

Чайковська Тетяна Василівна,

кандидат медичних наук,
доцент кафедри медико-біологічних дисциплін
стоматологічного факультету,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-8914-9957
м. Ужгород, Україна

Комісар Анна Василівна,

асистент кафедри ортопедичної стоматології
стоматологічного факультету,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0009-0003-3510-8572
м. Ужгород, Україна

Головчак Валерія Юріївна,

асистент кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін
стоматологічного факультету,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0001-7021-9292
м. Ужгород, Україна

Пер-Інгвар Бранемарк і його роль в історії дентальної імплантації

У статті висвітлено історію відкриття шведським професором анатомії та хірургом-ортопедом доктором Пер-Інгвар Бранемарк явища «остеоінтеграції». В процесі тривалих досліджень були розроблені дентальні імпланти і успішні, перевірені на практиці, способи лікування адентії. Приведені принципи і умови ефективності застосування методики дентальної імплантації, розроблені доктором Бранемарк. Це відкриття здійснило революцію в дентальній імплантології, а також дозволило значно розширити реконструктивні можливості протезування в ортопедичній хірургії.

Ключові слова: історія медицини, доктор Пер-Інгвар Бранемарк, дентальна імплантація.

Chaikovska Tetiana Vasilivna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Medical and Biological Disciplines Department of Dental Faculty, Uzhgorod National University, ORCID ID: 0000-0002-8914-995, Uzhgorod, Ukraine

Komisar Anna Vasilivna, Assistant of Prosthetic Dentistry Department of Dental Faculty, Uzhgorod National University, ORCID ID: 0009-0003-3510-8572, Uzhgorod, Ukraine

Holovchak Valeriia Yuriiivna, Assistant of Surgical Dentistry and Clinical Discipline Department of Dental Faculty, Uzhgorod National University, ORCID ID: 0000-0001-7021-9292, Uzhgorod, Ukraine

Per-Ingvar Branemark and his role in the history of dental implantation

The article highlights the history of the discovery of the phenomenon of “osteointegration” by the Swedish professor of anatomy and orthopedic surgeon Dr. Per-Ingvar Branemark. In the process of long-term research, dental implants and successful methods of treatment of adentia, proven in practice, were developed. The principles and conditions for the effectiveness of the dental implantation technique, developed by Dr. Branemark, are given. This discovery made a revolution in dental implantology, and also allowed to significantly expand the reconstructive possibilities of prosthetics in orthopedic surgery.

Key words: history of medicine, Dr. Per-Ingvar Branemark, dental implantation.

Вступ. На теперішній час спосіб заміщення відсутніх зубів шляхом застосування дентальних імплантів є методикою, яка широко застосовується у всьому світі. Але всього лиш 70 років назад людство не могло і мріяти про таку можливість. Ця можливість з'явилась в тому числі завдяки відкриттю способу отримання металічного титану у чистому вигляді на початку ХХ століття (після досліджень у 1791 р. Вільяма Грегора, німецького хіміка Мартіна Клапрота у 1795 р., Берцеліуса у 1825 р. та ін.). Тільки через 100 років голландці А. Ван Аркел та І. Де Бур в 1925 році, застосували технологію термічного

розкладання парів йодиду титану та отримали чистий титан. причому промисловий спосіб добування титану був розроблений лише у 40-х рр. ХХ століття [1]. В цей же період титановими імплантами зацікавилися дослідники Боте, Бітон і Девенпорт у 1940 р. [2], а також Готліб Левенталь у 1951 р. [3], які імплантували титанові пластини в експерименті на тваринах та помітили властивість цього металу до зрощення з кісткою.

Матеріали та методи. У роботі використано наступні методи дослідження: предметно-хронологічний, логічний, порівняльно-історичний, бібліографічний.

Результати та обговорення. В 1952 р. Пер-Інгвар Бранемарк (1929–2014) вивчав фізіологію кровообігу в кістковому мозку та процеси регенерації кісткової тканини. Для цього дослідження, проведеного на кроликах, він розробив систему, що складалася з титанового циліндра з маленькою оптичною камерою, яка була вставлена в великогомілкову кістку кролика, для вивчення процесів кровообігу у кістковому мозку за допомогою мікроскопа. Корпус камери був виготовлений з титану. Через декілька місяців після завершення дослідження Бранемарк намагався видалити мікрокамеру для повторного використання в іншому проекті, але його чекав сюрприз: він не зміг відокремити її від кістки, оскільки відбувся процес зрощення з кісткою. Професор Бранемарк назвав цей процес інтеграції між титановим імплантом і кісткою «остеоінтеграцією», тобто він виявив, що імпланти, виготовлені з титану, можуть бути з'єднані з кістковою тканиною безпечно і ефективно, без процесів запалення. На цей час йому було всього 23 роки.

В цей же час професор Бранемарк сформулював ключові умови для успіху імплантації: стерильність, чистота поверхні, атравматичність, геометрична рівність ложа і конструкції. В подальшому ці умови будуть неодноразово доповнюватись та вдосконалюватись різними дослідниками [4].

Професор Бранемарк закінчив медичний факультет Університету Лунда (Швеція) у 1956 році та захистив докторську дисертацію в 1959 році. Він був професором анатомії в Гетеборзькому університеті, директором Лабораторії експериментальної біології в 1963 р. та практикував як успішний хірург-ортопед.

Першими областями медицини, в яких професор Бранемарк застосував остеоінтеграцію після свого відкриття, були ортопедія та пластична хірургія, поки він не зрозумів потенціал цієї методики в дентальній імплантології, а також в протезуванні суглобів і кінцівок. Більше 10 років відбувались випробування на тваринах, доки він нарешті не розробив техніку, яка гарантувала ефективність приживлення імплантату організмом людини [5–7].

Перший пацієнт був пролікований професором Бранемарком у 1965 році. Це був швед - Геста Ларссон (1931–2006), якому вперше у світі встановили сучасний титановий зубний імплантат. Ларссон народився з серйозними деформаціями підборіддя та щелепи (дефект піднебіння, адентія), тому він погодився на це експериментальне лікування. Результати операції були надзвичайно успішними і Геста Ларссон користувався своїми імплантатами понад 40 років.

Насправді це був визначний етап в історії розвитку стоматології, ця подія започаткувала нову еру в дентальній імплантології та проклала шлях для розробки принципів біологічної прийнятності імплантів.

Проте стоматологічна спільнота Швеції в період 1968–1977 років з недовірою сприймала досягнення професора Бранемарка в дентальній імплантології, що очевидно було пов'язано з відсутністю у нього стоматологічної освіти. Це питання позитивно вирішилось тільки тоді, коли комісія з трьох професорів університету з міста Умео (швед. Umeå) ретельно дослідили

результати цієї новітньої технології лікування та написали позитивний відгук про дентальні імпланти, що дало нарешті можливість впровадження цієї методики серед стоматологів у Швеції.

У 1977 році професор Бранемарк заснував Інститут прикладної біотехнології в Гетеборзі як центр для досліджень і розробок дизайну імплантів, клінічного лікування та дослідження кісткової біології. Був введений термін «остеоінтеграція», який і тепер є прийнятим на міжнародному рівні, тобто остеоінтеграція це прямий структурний і функціональний зв'язок між живою кісткою та поверхнею штучного імплантату, що несе навантаження.

Успішна остеоінтеграція є біологічним процесом, при якому відбувається закріплення імпланта шляхом ділення остеоцитів всередині заглиблень поверхні імплантату, а в подальшому — створення між ними міцних молекулярних зв'язків. Для того, щоб імплантат досягнув максимальної стабільності після операції, організму треба близько 18 місяців, протягом яких у ротовій порожнині проходять інтенсивні процеси інтеграції імплантату у кісткову тканину.

Висока біосумісність титану як матеріалу, обумовлена його здатністю в доли секунди утворювати на своїй поверхні захисний оксидний шар, завдяки якому він не корозує. Тобто на свіжій поверхні чистого титану, щойно вона утворюється, дуже швидко з'являється інертна, що добре зростається з металом, найтонша (у кілька ангстрем $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$) плівка діоксиду титану, яка захищає його від подальшого окислювання. Якщо навіть цю плівку зняти, то в будь-якому середовищі, що містить кисень або інші сильні окислювачі, ця плівка з'являється знов, і метал захищає сам себе від подальшого руйнування [1].

Доведено, що процес остеоінтеграції залежить від багатьох факторів, в т.ч. від ступеня реакції імунної системи на імплант, і ця реакція може виникати в 1–2% випадків протягом десяти років спостереження.

Титанові імпланти є стандартним методом дентальної імплантології на сьогоднішній день із показником успішності 90-95% протягом перших двох років після операції та вражаючими 98% протягом середнього життя.

Вплив доктора Бранемарка на сферу протезних технологій був широкомасштабним, а його революційний метод вийшов за рамки стоматологічних застосувань. У 1970-х роках його метод почали використовувати в щелепно-лицевій хірургії для заміни елементів обличчя, втрачених через пухлини, травми або вроджені дефекти, а також для слухових апаратів з кістковим кріпленням.

У 1980-х роках професор П.-І. Бранемарк почав застосовувати свій метод остеоінтеграції для ортопедичних втручань.

Треба відмітити, що дослідження доктора Бранемарк відбувались на грантовій основі, які часто відхиляли, проте після отримання фінансування від Національного інституту охорони здоров'я Сполучених Штатів імпланти Brånemark стали основою для використання в галузі дентальної імплантології. На конференції з питань остеоінтеграції в Торонто в 1982 р. нова техно-

логія механічно оброблених титанових імплантатів була представлена всім стоматологічним спільнотам, після чого цей спосіб лікування отримав більш широке застосування в клінічних умовах, тобто це був переломний момент, коли всевітнє наукове співтовариство нарешті прийняло дослідження Бранемарка. Доктор Бранемарк продовжує публікацію ряду наукових робіт по узагальненню свого досвіду ефективного лікування адентії за допомогою мостів на остеоінтегрованих кріпленнях у сотнях пацієнтів і відмічає явище постійної стабільності у 89% верхньощелепних і 100% нижньощелепних випадків на протязі 5–9 років спостереження [8–10].

У 1981 р. доктор Бранемарк організує компанію Nobel Biocare, яка займається виробництвом зубних імплантів, а у 1989 році у Гетеборзі був заснований Центр остеоінтеграції Brånemark - Branemark Osseointegration Center (BOC), як клініка реконструктивної хірургії та тканинних інтегрованих протезів. Ця клініка стала лідером у створенні і застосуванні дентальних імплантатів в клінічній практиці.

Професор П.-І.Бранемарк був автором багатьох винаходів, які стосувалися не тільки дентальної імплантології, але і ортопедичної хірургії, серед яких патентувалися такі засоби і способи лікування, зокрема як анкерний елемент для підтримки суглобового механізму пальця або іншого реконструйованого суглоба, механізм штучного суглоба для реконструкції суглобів людини, анкерний елемент для фіксації в кістковій тканині, засіб утримання та спосіб його імплантації в кісткову тканину, імплантований анкерний елемент і анкерний вузол для протезів та багато інших.

Окремо слід відзначити його патент на винахід US6319000B1 «Система зубних протезів, компоненти системи зубних протезів і способи для такої системи зубних протезів», який патентувався в США з паралельним патентуванням цього винаходу в Канаді, Китаї та багатьох європейських країнах [11].

У 1991 році була заснована Європейська асоціація з остеоінтеграції (ЕАО), причому доктор П.-І. Бранемарк був одним із засновників цієї організації. З метою обміну досвідом застосування досягнень остеоінтеграції в області ортопедії, пародонтології, щелепно-лицевої хірургії, ЛОР патології та ін. щорічно в різних міс-

тах Європи проводяться збори ЕАО (Левен, Барселона, Мальме, Париж, Берн, Берлін, Копенгаген, Амстердам, Мілан та ін.). В 2023р. восени відбулася ювілейна 30-та зустріч науковців ЕАО.

За свою роботу професор Пер-Інгвар Бранемарк був удостоєний багатьох нагород, у тому числі премії Седерберга Шведського товариства медицини в 1992 році, яку часто називають «міні- Нобелем», і не менш престижної медалі Шведської інженерної академії за технічні інновації.

Професор Пер-Інгвар Бранемарк також був нагороджений медаллю Гарвардської школи стоматологічної медицини за свою роботу над зубними імплантатами у Сполучених Штатах, був Почесним стипендіатом Королівського медичного товариства Великобританії. У 2003 році він отримав ступінь почесного доктора Європейського університету в Мадриді. Також він був лауреатом премії European Inventor Award 2011 у категорії «Досягнення за життя».

На сьогоднішній день справу професора Пер-Інгвар Бранемарка продовжує не тільки світова наукова спільнота, але і його син - найвідоміший у світі хірург-ортопед та засновник методу двоетапного остеоінтегративного протезування кінцівок шведський професор Рікард Бранемарк (Rickard Brånemark), який розвиває, досліджує і впроваджує метод П.-І.Бранемарка – титанових імплантатів для кріплення протезів рук і ніг більше 20 років [12]. Двічі на протязі 2023 р. (весною та наприкінці вересня) професор Рікард Бранемарк, провів успішні оперативні втручання за методом двоетапної остеоінтеграції та поділився з українськими колегами авторськими методиками технологій остеоінтегративного протезування кінцівок, провів тренінги-семінари для хірургів-ортопедів України, а також привіз пораненим українським захисникам три протези на суму майже в 6 мільйонів гривень.

Висновки. Таким чином, відкриття і практичне застосування явища остеоінтеграції професором Пер-Інгвар Бранемарк є одним із найбільших відкриттів середини 20 століття, яке дійсно здійснило революцію в дентальній імплантології, а також дозволило значно розширити реконструктивні можливості протезування в ортопедичній хірургії.

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Titanium>
2. Bothe R.T., Beaton L.E., Davenport H.A. Reaction of Bone to Multiple Metallic Implants. Surg Obstet Gynecol 1940;71:598-602.
3. Leventhal Gottlieb. Titanium, a metal for surgery. J Bone Joint Surg Am. 1951; 33-A (2): 473–474.
4. Linkow L.I., Rinaldi A.W., Weiss W.W., Jr, Smith G.H. Factors influencing longterm implant success. J Prosthet Dent. 1990;63;64-73.
5. Branemark P. I. Vital microscopy of bone marrow in rabbit. Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation. 1959;11:1–82.
6. Brånemark P.I., Breine U., Johansson B., et al. Regeneration of bone marrow. A clinical and experimental study following removal of bone marrow by curettage. Acta Anat (Basel) 1964;59:1-46.
7. Brånemark P. I., Adell R., Breine U., Hansson B. O., Lindström J., Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. 1969; 3: 81–100.
8. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period / P. I. Branemark, B. O. Hansson, R. Adell [et al.] // Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. – 1977. - Suppl 16. – P.1-132.
9. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw /R. Adell¹, U Lekholm, B. Rockler, P.-I. Brånemark //International Journal of Oral Surgery Volume 10, Issue 6, 1981, Pages 387-416 [https://doi.org/10.1016/S0300-9785\(81\)80077-4](https://doi.org/10.1016/S0300-9785(81)80077-4).

10. Brånemark PI (September 1983). "Osseointegration and its experimental background". The Journal of Prosthetic Dentistry. 50 (3): 399–410.

11. Patent US6319000B1 A61C1/084 (EP,US); A61C8/0048 P,US); A61C8/0089 (EP,US). Dental prosthesis system, components for dental prosthesis system and methods for such a dental prosthesis system / BRAANEMARK PER-INGVAR [SE].- SE9602554A·1996-06-27; SE9701036W·1997-06-12; publ. US6319000B1 ·2001-11-20.

12. Brånemark, R.; Brånemark, P.I. J.; Rydevik, B.; Myers, R.R. (2001). "Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: a review". Journal of Rehabilitation Research & Development. 38 (2): 175–181. PMID 11392650.

REFERENCES

1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Titanium> [in English]
2. Bothe RT, Beaton LE, Davenport HA. Reaction of Bone to Multiple Metallic Implants. Surg Obstet Gynecol 1940;71:598-602. [in English]
3. Leventhal Gottlieb. Titanium, a metal for surgery. J Bone Joint Surg Am. 1951; 33-A (2): 473–474. [in English]
4. Linkow LI, Rinaldi AW, Weiss WW, Jr, Smith GH. Factors influencing long-term implant success. J Prosthet Dent. 1990;63:64–73. [in English]
5. Branemark P. I. Vital microscopy of bone marrow in rabbit. Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation . 1959;11:1–82. [in English]
6. Brånemark PI, Breine U, Johansson B, et al. Regeneration of bone marrow. A clinical and experimental study following removal of bone marrow by curettage. Acta Anat (Basel) 1964;59:1-46. [in English]
7. Brånemark P. I., Adell R., Breine U., Hansson B. O., Lindström J., Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. 1969; 3: 81–100. [in English]
8. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period / P. I. Branemark, B. O. Hansson, R. Adell [et al.] // Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. – 1977. - Suppl 16. – P.1-132. [in English]
9. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw /R. Adell ¹, U Lekholm, B. Rockler, P.-I. Brånemark //International Journal of Oral Surgery Volume 10, Issue 6, 1981, Pages 387-416 [https://doi.org/10.1016/S0300-9785\(81\)80077-4](https://doi.org/10.1016/S0300-9785(81)80077-4). [in English]
10. Brånemark PI (September 1983). "Osseointegration and its experimental background". The Journal of Prosthetic Dentistry. 50 (3): 399–410. [in English]
11. Patent US6319000B1 A61C1/084 (EP,US); A61C8/0048 EP,US); A61C8/0089 (EP,US). Dental prosthesis system, components for dental prosthesis system and methods for such a dental prosthesis system / BRAANEMARK PER-INGVAR [SE].- SE9602554A·1996-06-27; SE9701036W·1997-06-12; publ. US6319000B1 ·2001-11-20. [in English]
12. Brånemark, R.; Brånemark, P.I. J.; Rydevik, B.; Myers, RR. (2001). "Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: a review". Journal of Rehabilitation Research & Development. 38 (2): 175–181. PMID 11392650. [in English]