

СУЧАСНІ НАУКОВІ ПОГЛЯДИ НА СКЛАД ТА БУДОВУ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
Харків, Україна

Мета дослідження. На підставі даних сучасних літературних джерел проаналізувати та узагальнити дані про проблематику та зміни сучасних наукових поглядів на особливості складу та будови автономної нервової системи.

Матеріали та методи. Проаналізовані та узагальнені наукові літературні джерела щодо будови автономної нервової системи за останні 10 років. У дослідженні використано аналітичний та описовий методи.

Результати. Автономну нервову систему прийнято поділяти на симпатичний та парасимпатичний відділи, а до складу останнього історично відносять краніальні та крижові нервові центри. Цей поділ окрім онтогенетичного, анатомічного та фізіологічного обґрунтування має історичне коріння, і пов'язаний з дослідженнями Дж. Ленглі. Проте у працях останніх років група французьких дослідників визначила диференційовані генетичні ознаки та взаємозв'язки симпатичних і парасимпатичних пре- та постгангліонарних нейронів – зокрема кілька факторів транскрипції всередині прегангліозних нейронів нижніх поперекових та крижових відділів. Ці фактори були ідентифіковані тільки в частинах спинного мозку, але не в краніальному відділі вегетативної нервової системи. Геномна подібність поперекової і крижової частин з іншими частинами спинного мозку, на думку дослідників, дозволяє зробити висновок про те, що його крижова частина може бути частиною симпатичної нервової системи. При цьому краніальний відділ вегетативної нервової системи розглядається як винятково парасимпатичним, а спинальний – як винятково симпатичним. Подібний новий погляд на анатомію вегетативної нервової системи в цілому, пропонує основу для перегляду існуючої історично встановленої концепції еволюції, розвитку та нейрофізіології нервової системи. Проте не всі сучасні дослідники погоджуються зі запропонованими змінами існуючих поглядів, оскільки вони вважають інтерпретацію отриманих результатів суперечливою, та припускають, що фенотипи, спільні для крижового та грудного відділів, походять із внутрішньої спинальної ідентичності сомітів спинного мозку, а не від симпатичної ідентичності (тотожності) як такої.

Висновок. Результати аналізу сучасних літературних джерел дозволяють зробити висновок, що в останні роки має місце переосмислення та можлива зміна існуючих протягом тривалого часу наукових уявлень щодо складу та будови автономної нервової системи. Новітні дослідження краще пояснюють заплутані та часто суперечливі історичні експериментальні фізіологічні та фармакологічні дані щодо вегетативної нервової системи. Запропонована рекласифікація вегетативної нервової системи передбачає розгляд крижового відділу у складі її симпатичної, а не парасимпатичної частини. Сама нова концепція рекласифікації піднімає багато цікавих питань для майбутніх досліджень. Наведені в огляді відомості є підставою стверджувати, що затребуваними є подальші дослідження, що зможуть остаточно поставити крапку в цьому дискусійному питанні.

Ключові слова: автономна нервова система, вегетативна нервова система, симпатична нервова система, парасимпатична нервова система.

Вступ. Питання особливостей будови та фізіології автономної нервової системи є однією з актуальних проблем сучасної анатомії та практичної медицини, через високу поширеність вегетативних порушень. Автономна або вегетативна нервова система (ВНС) грає важливу роль в фізіологічних процесах по підтримці гомеостазу та в різноманітних пристосувальних реакціях. За класичними поглядами анатомічно та функціонально автономну нервову систему ділять на симпатичну та парасимпатичну частини, а на основі низки структурних і функціональних показників, фармакологічного аналізу в складі ВНС виділяють ще й метасимпатичну частину [1]. Протягом довгого періоду часу за «класичними» науковими поглядами вважалося, що до складу парасимпатичної частини входять черепні та крижові центри [1]. На підставі аналізу літературних джерел та наукових публікацій останніх років можна стверджувати, що в них наводяться дані про існування онтогенетичних та фенотипічних особливостей, які відрізняють пре- і постгангліонарні нейрони краніального відділу парасимпатичної частини ВНС від нейронів грудного та поперекового відділів симпатичної частини.

На підставі цього рядом авторів пропонуються зміни існуючої століттями концепції будови та складу симпатичного та парасимпатичного відділів автономної нервової системи та віднесення крижового відділу до симпатичної, а не до парасимпатичної частини ВНС [2]. У той же час не всі вчені поділяють нову точку зору на подібний поділ, зазначаючи свої аргументи проти запропонованих змін.

Мета дослідження. Провести аналіз літературних джерел для узагальнення сучасних наукових поглядів щодо складу та можливих змін існуючої концепції про будову автономної нервової системи.

Виклад основного матеріалу. Перші відомості про анатомічну будову та функції ВНС пов'язують з ім'ям Клавдія Галена (130–200 рр. н.е.), яким були виявлені розсіяні по тілу нервові вузли, описані сім пар черепних нервів, включаючи блукаючий нерв [3]. Гален дав назву «симпатичний» нервовому стовбуру, розташованому вздовж хребтового стовпа. Ці відомості дійшли до фізіологів та лікарів Нового часу завдяки Андреасу Везалію, який продемонстрував зображення вегетативних структур, описаних Галеном, у книзі «Будова людського тіла» (1543 р.). У 1800 році термін «вегетативна нервова система» запровадив французький анатом та фізіолог Марі Франсуа Ксав'є Біша [4]. Він вважав, що симпатичні вузли діють автономно, а від кожного з них йдуть гілки, які з'єднують вузли між собою та забезпечують вплив на внутрішні органи. Життєві процеси в організмі їм були розділені на «тваринні» та «вегетативні». Марі Франсуа Ксав'є Біша вважав, що «тваринні» процеси залежать від спинного мозку та підпорядковані соматичній системі, в той час як «вегетативні» підпорядковуються симпатичній системі. У 1807 році німецький лікар Йоганн Христиан Рейль сформулював визначення та поняття «вегетативна нервова система» [5]. Основи сучасних уявлень стосовно будови та функцій ВНС були закладені англійськими фізіологами Уолтером Холбруком Гаскеллом та Джоном Ньюпортом Ленглі. Гаскелл називав цю частину нервової системи вісцеральною, а Ленглі – автономною [4-6].

Автономну нервову систему «класично» прийнято розділяти на симпатичний та парасимпатичний відділи. Вперше ця модель була сформульована у 1886 році. У своїх працях У. Гаскелл сформував твердження, що центри симпатичної частини представлені ядрами у правому та лівому бічних стовпах спинного мозку з VIII шийного по II поперекового сегменту спинного мозку; а центри парасимпатичної частини розташовані в стовбурі головного мозку та в крижових сегментах спинного мозку [1]. Початкова класифікація була заснована на фармакологічних реакціях, на анатомічній

схожості нервів та була додатково підтверджена відмінностями розташування гангліозних синапсів і фізіологічними подібностями [7, 8]. Також Ленглі виділив окремо нервові сплетення стінки кишківника та об'єднав їх у «ентеральну систему» [6].

Надалі протягом більш ніж століття подібний поділ ВНС вважався загальноприйнятним. Проте сучасні погляди на це питання наголошують на механізми розвитку та молекулярні механізми цих систем. Більше уваги при їх вивченні стало приділятися таким елементам, як експресія генів, особливості ембріогенезу та розвитку, а також загальні функції нейронів локалізованих у цих частинах ВНС. Класифікація крижового відділу ВНС у складі парасимпатичної частини зазнала ретельного аналізу, зокрема, у 2016 році була опублікована стаття Espinosa-Medina та співавторів, що працювали у лабораторії французького дослідника J.-F. Brunet з IBENS [2].

Метою дослідження Espinosa-Medina et al. [2] було порівняння взаємозв'язків та генетичного складу поперекових і крижових прегангліонарних нейронів з черепними (парасимпатичними) та грудними (симпатичними). В якості черепних прегангліонарних нейронів дослідниками було обрано парасимпатичне рухове ядро nucleus posterior (dorsalis) блукаючого нерва. Були визначені кілька факторів транскрипції всередині прегангліозних нейронів нижніх поперекових та крижових відділів, які необхідні для нейрогенезу. Ці фактори транскрипції були визначені тільки в частинах спинного мозку, та не експресувалися в нервових структурах черепа, що розвивається. Поточна геномна подібність поперекової і крижової частин з іншими частинами спинного мозку, на думку дослідників, дозволяє стверджувати, що крижова частина спинного мозку може бути частиною симпатичної нервової системи [2].

В цілому в публікації Espinosa-Medina et al. [2] наводиться 15 фенотипічних та онтогенетичних особливостей, які відрізняють пре- та постгангліонарні нейрони краніального відділу парасимпатичної частини ВНС від симпатичних нейронів грудноперекового відділу у мишей. Кожна з особливостей, на думку авторів, доводить, що крижовий відділ не відрізняється від грудно-поперекового [2]. Це припущення базується на вивченні групою Espinosa-Medina et al. у мишей на 11,5, 13, 165 днів ембріонального розвитку декількох транскрипційних факторів загальних як для крижових, так і для грудно-поперекових прегангліонарних нейронів, але відсутніх у краніальних прегангліонарних нейронах (на прикладі nucleus posterior (dorsalis)) і, навпаки. Краніальні парасимпатичні прегангліонарні нейрони утворюються в прогеніторних ділянках заднього мозку «pMNV», що експресує гомеоген Phox2band і формують вісцеромоторні нейрони [2, 9, 10, 11].

За результатами дослідження було визначено, що остмітотичні попередники нейронів мігрують у дорсальному напрямку з утворенням ядер (як то nucleus posterior (dorsalis) nervi vagi) і через дорсолатеральні точки виходу виступають в якості гілок окремих черепних нервів, що іннервують парасимпатичні ганглії та ентєральні ганглії в складі метасимпатичної нервової системи [12]. При цьому симпатичні прєгангліонарні нейрони зі складу грудного та верхнього поперекового відділу, скоріше за все, характеризуються спільним походженням з соматичними мотонейронами [13]. Згідно дослідження Espinosa-Medina et al. [2] прєгангліонарні нейрони, що розташовані у складі грудного та верхнього поперекового відділу утворюються в прогеніторній області rMN з прогеніторних клітин. Останні експресують фактор транскрипції олігодендроцитів OLIG2 (Oligodendrocyte transcription factor 2) типу спіраль-петля-спіраль (bHLH) [2, 8, 14]. Потім йде відокремлення симпатичних прєгангліонарних попередників від соматичних мотонейронів, формуючи боковий стовп спинного мозку, а після цього вони вступають в вентральні корінці спинномозкових нервів разом з аксонами соматичних мотонейронів, і за допомогою г. communicantes albi утворюють синапси з нейронами паравертебральних і прєвертебральних симпатичних гангліїв [16].

Автори з'ясували, що на відміну від клітин-попередниць парасимпатичних нейронів, які експресують фактори транскрипції Phox2b, Sox10, Tbx20, Tbx2 та Tbx3, майбутні тазові гангліонарні клітини експресують Sox10 та FoxP1, як і симпатичні нейрони. Формування тазових гангліїв за результатами дослідження є незалежним від прєгангліонарних нервових волокон і відбувається навіть за умови їх відсутності, що є нехарактерним для парасимпатичних гангліїв. На 14 день ембріонального розвитку в нейронах ядер nucleus posterior (dorsalis) блукаючих нервів відбувався синтез везикулярного переносника ацетилхоліну (VACHT) та була відсутня синтаза оксиду азоту (NOS), а в спинномозкових ядрах грудних, поперекових та крижових нервів – навпаки. Також було показано, що нейрони тазових гангліїв експресують фактори транскрипції Isl1, Gata3 та Hand1, як і клітини симпатичних гангліїв, і не виробляють фактори Hmx2 та Hmx3, що є маркерами парасимпатичних гангліонарних нейронів [2].

Перегляд існуючої класифікації за даними дослідження призводить до поділу ВНС навпіл, при цьому краніальні вегетативні нервові структури є винятково парасимпатичним, а спінальні - винятково симпатичними. Подібна спрощена двокомпонентна будова пропонує нову концепцію нейрофізіології, а також еволюції та розвитку ВНС [2].

Проте результати дослідження Espinosa-Medina et al. [2] викликали хвилю критики з боку інших дослідників, які в публікаціях у відповідь наводять аргументи на користь відхилення запропонованих радикальних змін, з ціллю зберегти існуючий поділ ВНС та місця в ньому крижового відділу [17-22].

Так Amen [23] відмічав, що запропонована рекласифікація ВНС, не відображає функціональну складність регуляції органів малого таза, також веде до надмірного спрощення, а не до покращення наукового розуміння будови та зв'язків цієї частини ВНС. На його думку подібні зміни мають шкідливий вплив на діагностичні та лікувальні процедури, пов'язані з анатомічними утвореннями малого таза.

Jänig [7] в своїх критичних відгуках вказує, що запропонована зміна класифікації є помилковою. Серед аргументів - незгода з підходом до досліджень розвитку, прийнятих Espinosa-Medina et al [2]. Їм стверджується, що багато з досліджених генних маркерів лише тимчасово експресуються в попереково-крижовій області для сприяння міграції та диференціювання вказаних клітин. Тому вони мають схожість експресії з сусідніми симпатичними клітинами. Крім того подібна рекласифікація суперечить інформації про протилежні дії парасимпатичних та симпатичних провідних шляхів тазових гангліїв. Окрім цього автори дослідження, на думку Jänig, ігнорують декілька аспектів організації вегетативної іннервації органів малого таза, а саме, що симпатичні та парасимпатичні шляхи функціонально майже повністю розділені. Також симпатичні постгангліонарні нейрони, що іннервують органи малого таза, здебільшого є норадренергічними, а деякі – холінергічними (пептидергічними або нітрергічними). Парасимпатичні постгангліонарні нейрони – холінергічні, а деякі також пептидергічні та нітрергічні. Симпатичні шляхи іннервації ж проходять через нижній брижовий ганглії, підчеревний нерв, тазові ганглії та крижові паравертебральні ганглії [19-21].

На думку Horn [24] припускає частково хибні висновки дослідження через різні інтерпретації доказів та різне трактування історичних аспектів цього питання. Він вказує, що група Espinosa-Medina на основі спільної сегрегації ознак грудних і крижових нейронів від краніальних зробила висновок, що грудні й крижові ядра прєгангліонарних нейронів мають спільну симпатичну ідентичність (тотожність).

На погляд Neuhuber et al. [22] можливе інше тлумачення отриманих результатів: грудні та крижові прєгангліонарні нейрони можуть просто мати загальну спінальну ідентичність. Той самий підхід був також застосований для оцінки фенотипової ідентичності гангліонарних нейронів за допомогою факторів транскрипції. Hmx2 і Hmx3 були виявлені

в кількох краніальних парасимпатичних гангліях, але не в поперекових паравертебральних симпатичних або тазових гангліях. Та навпаки, симпатичні та тазові ганглії вибірково експресують *Islet1*, *Gata3* та *Hand1*. Крім того, генетична делеція *Olig2*, що порушує формування краніальних парасимпатичних гангліїв [25, 26], не призвела до зміни розмірів тазових або формування симпатичних гангліїв. Хоча можливо інтерпретувати ці спостереження на підтримку гіпотези Espinosa-Medina et al. [2], також є вірогідність, що вони просто є відображенням сегментарного походження різних гангліїв, а не фенотипової ідентичності (симпатичної або парасимпатичної) [24].

У відповідь на критичні зауваження група Espinosa-Medina et al. [27] опублікувала свою другу статтю, в якій мали можливість розширити обґрунтування своєї рекласифікації та переконливо стверджувати, що вага їх онтогенетичних даних спростовує анатомічні, фізіологічні та фармакологічні докази, що лежать в основі класичної моделі [28].

У подальшому запропонована рекласифікація так й не отримала загального поширення та прийняття, а саме питання залишилося дискусійним. У новітніх літературних джерелах 2020–21 рр. наводиться «класична» класифікація та коротка оглядова інформація про дослідження Espinosa-Medina et al. [2] та дискусійність питання класифікації та поділу ВНС в цілому [29, 30].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отримані дані свідчать про те, що в останні роки завдяки новітнім дослідженням має місце переосмислення та можлива зміна існуючих протягом довгого часу наукових уявлень щодо складу та будови автономної нервової системи. Запропонована рекласифікація складу вегетативної нервової системи (ВНС) передбачає розгляд крижового відділу у складі її симпатичної, а не парасимпатичної частини. Подібна спрощена двокомпонентна будова пропонує нову концепцію нейрофізіології, а також еволюції та розвитку ВНС. У той же час з боку інших дослідників наводяться аргументи на користь відхилення запропонованих радикальних змін, з метою збереження існуючого поділу ВНС. Сама новітня концепція рекласифікації піднімає багато цікавих питань для майбутніх досліджень. Таким чином, існуюча на сьогодні концепція складу ВНС, ще знаходяться на стадії формування і наведені в огляді відомості є підставою стверджувати, що актуальними є подальші дослідження, які остаточно проллють світло на це питання. У подальших дослідженнях доцільно провести комплексний порівняльний аналіз транскрипційного профілювання поодиноких клітин та розширений аналіз зв'язків пре- та постгангліонарних нейронів, які виявлять спектр молекулярного та функціонального розмаїття, що демонструється нейронами не тільки у крижовому відділі, а в усіх частинах ВНС.

References

- Wehrwein EA, Orer SH, Barman SM. Overview of the Anatomy, Physiology, and Pharmacology of the Autonomic Nervous System. *Compr Physiol*. 2016;6(3):1239-78. PMID: 27347892. doi: 10.1002/cphy.c150037
- Espinosa-Medina I, Saha O, Boismoreau F, Chettouh Z, Rossi F, Richardson WD, et al. The sacral autonomic outflow is sympathetic. *Science*. 2016;354(6314):893–7. PMID: 27856909. PMID: PMC6326350. doi: 10.1126/science.aah5454
- Reutov VP, Chertkov VM. Novyye predstavleniya o roli vegetativnoy nervnoy sistemy i sistem generatsii oksida azota v sosudakh mozga [New views on the role of the autonomic nervous system and nitric oxide generation systems in brain vessels]. *Pacific Medical Journal*. 2016;2(64):10–20. [Russian]
- Ackerknecht EH. The history of the discovery of the vegetative (autonomic) nervous system. *Med Hist*. 1974;18(1):1-8. PMID: 4618581. PMID: PMC1081519. doi: 10.1017/s0025727300019189
- Navarro X. Physiology of autonomic nervous system. *Rev Neurol*. 2002;35(6):553-62. PMID: 12389173
- O'Connor WJ. *British physiologists 1885-1914. A biographical dictionary*. Manchester: Manchester University Press; 1991. 575 p.
- Jänig W, Neuhuber W. Reclassification of the Sacral Autonomic Outflow to Pelvic Organs as the Caudal Outpost of the Sympathetic System Is Misleading. *J Am Osteopath Assoc*. 2017;117(7):416-7. PMID: 28662551. doi: 10.7556/jaoa.2017.082
- Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. *Principles of Neural Science*. McGraw-Hill Companies; 2012. 1760 p.
- Pattyn A, Vallstedt A, Dias JM, Samad OA, Krumlauf R, Rijli FM, et al. Coordinated temporal and spatial control of motor neuron and serotonergic neuron generation from a common pool of CNS progenitors. *Genes Dev*. 2003;17:729–37. PMID: 12651891. PMID: PMC196019. doi: 10.1101/gad.255803
- Pattyn A, Morin X, Cremer H, Goridis C, Brunet JF. The homeobox gene *Phox2b* is essential for the development of autonomic neural crest derivatives. *Nature*. 1999;399(6734):366-70. PMID: 10360575. doi: 10.1038/20700

11. Briscoe J, Sussel L, Serup P, Hartigan-O'Connor D, Jessell TM, Rubenstein JL, et al. Homeobox gene Nkx2.2 and specification of neuronal identity by graded Sonic hedgehog signaling. *Nature*. 1999;398(6728):622-7. PMID: 10217145. doi: 10.1038/19315
12. Guthrie S. Patterning and axon guidance of cranial motor neurons. *Nat Rev Neurosci*. 2007;8(11):859-71. PMID: 17948031. doi: 10.1038/nrn2254
13. Markham JE, Vaughn J. Migration patterns of sympathetic preganglionic neurons in embryonic rat spinal cord. *J Neurobiol*. 1991;22(8):811-22. PMID: 1779224. doi: 10.1002/neu.480220803
14. Alaynick WA, Jessell TM, Pfaff SL. SnapShot: spinal cord development. *Cell*. 2011;146(1):178. PMID: 21729788. PMCID: PMC3158655. doi: 10.1016/j.cell.2011.06.038
15. Prasad A, Hollyday M. Development and migration of avian sympathetic preganglionic neurons. *J Comp Neurol*. 1991;307(2):237-58. PMID: 1713232. doi: 10.1002/cne.903070207
16. Keast JR. Plasticity of pelvic autonomic ganglia and urogenital innervation. *Int Rev Cytol*. 2006;248:141-208. PMID: 16487791. doi: 10.1016/S0074-7696(06)48003-7
17. Horn JP, de Groat WC. E-Letter: functional criteria define divisions of the autonomic motor system. In: *Science*. 2017.
18. Jänig W, Keast J, McLachlan E, Neuhuber W, Southard-Smith M. E-Letter. In: *Science*. 2016.
19. Janig W, Keast JR, McLachlan EM, Neuhuber WL, Southard-Smith M. Renaming all spinal autonomic outflows as sympathetic is a mistake. *Auton Neurosci*. 2017;206:60-62. PMID: 28566236. doi: 10.1016/j.autneu.2017.04.003
20. Janig W, McLachlan EM, Neuhuber WL. The sacral autonomic outflow: against premature oversimplification. *Clin Auton Res*. 2018;28(1):5-6. PMID: 29299713. doi: 10.1007/s10286-017-0491-x
21. Janig W, Neuhuber W. Reclassification of the sacral autonomic outflow to pelvic organs as the caudal outpost of the sympathetic system is misleading. *J Am Osteopath Assoc*. 2017;117(7):416-7. PMID: 28662551. doi: 10.7556/jaoa.2017.082
22. Neuhuber W, McLachlan E, Janig W. The sacral autonomic outflow is spinal, but not "Sympathetic". *Anat Rec (Hoboken)*. 2017;300(8):1369-1370. PMID: 28342217. doi: 10.1002/ar.23600
23. Amen CJ. Landmark Article Transforms Traditional View of the Autonomic Nervous System. *J Am Osteopath Assoc*. 2017;117(2):72. PMID: 28134958. doi: 10.7556/jaoa.2017.016
24. Horn JP. The sacral autonomic outflow is parasympathetic: Langley got it right. *Clin Auton Res*. 2018;28(2):181-5. PMID: 29453697. PMCID: PMC5859694. doi: 10.1007/s10286-018-0510-6
25. Dyachuk V, Furlan A, Shahidi MK, Giovenco M, Kaukua N, Konstantinidou C, et al. Neurodevelopment. Parasympathetic neurons originate from nerve-associated peripheral glial progenitors. *Science*. 2014;345(6192):82-7. PMID: 24925909. doi: 10.1126/science.1253281
26. Espinosa-Medina I, Outin E, Picard CA, Chettouh Z, Dymecki S, Consalez GG, et al. Neurodevelopment. Parasympathetic ganglia derive from Schwann cell precursors. *Science*. 2014;345:87-90. PMID: 24925912. doi: 10.1126/science.1253286
27. Espinosa-Medina I, Saha O, Boismoreau F, Brunet JF. The "sacral parasympathetic": ontogeny and anatomy of a myth. *Clin Auton Res*. 2018;28:13-21. PMID: 29103139. PMCID: PMC5805809. doi: 10.1007/s10286-017-0478-7
28. Lefcort F. Rethinking the autonomic nervous system: genetics and cell fate. *Clin Auton Res*. 2018;28(2):165-6. PMID: 29282587. PMCID: PMC5860953. doi: 10.1007/s10286-017-0492-9
29. Tubbs RS, Iwanaga J. *Surgical anatomy of the sacral plexus and its branches*. Elsevier Health Sciences; 2020. 262 p. p. 88-89.
30. *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. Elsevier Health Sciences; 2021. 1606 p.

UDC 611.839

Modern Scientific Views on the Composition and Structure of the Autonomic Nervous System (Literature Review)

Polstianoi A. O.

Abstract. *The purpose of the study was to analyze literary sources to summarize modern scientific views on the structure and possible changes in the existing classification of the autonomic nervous system.*

Results and discussion. *According to classical views, the anatomically and functionally autonomic nervous system is divided into sympathetic and parasympathetic parts, and the last one includes cranial and sacral centers. This classification, in addition to ontogenetic, anatomical and physiological justification, has historical roots and is associated with the research of J. Langley. For more than a century, such a classification of the autonomic nervous system was considered commonplace. However, modern views on this issue emphasize the*

mechanisms of development and molecular mechanisms of these systems. More attention was paid to such elements as gene expression, features of embryogenesis and development, as well as the general functions of neurons localized in these parts of the autonomic nervous system. In recent years, a group of researchers Espinosa-Medina et al. determined the differential genetic features and relationships of sympathetic and parasympathetic preganglionic and postganglionic neurons. The aim of the study was to compare the relationships and genetic characteristics of lumbar and sacral preganglionic neurons with cranial (parasympathetic) and thoracic (sympathetic) neurons. In general, 15 phenotypic and ontogenetic features are given that distinguish the pre- and postganglionic neurons of the cranial part of the parasympathetic part from the sympathetic neurons of the thoracolumbar region. Each of the features, according to Espinosa-Medina et al., proves that the sacral section must be considered as part of the sympathetic, and not the parasympathetic, section of the autonomic nervous system. This assumption is based on the study on mice at 11.5, 13, 165 days of embryonic development of several transcription factors common to both sacral and thoracolumbar preganglionic neurons, but absent in cranial preganglionic neurons. When revising the existing classification, cranial vegetative nervous structures are proposed to be considered parasympathetic, and spinal – sympathetic. However, a number of researchers were critical of the proposed changes to the existing classification. They consider the interpretation of the findings controversial, point to possibly misleading conclusions due to misinterpretations of the evidence, and suggest that the phenotypes of common thoracic and sacral preganglionic neurons may simply share a common spinal identity.

Conclusion. In recent years, thanks to the latest research, there has been a rethinking and possible change in the ideas that have existed for a long time about the composition and structure of the autonomic nervous system. The proposed reclassification of the autonomic nervous system involves the assignment of the sacral region to its sympathetic, not parasympathetic part. Such a simplified two-component structure offers a new concept of neurophysiology, as well as the evolution and development of the autonomic nervous system. At the same time, a number of researchers give their arguments in favor of rejecting the proposed radical changes and saving the existing classification. In this regard, further studies are highly demanded, which could finally shed light on this issue.

Keywords: autonomic nervous system, sympathetic nervous system, parasympathetic nervous system.

ORCID and contributionship:

Andrii O. Polstianoi : 0000-0002-6513-1533 ^{A, B, C, D, E, F}

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis,
C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article,
E – Critical review, F – Final approval of the article

CORRESPONDING AUTHOR

Andrii O. Polstianoi
V. N. Karazin Kharkiv National University, School of Medicine,
Human Anatomy and Physiology Department
6, Svobody Sq., Kharkiv 61022, Ukraine
tel: +38(057)786-57-60, e-mail: andreypolstyanoj@karazin.ua

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 07.02.2022 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування