Історія медицини

Hystory of medicine

ISSN: 2411-6181(on-line); ISSN: 2311-9896 (print)
Current issues of social studies and history of medicine. Joint Ukrainian -Romanian scientific journal, 2022, №:2 (34), P. 44-47
***UDK** 001.894: 537.8*
***DOI** 10.24061/2411-6181.2.2022.351*

ІСТОРІЯ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВІД "ТВАРИННОЇ ЕЛЕКТРИКИ" Л. ГАЛЬВАНІ ДО ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ В. ЧАГОВЦЯ.

Інга ТИМОФІЙЧУК, Світлана СЕМЕНЕНКО,
Буковинський державний медичний університет,
Чернівці (Україна); semenenko.svitlana@bsmu.edu.ua;
inga10051973@ukr.net;

HISTORY OF ELECTROPHYSIOLOGICAL RESEARCH FROM "ANIMAL ELECTRICITY" BY L. GALVANI TO ELECTRICAL POTENTIALS BY V. CHAGOVTS.

Inga TYMOFYYCHUK, Svitlana SEMENENKO
Bukovinian State Medical University, Chernivtsi (Ukraine),
ORCID 0000-0002-6124-1938; Researcher ID I-1201-2016
ORCID 0000-0003-2617-9697;

Tymofiychuk Inga, Semenenko Svitlana. History of electrophysiological research from "Animal Electricity" by L. Galvani to electrical potentials by V. Chagovts. The development of physiology as an independent science is closely related to electrophysiology. The regularities formulated in this section are important for understanding the regularities of the functioning of internal organs. The section of electrophysiology includes the study of excitability processes, the formation of rest and action potentials, the mechanisms of muscle contraction, the conduction of excitation along nerve fibers, the mechanisms of conduction of excitation through synapses. The work of all internal organs is based on electrophysiological principles, since excitable tissues are part of the functioning internal organs. Both students of medical universities and working doctors will find it useful to get acquainted with this material, which determines the relevance of the work. We set the **aim** of the article is to analise the historical stages in the formation of electrophysiology as an independent section of physiology. **Metodology** of the study is realized mainly with the help of descriptive and historical methods. **The novelty of the study.** The article states that the presence of "animal electricity" was first noticed by Luigi Galvani. Further studies conducted by Volt, Matteucci, Dubois-Raymond expanded the understanding of the mechanisms of conducting excitations on the neuromuscular elements of the body. Attention is drawn to the role of Ukrainian physiologists who made an important contribution to the scientific heritage. Thus, V. Chagovts discovered the fundamental laws of potential formation and the basis of excitability, the concept of a critical level of depolarization. **Conclusions.** The resulting patterns are fundamental even today. The data presented in the article expand knowledge of the physiology of excitable tissues and provide an opportunity to form a more complete picture from this section.

Keywords: *Electrophysiology, Luigi Galvani, V. Chagovets, "animal electricity".*

Вступ. Розвиток фізіології дуже тісно пов'язаний з медициною. Якщо розглядати етапи історичного розвитку фізіології, як науки, можна прослідкувати, що стрімкий розвиток її почався після появи вівісекційних прийомів, відкритих Клавдієм Галеном. Одним із фундаментальних законів фізіології, який був відкритий Уільямом Гарвеєм і опублікований в наукових виданнях "Анатомічні дослідження про рух серця і крові у тварин", продемонстрував існування замкненої системи кровообігу, що в подальшому було підтверджено в роботах італійського вченого Марчелло Мальпігі. Розвиток фізики і відкриття фізичних закономірностей дали можливість використати електричний струм в фізіологічному експерименті, що стало новим етапом розвитку фізіології і виокремило новий розділ – електрофізіологію.

Постановка проблеми. Знання з розділу електрофізіології є важливими, як для студентів медичних вишів так і для працюючих лікарів. Розділ електрофізіології – один із тих, де чітко сформульовані закономірності функціонування органів і систем. Ознайомлення з експериментами, які встановили закономірності функціонування збудливих тканин значно розширюють знання з даного розділу. Ми поставили **за мету** провести аналіз історичних етапів в становленні електрофізіології, як самостійного розділу фізіології.

Основна частина. Важливим етапом розвитку фізіології – є вчення про фізіологію збудливих тканин. В кінці VIII століття італійський фізик Луїджі Гальвані відкрив наявність "тваринної електрики". Гальвані проводив досліди, присвячені порівняльній анатомії, а в 1771 році він почав вивчати м'язове скорочення у препарованої жаби під впливом електричного струму. Саме Гальвані належить термін "тваринна електрика". Так вчений визначав силу, яка активує скорочення м'язів. Дослідник проводив препарування жаби і випадково помітив, що електричний струм, викликає сильне скорочення м'язів. За словами Гальвані, побачене захопило його і спонукало до подальших пошуків, де саме зароджується і виникає "тваринна електрика". Дослід, поставлений в одну з грозових ночей, блискуче вдався: лапки мертвої жаби, підвішеної на мідному гачку до ґрат балкона, час від часу сіпалися як живі. Ні гроза, ні нечиста сила до скорочення м'язів жодного відношення, звісно, не мали. Мабуть, вітер розгойдував тушку, а коли вона торкалася чавунної балюстради, замикався ланцюг між залізом і міддю, і електричний струм, що виникає в ланцюзі різнорідних металів, як і належить у таких випадках, викликав скорочення м'язів.

Вступ. Розвиток фізіології дуже тісно пов'язаний з медициною. Якщо розглядати етапи історичного розвитку фізіології, як науки, можна прослідкувати, що стрімкий розвиток її почався після появи вівісекційних прийомів, відкритих Клавдієм Галеном. Одним із фундаментальних законів фізіології, який був відкритий Уільямом Гарвеєм і опублікований в наукових виданнях "Анатомічні дослідження про рух серця і крові у тварин", продемонстрував існування замкненої системи кровообігу, що в подальшому було підтверджено в роботах італійського вченого Марчелло Мальпігі. Розвиток фізики і відкриття фізичних закономірностей дали можливість використати електричний струм в фізіологічному експерименті, що стало новим етапом розвитку фізіології і виокремило новий розділ – електрофізіологію.

Постановка проблеми. Знання з розділу електрофізіології є важливими, як для студентів медичних вишів так і для працюючих лікарів. Розділ електрофізіології – один із тих, де чітко сформульовані закономірності функціонування органів і систем. Ознайомлення з експериментами, які встановили закономірності функціонування збудливих тканин значно розширюють знання з даного розділу. Ми поставили **за мету** провести аналіз історичних етапів в становленні електрофізіології, як самостійного розділу фізіології[1].

Основна частина. Важливим етапом розвитку фізіології – є вчення про фізіологію збудливих тканин. В кінці VIII століття італійський фізик Луїджі Гальвані відкрив наявність "тваринної електрики". Гальвані проводив досліди, присвячені порівняльній анатомії, а в 1771 році він почав вивчати м'язове скорочення у препарованої жаби під впливом електричного струму. Саме Гальвані належить термін "тваринна електрика". Так вчений визначав силу, яка активує скорочення м'язів. Дослідник проводив препарування жаби і випадково помітив, що електричний струм, викликає сильне скорочення м'язів. За словами Гальвані, побачене захопило його і спонукало до подальших пошуків, де саме зароджується і виникає "тваринна електрика". Дослід, поставлений в одну з грозових ночей, блискуче вдався: лапки мертвої жаби, підвішеної на мідному гачку до грат балкона, час від часу сіпалися як живі. Ні гроза, ні нечиста сила до скорочення м'язів жодного відношення, звісно, не мали. Мабуть, вітер розгойдував тушку, а коли вона торкалася чавунної балюстради, замикався ланцюг між залізом і міддю, і електричний струм, що виникає в ланцюзі різнорідних металів, як і належить у таких випадках, викликав скорочення м'язів. Висновки Гальвані були не до кінця правильними, але цінність його досліджень полягала саме в тому, що він вивчав скорочення м'язів, як фізіолог. Так як Гальвані був ще і фізиком, він припустив, що м'яз є своєрідною батареєю лейденських банок, і безперервно збуджується дією мозку, що передається по нервах. В сучасних підручниках з фізіології ці досліди відомі, які перший і другий дослід Гальвані[2]. **Перший дослід Гальвані.** Знерухомлену жабу на мідному гачку за поперекове сплетення підвішували так, що лапки торкались цинкового стержня. Лапки скорочувались при виникненні струмів між двома металами

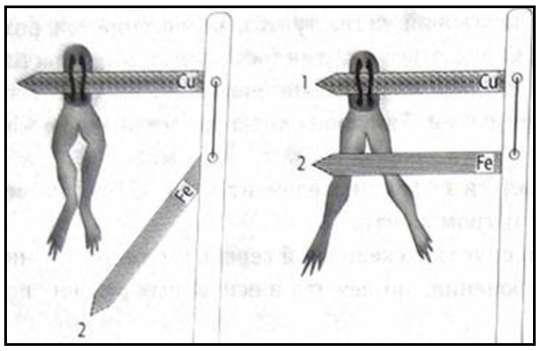

Рис. 1. Схематичне зображення першого досліду Гальвані (балконний дослід)

Другий дослід Гальвані проводився на пошкодженій і непошкодженій ділянці м'яза. За допомогою скляного гачка нерв накидався так, щоб він одночасно торкнувся пошкодженої і непошкодженої ділянок м'язів стегна другої лапки. При цьому можна спостерігати скорочення першої реоскопічної лапки.

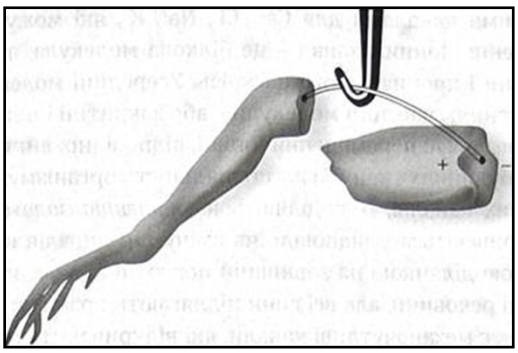

Рис. 2. Другий дослід Гальвані (без металів). Показано спосіб накидання сідничного нерва на м'язи стегна

Ці досліди стали основою подальшого розвитку електрофізіології і фізіології збудливих тканин. Саме Луїджі Гальвані вважають батьком електрофізіології. Ім'я великого вченого увіковічнили, так на його честь у Болоньї ім'ям Гальвані названа площа, на якій встановлено пам'ятник вченому. З 1860 ліцей Болоньї носить ім'я Гальвані, а також кратер на Місяці носить його ім'я[3].

Досліди Гальвані надихнули італійського фізика і фізіолога до проведення подальших досліджень. Вольт звернув увагу на те, що лапки препарату жаби скорочувались лише в той момент, коли вони торкаються двох різнорідних металів. Вчений припустив, що замикається коло електричного струму

[1] Veselovs′kyy M. Vytoky i rozvytok elektrofiziolohiyi v Ukrayini (persha polovyna XX st.) [rigins and development of electrophysiology in Ukraine (the first half of the 20th century)], Istoriya ukr. nauky na mezhi tysyacholit′, Kyjiv, 2002, Vyp. 7, URL: https://esu.com.ua/article-17784 [in Ukrainian], Trokoz V. "Luyidzhi Hal′vani – osnovopolozhnyk elektrofiziolohiyi" [Luigi Galvani - the founder of electrophysiology], *Naukovi zapysky* [Scientific notes], Ternopil, 2003, N 2(21), URL: https://nubip.edu.ua/node/63574 [in Ukrainian].

[2] Trokoz V. "Luyidzhi Hal′vani – osnovopolozhnyk elektrofiziolohiyi"…, op. cit.

[3] Shevchuk V. H., Moroz V. M., Belan S. M. Fiziolohiya : pidruchnyk dlya stud. vyshch. med. navch, 448 p., URL: https://pidru4niki.com/80193/meditsina/zbudlivi_tkanini [in Ukrainian].

при наявності двох різнорідних металів, що і викликає такий результат, а м'яз і нерв просто мають властивості проводити електричний струм. Досліди він проводив на собі з монетками з різних металів. Одну монетку він розміщував на язику, а іншу під язик. Монетки з'єднувались металевою дротиною і в цей момент вчений відчував металевий присмак у роті. Це явище описане, як "гальванізм", з ним стикаються і сучасні стоматологи і сьогодні при постановці зубних протезів з різнорідних металів. Саме цього явища стоматологи намагаються уникати, т. як гальванізм може викликати місцеве запалення і виникнення деяких стоматологічних захворювань. Вольта продовжив свої досліди і створив стовп Вольта, який складався з металевих дисків, які були розділені папером, змоченим соленою водою. Приєднавши до верхнього і нижнього кінця стовпа дроти, Вольта взяв їх до роту. В результаті він впевнився в тому, що його джерело струму діє досить довгий час[4].

В епоху електростанцій, якій оточують людину з усіх сторін важко уявити собі життя без електрики, але знайомство людини з електрикою почалось саме від тварин. Про це свідчить надгробний пам'ятник у Соккарі, на якому зображено електричний сом, який живе у верхів'ях Нілу. Ідея про наявність "тваринної електрики" була підхоплена англійський анатомом Джоном Уолші, який в кінці XVIII століття довів електричну природу удару ската, проводячи експерименти у французькому місті Ла-Рошель, а шотландський хірург і анатом Джон Хантер дав точний опис електричного органу цієї тварини. Результати їхніх дослідів були опубліковані в 1773 році.

Дослідження електричної природи проведення збудження в нервовому волокні і м'язових волокнах. У 1840 році італійській учений Карло Маттеучі продемонстрував, що скорочення м'яза нервово-м'язового препарату може виникнути при контакті з іншим нервово-м'язовим препаратом, який скорочується (Рис. 3). При скороченні виникають струми, яким вчений дав назву "струми дій" і сила їх достатня для збудження другого нервово-м'язового препарату.

Дослідник встановив стегнові частини двох ніжок реоскопа. Нерв першої лапки був під'єднаний до джерела електричного струму, а нерв другої обмотувався навколо литкового м'яза першої лапки. При цьому було помічено, що при стимуляції нерва першої лапки електричним струмом скорочуються м'язи першої та другої лапок реоскопа, внаслідок чого виникає тремор обох кінцівок[5]. Якщо нерви другої лапи щільно зв'язати ниткою, то м'язи першої лапи реоскопа будуть продовжувати скорочуватися, а м'язи другої лапи не будуть скорочуватися, навіть якщо нерви першої лапки будуть стимулюватися. Це доводить, що нерви другої лапки стимулюються не струмом від кардіостимулятора, а активним струмом, який утворюється при збудженні м'язів першої лапки реоскопа.

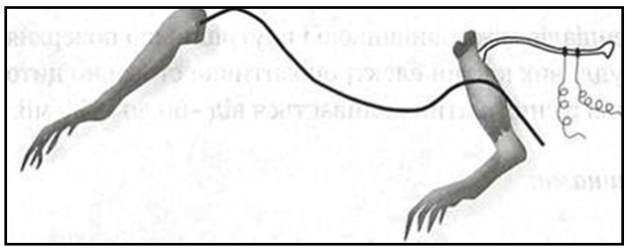

Рис. 3. Дослід вторинного скорочення Матеуччі

Берлінський фізіолог Е. Дюбуа-Реймон у серед. 19 ст. довів наявність зв'язку між електричним струмом та нервовим імпульсом. Цьому вченому ми завдячуємо передусім розробкою дуже досконалої електрофізіологічної техніки. Розроблені ним неполяризаційні електроди є звичайним інвентарем у сучасних фізіологічних лабораторіях. Дюбуа-Раймон першим заснував так званий "потік спокою". Згідно з його термінологією, м'яз, вирізаний з тіла, наприклад м'яз-різець жаби, складається з паралельних м'язових волокон, має так звану зовнішню поздовжню поверхню, два поперечних перетини на кожному кінці та лінію екватора посередині. З'єднання різних точок такого м'яза за допомогою гальванометра доводить, що м'яз є джерелом струму. Напрямок і сила струму залежать від точки м'яза, обраної для реєстрації гальванометром[6].

Видатний український фізіолог В. Данилевський і Р. Кетон в 1875 році відкрили біотоки мозку. На основі електрофізіологічних досліджень вчений довів, що електрична активність мозку пов'язана з його функціональною діяльністю і є показником стану активності[7]. Становлення електрофізіології, як розділу фізіології пов'язано з постаттю видатного українського вченого В. Чаговця. В. Чаговець і Ю. Бернштейн зробили суттєвий внесок у трактування феномену так званої живої електрики (за Л. Ґальвані)[8]. Так, для пояснення електричних потенціалів у живих тканинах В. Чаговець 1896 році вперше застосував теорію електролітичної дисоціації в електорофізіології, Ю. Бернштейн 1902 році сформулював основні положення мембранної теорії збудження. Авторство іонної теорії походження біоелектричних потенціалів і конденсаторну теорію електричного подразнення живих тканин також належать В. Чаговцю. Отримані дані електрофізіологічних досліджень, вчений впровадив для дослідження секреторної функції шлунку методом електрогастрограми. Відкрита В. Чаговцем іонна теорія збудження стала проривом в трактуванні багатьох процесів, які відбуваються у збудливих тканинах і отримані наукові факти стали базою для наступних наукових відкриттів.

Висновки. Розвиток фізіології, як самостійної науки тісно пов'язаний з електрофізіологією. Закономірності, які сформульовані в цьому розділі є

[4] Christian Cajavilca [1], Joseph Varon, George L. Sternbach Resuscitation great. Luigi Galvani and the foundations of electrophysiology, *Resuscitation*, 2009, 80(2), P. 159–62, 2003, N 2(21) [in English].

[5] Kazamel M, Warren PP. History of electromyography and nerve conduction studies: A tribute to the founding fathers, *J Clin Neurosci,* 2017, V. 43, P. 54–60 [in English].

[6] Trokoz V. "Luyidzhi Hal′vani – osnovopolozhnyk elektrofiziolohiyi"…, op. cit.

[7] Cheah YJ, Buyong MR, Mohd Yunus MH. Wound Healing with Electrical Stimulation Technologies: A Review, *Polymers (Basel)*, 2021, V. 13(21), P. 3790 [in English].

[8] Henning Schmidgen. Pictures, preparations, and living processes: the production of immediate visual perception (anschauung) in the late-19th-century physiology, *J Hist Biol*, 2004, V. 37(3), P. 477–513.

є важливими для розуміння закономірностей функціонування внутрішніх органів. Розділ електрофізіології включає вивчення процесів збудливості, формування потенціалів спокою і дії, механізми скорочення м'язів, проведення збудження вздовж нервових волокон, механізми проведення збудження через синапси. Робота всіх внутрішніх органів грунтується на електрофізіологічних принципах, т. як до складу функціонуючих внутрішніх органів входять саме збудливі тканини. І студентам медичних вишів і працюючим лікарям буде корисним ознайомлення з даним матеріалом. Ми провели аналіз історичних етапів в становленні електрофізіології, як самостійного розділу фізіології. В статті зазначено, що вперше помітив наявність "тваринної електрики" Луіджі Гальвані. Подальші дослідження, які були проведені Вольтом, Маттеучі, Дюбуа-Раймоном розширили уявлення про механізми проведення збуджень по нервово-м'язовим елементам організму. Звертається увага на роль українських фізіологів, які здійснили важливий внесок в наукову спадщину. Так В. Чаговцем булі відкриті фундаментальні закони формування потенціалів і основи збудливості, поняття критичного рівня деполяризації. Отримані закономірності є фундаментальними і на сьогоднішній день. Дані представлені в статті розширюють знання з фізіології збудливих тканин і дають можливість сформувати більш повну картину з цього розділу.

Тимофійчук Інга *– кандидат медичних наук, доцент кафедри фізіології Буковинського державного медичного університету. Співавтор 10 підручників й автор понад 110 наукових статей. Коло наукових інтересів: вплив патогенних чинників на структуру і функцію нервової системи людини.*

Tymofiychuk Inga *– candidate of medical science, assistant professor of physiology of Bukovinian State Medical University. Co -author of 10 text-books and of over 110 scientific articles. Research interests: pathogenic factors influence on the structure and function of the human nervous system.*

Семененко Світлана *– кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології ім. Я. Кіршенблата Буковинський державний медичний університет. Співавтор монографії та 5 підручників. Автор 79 наукових статей. Наукові інтереси: роль оксиду азоту в хроноритмічній регуляції діяльності нирок.*

Semenenko Svetlana *– candidate of biological sciences. Associate professor of physiology department named after Y. Kirshenblata Bukovinian State Medical University. Coauthor of monograph and 5 textbooks. The author of 79 scientific publications. Research interests: the role of nitric oxide in the regulation of renal chronorytmichniy of kidney.*

Received: *27.10.2022*
Advance Access Published: *December, 2022*

© I. Tymofiychuk, S. Semenenko, 2022