

Транскутанна оксиметрія ангіосом верхньощелепної та лицевої артерій

I. I. Лучин^{id}*^{E,D}, A. V. Криванич^{id}^A, Н. І. Жеро^{id}^{E,F}, Ф. М. Павук^{id}^{B,C}, В. І. Русин^{id}^{A,F}

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Ключові слова:

ангіосома, пародонт, мікроциркуляція, транскутанне напруження.

Keywords:

angiosome, periodontium, microcirculation, transcutaneous tension.

Надійшла до редакції /
Received: 27.10.2023

Після доопрацювання /
Revised: 12.01.2024

Схвалено до друку /
Accepted: 16.01.2024

Конфлікт інтересів:
відсутній.

Conflicts of interest:
authors have no conflict
of interest to declare.

*E-mail:
Dr.luchynivan@gmail.com

Мета роботи – для кількісного прогнозування та контролю якості лікування при захворюваннях пародонта визначити транскутанне напруження кисню та вуглекислого газу в ангіосомах верхньощелепної та лицевої артерій у здорових дорослих людей.

Матеріали і методи. У дослідженні взяли участь 17 здорових людей: 10 (58 %) чоловіків віком 24 (22–27) роки, масою тіла 66 (62–80) кг і зростом 175 (169–182) см; 7 (42 %) жінок, середній вік яких становив 23 (20–26) роки, маса тіла – 58 (47–72) кг, зріст – 165 (160–178) см.

Результати. Найбільші значення перфузії тканин киснем встановили в ангіосомах верхньої щелепи порівняно з ангіосомами нижньої щелепи, де цей показник коливався в межах 105–153 мм рт. ст. На нижній щелепі максимальне значення індексу регіональної перфузії (ІРП) становило $1,70 \pm 0,04$, зафіксоване у тій точці вимірювання, де а. mentalis виходить через однойменний отвір на підборідді, анастомозуючи з гілками а. facialis. Найбільші значення перфузії тканин вуглекислим газом встановили в ангіосомах нижньої щелепи (28–36 мм рт. ст.). Неінвазивні вимірювання напруження кисню та вуглекислого газу в тканинах дають змогу точніше, безпосередньо візуалізувати й контролювати мікроциркуляцію в тканинах відповідних ангіосом.

Висновки. Індекс регіональної перфузії на верхній щелепі в нормі становить від 2,2 до 2,6 ($p < 0,0001$), в ангіосомі нижньої щелепи значення ІРП дорівнює 1,3–1,7 ($p < 0,0001$). Напруження вуглекислого газу в тканинах верхньої та нижньої щелепи в середньому становить 31–34 мм рт. ст. ($p < 0,05$), досягає максимуму в зонах найменшої перфузії кисню.

Сучасні медичні технології. 2024. № 1(60). С. 54-59

Transcutaneous oximetry of angiosomes of maxillary and facial arteries

I. I. Luchyn, A. V. Kryvanych, N. I. Zhero, F. M. Pavuk, V. I. Rusyn

Aim. To qualitatively predict and control the quality of periodontal diseases treatment, to determine changes in the transcutaneous pressure of oxygen and carbon dioxide in angiosomes of maxillary and facial arteries in healthy adults.

Materials and methods. 17 healthy people participated in this study. There were 10 (58 %) men aged 24 (22–27), weight 66 (62–80) kg and height 175 (169–182) cm and 7 (42 %) women, whose average age was 23 (20–26) years old, weight 58 (47–72) kg, height 165 (160–178) cm.

Results. The highest values of tissue perfusion with oxygen were observed in the angiosomes of the upper jaw compared to the angiosomes of the lower jaw, where this indicator ranged from 105 to 153 mm Hg. On the lower jaw, the maximum value of the regional perfusion index (RPI) of 1.70 ± 0.04 was observed at the point of measurement where a. mentalis exits through the homonymous chin orifice, anastomosing with the branches of a. facialis. The highest values of tissue perfusion with carbon dioxide were observed in angiosomes of the lower jaw (28–36 mm Hg). In general, non-invasive measurements of oxygen and carbon dioxide pressure in tissues allow more accurate and direct visualization and control of microcirculation in the tissues of the corresponding angiosomes.

Conclusions. The index of regional perfusion on the upper jaw is normally in the range of 2.2 to 2.6 ($p < 0.0001$). In the angiosome of the lower jaw, the RPI value is within 1.3–1.7, respectively ($p < 0.0001$). The tension of carbon dioxide in the tissues of the upper and lower jaw averages 31–34 mm Hg ($p < 0.05$), reaches its maximum in the zones of the lowest oxygen perfusion.

Modern medical technology. 2024;(1):54-59

Патологія щелепно-лицевої ділянки є однією з найпоширеніших хвороб людини. Незважаючи на вдосконалення методів діагностики та лікування, частота її появи неухильно зростає. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, функціональні розлади зубо-щелепно-лицевої системи, зумовлені втратою зубів від захворювань пародонта, виникають у 5 разів частіше, ніж при ускладненнях карієсу [1,2,3,4,5].

Сучасні електронномікроскопічні дослідження тканин пародонта показали, що вже на ранніх стадіях пародонтиту легкого ступеня в мікросудинах ясен і прилеглих відділах пародонта можна спостерігати ознаки пошкодження, що викликає погіршення їхньої перфузії киснем (PO_2). При цьому ішемію тканин, яку визначають за підвищенням рівня лактату в артеріальній крові та тканинного черезшкірного тиску вуглекислого газу ($tcpCO_2$), можна пояснити селективним зниженням кровотоку в мікросудинах [6,7,8,9]. Нині мікроциркуляцію вивчено недостатньо, і це є значною прогалиною в сучасній базі знань. Різномічне вивчення мікроциркуляції має надати об'єктивні кількісні показники для діагностики й оцінювання результатів лікування.

Концепція ангіосом введена більше ніж 20 років тому Тейлором і Палмером. Згідно з нею, тіло людини анатомічно складається з кількох тривимірних композитних блоків тканин, яким забезпечують кровопостачання певні вихідні судини [10,11,12,13,14,15]. Таких ділянок, названих ангіосомами, розрізняють 40. У нормі кожна з них з'єднана з двома сусідніми незначною кількістю істинних анастомозів, значно частіше – choke vessels, тобто неповноцінними анастомозами [16,17,18]. Вони, як правило, розташовані у товщі однойменних м'язових тканин із найбільшою щільністю.

Визначили не менше ніж 13 ангіосом голови та шиї, що постачаються гілками зовнішньої сонної, внутрішньої сонної та підключичної артерій, відображаючи їхні тривимірні території в шкірі, глибоких м'язках тканинах і кістці. Незважаючи на те, що більшість ангіосом охоплювали шкіру та кістку, три території – хребетні, язикові та висхідні судини глотки – обмежені глибокими тканинами без представлення на шкірі [11,13,18].

Базові значення транскутанної оксиметрії відповідних ангіосом у здорових дорослих людей можуть дати орієнтир для майбутніх вимірювань у реальному часі при патології пародонта, сприятимуть правильному оцінюванню параметрів перфузії перед хірургічним втручанням та оптимальному післяопераційному моніторингу протягом періоду загоювання.

Мета роботи

Для кількісного прогнозування та контролю якості лікування при захворюваннях пародонта визначити транскутанне напруження кисню та вуглекислого газу в ангіосомах верхньощелепно-лицевої артерій у здорових дорослих людей.

Матеріали і методи дослідження

У дослідженні взяли участь 17 здорових суб'єктів європейської раси. Серед обстежених – 10 (58 %) чоловіків (вік – 24 (22–27) роки, маса тіла – 66 (62–80) кг, зріст – 175 (169–182) см) та 7 (42 %) жінок (середній вік становив 23 (20–26) роки, маса тіла – 58 (47–72) кг, зріст – 165 (160–178) см.

Усі учасники пройшли загальний фізичний огляд. Критерії залучення до дослідження – відсутність будь-якої серцево-судинної патології та супутніх захворювань з боку інших органів і систем. Під час огляду ротової порожнини клінічних ознак гінгівіту або пародонтиту не виявлено. Усі добровольці дали письмову інформовану згоду на участь в експерименті, протокол якого відповідав усім етичним вимогам, що затверджені Гельсінською декларацією Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини у якості об'єкта дослідження».

Вивчали мікроциркуляцію шкіри обличчя, враховуючи ангіосомний підхід, на апараті TCM400 Radiometer (Данія). Черезшкірний тиск кисню ($tcpO_2$) вимірювали за допомогою електрода типу Clark; черезшкірний тиск вуглекислого газу – за допомогою вуглекислого електрода типу Severinhaus. Застосували комбінований транскутанний електрод тиску кисню та вуглекислого газу, який розміщували у відповідних точках. Електрод прикріплювали в ділянці шкіри верхньої та нижньої щелепи клейкою стрічкою. Усі вимірювання виконали за кімнатної температури повітря.

Для досягнення статистично достовірних результатів аналізували не абсолютні значення, а відношення отриманого значення в точці вимірювання на верхній або нижній щелепі до такого ж значення у ділянці грудної клітки. Норма напруження кисню для шкіри грудної клітки – 85 мм рт. ст., для міжпальцевого проміжку – 60 мм рт. ст. Отриманий показник двох величин визначили як індекс регіональної перфузії (ІРП). Надалі ІРП обраховували щодо значення перфузії в досліджуваній ангіосомі до такого ж значення у нормальній точці конкретного пацієнта (ліктьова ямка). Індекс регіональної перфузії використовують для виключення впливу серцево-легеневих порушень і спрощення інтерпретації $tcpO_2$, яке співвідносять зі значеннями, що одержали на грудній клітці.

Також вимірювали частоту серцевих скорочень, систолічний і діастолічний артеріальний тиск на ліктьовій артерії протягом усього дослідження за допомогою автоматичної системи накачування манжетки діаметром 16 см, щоб контролювати загальні гемодинамічні показники суб'єктів дослідження. Всі суб'єкти знаходились у горизонтальному положенні в однакових кліматичних умовах; у всіх обстежених виключено попереднє навантаження.

Результати наведено як середнє значення та квадратичне відхилення. Розподіл є нормальним, згідно з квантиль-квантильними графіками і тестом на нормальність Шапіро–Вілка. Відмінності між парними значеннями аналізували з використанням одновибіркового Т-критерію Стюдента. Значення p обраховано, зважаючи на кількість учасників при кожному тиску; вірогідними результати визначали при $p < 0,05$. Кореляційний аналіз виконали за допомогою кореляційного критерію Пірсона. Статистичне опрацювання й аналіз результатів виконали за допомогою програм Jamovi та Excel-2019.

Кровопостачання ясен забезпечують здебільшого супраперіостальні кровоносні судини термінальних гілок під'язикової, ментальної, щічної, лицевої, великої піднебінної, нижньоочної та задньої верхньої зубної артерій (рис. 1).

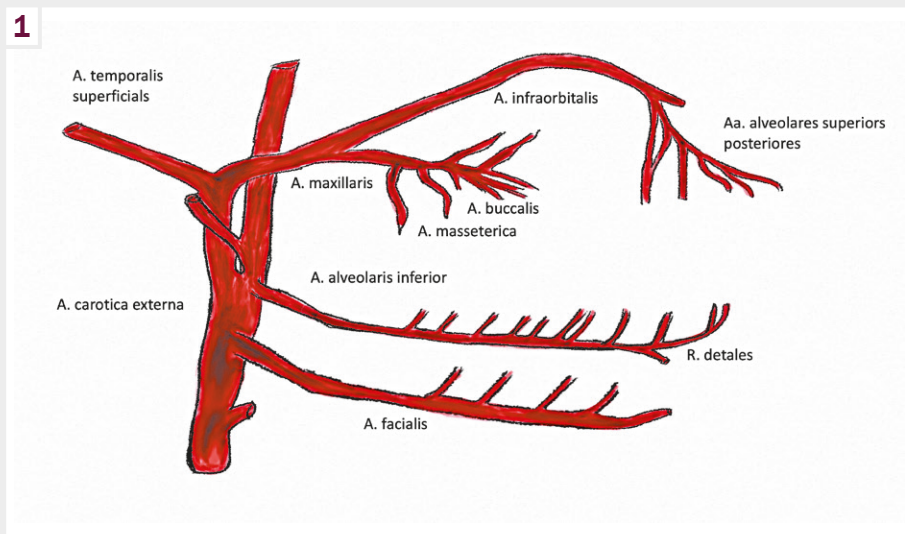


Рис. 1. Схема артеріального кровопостачання верхньої та нижньої щелеп (авторське зображення).

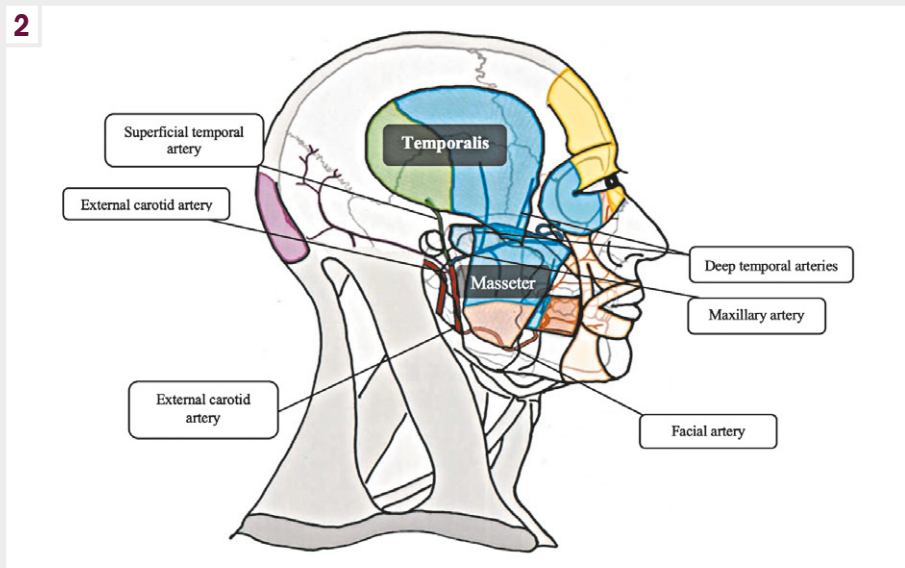


Рис. 2. Спрощена ілюстрація ангіосом обличчя (авторське зображення).

Результати

Для визначення $tcpO_2$ вивчали ангіосоми: верхньощелепної артерії (a. maxillaris), нижньої альвеолярної артерії (a. alveolaris inferior), задньої верхньої альвеолярної артерії (a. alveolaris superior-posterior), щічної артерії (a. buccalis).

Верхньощелепна артерія (a. maxillaris) розташована в підскроневій ямці. Її кінцева частина досягає крило-піднебінної ямки. Топографічно цю артерію можна розділити на три відділи: нижньощелепний, підскроневий і крило-піднебінний. Нижньощелепний відділ артерії огинає скронево-нижньощелепний суглоб із медіального боку та дає три гілки.

Нижня альвеолярна артерія (a. alveolaris inferior) спрямована в нижньощелепний канал, постачає кров'ю нижні зуби, нижню щелепу та ясна. Її кінцева гілка – a. mentalis – виходить через однойменний отвір на підборіддя, де анастомозує з гілками a. facialis.

Кілька гілок задньої верхньої альвеолярної артерії (a. alveolaris superior-posterior) проникають у товщу верхньої щелепи через отвори в tuberositas maxillaris. Ця артерія здійснює кровопостачання великих корінних зубів, ясен і слизової оболонки верхньощелепної пазухи.

Щічна артерія (a. buccalis) постачає кров'ю м'язи та слизову оболонку щоки, анастомозує з гілками лицевої артерії (рис. 2).

Кожен суб'єкт мав стабільну частоту серцевих скорочень (ЧСС), систолічний і діастолічний артеріальний тиск (АТ) протягом усього експерименту. Показники істотно не змінювалися, становили в середньому: ЧСС – $62,0 \pm 13,0$ за хв, систолічний АТ – $106,0 \pm 15,0$ мм рт. ст., діастолічний АТ – $60,0 \pm 7,0$ мм рт. ст.

Транскутанне напруження кисню вимірювали на верхній і нижній щелепі в трьох точках з правого боку (рис. 3).

Таблиця 1. Транскутанне напруження кисню (tcpO_2) ангіосом верхньої та нижньої щелепи, $n = 17$

Локалізація	Транскутанне напруження O_2 , мм рт. ст.		ІРП, $M \pm m$	p
	min	max		
Верхня щелепа				
1 точка	181	187	$2,20 \pm 0,02$	<0,0001
2 точка	240	252	$2,90 \pm 0,04$	
3 точка	210	231	$2,60 \pm 0,07$	
Нижня щелепа				
1 точка	105	117	$1,30 \pm 0,04$	<0,0001
2 точка	119	139	$1,50 \pm 0,08$	
3 точка	139	153	$1,70 \pm 0,04$	

На верхній щелепі точки вимірювання відповідали таким локалізаціям: 1 точка – розташована на краю виличної кістки; 2 точка – знаходиться посередині виличної кістки черепа; 3 точка – розташована посередні між верхньою губою та носом.

На нижній щелепі точки вимірювання відповідали таким локалізаціям: 1 точка – розташована в куті нижньої щелепи; 2 точка – знаходиться посередині між 1 і 2 точкою на нижній щелепі; 3 точка – розташована по середній лінії між нижньою губою та підборідним виступом.

Результати вимірювання транскутанного напруження тиску кисню наведено в таблиці 1. Найбільші значення перфузії тканин киснем встановили в ангіосомах верхньої щелепи (181–252 мм рт. ст.) порівняно з ангіосомами нижньої щелепи, де цей показник дорівнював 105–153 мм рт. ст. Максимальне транскутанне напруження O_2 визначили у другій точці вимірювання на верхній щелепі (ІРП $2,90 \pm 0,04$). Водчевидь, це пов'язано з множинними анастомозами артерій а. buccalis та а. masseterica з гілками лицевої артерії та крилоподібними

(аа. pterygoidei), що кровопостачають жувальні м'язи. На нижній щелепі максимальне значення ІРП $1,70 \pm 0,04$ встановили у точці вимірювання, де а. mentalis виходить через однойменний отвір на підборідді, анастомозуючи з гілками а. facialis.

Порівнявши результати, отримані під час дослідження, а саме показник регіональної перфузії кисню (ІРП), виявили: на верхній щелепі він становить від 2,2 до 2,6 ($p < 0,0001$); в ангіосомах нижньої щелепи ІРП дорівнював 1,3–1,7 ($p < 0,0001$). Статистично достовірно дані відрізняються в різних точках вимірювання і на верхній, і на нижній щелепі ($p < 0,0001$) (рис. 4). Це свідчить про наявність особливостей кровопостачання різних ділянок лицевої області черепа.

Зазначимо, що результати дослідження можна логічно співвіднести з анатомічною схемою кровопостачання, де у верхньої щелепи більше притоків, і, відповідно, вищим є перфузійний індекс – ІРП.

Показники вимірювання транскутанного напруження вуглекислого газу наведено в таблиці 2. Найбільші значення перфузії тканин вуглекислим газом зафіксували в ангіосомах нижньої щелепи (28–36 мм рт. ст.) порівняно з ангіосомами верхньої щелепи, де цей показник дорівнював 28–35 мм рт. ст. Найбільші середні значення транскутанного напруження вуглекислого газу встановили в 1 точці на верхній і нижній щелепах; це слабо корелює з найнижчим показником tcpCO_2 ($p < 0,05$).

Середні значення транскутанного напруження вуглекислого газу наведено на рис. 5. Найвищі значення транскутанного напруження tcpCO_2 встановили на 1 точці. На верхній щелепі tcpCO_2 становило $34,00 \pm 1,28$ мм рт. ст., на нижній щелепі – $34,00 \pm 1,46$ мм рт. ст. ($p < 0,0001$). Низькі показники напруження вуглекислого газу одержали на 3 точках верхньої та нижньої щелепи – $31,00 \pm 1,38$ мм рт. ст. і $31,00 \pm 1,26$ мм рт. ст. відповідно ($p < 0,0001$).

Обговорення

Захворювання пародонта – одна з найскладніших проблем у стоматології, незважаючи на те, що постійно підвищується рівень надання стоматологічної допомоги.

Пародонт – це комплекс тканин, що оточують зуб і тісно пов'язані одна з одною генетично, морфологічно і функціональ-

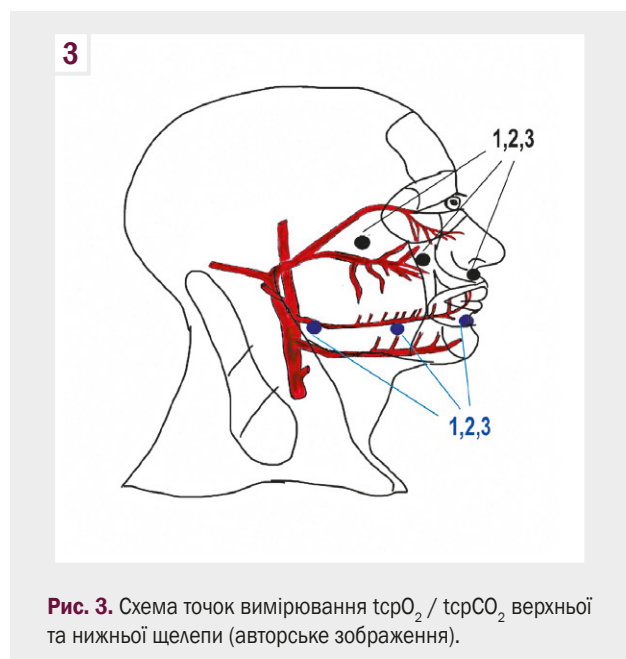
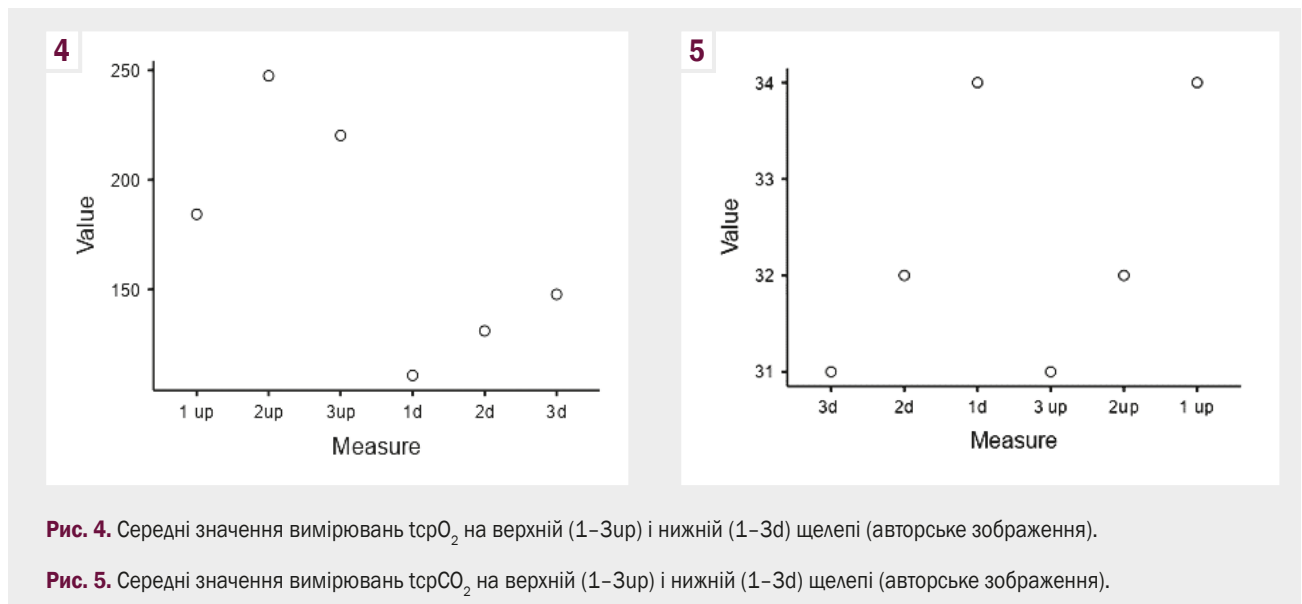


Рис. 3. Схема точок вимірювання tcpO_2 / tcpCO_2 верхньої та нижньої щелепи (авторське зображення).

Таблиця 2. Транскутанне напруження вуглекислого газу $tcrCO_2$ ангіосом верхньої та нижньої щелепи, $n = 17$

Локалізація	Транскутанне напруження CO_2 , мм рт. ст.		$tcrCO_2$, $M \pm m$	p
	min	max		
Верхня щелепа				
1 точка	30	35	$34,00 \pm 1,28$	<0,0001
2 точка	30	33	$32,00 \pm 1,06$	
3 точка	28	33	$31,00 \pm 1,38$	
Нижня щелепа				
1 точка	30	36	$34,00 \pm 1,46$	<0,0001
2 точка	30	34	$32,00 \pm 1,14$	
3 точка	28	33	$31,00 \pm 1,26$	



но. Цей морфофункціональний комплекс включає ясна, кісткову тканину, альвеоли, періодонт і тканини зуба. Ясна складаються з епітелію та слизової оболонки. Вони вкриті багатшаровим пласким епітелієм, що складається з кількох клітинних шарів: базального, шипоподібного та зернистого. Власне слизова оболонка ясен є пухкою сполучною тканиною (сосочковим шаром), розміщена безпосередньо під епітелієм, є щільнішою сполучною тканиною в глибоких ділянках ясен (сітчастий шар). Слизова оболонка складається з базальної (міжклітинної) речовини, волокнистих структур і клітинних елементів, а також із кровоносних і лімфатичних судин і нервових закінчень.

У яснах добре виражена мікроциркуляторна сітка судин: артеріоли, капіляри, посткапіляри, венули. Визначили, що напруження $tcrO_2$ на верхній щелепі більше, ніж на нижній. Це пов'язано, на нашу думку, з більш розгалуженим колатеральним кровотоком на верхній щелепі завдяки анастомозам *m. buccinator* та *m. masseter*. Зазначимо, що $tcrCO_2$ досягає максимуму в зоні найнижчих показників $tcrO_2$ і на верхній, і на нижній щелепі.

У яснах визначають артеріо-венулярні анастомози. Капілярам належить провідна роль у забезпеченні нормального

обміну речовин у тканинах ясен. Будова мікроциркуляторного русла в ділянці щілини ясен і прикріплення епітелію передбачає, що капіляри не мають петель і досягають поверхні епітелію, забезпечуючи підвищену проникність.

Для пародонтозу характерне ураження всіх структур пародонта. Основу морфології патогенезу цього захворювання становлять процеси ексудативного й альтернативного запалення з чітко вираженими та наростаючими явищами деструкції альвеолярної кістки, цементу зуба та періодонта.

Важлива ланка в патогенезі запальних захворювань пародонта – порушення мікроциркуляції. При розвитку запалення виникає гіперемія, набряк, інфільтрація слизової оболонки ясенних сосочків. Після короткочасного рефлекторного звуження просвіту припливних малих артерій розвивається стійке розширення судин, уповільнення виходу плазми крові із судин. Визначають набряк та інфільтрацію судинних стінок периваскулярною сполучною тканиною слизової оболонки ротової порожнини з наступним погіршенням мікроциркуляції.

Мікроциркуляторна функція є передумовою адекватної оксигенації тканин, а отже функції органів. Кров транспортує

кисень і поживні речовини до тканин, забезпечує адекватну імунологічну функцію, а під час хвороби – терапевтичні препарати до клітин-мішеней. Методи, що використовували для вивчення мікроциркуляції (мікроскопія, лазерна доплерографія або платизмографія), могли забезпечити лише глобальне вимірювання мікросудинного кровотоку, тобто встановлення середнього значення будь-якого діаметра або напряму окремих судин.

Останні технологічні розробки дають змогу точніше і безпосередньо досліджувати перфузію тканин. Це передусім неінвазивні вимірювання напруження кисню та вуглекислого газу в тканинах, що дають змогу безпосередньо візуалізувати та контролювати мікроциркуляцію в тканинах відповідних ангіосом.

Висновки

1. Індекс регіонарної перфузії на верхній щелепі в нормі становить від 2,2 до 2,6 ($p < 0,0001$), в ангіосомі нижньої щелепи значення ІРП дорівнює 1,3–1,7 ($p < 0,0001$).

2. Напруження вуглекислого газу в тканинах верхньої та нижньої щелепи в середньому становить 31–34 мм рт. ст. ($p < 0,05$), досягає максимуму в зонах найменшої перфузії tcpO_2 .

3. Неінвазивний спосіб вимірювання напруження кисню і вуглекислого газу в тканинах відповідних ангіосом дає змогу кількісно прогнозувати, контролювати якість лікування при захворюваннях пародонта та відновлювальних втручаннях у щелепно-лицевій хірургії, ортодонтії.

Відомості про авторів:

Лучин І. І., аспірант каф. стоматології післядипломної освіти, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна.

ORCID ID: 0000-0002-1573-4766

Криванич А. В., інтерн каф. стоматології післядипломної освіти, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна.

ORCID ID: 0000-0002-1430-4270

Жеро Н. І., канд. мед. наук, доцент каф. стоматології післядипломної освіти, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна.

ORCID ID: 0000-0002-8083-9310

Павук Ф. М., канд. мед. наук, асистент каф. онкології, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Україна.

ORCID ID: 0000-0001-6721-9806

Русин В. І., д-р мед. наук, професор каф. хірургічних хвороб, ДВНЗ «Ужгородський національний університет»; лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, заслужений лікар України.

ORCID ID: 0000-0001-5688-9951

Information about the authors:

Luchyn I. I., MD, Postgraduate Student of the Department of Stomatology of Post-Graduate Education, State University "Uzhhorod National University", Ukraine.

Kryvanych A. V., MD, Intern of the Department of Stomatology of Post-Graduate Education, State University "Uzhhorod National University", Ukraine.

Zhero N. I., MD, PhD, Associate Professor of the Department of Stomatology of Post-Graduate Education, State University "Uzhhorod National University", Ukraine.

Pavuk F. M., MD, PhD, Assistant of the Department of Oncology, State University "Uzhhorod National University", Ukraine.

Rusyn V. I., MD, PhD, DSc, Professor of the Department of Surgical Diseases, State University "Uzhhorod National University", Ukraine.

References

1. Alsalleeh F, Alhadlaq AS, Althumiri NA, AlMousa N, BinDhim NF. Public Awareness of the Association between Periodontal Disease and Systemic Disease. *Healthcare (Basel)*. 2022;11(1):88. doi: 10.3390/healthcare11010088
2. Gasner NS, Schure RS. Periodontal Disease. [Updated 2023 Apr 10]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554590/>
3. Sedghi LM, Bacino M, Kapila YL. Periodontal Disease: The Good, The Bad, and The Unknown. *Front Cell Infect Microbiol*. 2021;11:766944. doi: 10.3389/fcimb.2021.766944
4. Bhuyan R, Bhuyan SK, Mohanty JN, Das S, Juliana N, Juliana IF. Periodontitis and Its Inflammatory Changes Linked to Various Systemic Diseases: A Review of Its Underlying Mechanisms. *Biomedicine*. 2022;10(10):2659. doi: 10.3390/biomedicine10102659
5. Fischer RG, Lira Junior R, Retamal-Valdes B, Figueiredo LC, Malheiros Z, Stewart B, et al. Periodontal disease and its impact on general health in Latin America. Section V: Treatment of periodontitis. *Braz Oral Res*. 2020;34(suppl 1):e026. doi: 10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0026
6. Barry O, Wang Y, Wahl G. Determination of baseline alveolar mucosa perfusion parameters using laser Doppler flowmetry and tissue spectrophotometry in healthy adults. *Acta Odontol Scand*. 2020;78(1):31-7. doi: 10.1080/00016357.2019.1645353
7. Lashari DM, Aljunaid MA, Ridwan RD, Diyatri I, Lashari Y, Qaid H, et al. The ability of mucoadhesive gingival patch loaded with EGCG on IL-6 and IL-10 expression in periodontitis. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2022;12(5):679-82. doi: 10.1016/j.jobcr.2022.08.007
8. Qi W, Zhuo M, Tian Y, Dawa Z, Bao J, An Y. Application of Intelligent Monitoring of Percutaneous Partial Oxygen Pressure in Evaluating the Evolution of Scar Hyperplasia. *J Healthc Eng*. 2021;2021:8241193. doi: 10.1155/2021/8241193
9. Pasquali S, Hadjinicolaou AV, Chiarion Sileni V, Rossi CR, Mocellin S. Systemic treatments for metastatic cutaneous melanoma. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018, Issue 2. Art. No.: CD011123. doi: 10.1002/14651858.CD011123.pub2
10. Rother U, Lang W, Horch RE, Ludolph I, Meyer A, Gefeller O, et al. Pilot Assessment of the Angiosome Concept by Intra-operative Fluorescence Angiography After Tibial Bypass Surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2018;55(2):215-21. doi: 10.1016/j.ejvs.2017.11.024
11. Alexandrescu VA, Kerzmann A, Boesmans E, Holemans C, Defraigne JO. Angiosome concept for vascular interventions. In: *The Vasculome*. Elsevier; 2022. p. 403-12. doi: 10.1016/B978-0-12-822546-2.00020-4
12. Croo A, Versyck T, Duinlaeger A, Harth C, Vermassen F, Randon C. The impact of an angiosome-targeted revascularization on healing rate, limb salvage and survival in critical limb threatening ischemia. *Acta Chir Belg*. 2022;122(2):107-15. doi: 10.1080/00015458.2021.1881337
13. Charbonnier B, Maillard S, Sayed O, Baradaran A, Mangat H, et al. Biomaterial-Induction of a Transplantable Angiosome. *Adv Funct Mater*. 2020;30(1):1905115. doi: 10.1002/adfm.201905115
14. Stimpson AL, Dilaver N, Bosanquet DC, Ambler GK, Twine CP. Angiosome Specific Revascularisation: Does the Evidence Support It? *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2019;57(2):311-7. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.07.027
15. Tovar N, Witek L, Neiva R, Marão HF, Gil LF, Atria P, et al. In vivo evaluation of resorbable supercritical CO₂-treated collagen membranes for class III furcation-guided tissue regeneration. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2019;107(5):1320-8. doi: 10.1002/jbm.b.34225
16. Wen-Bo L, Chao Z, Shi J, Huang Q, Jia DD, Gao QM. Choke vessel growth in perforator flaps and the conception of angiosome. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*. 2018;22(8):1261-6. doi: 10.3969/j.issn.2095-4344.0146
17. Taylor GI, Corlett RJ, Ashton MW. The Functional Angiosome: Clinical Implications of the Anatomical Concept. *Plast Reconstr Surg*. 2017;140(4):721-33. doi: 10.1097/PRS.0000000000003694
18. Cai B, Yuan R, Zhu GZ, Zhan WF, Luo CE, Kong XX, et al. Deployment of the Ophthalmic and Facial Angiosomes in the Upper Nose Overlaying the Nasal Bones. *Aesthet Surg J*. 2021;41(12):NP1975-85. doi: 10.1093/asj/sjab003