nakładających się i przeplatających włókien mięśniowych, gdzie kluczowym mięśniem jest mięsień bródkowo-językowy (łac. *genioglossus* – GG). Mięśnie zewnętrzne języka, łączące go z innymi strukturami układu, kontrolują położenie w jamie ustnej i umożliwiają zmiany jego pozycji. Mięśnie wewnętrzne konstruują masę języka, wpływając na zmiany jego kształtu.

3. Stabilizacja funkcjonalna pozycji spoczynkowej układu stomatognatycznego

Jama ustna stanowi aktywny mechanizm pozwalający otwierać i zamykać wejście do układu trzewnego. Aktywność ta musi być automatyczna ze względu na znaczenie funkcji prymarnych. Dotyczy zarówno pozycji spoczynkowej chroniącej układ oddechowy i trzewny, jak i mechanizmu przyjmowania pokarmu, który w pierwszym etapie życia kontrolowany jest poprzez odruch ssania. Każdy organizm podlega efektom ewolucji, wytwarzając „struktury czynnościowe, które określa się jako ekonomiczny plan organizacji układów biologicznych” (Trzebski 2004: 9). Funkcjonowanie tych struktur określa relacja pomiędzy wydatkiem energii a wydajnością systemu, opierająca się na zasadzie optymalizacji, definiowanej jako „równowaga pomiędzy stosunkiem kosztów do wydajności a niezawodnością” działania układu funkcjonalnego (Trzebski 2004: 9). W celu zapewnienia prawidłowego funkcjonowania organizmu konieczna jest bezustanna kontrola dostarczająca informacji o środowisku i relacji z nim. Różne receptory ciała przekazują te informacje do ośrodkowego układu nerwowego, a każdy z nich pobudzany jest najczęściej jednym rodzajem energii – bodźcami chemicznymi, świetlnymi, cieplnymi lub mechanicznymi. Dzięki pętli rdzeniowo-mięśniowej utrzymywana jest stała kontrola, która „zapewnia utrzymanie napięcia mięśniowego odpowiedniego do utrzymania prawidłowej postawy ciała” (Niechaj 2004: 190). Kontrola funkcji życiowych w rejonie oralnym jest zatem możliwa dzięki współdziałaniu układu mięśniowego języka z rejonami unerwienia czuciowego w obszarze jego aktywności.

Rejon szczękowo-podniebienny kontrolowany jest czuciowo poprzez nerw szczękowy (łac. *n. maxillaris* – V2). Nerw V jest częścią układu przywspółczulnego, odpowiadającego za stan relaksacji organizmu, który ściśle wiąże się z zapewnieniem prawidłowej postawy ciała w sytuacji spoczynkowej.

Otwór przysieczny, unerwiony przez nerw przysieczny (łac. *n. incisivus*), pokryty jest dziąsłem tworzącym brodawkę przysieczną (łac. *papilla incisiva*). Michał Reicher i Wiesław Łasiński opisują ją jako „małe, silnie unerwione wzniesienie” (2008: 114). Boczne partie podniebienia zaopatrzone są przez nerw podniebienny większy (łac. *n. palatinus maior*), a podniebienie miękkie przez nerwy podniebienne mniejsze (łac. *n. palatini minores*) (Gołąb 1998: 44). Jama ustna z mocno rozbudowanym systemem czuciowym pozwala na precyzyjne prowadzenie funkcji prymarnych zapewniających kontrolę rejonu trzewnego twarzo-czaszki. Poniżej (zob. ryc. 8a) przedstawiono schematyczny rysunek podniebienia wraz z obszarami unerwienia czuciowego.



Ryc. 8. Unerwienie a) podniebienia, b) języka

Źródło: a) opracowanie własne na podstawie Reicher, Łasiński (2008: 113) – budowa podniebienia, Gołąb (1998: 39); Łasiński (1974: 301) – unerwienie; b) Knychalska-Karwan (2000: 27).

Aktywną rolę w tworzeniu pozycji spoczynkowej układu stomatognatycznego pełni język. Unerwienie ruchowe tego mięśnia w całości należy do nerwu podjęzykowego XII (łac. *n. hypoglossus*). Natomiast czuciowo język zaopatrywany jest przez cztery nerwy, które wpływają na reakcje mięśnia w dynamicznych zmianach funkcjonalnych (zob. ryc. 8b).

Do nerwów czuciowych unerwiających język należą: a) nerw błędny X (łac. *n. vagus*) kontrolujący nasadę w rejonie nagłośni i przewodzący odczucia temperatury, bólu i dotyku, b) nerw językowo-gardłowy IX (łac. *n. glossopharyngeus*) zaopatrujący nasadę języka, c) nerw żuchwowy V (łac. *n. mandibularis*), który odpowiada za dno jamy ustnej oraz błonę śluzową trzonu języka wraz z czubkiem, d) nerw twarzowy VII (łac. *n. facialis*), który odpowiada za odbieranie smaku z przednich dwóch trzecich języka (Knychalska-Karwan 2000: 26, 27).

3.1. Pionizacja języka

Zagadnienia dotyczące pionizacji języka zostaną przedstawione osobno w niniejszym podrozdziale, gdyż pełnią one kluczową rolę w zrozumieniu tej cechy biomechanicznej, zazwyczaj definiowanej zbyt wąsko w publikacjach zajmujących się opisem funkcjonalnym. Pionizacja języka bardzo często utożsamiana jest z pionizacją samego czubka lub ze stabilizacją rozumianą jako siłowe osadzenie języka w rejonie podniebienia. Nie uwzględnia się cech neuro-motorycznych, jak również sił fizycznych wspierających możliwość zaistnienia tej funkcji. Prawidłowa fizjologiczna pozycja spoczynkowa układu stomatognatycznego wiąże się z automatyczną, bezwysiłkową (zgodnie z zasadą optymalizacji) pracą mięśnia języka, pełniącego kluczową rolę w stabilizacji układu. Szczegółowy opis normy w funkcji spoczynkowej oraz przegląd literatury przedstawiono w artykule autorstwa Anity Lorenc i Agnieszki Borowiec (2024).

Ruchy języka określane jako pionizacyjne widoczne są już w rozwoju prenatalnym: język napiera na podniebienie, kontaktując się z nim (Kornas-Biela 2002; Pisulska-Otremba 1995; Rakosi i in. 1993; Miller i in. 2003). Bohdan Mackiewicz (1998) interpretuje zdolność pionizacji języka jako zakończenie transformacji funkcji pokarmowej ze sposobu niemowlęcego na dojrzały. Łączy to z pojawieniem się siekaczy oraz kolejnych zębów i uznaje, że zakończenie tego procesu przypada na okres około 3. r.ż, gdy wyrastają ostatnie zęby trzonowe. William R. Proffit określa uzyskanie pełnej sprawności funkcjonalnej w pozycji spoczynkowej na około 3. r.ż. dziecka, przesuwając go do nawet 6. r.ż. u większości dzieci (Proffit i in. 2007: 150). Autor bada pozycję spoczynkową języka u niemowląt poprzez odciągnięcie żuchwy. Twierdzi, że „koniuszek języka pozostaje w kontakcie z wargą dolną, [...] i powędruje w ślad za wargą” (Proffit i in. 2007: 83). W cytowanym podręczniku W.R. Proffit zamieszcza zdjęcie niemowlęcia (zob. ryc. 9) w wieku kilku miesięcy, twierdząc, że „na tym etapie rozwoju język pozostaje w kontakcie z wargami przez większość czasu” (Proffit i in. 2007: 84).

Trudno zgodzić się z przedstawioną przez autora interpretacją zilustrowanej funkcji spoczynkowej. Dziecko na załączonym zdjęciu prezentuje zaburzenie funkcji z ustnym torem oddychania i ułożeniem języka na dnie jamy ustnej.

Proces pionizacji języka często utożsamiany jest z ruchami pionowymi czubka języka. Tak jest u cytowanego wyżej B. Mackiewicza, który stwierdza co prawda, że „możliwość pionizowania języka pozwala na zmianę odruchu polykowego z niemowlęcego na dojrzały typu dorosłego” (1998: 73), ale przez

pionizację rozumie jedynie ruch unoszenia czubka języka do wałka dziąsłowego. Autor nie myśli zatem o funkcji pionizacyjnej w relacji do pozycji spoczynkowej, która to funkcja poprzedza rozwój polykania somatycznego (dojrzałego). Podobne podejście prezentuje większość badaczy, którzy w ocenie sprawności języka i w ćwiczeniach motorycznych skupiają się na części predorsalnej i czubku języka, zalecając jego wysuwanie, a nawet zawijanie (zob. np. Stecko 1998; Ostapiuk 2013). Analiza i opis aktywności biomechanicznej języka w literaturze przedmiotu nie uwzględnia łącznie cech stanu całego mięśnia oraz pozycji w funkcji spoczynkowej.



Ryc. 9. Pozycja spoczynkowa języka u niemowlęcia
Źródło: Proffit i in. (2007: 84).

Biorąc pod uwagę znaczenie pionizacji, konieczne jest zrozumienie elementarnych warunków niezbędnych do realizacji tej funkcji. W ruchu pionizacyjnym język dąży do osiągnięcia efektywnej pozycji spoczynkowej, co zapewnia bezwysiłkowe, w pełni ekonomiczne domknięcie twarzowego odcinka strefy trzewnej. Organizm korzysta tu z cech fizjologicznych samego mięśnia (napięcie podstawowe), odpowiedniej budowy struktur kostnych w obrębie jamy ustnej oraz współwystępowania innych sił, wspierających ten system.

W pozycji spoczynkowej układ orofacjalny wykorzystuje biologiczne właściwości odpowiedniego napięcia mięśnia języka. Fizjologicznie mięśnie wykazują cechę funkcjonowania w dwóch stanach – albo w stanie spoczynku, albo w stanie maksymalnego skurczu. „W czasie spoczynku pewna ilość włókien mięśniowych znajduje się w stanie pobudzenia dla utrzymania prawidłowej postawy. To napięcie nazywamy podstawowym” (Łabiszewska-Jaruzelska 1981: 51). Badaczka zwraca uwagę, że napięcie podstawowe powstaje bardzo wcześnie i nie zmienia się podczas całego życia osobnika. Pionizacja jest immanentną cechą języka i wiąże się z jego podwyższonym napięciem spoczynkowym, nazywanym „tonusem”. Natomiast „[t]onus mięśnia to stan pośredni pomiędzy niekontrolowanym skurczem (spazmem) oraz lepkosprężystym napięciem niewykrywalnym w EMG” (Simons, Mense 1997: 12). Tonus mięśnia określany jest jako „wysiłek statyczny” charakteryzujący

się skurczem izometrycznym, dzięki któremu wzrasta napięcie mięśni, ale nie zmienia się ich długość (Nazar 2004: 890). Proces pionizacji języka wspierany jest siłami fizycznymi podciśnięć, które tworzą się w obrębie jamy ustnej, gdzie kluczową rolę odgrywa podciśnienie pomiędzy dorsalną częścią języka i podniebieniem (rejon ten określany jest jako przestrzeń Dondersa, por. Donders 1885, a także Hiraki i in. 2016; Engelke i in. 1995; Lorenc, Borowiec 2024). Język jako układ hydrostatyczny (Kier, Smith 1985), ze spoczynkową aktywnością włókien mięśniowych zapewniających pionizację mięśnia, tworzy ze strukturami kostnymi stabilny układ. Zgodnie z najnowszymi wynikami badań instrumentalnych (por. Lorenc, Borowiec 2024) przednia część języka stabilizuje się w zwarcu przednim w rejonie brodawki przysiecznej, boczne partie w rejonie górnego łuku zębowego, a tylna partia języka tworzy zwarcie tylne z podniebieniem miękkim. Taka pozycja języka wpływa na prawidłową stabilizację układu szczękowego z przestrzenią interokluzyjną. Układ będący w stanie równowagi (Proffit 1978) wpływa na normatywny rozwój narządu żucia, stabilizację okluzyjną i pozwala na prawidłowe dotlenianie organizmu w czasie spoczynku. W przypadku zaburzeń funkcjonalnych możemy spodziewać się destabilizacji układu i pojawienia się procesów kompensacyjnych mogących wpływać także na zaburzenia morfologiczne w rejonie jamy ustnej według zasady, że morfologia wpływa na funkcje, a funkcje na morfologię zaangażowanych struktur (Moss, Rankow 1968; Masztalerz 1981).

4. Pozycja języka w układzie spoczynkowym jamy ustnej – metodologia badań własnych

Przedstawiony w ostatniej części poprzedniego paragrafu opis normatywnej pozycji spoczynkowej układu stomatognatycznego pozwala sformułować tezę, że system ten musi być aktywowany od początku życia człowieka i stanowi bazę, na której rozwijać będą się kolejne funkcje, takie jak połykanie, ssanie, pobieranie pokarmów i w końcu funkcje wyższe – mowa. Przyjmując przedstawione założenia fizjologiczne dotyczące uszczelniania górnej części układu trzewnego i tworzenia pozycji spoczynkowej w rejonie układu stomatognatycznego oraz omówione wcześniej opinie wielu badaczy, jakoby pozycja spoczynkowa języka i jego pionizacja podlegała procesowi dojrzwiania, zaplanowano przeprowadzenie badań dotyczących aktywowania i sposobu działania omawianej funkcji na wczesnym etapie rozwoju, w grupie dziesięciorga niemowląt do 5. miesiąca życia.

W świetle przyjętej perspektywy badawczej za kluczowe uznano zdefiniowanie normy funkcjonalnej pozycji spoczynkowej układu orofacjalnego w grupie niemowląt bez zaburzeń funkcjonalnych oraz odniesienie jej do występujących zaburzeń omawianego układu. W tym celu przebadano 5 niemowląt w normie funkcjonalnej w 1. tygodniu życia, spełniających kryteria włączające do badania (zamknięta jama ustna, prawidłowo przebiegająca funkcja ssania) oraz 5 niemowląt do 5. miesiąca życia zgłaszających się po poradę neurologopedyczną z powodu otwartej jamy ustnej w spoczynku i/lub zaburzeń funkcji ssania. Czynnikiem determinującym wybór górnej granicy wieku badanych niemowląt z zaburzeniami funkcjonalnymi był okres przed rozszerzaniem diety i tym samym obserwacja układu przed okresem transformacji połknięcia trzewnego na somatyczne.

Badania pozycji spoczynkowej przeprowadzono na podstawie analizy poklatkowej nagrań wideo zarejestrowanych za pomocą kamery telefonu marki Iphone. Wykorzystano w tym celu dwie próby:

- 1) 30-sekundowe nagranie układu mięśni jamy ustnej podczas leżenia dziecka (bez aktywności lub wokalizacji) lub w czasie snu;
- 2) badanie pozycji spoczynkowej języka poprzez wolne odwodzenie żuchwy (zob. Proffit 2007: 84; Rządзка 2020: 26).

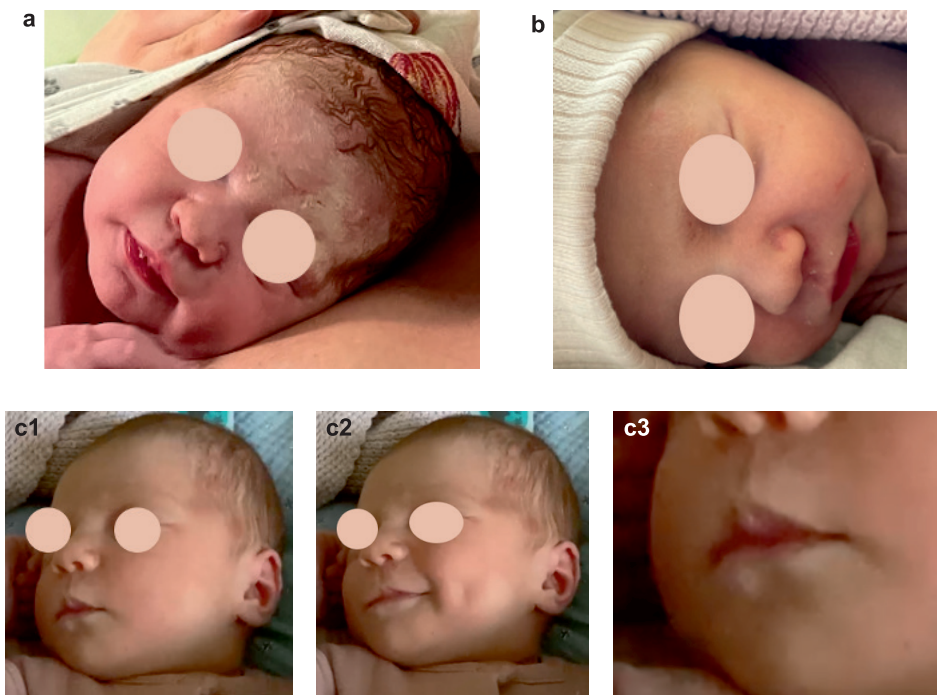
W celu upewnienia się, czy uzyskane wyniki są powtarzalne, obie próby u wszystkich badanych niemowląt przeprowadzono trzykrotnie.

5. Wyniki badania pozycji spoczynkowej języka u niemowląt

5.1. Normatywna pozycja spoczynkowa języka u niemowląt bez zaburzeń funkcjonalnych

W badaniach własnych założono, że u zdrowego noworodka biomechanizm rejonu ustno-twarzowego wykazuje wszystkie cechy bezwysiłkowego sposobu domykania jamy ustnej. Przyjęto także założenie, że kluczowym mięśniem gwarantującym przeprowadzenie tej prymarnej funkcji jest język, który dzięki tonusowi zapewniającemu odpowiednie napięcie mięśnia tworzy w rejonie podniebienia obszar podciśnienia (przestrzeń Dondersa), co z kolei umożliwia bezwysiłkowe utrzymywanie go w tej pozycji.

Poniżej przedstawiono analizę funkcjonalną układu orofacjalnego niemowlęcia w pierwszej dobie po urodzeniu (zob. ryc. 10a, b) ze szczelnie domkniętą jamą ustną. Kolejna analiza (zob. ryc. 10c) pokazuje trzy ujęcia wyekstrahowane z 30-sekundowego zapisu wideo zrealizowanego w czasie snu niemowlęcia



Ryc. 10. Analiza układu spoczynkowego jamy ustnej (♀ BJ, 1. doba życia)

Źródło: badania własne.

(c1) 3, c2) 19 i c3) 27 sekunda). Na fotografiach widoczna jest całkowita stabilizacja układu, bez widocznego wysuwania języka w kierunku dolnej wargi (jak twierdził Proffit 2007), nawet w sytuacji uruchomienia mięśni mimicznych.

Badanie pozycji spoczynkowej języka w układzie spoczynkowym jamy ustnej (zob. ryc. 11a) przez powolne odwodzenie żuchwy uwidacznia ułożenie czubka języka w szczelinie międzyszczękowej z masą mięśnia ustawioną w rejonie przypodniebiennym (por. ryc. 11b1, b2). W ostatniej fazie manewru, przy całkowitym odwiedzeniu żuchwy, język nadal stabilizowany jest w rejonie podniebienia (zob. ryc. 11c). Siła podciśnienia utrzymująca język w pionizacji jest znacząca, mimo 8-sekundowego trwania uchylania jamy



Ryc. 11. Analiza pokłatkowa badania pozycji spoczynkowej języka (♀ BJ 1. doba życia)

Źródło: opracowanie własne.

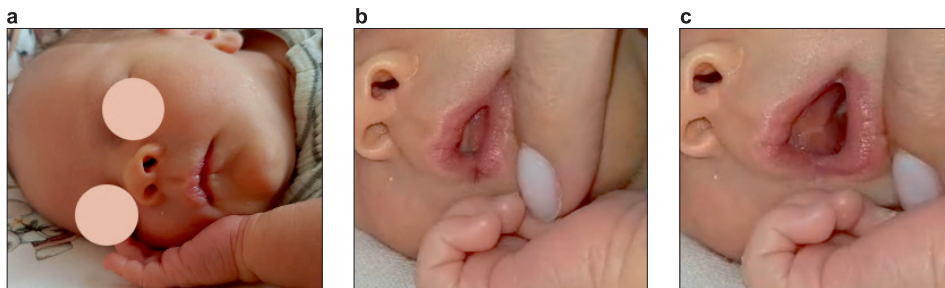
ustnej język nie ulega repozycji. Po zniesieniu siły odwodzącej żuchwę jama ustna automatycznie zostaje doszczelniona poprzez przywiedzenie żuchwy i domknięcie na poziomie mięśnia okrężnego ust (zob. ryc. 11d).

Kolejne przykłady potwierdzają pionizacyjny charakter funkcjonowania języka w spoczynku u zdrowych niemowląt. Poniżej przedstawiono analizę poklatkową badania dziewczynki (♀BD 1. tydzień życia) z normatywnie zamkniętą jamą ustną w spoczynku (zob. ryc. 12a). Manewr otwierający żuchwę (ryc. 12b1) uwidacznia język z apeksem ustawionym w rejonie szpary owalnej. Język uszczelnia układ trzewny przez wypełnienie otworu między szczękami, co widoczne jest podczas odwodzenia wargi górnej (zob. ryc. 12b). Kontynuacja manewru odchylania żuchwy pozwala zaobserwować wyraźną stabilizację języka w rejonie przypodniebiennym (zob. ryc. 12c). Język utrzymywany jest w tej pozycji automatycznie i bezwysiłkowo dzięki siłom biomechanicznym opisanym w paragrafie 3.1. Widoczna jest pełna wertykalizacja masy języka aż do rejonu postdorsalnego z aktywacją koronalnej części języka ułożonej w rejonie górnej szczęki. Utrzymanie przyssania języka do podniebienia, mimo sił otwierających układ, dowodzi wielkiego znaczenia ujemnego ciśnienia w przestrzeni Dondersa dla bezwysiłkowego, automatycznego zamykania jamy ustnej.

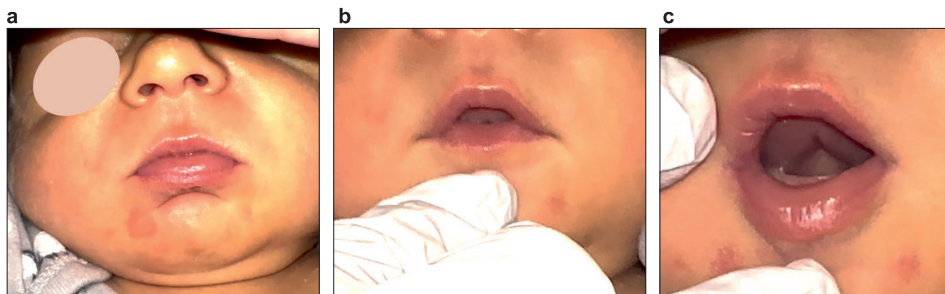


Ryc. 12. Analiza poklatkowa badania pozycji spoczynkowej języka (♀ DB, 1. tydzień życia)
Źródło: opracowanie własne.

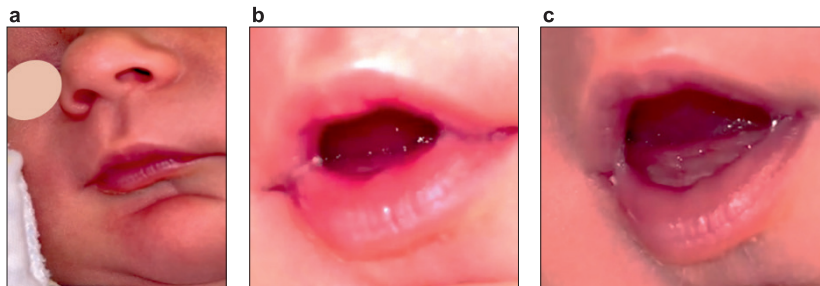
Analiza badania pozycji spoczynkowej u kolejnych trzech niemowląt w 1. tygodniu życia (por. ryc. 13.1., 13.2, 13.3) potwierdza spoczynkowy mechanizm funkcjonalny z domkniętą jamą ustną (a) i przypodniebienną pozycją języka w dwu ujęciach: początkowej (b) i końcowej fazie manewru uchylania żuchwy (c).



Ryc. 13.1. (♀ MW, 1. tydzień życia)



Ryc. 13.2. (♂ KDA 1. tydzień życia)



Ryc. 13.3. (♂ DL 1. tydzień życia)

Ryc. 13.1, 13.2, 13.3. Analiza pokłatkowa badania pozycji spoczynkowej języka u niemowląt

Źródło: opracowanie własne.

5.2. Pozycja spoczynkowa języka u niemowląt z zaburzeniami funkcji prymarnych

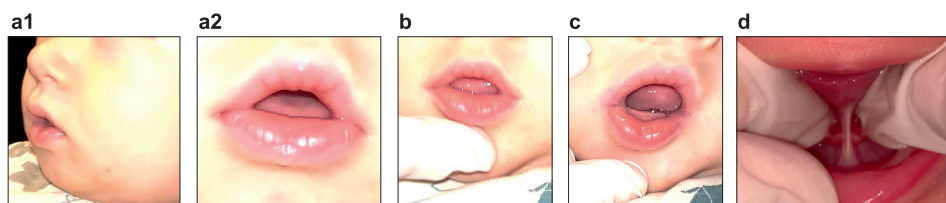
Zaburzenia pozycji spoczynkowej układu stomatognatycznego u niemowląt mają wiele przyczyn. W niniejszym artykule zwrócimy uwagę na możliwość klasyfikacji tych nieprawidłowości ze względu na pozycję apeksu. Analiza opierać się będzie na klasyfikacji zaburzeń pozycji spoczynkowej układu stomatognatycznego zaproponowanej przez A. Borowiec (2018). Autorka

różnicuje zaburzenia tej funkcji według położenia apeksu w relacji do układu szczękowego, wyodrębniając ich trzy typy: z odkładaniem czubka języka w rejonie żuchwy (grupa I), z ustawieniem międzyszczękowym języka (grupa II) i próbą pionizacji z przesunięciem masy w rejon szczęki (grupa III).

5.2.1. Zaburzona pozycja spoczynkowa układu stomatognatycznego z odkładaniem czubka języka w rejonie żuchwy (grupa I)

W niniejszym podrozdziale zostaną przedstawione trzy przypadki zaburzeń funkcjonalnych w rejonie stomatognatycznym u niemowląt z nie-normatywną pozycją spoczynkową (grupa I) o różnej etiologii: z powodu (i) ankyloglosji, (ii) ankyloglosji i zaburzeń napięcia mięśniowego oraz (iii) zaburzeń pracy stawów skroniowo-żuchwowych.

W pierwszym z analizowanych przypadków całkowity brak pionizacji języka, polegający na odkładaniu masy mięśnia w rejonie dna jamy ustnej, z ustawieniem apeksu w pobliżu żuchwy, wynika z ankyloglosji. Zalegająca masa mięśnia może powodować otwieranie jamy ustnej (zob. ryc. 14a1, a2).



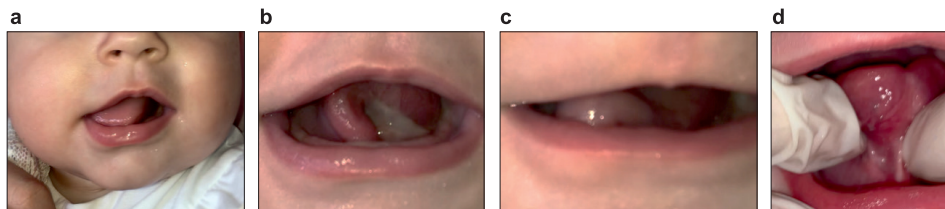
Ryc. 14. Analiza pokłatkowa badania pozycji spoczynkowej języka (♂ RR, 5. miesiąc życia) w przypadku zaburzenia funkcji (grupa I)

Źródło: opracowanie własne.

W badaniu pozycji spoczynkowej, w pierwszej fazie manewru obserwowany jest opór żuchwy i napięcie języka z wywołaniem wsuwania języka pomiędzy szczęki (zob. ryc. 14b). Kontynuowanie badania wpływa na wzmocnienie napięcia w rejonie podstawy języka i apikalny ruch predorsum (zob. ryc. 14c). Badanie manualne języka (zob. ryc. 14d) pokazuje znaczące ograniczenie jego mobilności, wywołane przyrośnięciem trzonu do dna jamy ustnej. Opisuując precyzyjnie stan anatomiczny języka, możemy przyjąć, że na wstępnym etapie jego rozwoju i procesu oddzielenia od dna jamy ustnej nie zaistniała apoptoza struktur ektodermalnych łączących te dwa obszary. Zaburzenie tego rodzaju nosi nazwę ankyloglosji, określane jest również jako skrócenie wędzidełka języka.

U pacjentów z zaburzeniami funkcjonalnymi z niską pozycją języka (grupa I) możemy obserwować nakładanie się innych cech funkcjonalnych,

konstruujących konkretne wzorce biomechaniczne w pracy układu. U badanej 5-miesięcznej dziewczynki obserwowana jest otwarta jama ustna w sytuacji spoczynkowej, z językiem odłożonym w dnie jamy ustnej, z tendencją do stałej, prawostronnej repozycji (zob. ryc. 15a, b, c). W badaniu manualnym (zob. Ryc. 15d) widoczne jest znaczące skrócenie struktur podstawnych języka (ankyloglosja) z nałożeniem cech asymetrii mięśni układu stomatognatycznego.

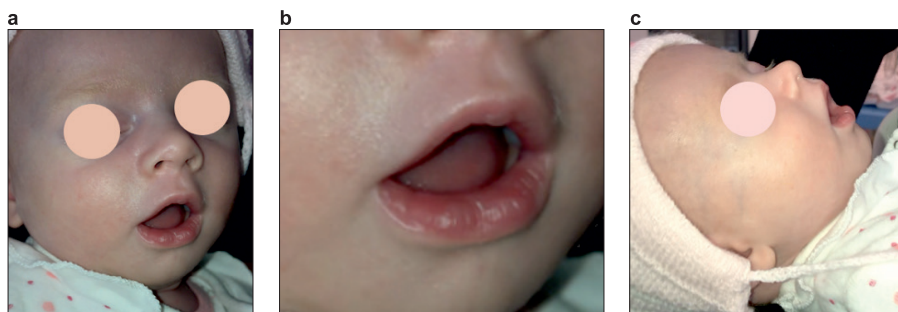


Ryc. 15. Analiza pokłatkowa badania pozycji spoczynkowej języka (♀ BM, 5. miesiąc życia) w przypadku zaburzenia funkcji (grupa I)

Źródło: opracowanie własne.

Inną przyczyną powodującą zaburzenie funkcji spoczynkowej mogą być zaburzenia strukturalne w budowie twarzoczaszki, w rejonie stawów skroniowo-żuchwowych. U niemowlęcia w 8. tygodniu życia obserwowane były problemy z karmieniem, z powodu braku „uruchomienia funkcji ssania”. Podczas badania sprawności układu stomatognatycznego zdiagnozowano brak ruchu przywodzenia żuchwy. W sytuacji permanentnego otwarcia jamy ustnej (zob. ryc. 16a, c) język zalegać będzie na jej dnie (zob. ryc. 16b). Funkcja ssania nie mogła zostać uruchomiona z powodu braku możliwości domknięcia układu oralnego.

Ze względu na ścisłe powiązanie normy funkcjonalnej w spoczynku z torowaniem powietrza drogą nosową, w przypadku problemów z drożno-



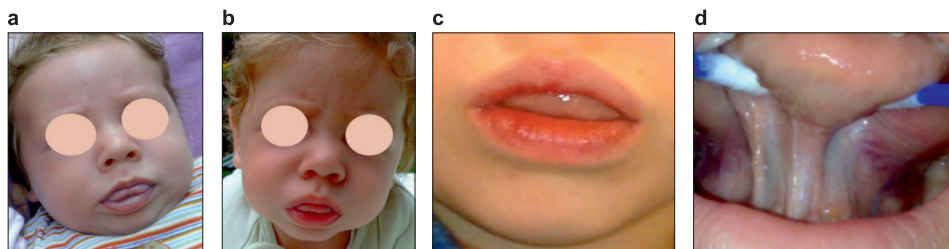
Ryc. 16. Zaburzona pozycja spoczynkowa układu orofacialnego (♀ DH, 8. tydzień życia) z permanentnie otwartą jamą ustną (grupa I)

Źródło: opracowanie własne.

ścią nosa (np. z powodu przerostu migdała gardłowego) może występować konieczność udrożnienia toru oddechowego poprzez celowe otwieranie toru ustnego dla poboru powietrza. W ten sposób może zostać wywołana kompensacyjna pozycja spoczynkowa układu stomatognatycznego.

5.2.2. Zaburzona pozycja spoczynkowa układu stomatognatycznego z międzyszczękowym ustawieniem języka (grupa II)

Kolejna grupa zaburzeń pozycji spoczynkowej charakteryzuje się ułożeniem języka pomiędzy szczękami. Poniżej zamieszczono zdjęcia dwumiesięcznego niemowlęcia z archiwum rodzinnego (por. ryc. 17a, b), u którego wieloletnia terapia logopedyczna nie przyniosła zmiany w ustawieniu języka wysuwającego się z jamy ustnej, z unoszonym apeksem, zawijającym język w kierunku



Ryc. 17. Zaburzona pozycja spoczynkowa układu stomatognatycznego (♂ BJ, a), b), c) – 2. miesiąc życia i d) 8. rok życia) z językiem ułożonym między szczękami (grupa II)

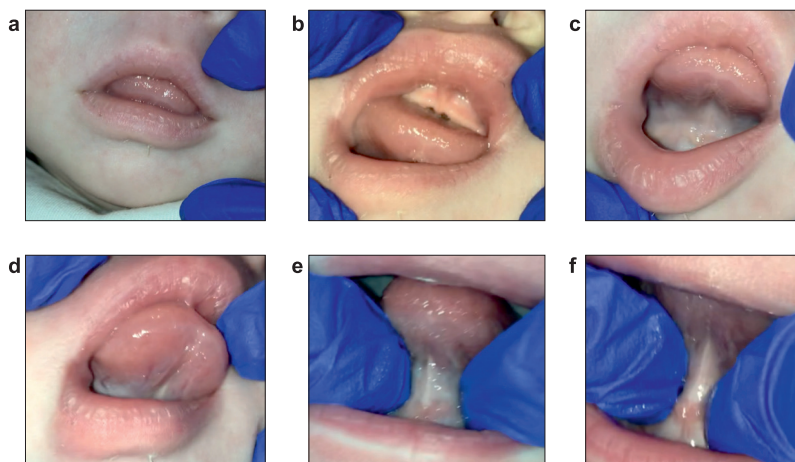
Źródło: opracowanie własne.

węzidełka wargi górnej. Międzyszczękowo widoczna jest część brzuszna języka (zob. ryc. 17c). Diagnoza funkcjonalna w wieku 8 lat z badaniem struktur podstawnych języka wykazała ankyloglosję w stopniu znacznym z wielowłóknistym i szeroko rozbudowanym węzidełkiem języka (zob. ryc. 17d). Budowa języka wpłynęła na sposób jego pracy i zdeterminowała mechanizmy funkcjonalne w obszarze oralnym.

5.2.3. Zaburzona pozycja spoczynkowa układu stomatognatycznego z przesunięciem masy języka w rejon szczęki (grupa III)

Proces pionizacji języka jest tak silnym mechanizmem biologicznym, że będzie zachodzić nawet w sytuacji pewnych ograniczeń. W przebiegu funkcji pojawiają się wówczas charakterystyczne mechanizmy kompensacyjne. Opisany problem zaobserwowano u pacjenta w 6. tygodniu życia,

zgłoszonego na diagnozę funkcjonalną z powodu niewydolnego ssania (♂ DA, 6. tydzień życia). W badaniu logopedycznym stwierdzono, że pozycja spoczynkowa układu tworzona jest z uchyleniem jamy ustnej (zob. ryc. 18a) i doprzednią repozycją masy języka (zob. ryc. 18b). Układ ten w klasyfikacji zaburzeń pozycji spoczynkowej języka opisywany jest jako grupa III (Borowiec 2018). W trakcie manewru otwierania żuchwy widoczne jest zasysanie języka do podniebienia, ale z wysunięciem nadmiernie rozbudowanej części predorsalnej i uniesieniem dna jamy ustnej (zob. ryc. 18c). Kontynuacja manewru otwierania żuchwy pokazuje tendencję do apikalnego ustawienia języka z brakiem ruchu u podstawy (zob. ryc. 18d), co wskazuje na brak wydolności wędzidelka języka. W badaniu manualnym podstawy języka uwidaczniają się bielejące, nieelastyczne struktury wędzidelka (zob. ryc. 18e, f). Ograniczenie ruchomości języka wpływa na jego przebudowę i kompensacyjne ustawienie.



Ryc. 18. Zaburzona pozycja spoczynkowa układu orofacialnego (♂ DA, 6. tydzień życia) z pozycją języka ustawionego w rejonie szczęki (grupa III)

Źródło: opracowanie własne.

6. Podsumowanie

Wyniki badań dotyczących oceny funkcji spoczynkowej w rejonie stomatognatycznym zrealizowanych w grupie niemowląt potwierdziły funkcjonowanie automatycznego, bezwysiłkowego mechanizmu utrzymującego jamę ustną w zamknięciu. Kluczowym mięśniem w przeprowadzeniu tej funkcji jest język, który dzięki pionizacji tworzy w rejonie podniebienia podciśnienie (przestrzeń Dondersa), wspierające stabilność systemu. Biologiczna funkcja spoczynkowa odpowiedzialna za kontrolę rejonu trzewnego twarzoczaszki

jest funkcją prymarną, z którą człowiek się rodzi i która nie musi dojrzewać. Na bazie tej funkcji rozwijają się kolejne, takie jak połykanie, ssanie, a także funkcja wyższa – mowa. Dlatego też wczesna ocena sprawności czynnościowej rejonu oralnego daje możliwość profilaktyki w karmieniu, rozwoju narządu żucia oraz rozwoju artykulacji. Prawidłowe ułożenie wszystkich części języka z apeksem ustawianym w rejonie górnego dziąsła, z możliwym lekkim przesunięciem apeksu w szparę owalną, stabilizacją bocznych partii języka w rejonie podniebienia, ze zwarciem tylnym (pogłębione informacje na podstawie badań instrumentalnych: Lorenc, Borowiec 2024) stanowi wzorzec biomechaniczny w omawianej funkcji w okresie niemowlęcym. Rozumienie normy i jej prawidłowy opis jest kluczem do rozumienia i diagnozowania zaburzeń. Programy motoryczne, w których język zajmuje odmienną pozycję (często rozszczelniając jamę ustną), wskazują na kompensację funkcjonalną. Rozumiejąc złożoność procesów stabilizujących układ spoczynkowy nie można oceniać go w sposób fragmentaryczny, cząstkowy (aby np. ocena wędzidelka języka była miarodajna, diagnoza powinna uwzględniać wszystkie aspekty omawianych mechanizmów funkcjonalnych).

Literatura

- Avery J.K., Chiego D.J. (2006): *Essentials of Oral Histology and Embryology: A Clinical Approach*. St. Louis.
- Bartel H. (2012): *Embriologia*. Wyd. V. Warszawa.
- Bielawska-Victorini H., Doniec-Zawidzka I., Rucińska-Grygiel B., Wędrychowska-Szulc B. (2008): *Rozwój i wzrost twarzy*. [W:] *Zarys współczesnej ortodoncji*. Red. I. Karłowska. Warszawa, s. 18–58.
- Borowiec A. (2018): *Kinestetyczne mechanizmy wytwarzania mowy. Zależności czynnościowo-morfologiczne*. [Niepublikowana rozprawa doktorska. Materiały Wydziału Polonistyki Uniwersytetu Warszawskiego].
- Donders F.C. (1875): *Under den Mechanismus des Saugens*. „Pflügers Archiv” 10, s. 91–94.
- 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.
- Gołąb B. (1998): *Anatomia czynnościowa obwodowego układu nerwowego*. Lublin.
- Hazelbaker A.K. (2010): *Tongue-Tie, Morphogenesis, Impact, Assessment and Treatment*. Ohio.
- 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.
- Kantaputra P.N., Paramee M., Kaewkhampa A., Hoshino A., Lees M., McEntagart M., Masrour N., Moore G.E., Pauws E., Stanier P. (2011): *Cleft lip with cleft palate, ankyloglossia, and hypodontia are associated with TBX22 mutations*. „Journal of Dental Research” 90(4), s. 450–455.
- Kier W.M., Smith K.K. (1985): *Tongues, tentacles and trunks: the biomechanics of movement in muscular-hydrostats*. „Zoological Journal of the Linnean Society”. Vol. 83, Issue 4, s. 307–324.
- Knychalska-Karwan Z. (2000): *Język – fizjologia i patologia*. Kraków.

- Kornas-Biela D. (1998): *Prenatalne uwarunkowania rozwoju mowy*. [W:] *Opieka logopedyczna od poczęcia*. Red. B. Rocławski. Gdańsk, s. 13–23.
- Kornas-Biela D. (2002): *Okres prenatalny*. [W:] *Psychologia rozwoju człowieka. Charakterystyka okresów rozwoju człowieka*. T. 2. Red. B. Harwas-Napierała, M. Przetacznik-Gierowska, J. Trempała. Warszawa, s. 17–46.
- Lorenc A., Borowiec A. (2024): *Normatywna pozycja spoczynkowa języka. Badania wstępne z wykorzystaniem systemu EMA i techniki CBCT*. „Prace Językoznawcze” XXVI/4, s. 69–92.
- Łabiszewska-Jaruzelska F. (1981): *Czynność narządu żucia i jej rozwój*. [W:] *Zarys ortopedii szczękowej – ortodoncji*. Red. A. Masztalerz. Warszawa.
- Łasiński W. (1974): *Anatomia głowy dla stomatologów*. Warszawa.
- Masztalerz A. (red.) (1981): *Zarys ortopedii szczękowej – ortodoncji*. Warszawa.
- Mackiewicz B. (1998): *Znaczenie pionizacji końca języka dla poprawnej artykulacji głosek*. [W:] *Opieka logopedyczna od poczęcia*. Red. B. Rocławski. Gdańsk.
- Miller J.L., Sonies B.C., Macedonia C. (2003): *Emergence of oropharyngeal, laryngeal and swallowing activity in the developing fetal upper aerodigestive tract: an ultrasound evaluation*. „Early Human Development” 71, s. 61–87.
- Mills N., Geddes D.T., Amirapu S., Mirjalili S.A. (2020): *Understanding the Lingual Frenulum: Histological Structure, Tissue Composition, and Implications for Tongue Tie Surgery*. „International Journal of Otolaryngology” 28, 12 ss.
- Moss M.L., Rankow R.M. (1968): *The role of the Functional Matrix in Mandibular Growth*. „Angle Orthodontics” 38(2), s. 95–103.
- Nazar K. (2004): *Wysilek fizyczny i adaptacja do środowiska naturalnego*. [W:] *Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej*. Red. W.Z. Traczyk, A. Trzebski. Warszawa, s. 890–914.
- Niechaj A. (2004): *Fizjologia receptorów*. [W:] *Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej*. Red. W.Z. Traczyk, A. Trzebski. Warszawa 2004, s. 93–99.
- Ostapiuk B. (2013): *Dyslalia ankyloglosyjna. O krótkim wędzidełku języka, wadliwej wymowie i skuteczności terapii*. Szczecin.
- Pisulska-Otremba A. (1995): *Rozwój narządu żucia*. [W:] *Ortopedia szczękowa. Zasady i praktyka*. Red. F. Łabiszewska-Jaruzelska. Warszawa, s. 13–45.
- Proffit W.R. (1978): *Equilibrium theory revisited: factors influencing position of the teeth*. „The Angle Orthodontist” 48, s. 175–186.
- Proffit W.R. (2007): *Wczesne etapy rozwoju*. [W:] *Ortodoncja współczesna*. T. 1. Red. W.R. Proffit, H. Fields, D. Sarver, A. Komorowska. Wrocław, s. 71–104.
- Reicher M., Łasiński W. (2008): *Jama ustna i gruczoły ślinowe*. Podrozdział: *Język*. [W:] *Anatomia człowieka*. T. 2. Red. A. Bochenek. Warszawa, s. 93–111.
- Rakosi T., Jonas I., Graber T.M. (1993): *Orthodontic – Diagnosis*. Stuttgart–New York.
- Ronin-Walknowska E., Samborska M., Płonka T. (2006): *Nieprawidłowości języka u płodu i noworodka*. „Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie”. T. 52, supl. 3, s. 8–11.
- Rzadzka M. (2020): *Odruchy oralne u noworodków i niemowląt. Diagnostyka i stymulacja*. Kraków.
- Sanders I., Mu L. (2013): *A tree dementional atlas of human tongue muscles*. „Anat Rec” (Hoboken) 296(7), s. 1102–1114.
- Simons D.G., Mense S. (1997): *Understanding and measurement of muscle tone as related to clinical muscle pain*. „Pain” 75(1), s. 1–17.
- Stecko E. (1998): *Czynności przygotowujące niemowlęcy narząd artykulacyjny do podjęcia funkcji mowy*. [W:] *Opieka logopedyczna od poczęcia*. Red. B. Rocławski. Gdańsk, s. 58–67.
- Śmiech-Słomkowska G., Rytłowa W. (1993): *Wybrane zagadnienia z profilaktyki i wczesnego leczenia ortodontycznego*. Warszawa.
- Trzebski A. (2004): *Regulacja czynności fizjologicznych*. [W:] *Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej*. Red. W.Z. Traczyk, A. Trzebski. Warszawa, s. 1–29.