

Algorytm wczesnej diagnostyki wysokiego ryzyka wystąpienia wad wymowy u dzieci

Algorithm for early detection of a high risk of speech sound disorders in children

Justyna Grudziąż-Sękowska¹ **A B C D E F**
 Dorota Olczak-Kowalczyk² **A E F**
 Małgorzata Zadurska³ **E F**

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

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

¹Zakład Epidemiologii i Promocji Zdrowia, Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego
Department of Epidemiology and Health Promotion, Centre for Postgraduate Medical Studies, Warsaw, Poland

²Zakład Stomatologii Dziecięcej, Warszawski Uniwersytet Medyczny
Department of Paediatric Dentistry, Warsaw Medical University, Warsaw, Poland

³Zakład Ortodontji, Warszawski Uniwersytet Medyczny
Department of Orthodontics, Warsaw Medical University, Warsaw, Poland

Streszczenie

Nieprawidłowości anatomiczne i czynnościowe narządu żucia często współwystępują z wadami wymowy. Profilaktyka logopedyczna, podobnie jak i profilaktyka zaburzeń wszystkich elementów narządu żucia, skupia się na kontroli prawidłowego rozwoju anatomii i czynności charakterystycznych dla danego okresu rozwojowego. Wczesna interwencja terapeutyczna daje lepsze rezultaty. **Cel.** Celem badania było stworzenie prostego narzędzia dla lekarzy dentyków umożliwiającego wczesną ocenę wystąpienia wad artykulacji na podstawie kilku wybranych parametrów anatomicznych lub czynnościowych. **Materiał i metody.** Grupę 300 dzieci w wieku 7–10 lat poddano

Abstract

Anatomical defects and functional disorders of the masticatory system are often accompanied by speech sound disorders. Speech therapy prophylaxis, as well as prevention of disorders of all parts of the masticatory system, is focused on monitoring of the proper development of anatomy and functions typical of a given developmental period. An early therapeutic intervention is associated with better results. **Aim.** This study aimed to create a simple tool for dentists to assess the risk of articulation disorders using several preselected physical and functional characteristics. **Materials and methods.** Three hundred children aged 7-10 years had a dental and speech examination performed. Using the CHAID

¹ Dr n. med., specjalista zdrowia publicznego, logopeda / *DDS, PhD, specialist in public health, speech therapist*

² Prof. dr hab. n. med., specjalista stomatologii dziecięcej, kierownik Zakładu Pedodontji / *DDS, PhD, Professor, specialist in paediatric dentistry, Head of Department of Pediatric Dentistry*

³ Prof. dr hab. n. med., specjalista stomatologii dziecięcej i ortodontji, kierownik Zakładu Ortodontji / *DDS, PhD, Professor, specialist in paediatric dentistry and orthodontics, Head of Department of Orthodontics*

Dane do korespondencji / *Correspondence address:*

Justyna Grudziąż
 Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego
 ul. Kleczewska 61/63
 01-826 Warszawa

badaniu stomatologicznemu i logopedycznemu. Analiza współwystępowania stwierdzonych nieprawidłowości narządu żucia i wad wymowy, przeprowadzona przy wykorzystaniu algorytmu CHAID, umożliwiła stworzenie drzewa decyzyjnego określającego prawdopodobieństwo wystąpienia zaburzeń wymowy. **Wyniki.** Stwierdzono występowanie wielu zależności między poszczególnymi nieprawidłowościami anatomicznymi lub czynnościowymi a wadami wymowy oraz dokonano pomiaru jego siły. Czynnikiem wysokiego ryzyka wystąpienia wad wymowy u dzieci okazały się być przodozgrzyzy, tyłozgrzyzy, zgryzy otwarte, a także krótkie wędzidełko języka, przetrwały niemowlęcy typ połykania, oddychanie przez usta oraz przedwczesna utrata zębów mlecznych. **Wnioski.** Opracowany algorytm stanowi proste narzędzie diagnostyczne dla lekarzy stomatologów. Jego wykorzystanie umożliwia wczesne stwierdzenie ryzyka wystąpienia wad wymowy. Dzieci z wybranymi zaburzeniami zgryzu powinny być poddawane profilaktyce logopedycznej oraz kierowane na konsultacje logopedyczne. Wczesne stwierdzenie nieprawidłowości pozwoli uniknąć nie tylko nasilenia i utrwalenia wady wymowy, ale również określonych patologii jamy ustnej. **(Grudziąż-Sękowska J, Olczak-Kowalczyk D, Zadurska M. Algorytm wczesnej diagnostyki wysokiego ryzyka wystąpienia wad wymowy u dzieci. Forum Ortod 2018; 14: 119-29).**

Nadesłano: 20.03.2018

Przyjęto do druku: 21.06.2018

Słowa kluczowe: wada zgryzu, wada wymowy, opieka pedodontyczna, profilaktyka

Wstęp

Za rozwój wad wymowy są bezpośrednio odpowiedzialne defekty anatomiczne (budowa języka, wędzidełka języka, podniebienia, stan uzębienia i zgryzu); zaburzenia czynnościowe (oddychanie przez usta, przetrwały niemowlęcy typ połykania, niesprawne podniebienie miękkie); parafunkcje zwarciowe (zgrzytanie) i niezwarciowe (przetrwałe nawyki ssania np. palca, języka, przygryzanie ołówka, warg, obgryzanie paznokci). Podobnie etiologia wad wymowy jest wspólna z etiologią wielu zaburzeń stomatologicznych (1, 2).

Profilaktyka logopedyczna, podobnie jak i profilaktyka ortodontyczna, skupia się na kontroli prawidłowego rozwoju anatomii i czynności charakterystycznych dla danego okresu rozwojowego. Dzięki temu specjalista jest w stanie kontrolować bardzo wczesne czynności układu stomatognatycznego, takie jak ssanie, połykanie, żucie i oddziaływać na nie przez mioterapię bierną. Taka terapia zapobiega nie tylko wadom wymowy, ale także wielu patologiom.

algorithm upon assessing the disorders of the masticatory system and coexisting speech sound disorders, it was possible to create a decision tree to determine the probability of two disorders occurring at the same time. **Results.** It was observed that there were many correlations between individual anatomical or functional disorders and presence of speech sound disorders. The strength of those correlations was measured. Mesioclusions, distoclusions, open bites, short lingual frenulum, persistent infantile swallow pattern, mouth breathing, and premature loss of deciduous teeth were all determined to increase the risk of speech sound disorders in children. **Conclusions.** This algorithm is a simple diagnostic tool for dentists. It enables early detection of a high risk of speech sound disorders. Children with particular malocclusions should undergo speech therapy prophylaxis and be referred to consultations with a speech therapist. Early detection of such abnormalities will allow to avoid not only the intensification and consolidation of speech defects, but also certain pathologies of the oral cavity. **(Grudziąż-Sękowska J, Olczak-Kowalczyk D, Zadurska M. Algorithm for early detection of a high risk of speech sound disorders in children. Orthod Forum 2018; 14: 119-29).**

Received: 20.03.2018

Accepted: 21.06.2018

Key words: malocclusions, speech sound disorders, dental care in children, prophylaxis

Introduction

Anatomical defects (anatomy of the tongue, lingual frenulum, palate, teeth or occlusion), functional disorders (mouth breathing, persistent infantile swallow pattern, impaired soft palate), and occlusal (grinding) and non-occlusal (persistent sucking on thumb or tongue, biting on pencil, lips, or nails) parafunctional habits are directly responsible for speech sound disorders. Moreover, numerous dental disorders have a similar aetiology as speech sound disorders (1, 2).

Speech therapy prevention, similarly to orthodontic prevention, is focused on controlling proper physical and functional development that is typical for a given age. As a result, a specialist can control and affect, through passive myotherapy, early activities of the stomatognathic system, such as sucking, swallowing, and chewing. Such a therapy prevents not only from speech sound disorders, but also from numerous abnormalities.

There is no classification of anatomical defects and functional disorders of the masticatory system as they differ from a person to person. Only thorough knowledge of the physical and functional properties of the masticatory system at a given age, and clinical experience, forming

Algorithm for early detection of a high risk of speech sound disorders in children

Ze względu na szeroki zakres normy biologicznej klasyfikacja zaburzeń anatomiczno-czynnościowych narządu żucia nie istnieje. Znajomość normy biologicznej charakterystycznej dla danego okresu rozwojowego w aspekcie anatomicznym i czynnościowym oraz doświadczenie kliniczne mogą być podstawą do kwalifikowania określonych cech jako nieprawidłowe.

W piśmiennictwie (3) jako nieprawidłowości anatomiczno-czynnościowe wskazywane są dwie zasadnicze grupy zaburzeń – anatomiczne i czynnościowe. Do pierwszej należą: krótkie wędzidełko języka, krótkie wędzidełko wargi górnej, powiększone migdałki podniebienne, przerośnięty migdałek gardłowy, podniebienie gotyckie, przedwczesna utrata zębów mlecznych i nieprawidłowe warunki zgrzyzowe. Do zaburzeń czynnościowych zalicza się takie dysfunkcje, jak oddychanie przez usta, przetrwały niemowlęcy typ polykania i leniwe żucie. A także parafunkcje, wśród których wyróżnia się parafunkcje zwarciowe: zaciskanie zębów i zgrzytanie zębami oraz parafunkcje niezwarciowe: ssanie smoczka powyżej 2 r.ż., przedłużone karmienie butelką powyżej 18 m.ż., ssanie parafunkcyjne, żucie gumy, obgryzanie paznokci, przygryzanie błon śluzowych policzków i warg.

Z przeglądu piśmiennictwa wynika, że nie przeprowadzono badań poświęconych jakości wymowy u osób z różnorodnymi patologiami jamy ustnej, które obejmowałyby szerokie spektrum nieprawidłowości oraz szeregowałyby je według siły związku różnych patologii narządu żucia z występowaniem wad wymowy. Podejmowane badania miały różne cele. Stosowano w nich również odmienne metody badawcze. Z tego względu ich wyniki nie są porównywalne (3).

Dokładne poznanie i wyjaśnienie przyczyn zaburzeń wymowy dało podstawy do opracowania narzędzia szacującego ryzyko wystąpienia wad wymowy i umożliwiającego usprawnianie kompetencji językowych i komunikacyjnych. Prowadzona na odpowiednio wczesnym etapie wzrostu i rozwoju ocena występowania odchylenia od normy biologicznej, na którą składa się norma morfologiczna i czynnościowa charakterystyczna dla odpowiedniego etapu rozwoju (4), pozwoli na zapobieganie morfologiczno-czynnościowym zaburzeniom narządu żucia prowadzącym do chorób zębów i przyzębia.

Wyodrębnienie czynników wskazujących na wysokie ryzyko wystąpienia wad wymowy opiera się na następującej hipotezie: współwystępowanie określonych zaburzeń anatomiczno-czynnościowych z wadami wymowy sugeruje istnienie czynników ryzyka, których obecność (pojedynczo lub w grupie) wskazuje na konieczność wdrożenia profilaktyki logopedycznej przed zakończeniem rozwoju mowy w celu zminimalizowania ryzyka wystąpienia wad wymowy i schorzeń stomatologicznych.

Cel

Celem badania było stworzenie prostego narzędzia dla lekarzy dentyków, umożliwiającego ocenę ryzyka wystąpienia wad artykulacji na podstawie kilku wybranych parametrów

together a biological norm, may be used to qualify certain characteristics as abnormal.

According to literature (3), there are two major groups of disorders – anatomical defects, and functional disorders. The first group encompasses: short lingual frenulum, short maxillary labial frenulum, hypertrophy of palatine tonsils, overgrown pharyngeal tonsil, gothic palate, premature loss of deciduous teeth, and malocclusions. The latter group consists of dysfunctions such as mouth breathing, persistent infantile swallow pattern and lazy chewing. It also includes parafunctional habits, namely occlusal parafunctions - jaw clenching and teeth grinding, and non-occlusal parafunctions - pacifier use in toddlers aged 2 years and older, prolonged bottle-feeding in toddlers aged 18 months and older, parafunctional sucking, gum chewing, nail biting, biting on buccal or labial mucosa.

Based on the literature review it can be concluded that there were no studies on speech quality in patients with various abnormalities of the oral cavity that would include numerous disorders and rank them according to their correlations with speech sound disorders. These studies had different objectives and used various techniques, therefore their results are not comparable (3).

As causes of speech sound disorders were thoroughly studied and explained, it was possible to prepare a tool to assess the risk of speech sound disorders and to improve linguistic proficiency and overall communication. An adequate early assessment of biological characteristics, including morphology and functioning suitable for a given age (4), enables to prevent anatomical defects and functional disorders of the masticatory system leading to dental and periodontal diseases.

The selection of factors indicating a high risk of speech sound disorders was based on the following hypothesis: the coexistence of certain anatomical defects and functional disorders with speech sound disorders suggested there were risk factors (prevailing alone or in groups) indicating the need to implement speech therapy prevention before completion of speech development in order to minimise the risk of speech sound and dental disorders.

Aim

The study was aimed to create a simple tool for dentists to assess the risk of articulation disorders based on a few selected functional and physical characteristics. The tool could help assess needs associated with prevention and speech therapy treatment for dentists, and improve cooperation with a speech therapist.

Material and methods

Findings of dental and logopaedic examinations from a group of 300 children aged 7-10 years (mean age ± 8.53 years)

czynnościowych i anatomicznych. To narzędzie mogłoby ułatwić lekarzom dentystom określenie potrzeb w zakresie profilaktyki i leczenia logopedycznego oraz usprawnić współpracę z logopedą.

Material i metody

Materiał do badań stanowiły wyniki badania stomatologicznego i logopedycznego przeprowadzonego w grupie 300 dzieci w wieku 7–10 lat (średnia wieku $\pm 8,53$ lat). Kryteriami wzięcia udziału w badaniu były odpowiedni wiek dziecka oraz zgoda jego rodziców lub opiekunów prawnych. Badania przeprowadzał lekarz dentysta posiadający wykształcenie logopedyczne, w konsultacji ze specjalistą ze stomatologii dziecięcej i ortodontji. Karta badania składała się z kwestionariusza badania anatomii, czynności i wymowy. W badaniu stomatologicznym oceniano występowanie odchyłań od normy biologicznej. W ocenie dysfunkcji wymowy karta badania została stworzona na podstawie obrazkowego kwestionariusza badania mowy Grażyny Billewicz i Brygidy Ziolo (5). Obejmowała ona wszystkie grupy spółgłosek i samogłoski występujące w języku polskim w trzech pozycjach wyrazowych: nagłosie, śródgłosie i wygłosie.

Zaburzenia artykulacji fonemów języka polskiego występowały u 161 dzieci, w tym u 78 dziewcząt i 83 chłopców – grupa ta stanowiła grupę badaną. Dzieci, u których nie stwierdzono występowania wad wymowy stanowiły grupę kontrolną liczącą 131 osób.

Wyniki poddano analizie statystycznej określającej zależność między poszczególnymi nieprawidłowościami anatomicznymi lub czynnościowymi a wadami wymowy. W przypadku ustalenia występowania takiego związku dokonano również pomiaru jego siły. W tym celu wykorzystano:

1. test zgodności chi-kwadrat (inaczej zwany testem Pearsona) służący do porównania ze sobą zaobserwowanego rozkładu poszczególnych zmiennych (występowania zaobserwowanych czynników) z ich występowaniem teoretycznym;
2. współczynnik V-Cramera, który wyraża siłę związku między analizowanymi zmiennymi wyrażonymi na skali nominalnej.

Przyjęto współczynnik istotności statystycznej $p < 0,005$, co oznaczało mniej niż 0,5-procentowe prawdopodobieństwo przypadkowego charakteru uzyskanego wyniku (6). W analizie siły związku czynników ryzyka z występowaniem wad wymowy wartości współczynnika V-Cramera poniżej 0,2 określono jako zależności umiarkowane (ale istotne), powyżej 0,3 – jako silne, a powyżej 0,5 – jako bardzo silne.

Hierarchia czynników wskazujących na duże ryzyko wystąpienia wad wymowy została określona z wykorzystaniem algorytmu CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detector) – metody automatycznej detekcji interakcji za pomocą statystyki chi-kwadrat. Wynikiem

were used in this study. Inclusion criteria for the study were the appropriate child's age and the consent of their parents or legal guardians. The examinations were carried out by a dentist with speech therapy background, together with a specialist in paediatric dentistry and orthodontics. The study questionnaire included questions related to anatomy, functioning and pronunciation. The dental examination assessed the presence of deviations from the biological norm. With regard to the assessment of pronunciation dysfunctions, the questions were based on a pictorial questionnaire for speech research by Grażyna Billewicz and Brygida Ziolo (5). It included all consonant groups and vowels present in Polish in three word positions: initial, medial and final.

Polish phoneme articulation disorders were observed in 161 children, including 78 girls and 83 boys – this group was the study group. 139 children with no speech sound disorders were in the control group.

The results were subject to a statistical analysis in order to determine a correlation between anatomical defects or functional disorders and speech sound disorders. If such a correlation existed, its strength was assessed. The following tools were used for this purpose:

1. The chi-squared test (also known as a Pearson's test) used to compare the sample distribution of individual variables (prevalence of the observed factors) to their theoretical distribution,
2. Cramér's V to measure the association between two assessed nominal variables.

Statistical significance was established at $p < 0.005$, which means that the probability of results being random is less than 0.5% (6). With regard to the analysis of strength of a correlation between particular risk factors and presence of speech sound disorders, the Cramér's V coefficient below 0.2 was considered to indicate a moderate (but significant) correlation, above 0.3 - strong, and above 0.5 - a very strong correlation.

Factors indicating a high risk of speech sound disorders were ranked using the CHAID algorithm (Chi-squared Automatic Interaction Detector) - a method of automatic detection of interactions between variables using the chi-squared statistics. CHAID is a type of decision tree technique, based upon adjusted significance testing. Each tree is made out of nodes and branches. Each node represents a condition of further division, and it aims at optimal prediction (for a dependent quantitative variable) or classification (for a dependent categorical variable).

The statistical analysis was performed with SPSS 14.0 PL for Windows.

Results

The presence of individual anatomical and functional disorders in the study and control groups was determined based on the study results. Due to lack of statistical

*Algorithm for early detection of a high risk of speech sound disorders in children***Tabela 1. Występowanie nieprawidłowości budowy i zaburzeń czynności narządu żucia w badanej populacji****Table 1. Prevalence of anatomical defects and functional disorders of the masticatory system in the study population**

Czynnik ryzyka (występowanie nieprawidłowości anatomicznych w grupach badanej i kontrolnej) Risk factors (prevalence of anatomical defects in the study and control groups)	Grupa z zaburzeniami artykulacji (badana) Group with speech sound disorders (study) N=161	Grupa z prawidłową wymową (kontrolna) Group without speech sound disorders (control) N=139	Wynik testu chi-kwadrat (istotność) Chi-square test results (statistical significance)
krótkie wędzidełko języka / <i>short lingual frenulum</i>	24 (14,9%)	6 (4,3%)	p=0,002
krótkie wędzidełko wargi górnej / <i>short maxillary labial frenulum</i>	27 (16,8%)	4 (2,9%)	p<0,001
powiększone migdałki podniebienne / <i>hypertrophy of palatine tonsils</i>	17 (10,6%)	1 (0,7%)	p<0,001
przerośnięty migdałek gardłowy / <i>enlarged pharyngeal tonsil</i>	35 (21,7%)	5 (3,6%)	p<0,001
podniebienie gotyckie / <i>gothic palate</i>	17 (10,6%)	1 (0,7%)	p<0,001
przedwczesna utrata zębów mlecznych / <i>premature loss of deciduous teeth</i>	50 (31,1%)	18 (12,9%)	p<0,001
nieprawidłowości zębowe / <i>dental abnormalities</i>	37 (23,0%)	13 (9,4%)	p=0,002
jakakolwiek wada zgryzu, w tym: / <i>any malocclusion, including:</i>	124 (77,0%)	22 (15,8%)	p<0,001
tyłozgryz / <i>distocclusion</i>	59 (36,6%)	11 (7,9%)	p<0,001
przodozgryz / <i>mesioclusion</i>	21 (13,0%)	-	p<0,001
zgryz otwarty / <i>open bite</i>	53 (32,9%)	1 (0,7%)	p<0,001
zgryz głęboki / <i>deep bite</i>	9 (5,6%)	-	p=0,013
zgryz przewieszony / <i>scissor bite</i>	3 (1,9%)	1 (0,7%)	p=0,721
zgryz krzyżowy / <i>cross bite</i>	21 (13,0%)	3 (2,2%)	p=0,001
Czynnik ryzyka (występowanie zaburzenia czynności w grupach badanej i kontrolnej) Risk factor (prevalence of functional disorders in the study and control groups)	Grupa z zaburzeniami artykulacji (badana) Group with speech sound disorders (study) N=161	Grupa z prawidłową wymową (kontrolna) Group without speech sound disorders (control) N=139	Wynik testu chi-kwadrat (istotność) Chi-square test results (statistical significance)
parafunkcje ogółem, w tym: / <i>parafunctional habits in general, including:</i>	141 (87,6%)	101 (72,7%)	p=0,001
parafunkcje zwarciowe, w tym: / <i>occlusal parafunctional habits, including:</i>	74 (46,0%)	33 (23,7%)	p<0,001
zaciskanie zębów / <i>jaw clenching</i>	25 (15,5%)	10 (7,2%)	p=0,025
zgrzytanie zębami / <i>teeth grinding</i>	49 (30,4%)	23 (16,5%)	p=0,005
parafunkcje nie zwarciowe, w tym: / <i>non-occlusal parafunctional habits, including:</i>	127 (78,9%)	92 (66,2%)	p=0,014
ssanie smoczka powyżej 2 r.ż. / <i>pacifier use in children aged 2 years and older</i>	76 (47,2%)	41 (29,5%)	p=0,002
przedłużone karmienie butelką / <i>prolonged bottle feeding</i>	30 (18,6%)	19 (13,7%)	p=0,246
ssanie parafunkcyjne / <i>parafunctional sucking</i>	55 (34,2%)	10 (7,2%)	p<0,001
żucie gumy / <i>gum chewing</i>	10 (6,2%)	17 (12,2%)	p=0,069
obgryzanie paznokci / <i>nail biting</i>	59 (36,6%)	49 (35,3%)	p=0,802
przygryzanie błon śluzowych warg lub policzków / <i>biting on buccal and labial mucosa</i>	26 (16,1%)	3 (2,2%)	p<0,001
dysfunkcje ogółem, w tym: / <i>dysfunctions in general, including:</i>	95 (59,0%)	21 (15,1%)	p<0,001
oddychanie przez usta / <i>mouth breathing</i>	73 (45,3%)	15 (10,8%)	p<0,001
przetrwały niemowlęcy typ polykania / <i>persistent infantile swallow pattern</i>	47 (29,2%)	1 (0,7%)	p<0,001
leniwe żucie / <i>lazy chewing</i>	19 (11,8%)	7 (5,0%)	p=0,038

zastosowania algorytmu CHAID jest powstanie tzw. drzewa decyzyjnego o niebinarnym charakterze. Na drzewo składają się węzły i wychodzące z nich gałęzie. Każdy węzeł zawiera warunek dalszego podziału, którego celem jest optymalna predykcja (ilościowej zmiennej zależnej) lub klasyfikacja (jakościowej zmiennej zależnej).

Analiza statystyczna została przeprowadzona za pomocą oprogramowania SPSS 14.0 PL for Windows.

Wyniki

Na podstawie wyników badania ustalono występowanie poszczególnych zaburzeń anatomicznych i czynnościowych w grupie badanej i kontrolnej. Z uwagi na nieistotność statystyczną (ryzyko przypadkowego charakteru uzyskanego wyniku) z dalszej analizy wyłączono 8 czynników, dla których wynik testu chi-kwadrat (współczynnik p) był wyższy od 0,005. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

W celu oceny siły związków pomiędzy zaobserwowanymi czynnikami ryzyka w postaci nieprawidłowości anatomicznych i czynnościowych a występowaniem wad wymowy, obliczono współczynnik zbieżności V-Cramera. Współczynnik ten przyjmuje wartości od 0 (brak relacji między zmiennymi) do 1 (bardzo silny związek między zmiennymi) (7). Zestawienie czynników ryzyka uszeregowanych w kolejności siły związku pomiędzy ich występowaniem a występowaniem wad wymowy przedstawia rycina 1.

Zastosowanie algorytmu CHAID umożliwiło określenie prawdopodobieństwa wystąpienia określonej wartości binarnej zmiennej kategoryjnej (wystąpienie lub brak wady

significance (risk of random results) eight risk factors were excluded from a further analysis, because the chi-squared test results (p coefficient) was higher than 0.005. Table 1 shows the results.

In order to assess the strength of correlations between observed risk factors such as anatomical defects and functional disorders and the presence of speech sound disorders, the Cramer's V contingency coefficient was calculated. Values of this coefficient are from 0 (no correlation between variables) to 1 (a very strong correlation between variables) (7). Figure 1 shows a list of risk factors ranked in order of strength between their occurrence and presence of speech defects.

The CHAID technique allowed to determine the probability of a determined categorical binary variable (presence or lack of speech sound disorder) based on one or more predictive variables (presence of risk factors). As a result of using the CHAID algorithm the so-called decision tree is created. It consists of nodes and branches coming out of nodes (8). Since the predictive variables are nominal and dichotomous at individual nodes of the decision tree, further division was established to be conditioned by subsequent factors affecting the prevalence of speech sound disorders, whereas presence (or lack of thereof) indicate the probability of speech sound disorders or condition passing to the following node.

The decision tree we obtained enabled correct classification (prediction of a speech sound disorder) in 87.7% of cases (87.1% in the group without pronunciation defects and 88.2% in the group with speech impairments) (Table 2).

Tabela 2. Macierz klasyfikacji - występowanie zmiennych przewidywanych w grupach, w których wystąpiły oraz nie wystąpiły zmienne obserwowane. Algorytm budowy drzewa: CHAID

Table 2. Classification matrix - prevalence of predictive variables in groups with and without observed variables. CHAID decision tree technique

Zmienne obserwowane (występowanie czynnika ryzyka*)	Zmienna zależna/przewidywana** (występowanie wady wymowy) <i>Dependent/predictive variable**</i> (prevalence of speech sound disorders)		procent poprawnych wskazań / % of correct answers
	Nie / Yes	Tak / No	
Nie / No	121	18	87,1%
Tak / Yes	19	142	88,2%
Procent ogółem / Total percentage	46,7%	53,3%	87,7%

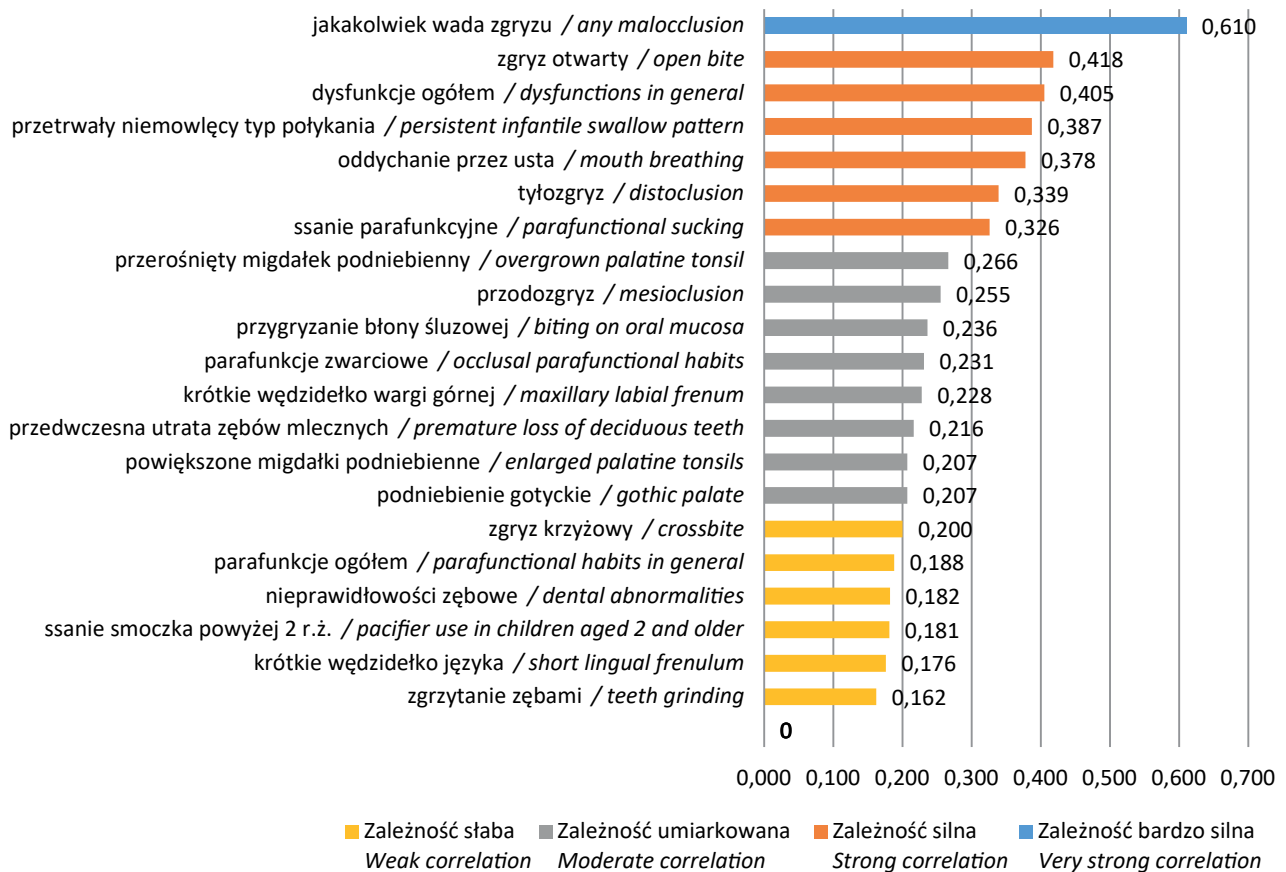
* Zmienne obserwowane: zgryz otwarty, tyłozgryz, przodozgryz, krótkie wędzidełko języka, przetrwały niemowlęcy typ polykania, oddychanie przez usta oraz przedwczesna utrata zębów mlecznych
Observed variables: open bite, distoclusion, mesiooclusion, short lingual frenulum, persistent infantile swallow pattern, mouth breathing, and premature loss of deciduous teeth

** Zmienna zależna/przewidywana: wada wymowy
Dependent/predictive variable: speech sound disorder

Algorithm for early detection of a high risk of speech sound disorders in children

wymowy) na podstawie znanej wartości jednej lub większej liczby zmiennych predykcyjnych (występowanie czynników ryzyka). Wynikiem zastosowania algorytmu CHAID jest powstanie tzw. drzewa decyzyjnego. Na drzewo składają się węzły i wychodzące z nich gałęzie (8). Z uwagi na nominalny i dychotomiczny charakter zmiennych predykcyjnych, uzyskanych w poszczególnych węzłach drzewa decyzyjnego jako warunek dalszego podziału, wskazane zostały kolejne czynniki mające wpływ na występowanie wad wymowy, których wystąpienie (lub brak) wskazują na prawdopodobieństwo wystąpienia wad wymowy lub warunkują przejście do kolejnego punktu węzłowego.

The open bite variable had the highest discriminatory power between groups with and without articulation disorders – 98.1% of patients with an open bite were also diagnosed with another speech sound disorder. It was followed by distocclusion. When a patient was not diagnosed with an open bite or distocclusion, mesiocclusions had the strongest correlation with articulation disorders. Then the following variables were important: short lingual frenulum, persistent infantile swallow pattern, mouth breathing, and



Rycina 1. Zestawienie czynników wskazujących na duże ryzyko wystąpienia wad wymowy uszeregowanych zgodnie z wartością współczynnika zbieżności V Cramera.

Figure 1. Factors indicating a high risk of speech sound disorders, ranked according to Cramér's V.

Uzyskane drzewo decyzyjne umożliwiło prawidłową klasyfikację (przewidzenie wystąpienia wady wymowy) w 87,7% przypadków (87,1 proc. w grupie bez wad wymowy i 88,2% w grupie z wadami wymowy) (Tab. 2.).

Największą moc dyskryminacji pomiędzy grupami z zaburzeniami artykulacji i bez takich zaburzeń ma zmienna zgryz otwarty – u 98,1 proc. badanych ze zgryzem otwartym zdiagnozowano jednocześnie jakąkolwiek wadę wymowy.

premature loss of deciduous teeth. Fig. 2 presents the decision tree.

Discussion

Factors indicating a higher risk of speech sound disorders were identified using the study results, and then ranked according to

W następnej kolejności należy uwzględnić tyłozgryz. Jeśli u badanego nie zdiagnozowano ani zgryzu otwartego, ani tyłozgryzu, to najsilniejszy związek z wystąpieniem zaburzeń artykulacji miał przodozgryz. W dalszej kolejności pod uwagę powinny być wzięte: krótkie wędzidełko języka, przetrwały niemowlęcy typ polykania, oddychanie przez usta oraz przedwczesna utrata zębów mlecznych. Drzewo decyzyjne zostało przedstawione na rycinie 2.

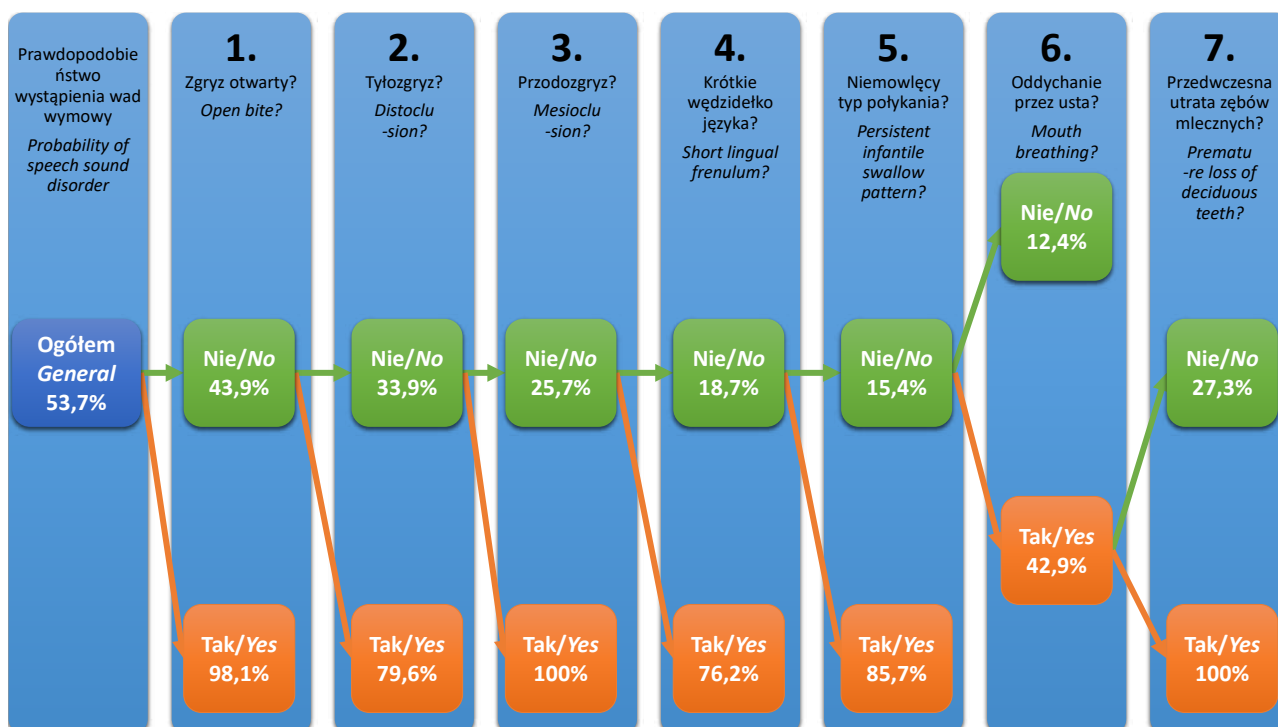
Dyskusja

Na podstawie wyników badania wyodrębniono czynniki wskazujące na podwyższenie ryzyka wystąpienia wad wymowy, które następnie uszeregowano w kolejności siły związku pomiędzy ich obecnością a występowaniem wad wymowy (mierzonego wartością współczynnika zbieżności V-Cramera) (7).

the strength of their correlations with speech sound disorders (measured with the Cramér's V coefficient) (7).

The ranking of factors indicating a high risk of speech sound disorders and based on the CHAID decision tree technique seemed accurate. In almost nine out of ten cases it was possible to predict speech sound disorders based only on answers to the maximum of seven questions about risk factors. These questions concern the risk factors with the highest discriminatory power that allow to predict the presence of a speech sound disorder in an examined child the most accurately. The use of a decision tree requires the following elements to be assessed:

1. open bite,
2. distocclusion,
3. mesiocclusion,



Rycina 2. Drzewo decyzyjne – algorytm badania i diagnostyki.

Figure 2. Decision tree – study and diagnostics.

Należy zauważyć, że uzyskany model hierarchii czynników wskazujących na wysokie ryzyko wystąpienia wad wymowy, określony z wykorzystaniem algorytmu CHAID, jest dobrej jakości. Przy jego zastosowaniu w prawie 9 przypadkach na 10 jest możliwe przewidzenie wystąpienia wad wymowy jedynie na podstawie odpowiedzi udzielonych na maksymalnie 7 pytań. Pytania te dotyczą występowania czynników ryzyka o największej mocy dyskryminacyjnej, które umożliwiają najtrafniejsze wytypowanie wystąpienia

4. short lingual frenulum,
5. infantile swallow pattern,
6. mouth breathing,
7. mouth breathing together with premature loss of deciduous teeth.

The results of this analysis are confirmed by studies of many authors. In their studies, Konopska (9), Górnjak and Konopska (10) established that abnormal speech was present in almost every patient with an open bite and mesiocclusion,

Algorithm for early detection of a high risk of speech sound disorders in children

wady wymowy u badanego dziecka. Wykorzystanie drzewa decyzyjnego wymaga oceny wstępowania:

1. zgryzu otwartego,
2. tyłozgryzu,
3. przodozgryzu,
4. krótkiego wędzidełka języka,
5. niemowlęcego typu połykania,
6. ustnego toru oddychania,
7. ustnego toru oddychania przedwczesnej utraty zębów mlecznych.

Wyniki przeprowadzonej analizy potwierdzają badania wielu autorów. W badaniach Konopskiej (9) oraz Górniak z Konopską (10) wadliwa wymowa wystąpiła u niemal każdej osoby ze zgryzem otwartym i przodozgryzem oraz w 67% przypadków tyłozgryzów. W dyskutowanym badaniu wada wymowy wystąpiła u wszystkich dzieci z przodozgryzem, u 98% ze zgryzem otwartym, u 84 proc. z tyłozgryzem. Częstość występowania wady wymowy u osób obcojęzycznych z tyłozgryzem ocenili Vallino (11) na 87 proc. oraz Witzel (12) na 52 proc.

W badaniach Guay'a (13) wykazano, że wśród pacjentów z przodozgryzami wady wymowy występują u 92 proc. osób; w badaniach Muski i Jentzsch'a (14) – u 86 proc.; w badaniach Tahera (15), Glassa (16) i Goodsteina (17) – u 100 proc.; w badaniach Witzel (12) – u 64 proc.

Autorzy badań nad jakością wymowy wśród osób ze zgryzem otwartym potwierdzają wadliwą artykulację u 100% proc. pacjentów w badaniach Konopskiej (9); 90 proc. – w badaniach Klechaka (18); 89 proc. – w badaniach Turveya (19); 83 proc. – w badaniach Muski i Jentzsch'a (14).

Kotlow (20) w swoich badaniach wskazywał na ankyloglosję jako przyczynę zaburzeń wymowy. Messner i Lalakea stwierdzili wady wymowy u ponad 50 proc. dzieci z ankyloglosją (21) oraz zauważali wyraźną poprawę wymowy po frenulotomii lub frenuloplastyce (22). Coff (23) podkreśliła, że do prawidłowej wymowy konieczna jest integralność łuków zębowych. Współwystępowanie oddychania przez usta oraz wad wymowy potwierdziły Zadurska i Piekarczyk (24).

Subtelny (25) wykazał, że siły działające na łuki zębowe ze strony języka i warg mają wpływ na wymowę głosek. Podobnie Kydd (26) zwrócił uwagę na wpływ języka i mięśni zewnątrzustnych na anatomię i czynność jamy ustnej. Björk (27) w swoich badaniach opisał związek nieprawidłowej czynności warg, języka i żuchwy w czasie połykania z zaburzoną artykulacją głosek. Według Proffita i wsp. (28) nieprawidłowa pozycja spoczynkowa języka ułożonego między przednimi zębami ma większy wpływ na ustawienie siekaczy niż przetrwały niemowlęcy typ połykania. Rehak (29) zalecała zespołowe leczenie wad wymowy, wad zgryzu i nieprawidłowego połykania.

Z przeprowadzonych badań można wyciągnąć wniosek, że najistotniejsze w artykulacji są budowa i czynność języka deformowana przez przetrwały niemowlęcy typ połykania,

and in 67% of patients with distocclusions. In this study, all children with mesiocclusion, 98% of children with an open bite and 84% of children with distocclusion had speech sound disorders. The prevalence of speech sound disorders in non-Polish speaking patients with distocclusion was assessed by Vallino (11) at 87% and by Witzel (12) at 52%.

Guay studies (13) demonstrated that 92% of patients with mesiocclusions had speech sound disorders; in studies by Muski and Jentzsch (14) this value was 86%; for Taher (15), Glass (16), and Goodstein (17) 100%; and for Witzel (12) 64%.

Studies on speech sound quality in patients with an open bite confirmed poor articulation in 100% of patients for Konopska (9), 90% for Klechak (18), 89% for Turvey (19), and 83% for Muski and Jentzsch (14).

In his studies, Kotlow (20) established that ankyloglossia caused speech sound disorders. Messner and Lalakea observed speech disorders in more than 50% of children with ankyloglossia (21), and noticed that articulation improved after frenectomy or frenuloplasty (22). Coff (23) emphasised that a complete set of the upper and lower teeth was crucial for correct articulation. Zadurska and Piekarczyk (24) confirmed that mouth breathing and speech sound disorders coexisted.

Subtelny (25) established that the forces acting on the lingual and labial sides of dental arches affected articulation. Kydd (26) also emphasised the effects of the tongue and mimic muscles on the structure and activity of the oral cavity. In his studies, Björk (27) described a correlation between abnormal lip, tongue, and mandible functioning upon swallowing and articulation disorders. Proffit et al. (28) established that an abnormal tongue position at rest between the front teeth had a higher impact on the incisor position than persistent infantile swallow pattern. Rehak (29) recommended complex treatment of speech sound disorders, malocclusions, and improper swallowing.

The conducted studies, including the present one, indicated that the tongue anatomy and functioning, if deformed by persistent infantile swallow pattern, lazy chewing, mouth breathing, or parafunctional sucking, were crucial to proper articulation. Tongue dysfunctions are often a common background for malocclusions and speech sound disorders (30). Despite numerous studies, the correlation between malocclusions and articulation has not been clearly established yet. Normal articulation is present when the oral cavity has normal anatomy and functioning, but also when an existing anatomical defect is compensated; whereas abnormal articulation is present when there is an anatomical defect that is not compensated, or when there is no anatomical defect but there are functional disorders (31). Mackiewicz (32) observed that there was no simple correlation between occlusal anatomy and speech sound; however, there are common aetiological factors. Compensatory reactions may occur as defence and

leniwe żucie, oddychanie przez usta i ssanie parafunkcyjne. Dysfunkcja języka często łączy przyczynowo wady zgryzu i wymowy (30). Do tej pory nie została stwierdzona wyraźna współzależność między wadami zgryzu i artykulacji, mimo obszernego piśmiennictwa. Wiadomo, że prawidłowa mowa występuje przy prawidłowej budowie z prawidłową funkcją, ale także przy nieprawidłowej budowie i kompensacyjnej funkcji, zaś nieprawidłowa wymowa – przy nieprawidłowej budowie i braku adaptacji czynnościowej oraz prawidłowej strukturze i nieprawidłowej funkcji (31). Mackiewicz (32) zauważył, że nie ma prostego związku między anatomią zgryzu a wymową, istnieją natomiast wspólne czynniki etiologiczne. Reakcje kompensacyjne mogą wystąpić jako wyraz możliwości obronno-dostosowawczych organizmu, bowiem należą one do rezerw fizjologicznych, których wielkość jest osobniczo zmienna i podlega zmianom w czasie. W odniesieniu do podstawowych funkcji narządu żucia są one znaczne.

Wnioski

Wskaźnikami ryzyka wystąpienia wady wymowy u dziecka są wady zgryzu, w tym zgryz otwarty, tyłozgryz i przodozgryz, a także krótkie wędzidełko języka, przetrwały niemowlęcy typ połykania oraz oddychanie przez usta. Ich obecność wskazuje na konieczność wdrożenia profilaktyki logopedycznej i skierowania dziecka do logopedy.

Opracowany algorytm jest prostym narzędziem diagnostycznym przydatnym w codziennej praktyce lekarzy stomatologów. Dzięki ocenie określonych siedmiu parametrów anatomiczno-czynnościowych narządu żucia lekarze dentyści mogą ocenić poziom ryzyka wystąpienia wady wymowy u dziecka, zastosować profilaktykę logopedyczną lub skierować pacjentów do logopedów, aby nie tylko zapobiegać wadom wymowy, ale także określonym patologiom jamy ustnej.

adaptation mechanisms of the body, because they are physiological and they vary between individuals and in time. They are important in relation to basic functions of the masticatory system.

Conclusions

Malocclusions, including an open bite, distocclusion, and mesiocclusion, short lingual frenulum, persistent infantile swallow pattern, and mouth breathing are all risk factors associated with speech sound disorders in children. Their occurrence indicates that speech therapy prevention and a referral to a speech therapist are necessary.

This decision tree technique is a simple diagnostic tool to be used by dentists in their everyday practice. When assessing seven specific physical and functional parameters of the masticatory system, dentists are able to determine the risk of speech sound disorders in a child in order to implement speech therapy prophylaxis or to refer children to speech therapists with the aim to prevent not only speech sound disorders, but also certain diseases of the oral cavity.

*Algorithm for early detection of a high risk of speech sound disorders in children***Piśmiennictwo / References**

1. Ettala-Ylitalo UM, Laine T. Functional disturbances of the masticatory system in relations to articulatory disorders of speech in a group of 6-8 year old children. *Arch Oral Biol* 1991; 36: 189-94.
2. Gruba J, Zadurska M, Siemińska-Piekarczyk B. Wybrane zagadnienia logopedyczne. *Komologo* 2010; 11.
3. Olczak-Kowalczyk D, Grudziąż-Sękowska J. Współzależność wad wymowy i wad zgryzu – doniesienie wstępne. *Nowa Stomatol* 2010; 2: 62-7.
4. Orlik-Grzybowska A. Podstawy ortodoncji. *PZWL* 1976.
5. Billewicz G, Ziolo B. Kwestionariusz badania mowy. *Impuls* 2004.
6. Zieliński R. Przedział ufności dla frakcji. *Matematyka Stosowana* 2009; 10: 1-7.
7. Józwiak J, Podgórski J. *Statystyka od podstaw*. PWE 2001: 362-3.
8. Łapczyński M. Przyczynowa interpretacja drzew klasyfikacyjnych, w: Mynarski S. (red.) *Zależności przyczynowo-skutkowe w badaniach rynkowych i marketingowych*. AE 2002: 47-60.
9. Konopska L. *Wymowa osób z wadą zgryzu*. Media Druk 2007.
10. Górniak D, Konopska L. Zgryzy otwarte w leczeniu ortodontyczno-logopedycznym. *Stomatol Współcz* 1996; 3: 467-70.
11. Vallino L, Tompson B. Perceptual characteristics of consonant errors associated with malocclusion. *J Oral and Maxillofac Surg* 1993; 51: 850-6.
12. Witzel MA, Ross RB, Munro IR. Articulation before and after facial osteotomy. *J Maxillofacial Surg* 1980; 8: 195-202.
13. Guay A, Maxwell D, Beecher R. A radiographic study of tongue posture at rest and during phonation of "s" in class III malocclusion. *Angle Orthod* 1978; 48: 10-22.
14. Muska K, Jentzsch H. Odpovida rehabilitace vyslovnosti u pacientu s celistnimi anomaliemi a uchylkami v postaveni zubu dnesnim pozadavkum? *Ceskoslovenska Otolaryngologie* 1988; 37: 188-92.
15. Taher A. Speech defect associated with class III jaw relationship (letter). *Plast and Reconstr Surg* 1997; 99: 1200.
16. Glass L, Knapp J, Bloomer H. Speech and lingual behavior before and after mandibular osteotomy. *J Oral Surg* 1977; 35: 104-9.
17. Goodstein D, Cooper D, Wallace L. The effect on speech of surgery for correction of mandibular prognathism. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 37: 846-9.
18. Klechak T, Bradley D, Warren D. Anterior open bite and oral port construction. *Angle Orthod* 1976; 46: 232-42.
19. Turvey TA, Journot V, Epker BN. Correction of anterior open-bite deformity: a study of tongue function, speech changes, and stability. *J Maxillofacial Surg* 1976; 4: 93-101.
20. Kotlow L. Ankyloglossia (tongue-tie): a diagnostic and treatment quandary. *Quintessence Int* 1999; 30: 259-62.
21. Messner AH, Lalakea ML. The effect of ankyloglossia on speech in children. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2002; 127: 539-45.
22. Messner A, Lalakea M. Ankyloglossia – Incidence and associated feeding difficulties. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2000; 126: 36-9.
23. Vini Coff AR. Clinical evaluation of cleft palate patients and their speech. *Plast Reconstr Surg Transplant Bull* 1960; 22: 5.
24. Zadurska M, Siemińska-Piekarczyk B, Wierusz W, Mysiorska M, Kosińska K. Ocena współzależności występowania wad zgryzu, wad artykulacji i dysfunkcji narządu żucia u dzieci z przedszkoli warszawskich. *Stomatol Współcz* 2007; supl 2: 17-22.
25. Subtelny JD. Examination of current philosophies associated with swallowing behavior. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1965; 51: 161-82.
26. Kydd WL. Maximum forces exerted on the dentition by the perioral and lingual musculature. *J Am Dent Assoc* 1957; 55: 646-51.
27. Björk A. *Introduction to orthodontics*. Grawhill 1960: 64-9.
28. Proffit WR, Fields HW, Server DM. *Ortodoncja Współczesna*. Elsevier 2009: 164-9.
29. Rehak G, Kovacs E, Frigyesi A. Związek między wadami zgryzu, nieprawidłowym połykaniem i seplenieniem. *Czas Stomatol* 1974; 27: 559-62.
30. Rathbone SJ. Appraisal of speech defects in dental anomalies. *Angle Orthod* 1955; 25: 42-8.
31. Johnson NC, Sandy JR. Tooth position and speech – is there a relationship? *Angle Orthod* 1999; 69: 306-10.
32. Mackiewicz B. Współzależność wad zgryzu I wad wymowy na tle przyczynowym. *Mag Stomatol* 1992; 2: 28-30.