

DOI: 10.18481/2077-7566-2023-19-2-91-96
УДК 616.314-089.23, 612.215.4, 616.315.5, 616.313, 616.314.2

ОЦЕНКА ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ И ОКРУЖАЮЩИХ МЯГКИХ ТКАНЕЙ У ПАЦИЕНТОВ С АНОМАЛИЯМИ ОККЛЮЗИИ В САГИТТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ ПО ДАННЫМ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Марчук В. В.¹, Польма Л. В.¹, Марчук Т. А.²

¹ *Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова, г. Москва, Россия*

² *Медицинский университет «Реавиз», г. Москва, Россия*

Аннотация

Клинические исследования показали, что существует связь между функцией дыхания и развитием челюстно-лицевой области. Именно поэтому оценка верхних дыхательных путей является важным этапом ортодонтической диагностики. Трехмерный цефалометрический анализ по КЛКТ — простой и доступный метод, позволяющий оценить линейные и угловые параметры, площадь поперечного сечения, объем и форму верхних дыхательных путей.

Цель исследования — определить размеры ВДП и прилегающих мягких тканей у пациентов с сагиттальными аномалиями окклюзии. Изучили 63 конусно-лучевые компьютерные томограммы пациентов старше 18 лет с сагиттальными аномалиями окклюзии, не проходивших ортодонтическое лечение, без врожденных пороков и травм челюстно-лицевой области. Провели трехмерный цефалометрический анализ в программе Materialise Mimics 21.0. Сформировали трехмерные модели верхних дыхательных путей и построили в них центральную ось с целью измерения объема и площади живого сечения. Сравнили 3 группы пациентов с дистальной, мезиальной и нормальной окклюзией. Провели непараметрический корреляционный анализ и множественный регрессионный анализ.

Выявили значимые различия размеров верхних дыхательных путей у пациентов с дистальной и мезиальной окклюзией. Обнаружили статистически значимые связи размеров верхних дыхательных путей с морфологией челюстно-лицевой области, большинство из которых были умеренными. Зафиксировали уменьшение размеров ротоглотки при дистальной окклюзии, наклоне головы вперед и вверх, смещении подъязычной кости кзади и уменьшении расстояния между головками нижней челюсти и между позвоночным столбом и задней поверхностью подбородочного отдела нижней челюсти, сужение носоглотки — при уменьшении ширины верхнего зубного ряда. Наиболее предсказательными факторами для минимальной площади поперечного сечения верхних дыхательных путей являются наклон головы и расстояние между головками нижней челюсти.

Ключевые слова: конусно-лучевая компьютерная томография, ортодонтия, верхние дыхательные пути, трехмерный анализ, минимальная площадь поперечного сечения

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Валентин Владимирович МАРЧУК ORCID ID 0009-0006-8133-9154
аспирант кафедры ортодонтии, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова, г. Москва, Россия
chukval@gmail.com

Людмила Владимировна ПОЛЬМА ORCID ID 0009-0008-7655-4719
д.м.н., профессор, кафедра ортодонтии, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова, г. Москва, Россия
orthomag@yandex.ru

Татьяна Алексеевна МАРЧУК ORCID ID 0000-0001-9532-8436
к.м.н., доцент, кафедра стоматологии, Медицинский университет «Реавиз», г. Москва, Россия
marchukatal@gmail.com

Адрес для переписки: Валентин Владимирович МАРЧУК
111673, г. Москва, ул. Новокосинская, д. 13, корп. 2, кв. 83
+7 (977) 2749462
chukval@gmail.com

Образец цитирования:

Марчук В. В., Польма Л. В., Марчук Т. А.
ОЦЕНКА ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ И ОКРУЖАЮЩИХ МЯГКИХ ТКАНЕЙ У ПАЦИЕНТОВ
С АНОМАЛИЯМИ ОККЛЮЗИИ В САГИТТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ.
Проблемы стоматологии. 2023; 2: 91-96.
© Марчук В. В. и др., 2023
DOI: 10.18481/2077-7566-2023-19-2-91-96

Поступила 26.06.2023. Принята к печати 23.07.2023

DOI: 10.18481/2077-7566-2023-19-2-91-96

ASSESSMENT OF UPPER AIRWAY AND SURROUNDING SOFT TISSUES IN PATIENTS WITH DIFFERENT TYPES OF SAGITTAL MALOCCLUSION USING CONE-BEAM COMPUTER TOMOGRAPHY

Marchuk V.V.¹, Polma L.V.¹, Marchuk T.A.²

¹ *Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russia*

² *Reaviz Medical University, Moscow, Russia*

Annotation

The relationship between facial morphology and upper airway (UA) dimensions is well established in scientific literature. Due to that, upper airway assessment is an important step of orthodontic treatment planning and diagnosis. Three-dimensional cone-beam computer tomography analysis (CBCT) of upper airway is simple and readily available method of measuring linear and angular parameters, cross-sectional area, and volume of the UA.

The aim of the study is to measure the UA and surrounding tissue dimensions in patients with different types of sagittal malocclusion. 63 CBCT scans of adult patients without history of trauma, orthodontic treatment and congenital syndromes, diagnosed with distal, mesial, and normal occlusion have been studied using Materialise Mimics 21.0. Three-dimensional models of UA were created, and measurements of volume and cross-sectional area were taken using centerline and conventional cephalometric analysis. Non-parametric statistical correlational analysis was conducted.

There were statistically significant differences between patients with mesial and distal occlusion. Moderate statistically significant correlations between facial morphology and UA dimensions have been found. In patients with distal occlusion, extended head position, posterior position of the hyoid bone, transverse maxillary and mandibular deficiency UA tend to have smaller size. The most predictive factor for minimal cross-sectional area of UA is the craniocervical angle and the distance between mandibular condyles.

Keywords: *cone-beam computer tomography, orthodontics, upper airway, three-dimensional analysis, minimal cross-sectional area*

The authors declare no conflict of interest.

Valentin V. MARCHUK ORCID ID 0009-0006-8133-9154

*Post-graduate student, Department of Orthodontics, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russia
chukval@gmail.com*

Lyudmila V. POLMA ORCID ID 0009-0008-7655-4719

*Grand PhD in Medical Sciences, Professor, Department of Orthodontics, Moscow State University
of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russia
orthomag@yandex.ru*

Tatyana A. MARCHUK ORCID ID 0000-0001-9532-8436

*PhD in Medical Sciences, Associate Professor, Department of Dentistry, Reaviz Medical University, Moscow, Russia
marchuktatal@gmail.com*

Correspondence address: Valentin V. MARCHUK

*111673, 13/2-83, str. Novokosinskaya, Moscow, Russian Federation
+7 (977) 2749462
chukval@gmail.com*

For citation:

Marchuk V.V., Polma L.V., Marchuk T.A.

ASSESSMENT OF UPPER AIRWAY AND SURROUNDING SOFT TISSUES IN PATIENTS WITH DIFFERENT TYPES OF SAGITTAL MALOCCLUSION USING CONE-BEAM COMPUTER TOMOGRAPHY.

Actual problems in dentistry. 2023; 2: 91-96. (In Russ.)

© Marchuk V.V. et al., 2023

DOI: 10.18481/2077-7566-2023-19-2-91-96

Received 26.06.2023. Accepted 23.07.2023

На связь дыхательной функции с ростом и развитием челюстно-лицевой области обратил внимание еще Эдвард Энгль в начале XX века [1]. Согласно теории функциональной матрицы Мэлвина Мосса, кости являются не отдельными остеологическими единицами, а скорее сегментами функциональных тканевых комплексов и развиваются в ответ на определенные функциональные требования. В частности, нарушение дыхательной функции и глотания повлечет за собой развитие аномалий окклюзии и челюстных костей [10]. Это предположение подтверждается при изучении детей с нарушением носового дыхания и экспериментах на животных [4, 13].

Суженные верхние дыхательные пути (ВДП) склонны к обструкции во время сна, что ведет к гипоксии и частым пробуждениям, развивается синдром апноэ во сне [8]. Данный синдром способствует возникновению хронической усталости, сердечной недостаточности и сахарного диабета [6]. Диагностику и лечение пациентов с апноэ во сне проводит врач-сомнолог. В то же время к стоматологам и, в частности, к врачам-ортодонтам обращается много пациентов, лечение которых требует рентгенологической диагностики. На основании рентгенограммы нельзя поставить диагноз «апноэ во сне», однако можно оценить анатомические особенности ВДП пациента, которые могут являться факторами риска развития данного синдрома. Согласно данным Y.E. Pei и соавт. [12], у пациентов с высоким риском развития апноэ во сне ВДП более длинные, узкие и имеют меньший объем, чем ВДП здоровых. Именно поэтому, согласно современным клиническим рекомендациям, врач-ортодонт должен оценивать ВДП при ортодонтической диагностике [2].

A. Buchanan и соавт. [3] показали, что у пациентов с апноэ во сне уменьшены в первую очередь трансверсальные размеры и минимальная площадь поперечного сечения (МППС) ВДП. Согласно систематическому обзору H. Chen и соавт. [5], наиболее важным параметром при оценке ВДП является МППС. Этот параметр можно оценить только с помощью трехмерного анализа, используя данные компьютерной томографии (КТ) или магнитно-резонансной томографии (МРТ).

Просвет ВДП имеет сложную неровную форму, часто далекую от окружности. Для оценки свойств потока в трубе с просветом, отличающимся от окружности, используют такой параметр, как гидравлический диаметр (рис. 1). Он служит мерой эффективности системы пропускания потока жидкости или газа. X. Niu и соавт. полагают, что данный параметр является наиболее информативным при оценке ВДП [11].

Многие исследователи [7] оценивали ВДП по сечениям, параллельным заданным плоскостям. Поведение воздушного потока, однако, не подчиняется искусственным цефалометрическим анализам, поэтому измерение параметров живого сечения (сечение, перпендикулярное вектору воздушного потока), — более логичный метод [11].

Цель исследования — оценка размеров ВДП у взрослых пациентов с сагиттальными аномалиями окклюзии по результатам трехмерного цефалометрического анализа и измерения площади по живому сечению.

Материал и методы

Обследовали 63 пациента в возрасте 18–35 лет, не проходивших ортодонтическое лечение, без врожденных пороков и травм челюстно-лицевой области (ЧЛО), признаков патологии ВДП на КЛКТ. В 1-ю группу вошли 19 пациентов, у которых $\angle ANB$ составлял от 0 до 4°; во 2-ю — 24 пациента с $\angle ANB > 4^\circ$; в 3-ю группу — 20 пациентов с $\angle ANB < 0^\circ$. В программе Mimics 21.0 сегментировали и создавали трехмерные модели ВДП и языка в формате .stl для измерения их объема. Извлекали центральную ось в трехмерных моделях ВДП для вычисления МППС и минимального гидравлического диаметра (МГД) (см. рис. 1). Для размещения центральной оси и предотвращения образования множества некорректных ветвей уменьшали разрешающую способность алгоритма до 20–40 мм.

Сформировали шаблон для трехмерного цефалометрического анализа (рис. 2, 3).

Использовали следующие ориентиры:

- ad_1 — аденоидная ткань на пересечении линии PNS–Ba и задней стенки носоглотки;
- ad_2 — аденоидная ткань на пересечении линии PNS–So и задней стенки носоглотки;
- ad_{1cc} — середина отрезка ad_1 – PNS

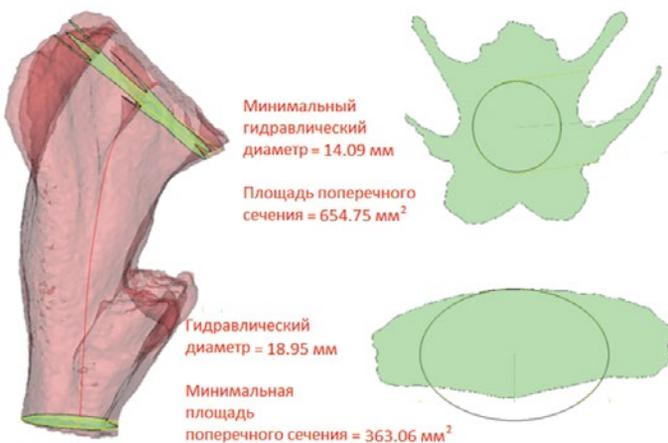


Рис. 1. Трехмерная модель ВДП с выделенной центральной осью. Минимальный ГД находится на уровне носоглотки, а МППС — на уровне язычного отдела ротоглотки

Fig. 1. 3D model of the upper airway with extracted centerline. Minimal hydraulic diameter is in the nasopharynx, the minimal cross-sectional area is in the glossopharynx

ANS — передняя носовая ось;
В — наиболее задняя точка на переднем контуре альвеолярной части нижней челюсти;
Ва — точка на переднем крае большого отверстия (*for. magnum*);
СIII — наиболее передняя нижняя точка на III шейном позвонке;
СIIp — наиболее задняя нижняя точка на II шейном позвонке;
СIIsp — наиболее задняя верхняя точка на II шейном позвонке;
ер — вершина надгортанника;
ер_{се} — точка в середине отрезка ер₁-ер₂;
ер₁ — точка пересечения передней стенки глотки и линии через точку ер;
ер₂ — точка пересечения задней стенки глотки и линии через точку ер;
Go — наиболее задняя нижняя точка по контуру угла нижней челюсти;
Н — наиболее передняя верхняя точка на теле подъязычной кости;
N — точка на переднем верхнем крае носолобного шва в сагиттальной плоскости;
Oг — наиболее глубокая точка по нижнему краю глазницы;
р — наиболее задняя нижняя точка мягкого неба;
р' — точка пересечения задней стенки глотки с плоскостью через точку р;
PNS — задняя носовая ось;
Ро — наивысшая точка по контуру наружного слухового прохода;
S — центр турецкого седла;
So — середина линии S-Ba;
арw — передняя стенка глотки в плоскости Go-B;

phw — задняя стенка глотки в плоскости Go-B;
ut — верхушка небного язычка;
RGn — наиболее задняя нижняя точка на симфизе нижней челюсти.

ВДП разделили на отделы. *Носоглотка* спереди ограничена плоскостью, проходящей через точки PNS и ad₂ перпендикулярно к сагиттальной плоскости; нижняя граница носоглотки, она же верхняя граница небного отдела — плоскость, параллельная франкфуртской горизонтали, перпендикулярная сагиттальной плоскости и проходящая через точку PNS; *небный отдел ротоглотки* имеет нижней границей плоскость через точку р, параллельную франкфуртской горизонтали и перпендикулярную к сагиттальной плоскости; *язычный отдел ротоглотки* имеет границы: верхняя — нижняя граница небного отдела, нижняя — плоскость через точку ер, параллельная франкфуртской горизонтали и перпендикулярная сагиттальной плоскости.

Измерили сагиттальные и трансверсальные линейные размеры ВДП, площадь поперечного сечения (ППС) по плоскостям через точки PNS-ad₂, PNS-ad₁, р-р', Go-B, ер₁-ер₂. Длину ВДП считали от точки ad₂ до точки в середине просвета ВДП в плоскости через точку Н, параллельной франкфуртской горизонтали. Наклон ВДП определяли по углу между франкфуртской горизонталью и прямой через точки ер_{се}-ad_{1се}. Краниоцервикальный угол — это угол, образованный NS и прямой через точки СIIp и СIIsp.

Определили положение подъязычной кости путем измерения сторон подъязычного треугольника (см. рис. 3), измерили длину и толщину мягкого неба.

Статистический анализ проводили в программе SPSS Statistics 26.

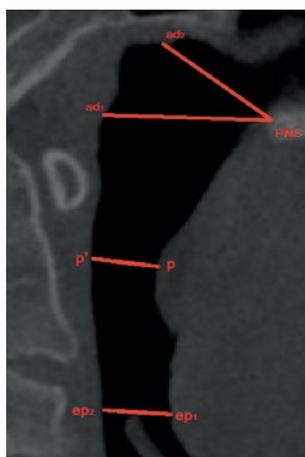


Рис. 2. Фрагмент КЛКТ, срединно-сагиттальный срез. Границы отделов ВДП
Fig. 2. Fragment of a CBCT slice in midsagittal plane. The borders of the upper airway compartments

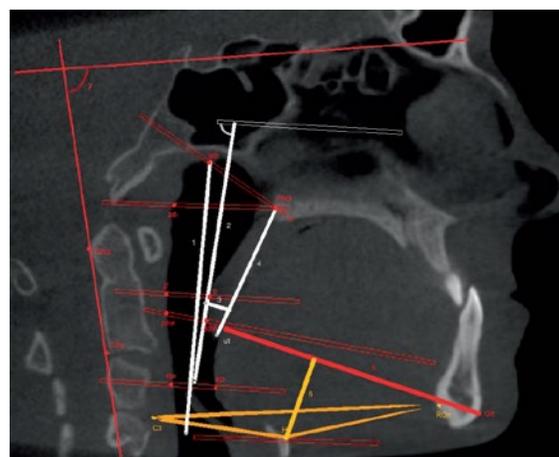


Рис. 3. КЛКТ, срединно-сагиттальный срез пациента, шаблон цефалометрического анализа. 1 — длина ВДП; 2 — наклон ВДП; 3 — толщина мягкого неба; 4 — длина мягкого неба; 5 — плоскость Go-Gn; 6 — HMP; 7 — краниоцервикальный угол
Fig. 3. A CBCT slice in midsagittal plane. 1 — length of the UA; 2 — UA inclination, 3 — soft palate thickness; 4 — soft palate length; Go-Gn plane; 6 — HMP; 7 — craniocervical angle

Результаты

С помощью критерия Краскела–Уоллиса сравнили 3 группы между собой по количественным признакам. Выявили различия по следующим параметрам:

- ширина ВДП в плоскости через мягкое небо ($p < 0,05$);
- сагиттальный размер ВДП в плоскости Go–B ($p < 0,05$);
- МГД ($p < 0,05$);
- объем небного отдела ($p < 0,05$);
- СИП–RGn ($p < 0,05$);
- Н–RGn ($p < 0,05$).

Используя U-критерий Манна–Уитни, сравнили группы попарно. В 3-й группе ширина ВДП на уровне мягкого неба ($p < 0,01$), сагиттальный размер в плоскости Go–B ($p < 0,05$), расстояние Н–RGn ($p < 0,05$) были больше, чем в 1-й.

Кроме этого, в 3-й группе общий объем ВДП ($p < 0,05$), объем язычного ($p < 0,05$) и небного ($p < 0,01$) отделов, объем языка ($p < 0,01$), МППС ($p < 0,05$), МГД ($p < 0,05$), ППС на уровне мягкого неба ($p < 0,05$) и Go–B ($p < 0,05$), ширина ВДП на уровне мягкого неба ($p < 0,01$) и сагиттальный размер в плоскости Go–B ($p < 0,01$) были больше, чем во 2-й.

Выявили взаимосвязь различных признаков с помощью корреляционного анализа по Спирмену. Значения коэффициента корреляции интерпретировали в соответствии со шкалой Чеддока. Наибольшее число статистически значимых связей размеров ВДП оказалось с краниоцервикальным углом. При запрокидывании головы и ее наклоне вперед размеры ВДП уменьшаются (табл. 1).

Установили умеренные статистически значимые связи между параметрами, характеризующими взаимоположение и размер челюстей, и ВДП. При увеличении $\angle ANB$ размеры ВДП и объем языка уменьшаются, а подъязычная кость занимает более заднее положение. При увеличении $\angle SNB$ увеличивается объем языка, толщина язычка мягкого неба, подъязычная кость занимает более переднее положение, а ВДП расположены более вертикально. При увеличении длины тела нижней челюсти Go–Gn увеличиваются объем языка, толщина язычка мягкого неба и размеры ВДП, а подъязычная кость занимает более переднее положение (табл. 2).

Большое количество статистически значимых связей с размерами ВДП показало расстояние от подъязычной кости до III позвонка. При более заднем положении подъязычной кости размеры ВДП уменьшены.

Ширина верхнего зубного ряда между первыми молярами и премолярами умеренно положительно связана с размерами носоглотки и толщиной язычка мягкого неба (табл. 3).

Провели множественный регрессионный анализ, зависимыми переменными в котором выступали размеры ВДП, а независимыми — параметры ЧЛО. Выявили, что для МППС наиболее предсказательными факторами являются краниоцервикальный угол ($r = -0,427$; $p < 0,01$) и расстояние между углами нижней челюсти ($r = -0,327$; $p < 0,05$). Для МГД — краниоцервикальный угол ($r = -0,385$; $p < 0,01$), длина нижней челюсти ($r = -0,442$; $p < 0,01$) и расстояние между углами нижней челюсти ($r = -0,449$; $p < 0,01$).

Таблица 1

Корреляционный анализ по Спирмену значений угловых параметров ЧЛО
Table 1. Spearman correlation analysis of angular measurements of the craniofacial region

	C3-RGn	H-RGn	ППС ер ₁ -ер ₂	ППС р ¹ -р	ППС Go-B	МГД	МППС	трансверс. р ¹ -р	сагит. ер ₁ -ер ₂	сагит. р ¹ -р	сагит. Go-B	наклон ВДП	толщина язычка	V языка	TV	V _{grh}	V _{prh}
$\angle ANB$	-0,475**	-0,376**	-0,205	-0,296*	-0,298*	-0,349**	-0,321*	-0,356**	-0,233	-0,168	-0,392**	-0,358**	-0,171	-0,330*	-0,252*	-0,273*	-0,287*
$\angle SNA$	-0,014	-0,006	-0,074	-0,085	-0,050	-0,124	-0,126	-0,163	-0,118	-0,003	-0,133	-0,053	0,204	0,099	-0,024	-0,107	-0,039
$\angle SNB$	0,482**	0,378**	0,106	0,193	0,225	0,202	0,184	0,195	0,084	0,092	0,230	0,342**	0,293*	0,406**	0,229	0,170	0,257*
$\angle OPT/NSL$	-0,258*	-0,114	-0,367**	-0,317*	-0,315*	-0,272*	-0,347**	-0,363**	-0,357**	-0,387**	-0,333**	0,531**	0,142	-0,038	-0,259*	-0,298*	-0,164

* — статистическая значимость $p < 0,05$; ** — статистическая значимость $p < 0,01$; Умеренные корреляции выделены полужирным шрифтом. V — объем, TV — общий объем ВДП, grh — язычный отдел ротоглотки, prh — носоглотка, vrh — небный отдел, OPT/NSL — краниоцервикальный угол, трансверс. — трансверсальный размер ВДП, сагит. — сагиттальный размер ВДП

Таблица 2

Корреляционный анализ по Спирмену значений размеров нижней челюсти и подъязычного треугольника

Table 2. Spearman correlation analysis of the size of the mandible and the hyoid triangle

	∠ANB	∠SNB	Go-Gn	ППС ер-ер ₂	ППС р-р	ППС Go-B	МГД	МППС	трансверс. р-р	сагит. ер-ер ₂	сагит. Go-B	наклон ВДП	толщина язычка	V языка	TV	Vgrh	Vprh
Go-Gn	-0,518**	0,560**	1,000	0,093	0,194	0,130	0,334**	0,181	0,126	0,157	0,276*	0,205	,497*	0,617**	0,194	0,185	0,195
СЗ-Н	-0,231	0,138	0,368*	0,365**	0,280*	0,279*	0,360**	0,313*	0,213	0,371**	0,360**	-0,241	0,221	0,377**	0,275*	0,310*	0,191
СЗ-RGn	-0,475**	0,482**	0,608**	0,344**	0,393**	0,349**	0,413**	0,398**	0,351**	0,452**	0,501**	-0,332**	0,241	0,565**	0,319*	0,373**	0,383**
Н-RGn	-0,376**	0,378**	0,428**	0,128	0,258*	0,158	0,231	0,202	0,285*	0,234	0,286*	-0,234	0,139	0,387**	0,184	0,231	0,306*

* — статистическая значимость $p < 0,05$; ** — статистическая значимость $p < 0,01$; Умеренные корреляции выделены полужирным шрифтом. V — объем, TV — общий объем ВДП, grh — язычный отдел, prh — носоглотка, OPT/NSL — краниоцервикальный угол, трансверс. — трансверсальный размер ВДП, сагит. — сагитальный размер ВДП

Таблица 3

Корреляционный анализ по Спирмену значений трансверсальных размеров верхней челюсти

Table 3. Spearman correlation analysis of the transversal measurements of the maxilla

	ППС ad ₂ -pns	трансверс. ad ₂ -pns	сагит. ad ₂ -pns	толщина язычка	V языка	Vprh
ширина неба на уровне 14-16	0,134	-0,110	0,144	0,105	0,028	0,221
ширина неба на уровне 16-26	0,164	0,021	0,168	0,080	0,058	0,194
ширина зубного ряда между 14-24	0,343**	0,095	0,366**	0,302*	0,283*	0,212
ширина зубного ряда между 16-26	,299*	0,145	0,325**	0,333**	0,250	0,183
J(n) - J(n)	0,273*	0,251*	0,210	0,231	0,262*	0,295*

* — статистическая значимость $p < 0,05$;

** — статистическая значимость $p < 0,01$; Умеренные корреляции выделены полужирным шрифтом.

J(n)–J(n) — ширина верхней челюсти между скуловыми отростками, V — объем, prh — носоглотка, сагит. — сагитальный размер ВДП, трансверс. — трансверсальный размер ВДП

Вывод

Обнаружены статистически значимые связи размеров ВДП с морфологией ЧЛО. Зафиксировано уменьшение размеров ротоглотки при дистальной окклюзии, наклоне головы вперед и вверх, более заднем расположении подъязычной кости. Сужение верхнего зубного ряда между премолярами и молярами сопровождается

уменьшением размеров носоглотки. Кроме того, при дистальной окклюзии уменьшены объем языка и толщина языка мягкого неба, подъязычная кость смещена кзади, а ВДП наклонены вперед. Наиболее предиктивными параметрами ЧЛО для наибольшего сужения ВДП являются краниоцервикальный угол и расстояние между углами нижней челюсти.

Литература/References

1. Angle E.H. Treatment of Malocclusion of the Teeth: Angle's System // White Dental Manufacturing Company, Philadelphia. – 1907. <https://wellcomecollection.org/works/brpcqyv9>
2. Behrents R.G., Shelgikar A.V., Conley R.S. Obstructive sleep apnea and orthodontics: An American Association of Orthodontists White Paper // Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. – 2019;156:13-28. DOI: 10.1016/j.ajodo.2019.04.009
3. Buchanan A., Cohen R., Looney S. Cone-beam CT analysis of patients with obstructive sleep apnea compared to normal controls // Imaging science in dentistry. – 2016;46(1):9-16. DOI: 10.5624/isd.2016.46.1.9
4. Chambi-Rocha A., Cabrera-Dominguez M.E., Dominguez-Reyes A. Breathing mode influence on craniofacial development and head posture // J Pediatr (Rio J). – 2018;94(2):123-130. DOI: 10.1016/j.jped.2017.05.007
5. Chen H., Aarab G., de Ruyter M.H.T. Three-dimensional imaging of the upper airway anatomy in obstructive sleep apnea: a systematic review // Sleep Medicine. – 2016;21:19-27. DOI: 10.1016/j.sleep.2016.01.022
6. Jordan A.S., McSharry D.G., Malhotra A. Adult obstructive sleep apnoea // Lancet. – 2014;383:736-747. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)60734-5
7. Lenza M.G., Lenza M.M., Dalstra M. An analysis of different approaches to the assessment of upper airway morphology: a CBCT study // Orthod Craniofac Res. – 2010;13(2):96-105. DOI: 10.1111/j.1601-6343.2010.01482.x
8. Lévy P., Kohler M., McNicholas W.T. Obstructive sleep apnoea syndrome // Nat Rev Dis Primers. – 2015;25;1:15015. DOI: 10.1038/nrdp.2015.15
9. Moss M.L. Neurotrophic Processes in Orofacial Growth // Journal of Dental Research. – 1971;50(6):1492-1494. DOI: 10.1177/00220345710500062301
10. Moss M.L., Salentijn L. The primary role of functional matrices in facial growth // Am J Orthod. – 1969;55(6):566-577. DOI: 10.1016/0002-9416(69)90034-7
11. Niu X., Madhan S., Cornelis M.A. Novel three-dimensional methods to analyze the morphology of the nasal cavity and pharyngeal airway // Angle Orthod. – 2021;91(3):320-328. DOI: 10.2319/070620-610.1
12. Pei Y.E., Lin K.Y., Kohli S. Cone-beam computed tomography assessment of upper airway dimensions in patients at risk of obstructive sleep apnea identified using STOP-Bang scores // Imaging Science in Dentistry. – 2021;51(4):439-446. DOI: 10.5624/isd.20210193
13. Wang X., Sun H., Zhu Y. Bilateral intermittent nasal obstruction in adolescent rats leads to the growth defects of mandibular condyle // Arch Oral Biol. – 2019;106:104473. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2019.06.008