

DOI: 10.21802/artm.2020.3.15.106.

УДК 612.017.1+616.833-002+616.379-008.64+615.37

## ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНОЇ ПЕРЕБУДОВИ НЕЙРОМ'ЯЗОВИХ З'ЄДНАНЬ ЖУВАЛЬНОГО І СКРОНЕВОГО М'ЯЗІВ У ПОСТНАТАЛЬНОМУ ПЕРІОДІ ОНТОГЕНЕЗУ

О.Є. Кошкін

*Івано-Франківський національний медичний університет, кафедра дитячої стоматології,  
м. Івано-Франківськ, Україна,  
ORCID ID: 0000-0002-6527-8965, e-mail: koshkinoleg@ukr.net*

**Резюме.** Скроневий і жувальний м'язи є одними зі складових компонентів жувального апарату й беруть участь у багатьох функціях організму. Порушення функцій жувальних м'язів є потужним етіопатогенетичним чинником виникнення аномалій положення зубів і розвитку щелеп, що призводять до аномалії прикусу. Тому метою нашої роботи було встановлення морфогенезу нейром'язових з'єднань (НМЗ) жувального і скроневого м'язів у постнатальному періоді онтогенезу.

Площа НМЗ у 2-міс. тварин у скроневому та жувальному м'язах є в 1,6-1,5 раза менша від відповідних величин у 6-міс. щурів (у всіх випадках  $p < 0,05$ ). Окремі м'язові волокна 2-міс. тварин мають полінейронну іннервацію, тоді як у 6-міс. вона є тільки мононейронною. У скроневому м'язі площа НМЗ і патерн галузень термінальних гілочок аксонів є вірогідно більшими за відповідні показники жувального м'яза, при цьому ця закономірність простежується у щурів різних вікових груп і очевидно залежить від розмірів м'язових волокон, оскільки нами виявлена прямопропорційна кореляція між площами м'язових волокон і НМЗ.

З віком вірогідно збільшуються площа нейром'язових синапсів, кількість і площа складок засинаптичної перетинки та відстань між ними, кількість синаптичних пухирців. Така перебудова нейром'язових синапсів призводить до зростання чисельності активних зон у них. Площа нейром'язових синапсів є вірогідно більшою у скроневому м'язі ніж у жувальному, при цьому синаптоархітектоніка нейром'язових синапсів у досліджуваних м'язах щурів різних вікових груп суттєво не відрізняється між собою.

Таким чином, у щурів різних вікових груп площа НМЗ є вірогідно більшою у скроневому м'язі порівняно із жувальним і прямопропорційно залежить від розмірів м'язових волокон. У 2-міс. щурів синаптоархітектоніка нейром'язових синапсів є сформованою і за якісними показниками не відрізняється від такої у 6-міс. щурів.

**Ключові слова:** нейром'язовий синапс, нейром'язове з'єднання, скроневий м'яз, жувальний м'яз.

**Вступ.** Скроневий і жувальний м'язи є одними зі складових компонентів жувального апарату й беруть участь у багатьох функціях організму: жуванні, ковтанні, диханні, мові. Механізм жування передбачає координацію умовних і безумовних рефлексів, які визначають час перебування їжі в ротовій порожнині, забезпечує якість механічної і хімічної її обробки [1, 2]. Як відомо, жувальні навантаження є одним із головних механічних факторів морфогенезу органів ротової порожнини. Вони сприяють формуванню й адаптаційній перебудові органів і тканин ротової порожнини і щелепно-лицевої ділянки в постнатальному періоді онтогенезу [3]. Зміни характеру жувальних навантажень внаслідок змін фізичних властивостей їжі призводять до гісто-морфологічної перебудови органів ротової порожнини, внаслідок їх адаптації до нових умов функціонування [2, 3].

Збереження міодинамічної рівноваги між м'язами-антагоністами і синергістами створює умови для нормального розвитку зубощелепної системи [4, 5]. Порушення функцій жувальних м'язів є потужним етіопатогенетичним чинником виникнення аномалій положення зубів і розвитку щелеп, що призводять до аномалії прикусу [5]. Порушення міодинамічної рівноваги спостерігається між щічними, жувальними і

скроневими м'язами, а також надпід'язиковими. Такі порушення можуть виникнути в ранньому дитячому віці, оскільки організм перебуває під впливом не тільки біологічних, а й соціальних факторів (наприклад, характер вигодовування), що може призводити до розвитку дистального прикусу. Переважання функції однієї з цих двох пар під час жування (масетеріальний або темпоральний тип жування) до певної міри визначає напрям росту нижньої щелепи. Якщо переважає функція власне жувального м'яза, то розвивається мезіальний прикус, якщо скроневих м'язів – дистальний. Окремі автори довели, що зі збільшенням віку дітей величина біопотенціалів жувальних і скроневих м'язів збільшується, а кількість жувальних рухів зменшується [4].

Тому метою нашої роботи було встановлення морфогенезу нейром'язових з'єднань жувального і скроневого м'язів у постнатальному періоді онтогенезу.

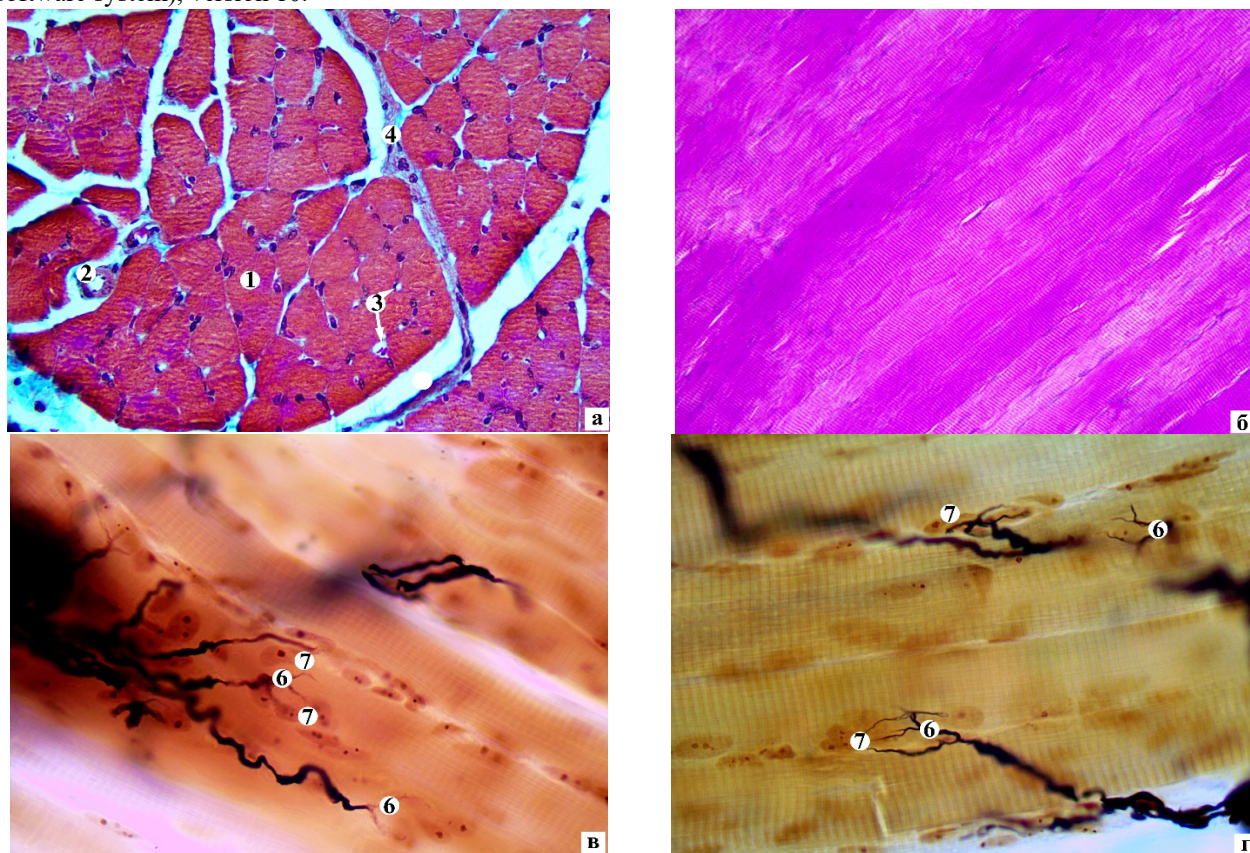
**Матеріали і методи.** Матеріалом для дослідження слугували скроневий і жувальний м'язи 5 нестатевозрілих (2-міс. щури масою 65-95 г) і 5 статевозрілих (6-міс. щури масою 160-180 г) білих безпородних щурів-самців. Усі маніпуляції, які проводилися із тваринами впродовж експерименту, не супе-

речили положенням Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986), Директиві Ради Європи 86/609/ЄЕС (1986), Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 15 грудня 2009 року та наказом МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р. Використали гістологічний (забарвлення гематоксилін-еозин, трихром за Массоном, за Харттом-Ван-Гізоном) [6], гістохімічний (за Шабашем для виявлення в м'язових волокнах (МВ) глікогену, імпрегнація за Більшовським-Грос) [6] та електронномікроскопічний методи дослідження.

Для морфометричних досліджень використовувались фотографії гістологічних зрізів та оцифровані електроннограми. Морфометрію здійснювали за допомогою програми ImageJ версії 1.47t, яка розроблена співробітниками National Institutes of Health (USA) і розповсюджується з відкритим вихідним кодом без ліцензійних обмежень. Визначили: площу м'язових волокон (МВ) та їхніх ядер; площі НМЗ, нейром'язових синапсів та складок засинаптичної перетинки; відстань між складками; кількість складок засинаптичної перетинки, кількість синаптичних пухирців. Морфометрію НМС здійснювали на площі 30 мкм<sup>2</sup>. Комп'ютерне опрацювання даних проводилося за допомогою статистичного пакету STATISTICA (StatSoft, Inc. (2010), STATISTICA (data analysis software system), version 10).

**Результати дослідження.** У 2-міс. і 6-міс. інтактних щурів скроневої і поверхневої жувальні м'язи є синергістами і забезпечують приведення і підняття (протрузію) нижньої щелепи.

На гістологічних препаратах архітектоніка скроневої і жувальної м'язів, як і інших скелетних м'язів, є типовою. М'язові волокна (МВ) покриті ендомізієм та утворюють м'язові пучки, покриті перимізієм, у яких проходять кровоносні судини і нерви (рис. 1а). Площа поперечного перерізу МВ скроневого м'яза 2-міс. щурів становить 523,18±18,23 мкм<sup>2</sup> і є вірогідно більшою за таку жувальної м'яза (426,18±44,61 мкм<sup>2</sup>, p=0,0001), натомість площа ядер МВ вірогідно не відрізняється і складає відповідно 12,36±3,35 мкм<sup>2</sup> та 14,67±3,04 мкм<sup>2</sup>. У 6-міс. щурів площа поперечного перерізу МВ вірогідно зростає у скроневої м'язі до 1373,97±198,29 мкм<sup>2</sup> (p=0,0001), у жувальної до 813,53±109,08 мкм<sup>2</sup> (p=0,0001), тоді як площа ядер вірогідно не змінюється і становить відповідно 15,69±5,42 мкм<sup>2</sup> та 15,69±5,42 мкм<sup>2</sup> (у всіх випадках p>0,05). При цьому площа поперечного перерізу МВ у скроневої м'язі 6-міс. щурів, як і 2-міс., залишається більшою за МВ жувальної м'язі. На поздовжніх та поперечних зрізах досліджуваних м'язів різних вікових груп тварин відмічається рівномірне і виражене наповнення МВ гранулами глікогену (рис. 1б).



**Рис. 1.** Гістоархітектоніка скроневої м'язи 2-міс. (а, б, в) та 6-міс. (г) інтактних щурів. Забарвлення: а) трихром за Массоном, б) за Шабашем, в, г) імпрегнація за Більшовським-Грос. Мікрофотографії. Зб.: а, б) 400; в, г) 1000.

**Позначення:** 1 – МВ, 2 – артеріола, 3 – капіляр, 4 – ядра фібробластів, 5 – перимізії, 6 – термінальні галузіння аксона, 7 – ядра кінцевих нейронецитів.

У 2-міс. щурів внутрішньом'язові нервові провідники утворюють значно тонші пучки, а кількість нервових волокон у них перевищує таку в дорослих тварин у 1,5-2 рази (рис. 1 в). Переважна більшість із них окутані тоненькою мієліновою оболонкою, котра досягає в діаметрі  $5,31 \pm 0,56$  мкм у жувальному і  $5,56 \pm 0,56$  мкм у скроневому м'язах, тоді як у 6-міс. щурів вони є у 1,4 рази товстіші і складають  $7,32 \pm 0,52$  мкм у жувальному та  $7,86 \pm 0,58$  мкм у скроневому м'язах (у всіх випадках  $p < 0,05$ ). У 2-міс. щурів нервові волокна жувального і скроневого м'язів, вийшовши із ендомізію, зазвичай дихо- або трихотомічно поділяються на кінцеві гілочки довжиною  $13,45 \pm 1,02$  мкм і  $13,56 \pm 0,98$  мкм та діаметром  $0,87 \pm 0,06$  мкм і  $0,93 \pm 0,05$  мкм відповідно, тоді як у 6-міс. щурів вони є довшими  $25,63 \pm 3,56$  мкм і  $25,89 \pm 3,74$  мкм, і з більшим діаметром  $2,23 \pm 0,56$  мкм та  $2,46 \pm 0,35$  мкм відповідно (у всіх випадках  $p < 0,05$ ). Більшість мієлінових нервових волокон у 6-міс. щурів у ділянках вузлів віддають бічні відростки, які поперечно або косо пересікають МВ (рис. 1г). Від них відходять термінальні гілки, що закінчуються невеличким плоским розширенням округлої або овальної форми. При цьому патерн галужень термінальних відділів аксонів у 6-міс. щурів становить  $5,4 \pm 0,69$  у скроневому та  $4,9 \pm 0,54$  у жувальному м'язі, тоді як у 2-міс. є в 1,7-1,9 раза меншим і складає  $3,2 \pm 0,79$  та  $2,64 \pm 0,67$  відповідно (у всіх випадках  $p < 0,05$ ). У ділянці розгалуження на кінцеві гілочки аксони втрачають мієлінову оболонку і в терміналі аксонів оточені поодинокими ядрами кінцевих нейролемоцитів і МВ. Площа НМЗ у 2-міс. тварин становить  $332,14 \pm 43,16$  мкм<sup>2</sup> у скроневому та  $259,52 \pm 13,87$  мкм<sup>2</sup> у жувальному м'язі і є в 1,6-1,5 раза менша від відповідних величин у дорослих тварин  $542,89 \pm 45,23$  мкм<sup>2</sup> та  $386,24 \pm 15,56$  мкм<sup>2</sup> (у всіх випадках  $p < 0,05$ ). Слід відзначити, що у 2-міс. тварин на одному і тому ж МВ ми спостерігали НМЗ, утворені терміналами, які беруть початок від різних аксонів (див. рис. 1 в), що може вказувати на полінейронну їх іннервацію, тоді як у 6-міс. вона є тільки мононейронною. Відмінною особливістю будови НМЗ є те, що у скроневому м'язі площа НМЗ і патерн галужень термінальних гілочок аксонів є вірогідно більшими за відповідні показники жувального м'яза. При цьому ця закономірність простежується у щурів різних вікових груп.

На ультраструктурному рівні МВ досліджуваних м'язів різних вікових груп тварин мають типову будову посмугованої м'язової тканини. Відмінність полягає в тому, що у 2-міс. щурів у саркоплазмі переважають мітохондрії витягнутої форми з електроннощільним матриксом внаслідок щільного упакування крист, тоді як у статевозрілих щурів мітохондрії округлої або овальної форми з матриксом помірної щільності і чітко диференційованими кристами.

Електронно-мікроскопічно складові частини НМЗ у молодих щурів значно відрізняються від таких у дорослих тварин. Асоплазма терміналей містить: поодинокі мітохондрії з чітко диференційованими кристами, невелику кількість мікротрубочок, нейрофіламентів і синаптичних пухирців (рис. 2а).

Нейролемоцити, які покривають терміналі, мають незрілий вигляд: містять неоформлене ядро, матрикс якого заповнюється зернами хроматину. Цитоплазматичні органели кількісно і якісно відрізняються від аналогічних утворень у 6-міс. щурів: незначна кількість цистерн гранулярної ендоплазматичної сітки, вільних і прикріплених рибосом, мітохондрій, окремі компоненти комплексу Гольджі. Засинаптична перетинка утворює тільки неглибокі складки. Саркоплазма цієї ділянки містить ядра, мітохондрії і міофібрили МВ. У ділянці окремих НМЗ можна помітити скупчення 2-3 нейролемоцитів, які покривають терміналь аксона. У таких терміналях поряд з нормальними і зміненими мітохондріями накопичується значна кількість синаптичних пухирців. Дані морфометричного аналізу НМС скроневого м'яза 2-міс. щурів у нормі вказують, що їхня площа становить  $6,63 \pm 0,82$  мкм<sup>2</sup>, площа складок засинаптичної перетинки рівна  $0,11 \pm 0,04$  мкм<sup>2</sup>, а їх кількість –  $18,1 \pm 2,02$  при відстані між ними  $0,06 \pm 0,04$  мкм, кількість синаптичних пухирців є  $205 \pm 21,85$ . У жувальному м'язі цієї вікової групи тварин площа НМС та кількість складок засинаптичної перетинки є вірогідно меншими порівняно з скронеvim м'язом і складають відповідно  $5,13 \pm 0,70$  мкм<sup>2</sup> та  $16,4 \pm 1,35$  мкм (у всіх випадках  $p < 0,05$ ), тоді як розміри інших складових компонентів НМС у двох досліджуваних м'язах вірогідно не відрізняються. Так площа складок засинаптичної перетинки становить  $0,09 \pm 0,02$  мкм<sup>2</sup> при відстані між ними  $0,07 \pm 0,04$  мкм, кількість синаптичних пухирців є  $205,5 \pm 24,15$  (у всіх випадках  $p > 0,05$ ). У 6-місячних щурів при електронномікроскопічному дослідженні НМС значно відрізняються від 2-міс. тварин. Насамперед звертає на себе увагу більша чисельність активних зон, які утворені локальними потовщеннями поверхні аксолеми термінального відгалуження аксона з чисельними синаптичними пухирцями і гребенями складок засинаптичної перетинки (рис. 1 б-в). На аксонній терміналі нараховується 15-18 активних зон з підвищеною концентрацією синаптичних пухирців. Асоплазма термінальних закінчень містить значну кількість синаптичних пухирців і мітохондрій, мікрофіламенти та мікротрубочки. Засинаптична перетинка представлена сарколемою, яка має менш густі субсинаптичні складки, ніж у жувальному м'язі. Саркоплазма м'язового полюса заповнюється певною кількістю мітохондрій та ядер МВ. У скроневому і жувальному м'язах складки засинаптичної перетинки значно довші й утворюють вторинні розгалуження, на відміну від таких у 2-міс. тварин, які значно коротші і практично не утворюють вторинних розгалужень. Субсинаптична зона змістить невелику кількість гранул глікогену і мітохондрій. У скроневому м'язі 6-міс. щурів площа НМС становить  $10,62 \pm 2,56$  мкм<sup>2</sup> і є більшою за таку в жувальному м'язі ( $7,56 \pm 0,42$  мкм<sup>2</sup>,  $p = 0,0045$ ), тоді як інші досліджувані структурні компоненти НМС вірогідно не відрізняються між собою і становлять відповідно: площа складок засинаптичної перетинки  $0,16 \pm 0,05$  мкм<sup>2</sup> та  $0,16 \pm 0,04$  мкм<sup>2</sup>, відстань між ними  $0,15 \pm 0,03$  мкм та  $0,14 \pm 0,04$  мкм, їх кількість  $21,1 \pm 1,91$  та  $19,1 \pm 1,79$ , кількість синаптичних пухирців  $293 \pm 9,49$  та  $292 \pm 9,19$ .

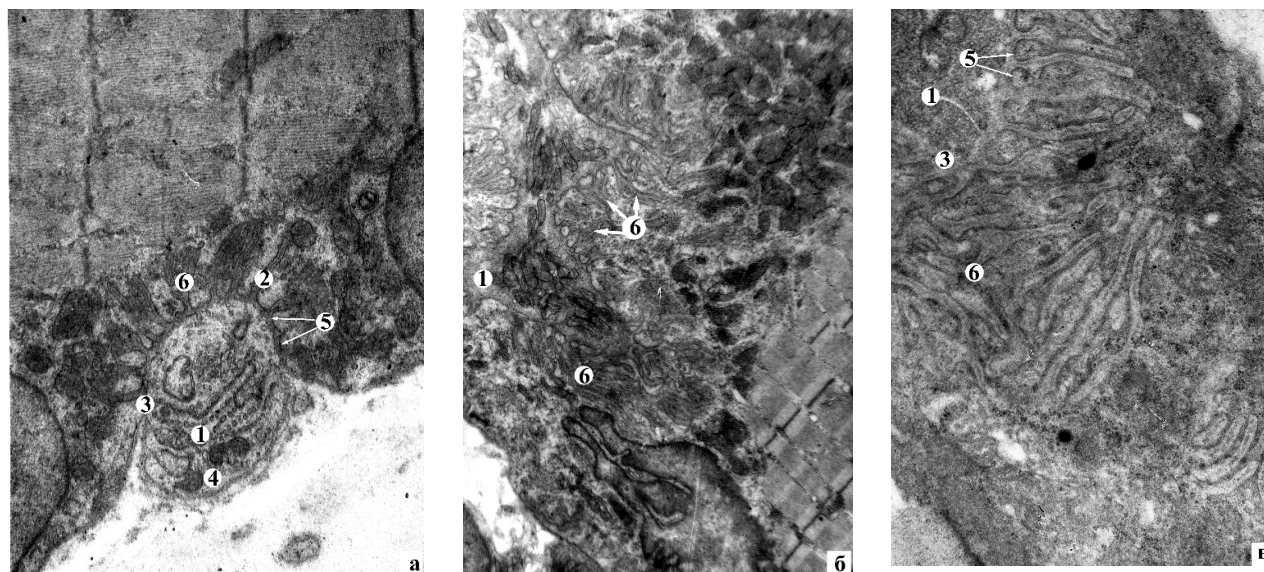


Рис. 2. Ультраструктура скроневого м'яза НМ3 2-міс (а) та 6-міс (б, в) інтактних щурів.  
Зб.: а) 12000, б) 6400, в) 12000.

**Позначення:** 1 – аксоплазма з синаптичними пухирцями, 2 – складки засинаптичної перетинки, 3 – синаптична щілина, 4 – відростки кінцевого нейролемоцита, 5 – активні зони, 6 – вторинні розгалуження складок засинаптичної перетинки.

**Обговорення результатів.** За даними наших досліджень, у 2-міс. щурів НМ3 і НМ3 скроневого і жувального м'язів мають таку ж структурну організацію, як і у 6-міс. тварин. Проте є і вікові особливості будови. За даними наукової літератури, НМ3 ссавців зазнають кардинальних змін у будові і функції у перші 2 тижні після народження [7]. При цьому деякі автори стверджують, що розвиток і диференціація НМ3 у білих щурів, в основному, закінчується до 30 доби постнатального розвитку [8, 9]. Для зрілих синапсів характерні наступні ультраструктурні ознаки: концентрація синаптичних пухирців в аксоплазмі біля періодично організованих потовщень засинаптичної перетинки – активних зон (АЗ), які орієнтовані навпроти гребенів складок застсинаптичної перетинки; синаптична щілина шириною 60 нм, заповнена колагеноподібною речовиною; застсинаптична перетинка з синаптичними складками і вмонтованими холінорецепторами у вигляді кластерів діаметром 0,1 мкм, які прикріплені до цитоскелету на гребнях складок; нейролемоцити, які накривають терміналі рухового аксона [7, 9].

У своїх дослідженнях ми спостерігали зміни у кількісному складі НМ3 і НМ3 у щурів різних вікових груп. Так, з віком збільшувались площа НМ3 та патерн галузень термінальних гілочок аксонів у досліджуваних м'язах. Відмінною особливістю будови НМ3 є те, що у скроневого м'язі площа НМ3 є вірогідно більшою за відповідні показники жувального м'язу. При цьому ця закономірність простежується у щурів різних вікових груп, і очевидно залежить від розмірів МВ, оскільки нами виявлена прямопропорційна кореляція між площами МВ і НМ3 у 2-міс. і 6-міс. щурів, які становлять: у скроневого м'язі  $r_s=0,90$  ( $p=0,0002$ ) та  $r_s=0,75$  ( $p=0,0001$ ), у жувального м'язі  $r_s=0,87$  ( $p=0,0012$ ) та  $r_s=0,84$  ( $p=0,0011$ ). У літературі

ми не знайшли даних, які б підтверджували або спростовували наші дослідження, проте окремі науковці вказують, що з віком збільшується довжина і діаметр МВ (у нашому дослідженні це площа м'язових волокон), а не їх кількість [7, 9], при цьому НМ3 ростуть паралельно з МВ, проте їх синаптична геометрія практично не змінюється, однак можуть утворюватись або зникати додаткові гілки в кінцевому розгалуженні аксона [9, 10]. Ці ж автори зазначають, що на ранніх стадіях ембріогенезу потрібна активна інформаційна взаємодія між нервом і МВ, яку забезпечують кінцеві нейролемоцити [9, 11]. Останні закривають нервово волокно, ізолюючи його від навколишнього середовища та здійснюють його трофічне живлення. За даними наших досліджень, у 2-міс. щурів у ділянці окремих НМ3 можна помітити скупчення 2-3 нейролемоцитів, які покривають терміналь аксона. У таких терміналях поряд з нормальними і зміненими мітохондріями накопичується значна кількість синаптичних пухирців, що вказує на існування недорозвинутого рецепторного апарату (активних зон) передсинаптичної перетинки і наявність блоку виділення медіатора в синаптичну щілину [9, 10]. У таких ситуаціях передача нервового збудження на МВ може здійснюватися за рахунок ацетилхоліну, який виявляється в термінальній зоні нейролемоцитів [12]. Слід відзначити, що у 2-міс. тварин на одному і тому ж МВ ми спостерігали НМ3, утворені терміналями, які беруть початок від різних аксонів (див. рис. 1 в), що може вказувати на полінейронну їх іннервацію, тоді як у 6-міс. вона є тільки мононейронною. На таку ж зміну іннервації МВ з віком вказують й інші автори [9, 13], які зазначають, що під час внутрішньоутробного періоду розвитку більшість МВ іннервуються декількома руховими аксонами, а в ранньому постнатальному періоді онтогенезу відбу-

вається видалення рухових аксонів, і в кінцевому результаті залишається тільки один руховий аксон, який іннервує своє МВ. Такий процес передбачає проходження декількох етапів, а саме: 1) тільки ті МВ, що встановили інформаційний контакт і генерують потенціал дії у відповідь на нервовий імпульс можуть пройти вилучення множинних синапсів із встановленням моонеїронної іннервації; 2) МВ, які скорочуються повільно і не генерують потенціалів дії, можуть іннервуватися декількома руховими аксонами; 3) полінейронна і моонеїронна іннервації – це послідовні стадії синаптогенезу, які відбуваються під дією специфічних нейротрофінів.

За даними наших досліджень, з віком вірогідно збільшуються площа НМС, кількість і площі складок засинаптичної перетинки та відстань між ними, кількість синаптичних пухирців. Така перебудова НМС призводить до зростання чисельності активних зон у НМС до збільшення чисельності ацетилхолінових рецепторів на засинаптичній перетинці, і, як наслідок, до підвищення функції МВ [9]. Нами також встановлено, що площа НМС є вірогідно більшою у скроневому м'язі, ніж у жувальному, при цьому синаптоархітекtonіка НМС у досліджуваних м'язах щурів різних вікових груп суттєво не відрізняється між собою.

#### Висновки:

- 1) Площа НМЗ у 2-міс. тварин становить  $332,14 \pm 43,16$  мкм<sup>2</sup> у скроневому та  $259,52 \pm 13,87$  мкм<sup>2</sup> у жувальному м'язі і є в 1,6-1,5 раза менша від відповідних величин у дорослих тварин  $542,89 \pm 45,23$  мкм<sup>2</sup> та  $386,24 \pm 15,56$  мкм<sup>2</sup> (у всіх випадках  $p < 0,05$ ). Окремі МВ 2-міс. тварин мають полінейронну іннервацію, тоді як у 6-міс. вона є тільки моонеїронною. У скроневому м'язі площа НМЗ і патерн галужень термінальних гілочок аксонів є вірогідно більшим за відповідні показники жувального м'яза, при цьому ця закономірність простежується у щурів різних вікових груп.
- 2) З віком вірогідно збільшуються площа НМС, кількість і площі складок засинаптичної перетинки та відстань між ними, кількість синаптичних пухирців. Така перебудова НМС призводить до зростання чисельності активних зон у НМС. Площа НМС є вірогідно більшою у скроневому м'язі, ніж у жувальному, при цьому синаптоархітекtonіка НМС у досліджуваних м'язах щурів різних вікових груп суттєво не відрізняється між собою.

#### References:

1. Lakusta VN, Savochnikina R. Functional state of the trigeminal system, masticatory function and cognitive activity in people with partial adentia. Buletinul AȘM. Științele vietii. Nr. 2013; 2(320):48-54.
2. Soyher MI, Orlova OR, Mingazova LR, Soyher MG. Hypertonia of the masticatory muscles, its correction of BTA in aesthetic problems of the lower half of the face. Ambassador of Aesthetic Medicine. 2011; 10(1):58-64.
3. Kurnosova NA, Semenova MA, Drozhdina EP, Galchin AV, Chernova AO. Morphological features of parotid salivary gland and enzymatic activities zones structures of neuromuscular synapses lateral

masseter of white rats on dispersed food feeding. Fundamental research. 2014; 9:1027-1031.

4. Drohomiretska M, Ahmed Saleh Khalaf Salama, Polyanyk N. Study of bioelectrical activity of muscles of the maxillofacial area, analysis of the impact of their function on growth and development of the jaws, dental occlusion formation. Zb. nauk. prats spivrobit. NMAPO imeni P.L.Shupyka. 2015; 24(1):515-517.
5. Dmytrenko MI. Evaluation of bioelectrical activity of temporal and property masticatory muscles in patients with distal occlusion complicated with teeth crowding. Aktualni problemy suchasnoi medytsyny: Visnyk ukraïnskoi medychnoi stomatolohichnoi akademii. 2015; 51(3):22-25.
6. Bahrii MM, Dibrova VA, Popadynets OH, Hryshchuk MI. Methods of histological examination monograph; za red. Bahriia MM, Dibrovy A. Vinnytsia: New book, 2016. P.328.
7. Sotgiu E, Cantini E, Romagnoli M, Bosco M. Histological and ultrastructural characteristics of jaw-closing muscles. A review. Minerva Stomatol. 2002; 51(5):193-203.
8. Mays TA, Sanford JL, Rafael-Fortney JA et al. Glutamate receptors localize postsynaptically at neuromuscular junctions in mice. Muscle and Nerve. 2009; 39(3):343-349.
9. Joshua R. Sanes, Jeff W. Lichtman. Development of the vertebrate neuromuscular junction. Annu. Rev. Neurosci. 1999; 22:389-442.
10. Yue Li, Young il Lee, Wesley J. Thompson. Changes in Aging Mouse Neuromuscular Junctions Are Explained by Degeneration and Regeneration of Muscle Fiber Segments at the Synapse. The Journal of Neuroscience. 2011; 31(42):14910-14919.
11. Ogata K, Kosaka T. Structural and quantitative analysis of Schwann-cells in the mouse nerve. Neuroscience. 2002; 113(1):221-233.
12. Mark Grady R, Heather Zhou, Jeanette M et al. Maturation and Maintenance of the Neuromuscular Synapse: Genetic Evidence for Roles of the Dystrophin-Glycoprotein Complex. Neuron. 2000; 25:279-293.
13. Nigel Tse, Marco Morsch, Nazanin Ghazanfari, Louise Cole, Archunan Visvanathan, Catherine Leamey et al. The Neuromuscular Junction: Measuring Synapse Size, Fragmentation and Changes in Synaptic Protein Density Using Confocal Fluorescence Microscopy. Journal of Visualized Experiments. 2014; 94e52220:1-16. Available from: <http://www.jove.com/video/52220>, doi:10.3791/52220.

УДК 612.017.1+616.833-002+616.379-008.64+615.37  
**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕ-  
СТРОЙКИ НЕЙРОМЫШЕЧНЫХ СОЕДИНЕ-  
НИЙ ЖЕВАТЕЛЬНОЙ И ВИСОЧНОЙ МЫШЦ В  
ПОСТНАТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ОНТОГЕНЕЗА**

О.Е. Кошкин

*Ивано-Франковский национальный медицинский  
университет, кафедра детской стоматологии,  
г. Ивано-Франковск, Украина,  
ORCID ID: 0000-0002-6527-8965,  
e-mail: koshkinoleg@ukr.net*

**Резюме.** Височная и жевательная мышцы – одни из составляющих компонентов жевательного аппарата и участвуют во многих функциях организма. Нарушение функций жевательных мышц есть мощным этиопатогенетическим фактором возникновения аномалий положения зубов и развития челюстей, которые приводят к аномалиям прикуса. Поэтому целью нашей работы было установление морфогенеза нейромышечных соединений (НМС) жевательной и височной мышц в постнатальном периоде онтогенеза.

Площадь НМС в 2-мес. животных в височной и жевательной мышцах есть в 1,6-1,5 раза меньше соответствующих показателей в 6-мес. крыс (во всех случаях  $p < 0,05$ ). Отдельные мышечные волокна 2-мес. животных имеют полинейронную иннервацию, тогда как в 6-мес. она только мононейронная. В височной мышце площадь НМС и паттерн ветвлений терминальных веточек аксонов есть достоверно больше соответствующих показателей жевательной мышцы, при этом эта закономерность прослеживается у крыс разных возрастных групп и вероятно зависит от размеров мышечных волокон, поскольку нами обнаружена прямо пропорциональная корреляция между площадями мышечных волокон и НМС.

С возрастом достоверно увеличиваются площадь нейромышечных синапсов, количество и площадь складок постсинаптической мембраны и расстояние между ними, количество синаптических пузырьков. Такая перестройка нейромышечных синапсов приводит к увеличению численности активных зон в них. Площадь нейромышечных синапсов является достоверно больше в височной мышце чем в жевательной, при этом синаптоархитектоника нейромышечных синапсов в исследуемых мышцах крыс разных возрастных групп существенно не отличается между собой.

Таким образом, у крыс разных возрастных групп площадь НМС есть достоверно больше в височной мышце по сравнению с жевательной и прямо пропорционально зависит от величины мышечных волокон. В 2-мес. крыс синаптоархитектоника нейромышечных синапсов окончательно сформирована и по качественным показателям не отличается от 6-мес. крыс.

**Ключевые слова:** нейромышечный синапс, нейромышечное соединение, височная мышца, жевательная мышца.

UDC 612.017.1+616.833-002+616.379-008.64+615.37  
**PECULIARITIES OF STRUCTURAL REAR-  
RANGEMENT OF NEUROMUSCLE CONNec-  
TIONS OF MASTICATORY AND TEMPORALY  
MUSCLES IN THE POSTNATAL PERIOD OF ON-  
TOGENESIS**

O.Ye. Koshkin

*Ivano-Frankivsk National Medical University,  
Department of Pediatric dentistry,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0002-6527-8965,  
e-mail: koshkinoleg@ukr.net*

**Abstract.** It is known that masticatory loads are one of the main mechanical factors in the morphogenesis of the oral cavity. They contribute to the formation and adaptive rearrangement of organs and tissues of the oral cavity and maxillofacial area in the postnatal period of ontogenesis. Dysfunction of the masticatory muscles is a powerful etiopathogenetic factor in the occurrence of abnormalities in the position of the teeth and the development of the jaws, leading to anomalies of occlusion.

Therefore, **the aim of our work** was to establish the morphogenesis of neuromuscular connections (NMC) of the masticatory and temporal muscles in the postnatal period of ontogenesis.

The material for the study was the temporal and masticatory muscles of 2-month-old and 6-month-old white outbred male rats. Histological, histochemical and electron microscopic research methods were used. Morphometry was performed using Image J version 1.47t. Computer data processing was performed using the statistical package STATISTICA 10.

In 2-month-old rats, the intramuscular nerve conductors form much thinner bundles, and the number of nerve fibers in them is higher than in adult animals by one and a half to two times. In the area of ramification to the terminal branches, the axons lose the myelin sheath and are surrounded by single nuclei of terminal neurolemocytes and muscle fiber (MF). The area of NMC in 2-month-old animals in the temporal masticatory muscles is 1.6-1.5 times smaller than the corresponding values in adult animals. The pattern of axon branches in 6-month-old rats in the temporal and masticatory muscles is 1.7-1.9 times greater than the corresponding values in 2-month-old rats (in all cases  $p > 0.05$ ). It should be noted that in 2-month-old animals on the same MF we observed NMCs, formed by terminals, originating from different axons, which may indicate their polyneuron innervation, whereas in 6-month-old animals it is only mononeuronal. A distinctive feature of the structure of the NMC is that in the temporalis muscle the area of the NMC and the pattern of ramification of the terminal branches of axons is probably larger than the corresponding indicators of the masticatory muscle. This pattern is observed in rats of different age groups. Electron microscopically, the components of NMC in young rats are significantly different from those in adult animals. The axoplasm of the terminals contains: single mitochondria with clearly differentiated cristae, a small number of microtubules, neurofila-

ments and synaptic vesicles. In the masticatory muscle of 2-month-old animals, the area of neuromuscular synapse (NMS) and the number of folds of the synaptic membrane are probably smaller compared to the temporalis muscle, while the sizes of other components of NMS in the two studied muscles probably do not differ. In 6-month-old rats, electron microscopic examination of the NMS showed a greater number of active zones (15-18) with an increased concentration of synaptic vesicles.

Thus, the area of NMC and NMS in 2-month-old animals in the temporal and masticatory muscles is probably smaller than in 6-month-old animals. Some MF of 2-month-old animals have polyneuron innervation, whereas in 6-month old - it is only mononeuronal. In the tem-

poromandibular muscle, the area of the NMC and the pattern of axon branches is probably larger than the corresponding indicators of the masticatory muscle, and this pattern is observed in rats of different age groups. The area of the NMS, the number and area of folds of the postsynaptic membrane and the distance between them, the number of synaptic vesicles increase with age, and the synaptoarchitectonics of the NMS in the studied muscles of different age groups of rats does not differ significantly.

**Keywords:** neuromuscular synapse, neuromuscular connection, temporalis muscle, masticatory muscle.

Стаття надійшла в редакцію 09.09.2020 р.