

Człowiek w przestrzeni – historia propriocepcji

Man in Space: the History of Proprioception

Marta Jokiel¹, Leszek Romanowski¹

Poznań

Streszczenie: Propriocepcja jest jedną z podstawowych składowych motorycznej części układu nerwowego człowieka. Do jej głównych zadań należy przede wszystkim odbieranie bodźców ze środowiska zewnętrznego i kontrolowanie odpowiedzi motorycznej w postaci wzbudzenia ruchu lub napięcia odpowiednich struktur tkankowych. Jej sprawne funkcjonowanie stanowi fundament prawidłowo funkcjonującego organizmu. W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat istota propriocepcji została doceniona przez szerokie grono naukowców, lekarzy specjalistów oraz fizjoterapeutów, którzy zgodnie podkreślają, iż jest ona kluczowym elementem zakończenia procesu rehabilitacji oraz pełnego powrotu do zdrowia pacjentów. Historia tego ciekawego zjawiska sięga połowy XVI wieku, jednakże swój prawdziwy rozkwit osiągnęła na przełomie XIX i XX wieku dzięki pracy Sir Charlesa Scotta Sherringtona.

Abstract: Proprioception is one of the basic components of the motor unit of human nervous system. It is mainly responsible for the external stimulus perception and motor response control in the form of movement or tissue contraction. It's efficient function is the base of proper function of human organism. In last few years the issue of proprioception was appreciated by many scientists, specialists and physical therapists which declare that it is one of the most important elements in the ending of the rehabilitation process and patients full recovery. History of this interesting phenomenon is reaching the middle of the XVI century but the full achievement is dated in XIX century thanks to works of Sir Charles Scott Sherrington.

Słowa kluczowe: propriocepcja, historia ortopedii, historia medycyny, Charles Scott Sherrington

Key words: proprioception, history of orthopedics, history of medicine, Charles Scott Sherrington

Wstęp

Od kilkunastu lat tematyka propriocepcji, czyli czucia głębokiego, cieszy się coraz większą popularnością nie tylko wśród środowisk neurofizjologicznych i ortopedycznych, ale również wśród osób związanych z medycyną sportową oraz fizjoterapią. Co roku powstają tysiące prac badających składowe, zależności oraz reakcje wpływające na funkcjonowanie tego niezwykłego układu, bez którego żaden człowiek nie byłby w stanie egzystować w środowisku zewnętrznym. W podstawowym ujęciu

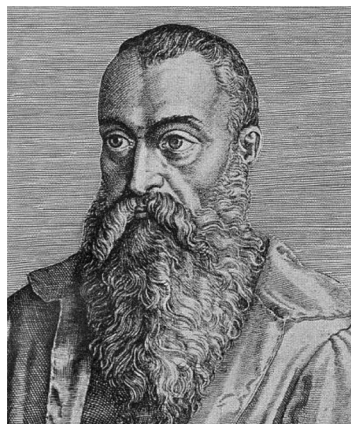
¹ Katedra i Klinika Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu.

propriocepcja jest zmysłem pozwalającym nam na odczuwanie położenia każdego elementu naszego ciała w przestrzeni. Najprościej można ją przedstawić jako zdolność adaptacji naszego organizmu do zmieniających się warunków środowiska zewnętrznego. Przykładowo, gdy idąc ulicą natrafiamy na nierówność w podłożu w postaci niewielkiego wgłębienia lub nachylenia powierzchni, nasz organizm automatycznie analizuje sygnały dochodzące z podeszwy stopy i dostosowuje ułożenie naszego ciała tak, aby jak najlepiej przystosować się do nowych warunków. W przypadku wgłębienia będzie to aktywizacja mięśni goleni i wspięcie na palce, aby wy dostać się z nierówności, w przypadku nachylenia podłoża będzie to pochylenie ciała do przodu i zwiększenia napięcia mięśni pośladkowych tak, aby nie zmieniać prędkości marszu. Wszystkie te elementy nasz organizm analizuje automatycznie, w większości przypadków bez udziału naszego wzroku.

Podstawowo propriocepcję podzielić można na propriocepcję świadomą i nieświadomą. Elementy wchodzące w skład świadomej części to czucie pozycji stawu (JPS – joint position sense), czyli czucie czynnego ruchu, kinestezja, czyli czucie ruchu biernego oraz czucie rozciągania i nacisku. Na część nieświadomą składają się elementy odpowiedzialne za czucie postawy naszego ciała i jego ułożenia w przestrzeni oraz składowe wpływające na stabilizację stawu. Z roku na rok dzięki nowoczesnym technologiom oraz zaawansowanym metodom badania tkanek, nerwów, mięśni, więzadeł i ścięgien ta rozbudowana i niezwykle skomplikowana część naszego układu nerwowego staje się coraz bardziej rozumiała. Jednakże, żadne z badań przeprowadzonych w XXI w. nie byłoby możliwe, gdyby nie działalność naukowa „ojca” współczesnej wiedzy o propriocepcji, Sir Charlesa Scotta Sherringtona. Niniejsza praca przedstawia historię odkrycia czucia głębokiego oraz krótką biografię osoby, bez której ponad 27.000 prac okazałoby się nieistotnych naukowo.

Odkrycie czucia pozycji

Czucie pozycji oraz ruchu w przestrzeni przez nasze ciało zostało po raz pierwszy opisane w 1557 r. przez włoskiego lekarza i filozofa Juliusza Caesara Scaligera, który w jednym ze swoich największych dzieł „*Exotericarum exercitationum*” opisał to zjawisko jako „czucie ruchu”. Scaliger, człowiek renesansu, zagorzale bronił arystotelesowskiego podejścia do nauki, filozofii oraz sztuki. W swoich pracach opierał się na realistycznym i empirycznym podejściu do przyrody oraz ciała człowieka, które „reagowało na zmiany wszystkiego co go otacza (...)”. Jego prace miały wpływ na pojmowanie świata przez takich



Ryc. 1. Juliusz Caesar Scaliger

Źródło: http://en.wikipedia.org/wiki/Julius_Caesar_Scaliger.jpg [10.01.2014 19:55]

filozofów przyrody jak: Francis Bacon, Gottfried Wilhelm Leibniz i Johannes Kepler [Abbot, Alison 2006; www.britannica.com].

Wprowadzenie terminu „czucie ruchu” zaspokoiło potrzeby poznawcze lekarzy i filozofów na niemalże kolejne 300 lat i dopiero w 1826 r. Charles Bell podjął zagadnienie „czucia mięśniowego”. Był on szkockim chirurgiem, anatomem oraz zapalonym filozofem, który starał się wyjaśnić zagadnienia związane z funkcjonowaniem układu nerwowego człowieka. Swoje szczegółowe przemyślenia oraz wyniki wieloletnich badań naukowych nad zwierzętami zawarł w pracy zatytułowanej „An Idea of a New Anatomy of the Brain”, która ukazała się w r. 1811. Praca ta okazała się swoistym kamieniem milowym dla neurologii. Bell zawarł w niej nie tylko obserwacje, ale również wypływające z nich wnioski, na podstawie których wyróżnił dwa rodzaje nerwów istniejących w każdym żywym organizmie. Nie od razu nazwał je nerwami czuciowymi i ruchowymi, jednakże w swoich późniejszych pracach coraz częściej używał tych wyrażeń. Kontynuując badania nad układem nerwowym człowieka, Bell w 1826 r. opisał podstawowy mechanizm sprzężenia zwrotnego pomiędzy środowiskiem wewnętrznym a mięśniem. Zgodnie z jego obserwacjami i założeniami informacje za pomocą nerwów trafiają do mózgu, jako centralnego ośrodka, a następnie za pomocą tych samych nerwów mózg przesyła informację do mięśni [Burke 2007, Collins 2005].

Pojęcie kinestezji

W 1880 r. Henry Charlton Bastian zaproponował zmianę terminu „czucie mięśniowe” na „kinestezję”. Bastian opierał się na własnych badaniach oraz na podstawo-

wych informacjach, które wyjaśniały, iż informacja aferentna, idąca z zewnątrz do mózgu, pochodzi z różnorodnych struktur, w skład których wchodzi ścięgna, stawy oraz skóra. Swoje przemyślenia oraz twierdzenia zawarł w książce wydanej w 1880 r. i zatytułowanej „The Brain is an Organ of Mind”. Jako zwolennik teorii abiogenezy Bastian utrzymywał, iż był świadkiem spontanicznego utworzenia się żywego organizmu z martwej materii w polu widzenia mikroskopu [Courville 1953].



Ryc. 2 Alfred Goldscheider

Źródło: commons.wikimedia.org/wiki/File:Alfred_Goldscheider.jpg [10.01.2014 19:59]

W 1889 r. niemiecki neurolog Johannes Karl Eugen Alfred Goldscheider zaproponował, aby kinestezję podzielić na trzy zasadnicze typy: mięśniowy, ścięgnisty oraz stawowy. Skupił się głównie na badaniu układu somatosensorycznego, celem zlokalizowania receptorów odpowiedzialnych za odczuwanie ciepła i zimna. W trakcie swoich badań odkrył również receptory skórne

odpowiedzialne za odczuwanie dotyku i bólu. Te badania stały się później podstawą do stworzenia pełnego podziału czucia oraz wyróżnienia czucia głębokiego i powierzchniowego. W historii badania propriocepcji istnieje „maleńki” polski akcent, gdyż Alfred Goldscheider urodził się w Sommerfeld, czyli w Lubsku w województwie lubuskim [Howes 2009].

Era neuronu

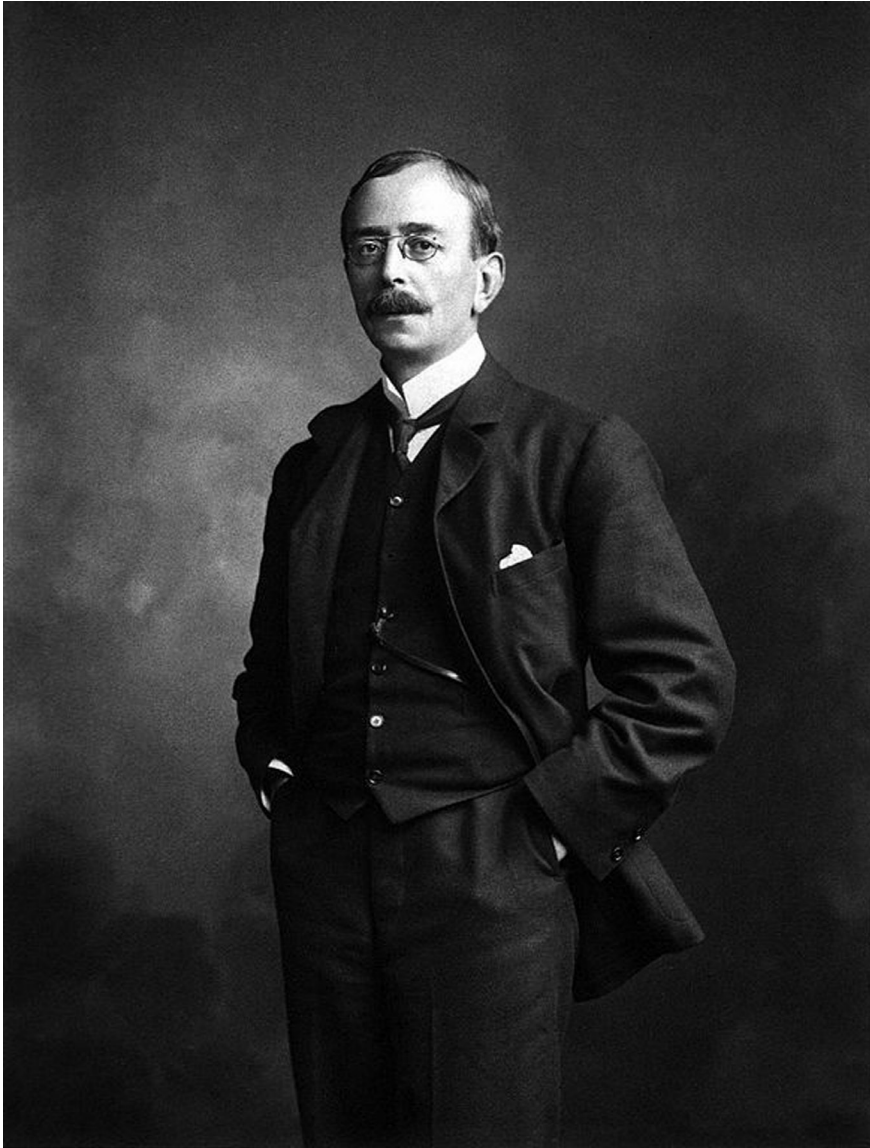
W XX w. dokonał się postęp wszystkich dziedzin nauki. Kamieniem milowym w rozwoju neurologii okazało się przyznanie w 1906 r. Nagrody Nobla w dziedzinie fizjologii lub medycyny dwóm znaczącym neuroanatomom, Camillo Golgiemu oraz Santiago Ramonowi y Cajal. Ich praca zapoczątkowała okres „ery neuronu”, w której uznano za podstawę funkcjonowania ludzkiego organizmu pojedynczą komórkę nerwową tworzącą wraz z innymi niezliczone sieci składające się na nasz układ nerwowy. Odkrycie przez Golgiego pojedynczych komórek (nazywanych dzisiaj narządami Golgiego) które zlokalizowane są głównie w obrębie ścięgien, dostarczających informacji o rozciąganiu ścięgna w ekstremalnym zakresie ruchu, skłoniły neurologów do poszukiwania innych dróg czucia niż tylko czucie powierzchowne.

Swoje przemyślenia na temat budowy i struktury ludzkiego układu nerwowego Santiago Ramon y Cajal zawarł w dziele „New ideas on the fine anatomy of the nerve centres”. Dzięki odpowiedniej metodzie barwienia komórek nerwowych za pomocą azotanu srebra udało mu się wyodrębnić z preparatów tkankowych komórki nerwowe oraz szczegółowo obserwować ich kształt i sposób połączenia z innymi komórkami. Odkrycie Golgiego i Cajala uznano za epokowe, ponieważ wcześniej twierdzono, iż mózg jest jednolitą masą o specyficznym kształcie i nie składa się z większej ilości komórek [Jones 2001, Lephart 2000].

Ojciec propriocepcji

Postęp w zakresie neurologii dokonujący się na przełomie XIX i XX w. zainspirował angielskiego neurofizjologa Sir Charlesa Scotta Sherringtona do wyjaśnienia, w jaki sposób nasz organizm przyjmuje i odbiera wiele informacji z różnorodnych obszarów.

Sir Charles Edgar Adrian Sherrington urodził się 27 listopada 1857 r. w Londynie, jako syn Anny Brookes i Jamesa Nortona Sherringtona, wiejskiego lekarza, który zginął w bardzo młodym wieku. Jego matka wyszła ponownie za mąż za lekarza Caleba Rosa, którego szerokie zainteresowania kulturalne oraz humanistyczne ukształtowały zainteresowania młodego Sherringtona nauką, filozofią oraz sztuką. W 1875 r. za namową ojczyma rozpoczął on szkolenie medyczne w szpitalu Św. Tomasza w Londynie. W 1879 r. zdał pierwszy egzamin i rozpoczął naukę wybitnej w tamtych czasach Royal College of Surgeons w Londynie. W tym samym roku przeniósł się na Uniwersytet Cambridge, gdzie rozpoczął studia pod czujnym okiem Sir Michaela Fostera,



Ryc. 3. Sir Charles Scott Sherrington

Źródło: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_Scott_Sherrington1.jpg [11.01.2014 20:28]

nazywanego „ojcem” brytyjskiej fizjologii. W latach 1881-1885 współpracował ściśle ze światowej sławy fizjologami, Johnem Newportem Langleleyem i Walterem Gaskellem, którzy zachęcili go do skupienia się nad zagadnieniami neurofizjologii.

W 1881 r. Sherrington wziął udział w medycznym kongresie organizowanym w Londynie, podczas którego jego mentor, Sir Michael Foster, omawiał eksperymentalne badania Sir Charlesa Bella nad funkcjonowaniem układu nerwowego. Kontro-

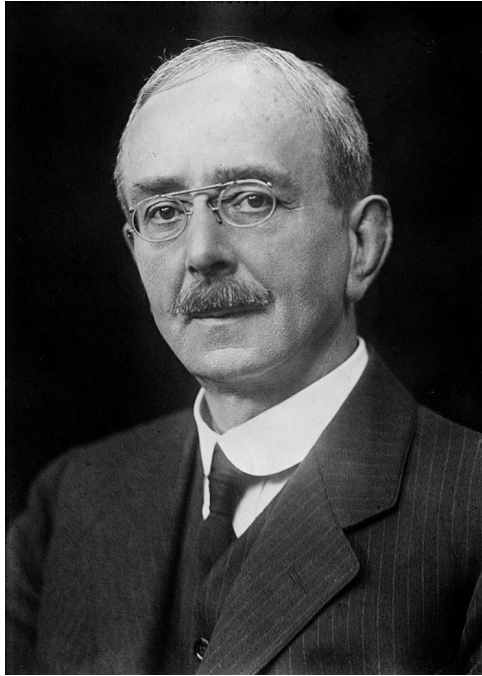
wersje wzbudziło wystąpienie Davida Ferriera i Fredricha Leopolda Goltza, którzy referowali eksperyment polegający na usunięciu części kory mózgowej u psów i małp, co bardzo zainteresowało Sherringtona. W 1884 r. opublikował on wraz Langleyem pracę, w której dowiódł, iż usunięcie części kory mózgowej wpływa na funkcjonowanie organizmu. Prowadzili wspólne badania do 1887 r., zajmując się głównie zmianami w funkcjonowaniu i budowie układu mózgowego psów pozbawionych kory mózgowej. W tym okresie Sherrington rozpoczął współpracę z Committee of the Assassination for Research in Medicine. W 1886 r. udał się Hiszpanii, aby oceniać przełom oraz skutki epidemii cholery. Poznał wtedy osobiście Santiago Ramona y Cajala i zdołał przekonać go do wygłoszenia serii wykładów w Anglii. Podczas swoich badań nad cholerą Sherrington poznał i pracował u wybitnych patologów XX w., Rudolfa Virchowa oraz Roberta Kocha. Dzięki tej współpracy zdobył niezwykle cenne doświadczenie w zakresie fizjologii, morfologii oraz histologii. W 1885 r. otrzymał tytuł doktorski na Uniwersytecie Cambridge i opublikował własną pracę zawierającą długofalową obserwację funkcjonowania psów pozbawionych kory mózgowej. W 1887 r. Sherrington został wykładowcą na Wydziale Fizjologii w Szkole Medycznej Św. Tomasza w Londynie, gdzie mógł kontynuować badania nad drogami rdzeniowymi.

27 sierpnia 1891 r. Sherrington poślubił Ether Wright, a sześć lat później na świat przyszło jedyne dziecko pary – Carr E, R. Sherrington. W 1895 r. Sherrington otrzymał etat profesorski na Wydziale Fizjologii Uniwersytetu w Liverpool, a w latach 1913-1935 otrzymał etat dziekański na Wydziale Fizjologii na Uniwersytecie w Oxfordzie [Mazzarello 1999, Norrsell 1999].

Działalność naukowa

Największym dziełem Sherringtona była wydana w 1906 r. monografia „The Integrative Action of the Nervous System”, która stanowiła zbiór 10 wykładów przedstawionych podczas jego stypendium naukowego na Uniwersytecie Yale w Stanach Zjednoczonych. Pierwszy z wykładów wyjaśniał zjawisko koordynacji i przekazu prostego odruchu nerwowego. Sherrington uznał, iż neurony są oddzielnymi komórkami które kontaktują się ze sobą i przekazują sobie wzajemnie informacje. Podczas wykładu przedstawił działanie łuku odruchowego składającego się z receptora, przewodnika oraz efektoru. Prosty odruch, w jego rozumieniu, to czyste pojęcie pozwalające patrzeć na układ nerwowy jako na spójną całość, w której żadna część nie może istnieć bez pozostałych. Koordynacja jest dla niego ewidentnym przykładem współdziałania odruchów nerwowych.

Wykład drugi dotyczył różnic pomiędzy odruchami powstałymi wskutek drażnienia receptorów zewnętrznych, a odruchami powstałymi podczas drażnienia receptorów wewnątrz naszego organizmu. Aby lepiej zrozumieć przebieg drogi odruchu nerwowego, Sherrington zaproponował graficzny diagram dzielący się na trzy podstawowe części: aferentny neuron odpowiadający za przyjmowanie informacji, długą drogę propriosynaptyczną oraz ostateczną wspólną drogę zakończoną motoneuronem.



Ryc. 4. Sir Charles Sherrington

Źródło: http://www.old-print.com/mas_assets/full2/M2061922/M2061922953.jpg [11.01.2014 20:45]

W wykładzie trzecim Sherrington podjął się wytłumaczenia zjawiska hamowania zwrotnego, które uważał za swoje największe odkrycie. Zasada hamowania zwrotnego polega według niego na zaobserwowaniu zjawiska, w którym drażnienie mięśni agonistów powoduje odruchowe hamowanie działania mięśni antagonistów działających w tym samym stawie. Centrum hamowania stanowi w tym wypadku rdzeń kręgowy, a nie jak uważały środowiska naukowe, wolne zakończenia nerwowe. W kolejnych wykładach Sherrington przedstawiał różnice pomiędzy drogami aferentnymi rozpoczynającymi się w różnych miejscach, które końcowo docierają do rdzenia kręgowego i zamieniane są na odpowiedź zawiadywaną przez motoneurony. Następnie prowadził dyskusję dotyczącą odruchów i zasad, które wpływają na rozłożenie odruchów dróg rdzeniowych. Według jego teorii, główne znaczenie ma tutaj lokalizacja aferentnych i eferentnych łuków odruchowych w rdzeniu kręgowym. W wykładzie szóstym Sherrington przechodził od teorii powstania odruchu do koordynacji przez następujące po sobie odpowiedzi motoneuronów. Według niego, każde podrażnienie receptora powoduje powstanie odpowiedzi w motoneuronie. Koordynacja jest wynikiem naprzemiennego powstawania po sobie odpowiednich odruchów. Podsumowując swoją pracę, Sherrington podkreślał, iż podstawowym podziałem zmysłów i receptorów układu nerwowego człowieka jest podział na eksteroreceptory, interoreceptory i proprioceptory. Eksteroreceptory opisał jako receptory odpowiadające za

odbieranie wrażeń ze środowiska zewnętrznego (oczy, uszy, usta, skóra), a interoreceptory jako receptory zlokalizowane w tkankach narządów wewnętrznych ludzkiego organizmu, które odbierają wrażenia z wnętrza naszego organizmu. Proprioceptory to, według Sherringtona, wyspecjalizowane komórki zlokalizowane w ścięgnach, więzadłach, skórze, mięśniach, odpowiedzialne za odbieranie wrażeń będących „czystą formą świadomości ruchu i zajmowania przestrzeni(...)”, leżących poza naszym wzrokiem i świadomością. Ich istnienie Sherrington uznał za „sekretny szósty zmysł ciała ludzkiego”. Teoria ta zmieniła neurologię, zmuszając naukowców do odejścia od tradycyjnego podejścia opierającego się na pięciu ludzkich zmysłach [Norsell 1999, Robinson 1934, Sherrington 1907, www.nobelprize.com]. Podsumowując swoje lata pracy nad propriocepcją, Sherrington zauważył, iż podrażnienie proprioceptorów następuje w wyniku kilku specyficznych zdarzeń związanych ze zmianami w środowisku zewnętrznym, na które reagują odpowiednie jednostki motoryczne.

Sherrington jako człowiek

Podczas I wojny światowej Sherrington pracował 13 godzin dziennie w fabryce uzbrojenia w Birmingham. Był osobą niezwykle uzdolnioną, wykazującą wszechstronne zainteresowania. Zajmował się historią medycyny, biografiami naukowców, poezją, był również znany jako kolekcjoner książek oraz niestrudzony sportowiec. Do jego licznych publikacji należał również tomik własnej poezji, zatytułowany „The Assaying of Brabantius and other Verse”. Przechodząc na emeryturę wydał książkę „Man on his Nature”, poświęconą życiu i poglądom XVI-wiecznego francuskiego lekarza Jeana Fernela, którego Sherrington był wielkim zwolennikiem [11,13]. Oto fragmenty tej książki: „...może to zabrzmieć paradoksalnie, ale im bardziej precyzyjniej i dokładniej przeprowadzamy doświadczenie, tym mniej rozumieją z niego studenci,” „Człowiek myśli o sobie samym dowoli, ponieważ jest świadomy własnych pragnień i własnej woli oraz jest nieświadomy przyczyn, które uniemożliwiają osiągnięcie tych pragnień.” W 1941 r. Sherrington nabawił się niezwykle bolesnego artretyzmu, które towarzyszyło mu aż do śmierci 4 marca 1952 w Eastbourne w księstwie Sussex.

Za osiągnięcia naukowe w 1922 r. Sherrington otrzymał z rąk królowej odznaczenie „Knight Grant Cross of British Empire”, a dwa lata później przyznano mu „Order of Merit”. W 1932 r. został laureatem Nagrody Nobla w dziedzinie fizjologii lub medycyny wspólnie z Edgarem Douglasem Adrianem za odkrycia dotyczące funkcjonowania neuronów. Przyznano mu członkostwo honorowe ponad 40 różnych akademii oraz otrzymał tytuły honorowe z 22 uczelni [9,10].

Zakończenie

Opierając się na wynikach badań Sherringtona, wielu naukowców w XX w. skupiło się na problematyce czucia głębokiego. W ciągu kilkudziesięciu lat powstały tysiące publikacji potwierdzających hipotezy tego wielkiego naukowca. W 2000 r. amerykań-

scy biomechanicy, Freddie H Fu i Scott M Lephart, opublikowali szczegółowy zbiór prac i doniesień naukowych, będący podsumowaniem niemalże 100 lat badań nad propriocepcją ciała ludzkiego. Znalazły się w nim prace przedstawiające, przykładowo, iż drażnienie więzadła krzyżowego przedniego wywołuje automatyczny skurcz mięśnia czworogłowego uda w odpowiedzi monosynaptycznej, co stanowiło jeden z dowodów potwierdzających istnienie tego niezwykłego układu. Pomimo istnienia tak dużej liczby prac naukowych w dziedzinie propriocepcji, nadal pozostaje wiele kwestii wymagających zbadania i oceny, dlatego problematyka ta wciąż cieszy się niezwykłą popularnością. Jednakże każda z tych prac kontynuuje poglądy jednej szczególnej osoby, której niezwykła wiedza i naukowe zacięcie pozwoliły zmienić postrzeganie naszego układu nerwowego – Sir Charlesa Sherringtona [Sherrington 1906].

Piśmiennictwo:

1. Abbot A., Allison G., *In Search of the Sixth Sense*, "Nature" 2006, 442: 125-127.
2. Burke RE, *Sir Charles Sherrington's The integrative action of the nervous system: a centenary appreciation*, "Brain" 2007, 887-894.
3. Collins DF et al., *Cutaneous receptors contribute to kinesthesia at the index finger, elbow, and knee*, "Journal of Neurophysiology" 2005, 94: 1699-706.
4. Courville CB.: *Santiago Ramon y Cajal (1852–1934)*, in: *The Founders of Neurology. One Hundred and Thirty-Three Biographical Sketches*. Prepared for the Fourth International Neurological Congress in Paris by Eighty-Four Authors, Springfield, 1953, 74-77.
5. Howes D., *The Search for a Sixth Sense: The Cases for Vestibular, Muscle, and Temperature Senses*, Oxford; New York 2009, 55-86.
6. Jones DH., *Bell's phenomenon should not be regarded as pathognomonic sign*. "BMJ" 2001, 20; 323 (7318).
7. Lephart SM. et al., *Introduction to the Sensorimotor System*, in: Lephart SM, Fu FH (eds.) *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability. Human Kinetics*, Champaign IL, USA 2000, xvii – xxiv.
8. Mazzarello P., *Camillo Golgi's scientific biography*, "Journal of History of Neurosciences" 1999, 8: 121-31.
9. Norrsell U. et al., *Cutaneous sensory spots and the "law of specific nerve energies": history and development of ideas*, "Brain Research Bulletin" 1999, 48: 457-465.
10. Robinson V., *Bell's Law, within the description of Bell's Palsy, including a brief discussion about Charles Bell, 1774-1842*, in: *The Modern Home Physician, A New Encyclopedia of Medical Knowledge*. New York 1934, 92.
11. Sherrington CS., *On the proprioceptive system, especially in its reflex aspect*, „Brain" 1907, 29: 467-85.
12. Sherrington CS., *The Integrative Action of the Nervous System*, New Haven, CT: 1906.
13. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/526403/Julius-Caesar-Scaliger> [02.01.2014; 22:13].
14. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1932/sherrington-bio.html [07.01.2014; 14:13].
15. http://www.nobelprize.org/nobel_organizations/nobelfoundation/publications/lectures/index.html [07.01.2014; 15:10].