Aneta Mika

Wyższa Szkoła Edukacji i Terapii im. prof. Kazimiery Milanowskiej, Wydział Zamiejscowy w Szczecinie

Pole elektryczne i jego zastosowania w terapii – wczoraj, dziś i jutro

Electric field treatment: yesterday, today and tomorrow

Słowa kluczowe: zabiegi fizjoterapeutyczne, elektroterapia
Key words: physiotherapy, electrotherapy

Streszczenie

Pola elektryczne stanowią nieodłączny element terapii już od czasów starożytnych, a dynamika rozwoju badań nad elektrycznością na przestrzeni stuleci powodowała zawsze równie dynamiczny rozwój badań nad zastosowaniem tych odkryć w fizykoterapii. W poniższej pracy przedstawiono w skondensowanej formie historię rozwoju badań nad terapeutycznym zastosowaniem pól elektrycznych. Omówione zostały również tradycyjne i nowatorskie zastosowania prądów stałych oraz prądów zmiennych o różnych przedziałach częstotliwości w medycynie fizykalnej, jak i w medycynie estetycznej. Szczególną uwagę poświęcono fizykoterapii XXI wieku, czyli urządzeniom wspierającym terapię wykorzystującym w działaniu nowej generacji technologię cyfrową.

Abstract

Electric fields have been an integral element of treatment since antiquity and the dynamic progress in the studies of electricity over the last centuries has been consistently accompanied by equally intensive research into the possibility of practical application of the new findings in physiotherapy. This publication outlines the history of the development of studies on the therapeutic application of electric fields. It also describe traditional and novel treatment methods that employ direct and alternating currents of various frequencies in both physical and aesthetic medicine. A particular emphasis is placed on the physiotherapy of the 21th century, which has brought the implementation of therapies that rely on the new generation digital technologies.

Wszystkie istniejące ciała zbudowane są z cząstek elementarnych (protonów, neutronów elektronów), których jedną z właściwości jest ładunek elektryczny

lub jego brak. Każda cząstka obdarzona ładunkiem otoczona jest obszarem, który nazywamy polem elektrycznym. Umieszczona w tym obszarze inna cząstka naładowana, w zależności od posiadanego przez nią znaku ładunku elektrycznego (dodatniego lub ujemnego), może się dzięki siłom pola elektrycznego w określony, przewidywalny sposób przemieszczać.

Elektroterapia jest jednym z działów fizykoterapii wykorzystujących wspomniane wyżej właściwości pola elektrycznego w terapii schorzeń. Początków elektroterapii nie należy jednak wiązać bezpośrednio z odkryciem w 1897 roku przez Josepha Thomsona elektronu. Okazuje się, że należy szukać ich już 400 lat przed naszą erą, a źródłem stosowanej wówczas podczas zabiegów leczniczych elektryczności były drętwy, ryby posiadające zdolność do gromadzenia ładunku elektrycznego. Przykładanie tych ryb do ciała ludzkiego powodowało gwałtowny przepływ ładunku i natychmiastową reakcję organizmu. Napięcie tak uzyskiwane miało wartość ok. 100 V do 150 V i zapewne mogło dawać przejściowy efekt przeciwbólowy. Informacje na temat właściwości ryby drętwy znaleźć można już w dziełach Platona (428-348 p.n.e.), który w jednym ze swych dialogów mówi Sokratesowi: „Zdajesz się być zarówno w swej istocie, jak i w przewadze nad innymi, jak drętwa, która paraliżuje tych, którzy znajdą się w jej pobliżu – teraz ty mnie wprawiłeś w odrętwienie, jak sądzę, bo moja dusza i mój język są sparaliżowane i nie wiem, jak ci odpowiedzieć”[1].

Pierwszeństwo zastosowania terapii elektrycznej przypisuje się jednak Skryboniuszowi Wielkiemu – nadwornemu lekarzowi cesarza Klaudiusza. Około roku 46 - 47 n.e. miał on stosować terapię elektryczną z użyciem wyładowań przez przyłożenie ryb elektrycznych pacjentom z bólami głowy i podagrą [2]. Oczywiście istota zabiegu nie była wówczas rozumiana i interpretowana tak, jak to ma miejsce współcześnie.

Prawdziwy rozwój elektroterapii wiąże się ściśle z rozwojem wiedzy o elektryczności. Pierwsze publikacje na ten temat pojawiły się już w XVIII wieku. Christian Gottlieb Kratzenstein (1744 - „Schreiben von dem Nutzen der Electricität in der Arzneywissenschaft“) oraz Johan Gottlob Krüger (1752 - „Die Electrische Medicin“) jako pierwsi opisali możliwość leczenia elektrycznością, wydając traktaty o elektroterapii. Chorych z objawami porażeń leczono wtedy w tzw. machinach do elektryzacji, a zbieg nazwano franklinizacją [1].

W roku 1745 r. Ewald Georg Jürgen von Kleist, dziekan katedry w Cammin (dzisiejszy Kamień Pomorski) jako pierwszy na świecie dokonał próby ze skonstruowanym przez siebie urządzeniem gromadzącym ładunek elektryczny - prototypem używanego w technice kondensatora, a już siedem lat później, w 1752 r. Johann Schöffer opublikował pracę „Medycyna elektryczna albo siła i działanie elektryczności w ludzkich ciałach i chorobach - teoria i praktyka elektryczności statycznej”. Głównym wskazaniem do terapii były wówczas „sparaliżowane członki”. Prąd uzyskiwano za

pomocą koła zamachowego i maszyny elektryzującej połączonej z butelką lejdejską, uzyskując wysokie napięcie przy niskim natężeniu prądu. Zauważono wówczas wpływ oddziaływań pole elektrycznego na organizm tzn. przyspieszenie tętna, uczucie kłucia, palenia, uderzeń, wstrząsów, zmiany na skórze.

Jednym ze stosowanych ówcześnie urządzeń był „statyczny wietrzyk ładunków". Pacjent umieszczany był na sporych rozmiarów płycie izolowanej, a ładunki dostarczano mu za pośrednictwem wyprofilowanego mosiężnego pręta trzymanego oburącz przez pacjenta. Drugi koniec pręta podłączony był do zacisków maszyny. Nad izolowaną płytą zawieszono uziemiony mosiężny pierścień. Pacjent znajdował się w obszarze zjonizowanego powietrza, odczuwanego jako przyjemne wrażenie powiewu. Wynik terapeutyczny uzależniony był od wielkości aplikowanego ładunku.

W roku 1786 Luigi Galvani przeprowadzając szereg poglądowych eksperymentów udowodnił, że „nerwy przewodzą elektryczność". W następstwie tego wydarzenia prąd, którym Galvani wywoływał skurcz wypreparowanych mięśni nazwano na jego cześć prądem galwanicznym. Nazwa ta stosowana jest w elektrolecznictwie, również współcześnie.

Elektroterapia to dyscyplina fizjoterapii niezwykle dynamicznie rozwijająca się, a odkrycia i zastosowania tych odkryć w praktyce medycznej następowały lawinowo. W roku 1800 Alessandro Volta skonstruował pierwsze ogniwo galwaniczne, a już w roku 1802 Francesco Rossi korzystając z tych odkryć przeprowadził pierwsze próby jonoforezy. W 1831 Michael Faraday opisał zjawisko indukcji elektromagnetycznej oraz zbudował aparat do wytwarzania prądów zmiennych małej częstotliwości (induktor Faradaya) i niejako natychmiast pojawiły się pierwsze zastosowania kliniczne tego urządzenia.

Kolejne lata, to kolejne ważne dla elektroterapii odkrycia. I tak:

a) w roku 1846 Emil du Bois-Reymond podjął badania diagnostyczne nad prądem i nerwami (prawo skurczów),
b) w roku 1851 opisano już tzw. „prądy czynnościowe" podczas skurczów mięśnia,
c) w roku 1859 Eduard Friedrich Pflüger stwierdził, że bodźcem do skurczu mięśnia nie jest sam przepływ prądu lecz szybka zmiana natężenia w czasie (skurcz mięśnia następuje w czasie włączania i wyłączania prądu stałego),
d) wynalezienie przez Tomas Edisona żarówki (w roku 1879) - początek zabiegów światłolecznictwa,
e) w roku 1905 Leduc ogłasza pracę „O jonach, czyli elektrolitycznej terapii",
f) w roku 1906 Lee de Forest konstruuje pierwszą lampę do wytwarzania drgań wielkiej częstotliwości, a w roku 1934 wprowadza do elektrolecznictwa impuls trójkątny,
g) w roku 1929 Fridrich Bilz wydaje dwutomowe dzieło "Nowe lecznictwo przyrodnicze" (do lecznictwa przyrodniczego zaliczał: gimnastykę, masaże, wodolecznictwo, kąpiele słoneczne, leczenie „elektrycznością" i „ magnetyzmem").

Elektryczność zaczęto również stosować w terapii nowotworowej. Igły o ładunkach dodatnich i ujemnych wprowadzono w obrębie zdrowych tkanek pod guzem [3]. W 1910 roku Joseph Alexandre Rivière zastosował elektroterapię w leczeniu raka piersi metodą cytolizy wysokiej częstotliwości z użyciem tzw. aparatu d'Arsonvala (Jacques Arsène d'Arsonval skonstruował generator wysokiej częstotliwości, będący w stanie wytworzyć 10 000 cykli na sekundę i w roku 1891 wykazał, że prąd o wysokiej częstotliwości i wysokim napięciu może bezboleśnie przenikać ludzkie ciało). Rivière opisuje w swojej pracy również niszczenie nowotworu złośliwego przez wyładowania szczotkowe [4].

Współczesna, dwudziestowieczna i dwudziestopierwszowieczna elektroterapia, to potężna, złożona dyscyplina, stosująca cały szereg bodźców elektrycznych w zależności od wskazań diagnostycznych. Prądy stosowane we współczesnym ektrolecznictwie zostały podzielone umownie na grupy związane z ich skutkami terapeutycznymi. Wyróżnić więc można na wstępie prądy stałe, o stałym kierunku przepływu i stałej wartości natężenia, oraz prądy o zmiennej w czasie wartości i kierunku tj. prądy małej częstotliwości (od 0 do 1 kHz), prądy średniej częstotliwości (od 1 kHz do 100 kHz), prądy wielkiej częstotliwości (od 500 kHz do 5000 MHz).

Prądy stałe stosowane są przede wszystkim do tradycyjnej „galwanizacji". Umożliwiają one przepływ przez organizm ludzki ładunku elektrycznego wzdłuż linii pola elektrycznego, których rozkład określony jest przez rozmiary i kształty elektrod oraz wartość przyłożonego napięcia. Ukierunkowanie elektryczne prądu galwanicznego pozwala na bezpośrednie wprowadzanie leków do tkanki. Zabieg ten nosi nazwę jonoforezy. Jonoforeza polega więc na wprowadzaniu przez nieuszkodzoną skórę za pośrednictwem prądu galwanicznego jonów leków ulegających dysocjacji elektrolitycznej w wodzie. Konieczna jest tu jednak znajomość znaku jonu, który ma być wprowadzony do tkanek, gdyż gwarantuje ona skuteczność zabiegu. Jon musi się bowiem przemieszczać wzdłuż linii pola elektrycznego do elektrody o przeciwnym doń znaku. Prąd stały stosowany jest również do kąpieli elektryczno – wodnych (częściowych lub całościowych). Kąpiele elektryczno – wodne wykonuje się zwykle w przypadku zespołów bólowych w przebiegu choroby zwyrodnieniowej stawów kręgosłupa, chorób zwyrodnieniowa stawów, niedowładów oraz nerwobóli. Podczas planowania zabiegu uwzględnia się fakt, że prąd w tkankach przepływa zawsze drogą o najmniejszym oporze. Dawkę subiektywną ustala się w zależności od powierzchni elektrody czynnej, czasu trwania, rodzaju i miejsca schorzenia, oraz wrażliwości chorego na prąd. Dawkowanie obiektywne opiera się na obliczaniu gęstości prądu na elektrodzie czynnej. W praktyce nie przekracza się jednak wartości natężenia prądu 0,2 mA na cm^2 powierzchni elektrody czynnej [5][6].

Potężną grupę zabiegów z udziałem prądu galwanicznego wprowadzono również do kosmetologii. Zaliczyć można do nich np. termoforezę, która polega na

podgrzaniu używanych do zabiegu elektrod. Podgrzana skóra jest lepiej ukrwiona, co intensyfikuje wnikanie w nią substancji czynnych. Innym zabiegiem jest elektroforeza, której celem jest wprowadzanie do wierzchnich warstw naskórka substancji składowych maści. Głębokie oczyszczanie skóry za pomocą swoistej jonoforezy to dezinkrustacja. Zadaniem jonów jest dotarcie do zrogowaciałych warstw naskórka oraz gruczołów łojowych i potowych, a następnie zmniejszenie spoistości osadów. Zabieg kosmetologiczny z udziałem prądu stałego, to także galwanokaustyka (służy do niszczenia zmian patologicznych, takich jak naczyniaki, brodawki, włókniaki), epilacja (elektroliza - trwałe usuwanie owłosienia za pomocą igły epilacyjnej), oraz teleangiektazja (zamykanie pękniętych naczynek krwionośnych przy użyciu elektrolizy) [7][8].

Dość istotną grupą prądów stosowanych w elektroterapii stanowią prądy małej częstotliwości. Dzieli się je na prądy złożone z impulsów o prostokątnym przebiegu (znajdują szerokie zastosowanie w elektrostymulacji mięśni i nerwów oraz w elektrodiagnostyce), prądy zwane eksponencjalnymi, złożone z impulsów o przebiegu trójkątnym (wykorzystywane do stymulacji wybiórczej mięśni porażonych wiotko) oraz prądy powstałe w wyniku prostowania prądu sinusoidalnie zmiennego nazywane inaczej prądami diadynamicznymi (stosowane w zespołach bólowych w przebiegu choroby zwyrodnieniowej stawów kręgosłupa, nerwoból oraz w zapaleniach okołostawowych) [5][6].

Prądy impulsowe stosowane są przeważnie do elektrostymulacji - zabiegu polegającym na wywoływaniu skurczu mięśnia lub drażnieniu nerwów czuciowych w skórze. Urządzenia służące do elektrostymulacji stały się na tyle powszechne, że zaczęto je stosować również do domowych zabiegów kosmetologicznych. Pojawiły się więc w użyciu nie tylko pasy stymulujące, ale wszelkiego rodzaju samoprzylepne „motylki" impulsowe, czy nawet elektryczne rękawice do zabiegów odmładzających twarzy.

W fizykoterapii obok tradycyjnych zabiegów takich jak TENS, MENS, pojawiły się również nowości. Należy do nich zabieg o nazwie **VocaSTIM** - nowa, efektywna terapia w dziedzinie leczenia zaburzeń mowy, w przypadkach niewydolności czynnościowej głośni, chorób strun głosowych, niedowładów mięśni jamy ustnej i krtani, oraz terapia w systemie Algonix nazywana terapią przeciwbólową XXI wieku, jako że polega na elektroterapii przezskórnej, wykorzystującej mikroprądy z zaawansowanym biosprzężeniem, umożliwiającym diagnostykę i leczenie tkanki w czasie rzeczywistym. Z piśmiennictwa dotyczącego terapii Algonix wynika, że wykorzystuje się tu mikroprądy o maksymalnym natężeniu do 500 mikroamperów działających selektywnie na tkanki objęte procesami chorobotwórczymi, mobilizując je do natychmiastowej samoistnej naprawy i dających natychmiastowy efekt przeciwbólowy. Urządzenie wykorzystuje wielofazową syntezę cyfrowej modulacji impulsowej do uzyskiwania dokładnych pomiarów

bioimpedancji. Analiza i porównania są przeprowadzane przez odpowiedni układ cyfrowy.

W tradycyjnej elektroterapii z uwagi na (między innymi) dużą skuteczność przeciwbólową wciąż jednak najczęściej stosowane są zabiegi z użyciem prądów diadynamicznych. Prądy diadynamiczne opisane zostały przez francuskiego lekarza Pierre Bernarda. Bernard opisał sześć rodzajów prądu, w których wyróżnić można dwie składowe: komponent prądu stałego oraz prądu sinusoidalnego przemiennego (wyprostowanego). Każdy z tych prądów spełniał inne funkcje terapeutyczne. Skrócone nazwy prądów, wywodzące się z języka francuskiego, przyjęły się powszechnie w określaniu typu tych prądów [5][6].

Do zabiegów specjalistycznych elektroterapii należy zabieg z użyciem prądów zastosowanych terapeutycznie oraz opisanych przez niemieckiego lekarza i naukowca Helmuta Träberta, nazywanych też często prądami 2/5 ze względu na swe stałe parametry (czas impulsu 2 ms, czas przerwy 5 ms), lub prądami UR (Ultra Reiz). Istota terapii prądami Träberta polega na wprowadzeniu mięśni w drżenie o częstotliwości około 143 Hz, co powoduje rozluźnienie mięśnia (tzw. masaż prądem bodźcowym) i silne działanie przeciwbólowe.

Kolejnym typem stosowanych w elektroterapii prądów są prądy średniej częstotliwości. Najczęściej stosowane w terapii są tzw. prądy interferencyjne, których działanie opisał austriacki fizyk Hans Nemec. Powstają one w wyniku interferencji (nakładania się) w tkankach dwóch prądów sinusoidalnych średniej częstotliwości, których częstotliwości niewiele się od siebie różnią. Interferencję uzyskuje się przez zastosowanie dwóch niezależnych obwodów zabiegowych. Przewaga modulowanych prądów średniej częstotliwości nad prądami małej częstotliwości polega na tym, że te pierwsze (z powodu dużej częstotliwości nośnej) łatwiej pokonują opór skóry. Prąd może głębiej wniknąć w tkanki nie wywołując wrażeń bólowych u pacjenta.

Prądy średniej częstotliwości mogą służyć również do wzmacniania siły mięśniowej i zwiększania masy mięśnia. Ten typ prądów opisał w swoich pracach dotyczących fizjologii sportu Y.M. Kotz (Я.М. Коц) z moskiewskiego Instytutu Kultury Fizycznej i Sportu, fizjolog, autor popularnych w Rosji podręczników dla studentów kultury fizycznej. Stymulację Kotza ze względu na pochodzenie autora nazywa się dziś stymulacją rosyjską.

Właściwość prądów średniej częstotliwości wykorzystano także przy konstrukcji coraz powszechniej stosowanego aparatu służącego do terapii łuszczycy. Koncepcja terapii aparatem Psoriamed opracowana została przez biofizyka Hermanna Dertingera z Instytutu Genetyki i Toksykologii w Karlsruhe. Specjalnie dobrany typ prądów interferencyjnych łagodnie pokonuje bariery oporności skóry, oddziałując na obszary o zaburzonych funkcjach bez dodatkowego podrażnienia lub uszkodzenia dotkniętych chorobą rejonów.

Wśród zabiegów zarówno rehabilitacyjnych, jak i kosmetologicznych olbrzymią popularnością cieszy się dająca znakomity i szybki efekt terapeutyczny tzw. terapia energotonowa HiToP (high tone power therapy). W terapii energotonowej mogą równocześnie działać nawet 4 kanały z co najmniej 10 elektrodami. Istotą metody jest skanowanie szerokiego pasma częstotliwości w zakresie od 4000 Hz do 32000 Hz z jednoczesną modulacją amplitudy (ograniczoną wcześniej zdiagnozowaną fizjologiczną krzywą progową wrażliwości pacjenta na natężenie prądu w zależności od częstotliwości). W przypadku terapii energotonowej szczególnie istotne jest działanie na metabolizm, działanie niestymulacyjne, polegające na transmisji energii na różnych częstotliwościach podprogowo przy minimalnych odczuciach. Wartość energii w obwodzie pacjenta jest ponad 100 razy większa niż w przypadku dotychczas używanych urządzeń do elektroterapii [9].

Pole elektryczne wykorzystuje się w fizykoterapii również w celach diagnostycznych. Badanie to nosi nazwę elektromiografia. Elektromiografia jest metodą polegającą na pomiarze natężenia sygnałów bioelektrycznych, których źródłem jest aktywność mięśni. W trakcie prawidłowego fizjologicznego skurczu mięśnia kilkaset mięśniowych jednostek ruchowych pracuje asynchronicznie, wyzwalając czynnościowy potencjał elektryczny, który może być rejestrowany przez elektrodę igłową bezpośrednio w tkance mięśniowej bądź przez elektrodę powierzchniową. Elektromiografia igłowa (elementarna - eEMG) stanowi obok badań genetycznych oraz histologicznych najbardziej wartościowe badanie w diagnostyce chorób nerwowomięśniowych. Coraz częściej jednak do praktyki klinicznej wprowadzana jest rejestracja i analiza sygnału EMG z użyciem elektrod powierzchniowych (elektromiografia globalna – gEMG). Elektromiografia powierzchniowa jest używana częściej przez lekarzy ortopedów i rehabilitacji aniżeli neurologów i neurochirurgów między innymi do oceny symetryczności lub asymetryczności zapisów odprowadzanych z mięśni jednoimiennych lub w przypadku szybkiego badania wielu grup mięśniowych kończyn górnych i dolnych [10].

Inny typ elektromiografii powierzchniowej - elektromiografia dynamiczna, czy inaczej funkcjonalna (surface elekctrotherapy - sEMG) znalazła szerokie zastosowanie w fizjoterapii sportu, gdyż umożliwia ocenę pracy mięśni w czasie ich ruchu. W przypadku skurczu mięśnia w błonie komórkowej pojawia się sygnał elektryczny. Potencjał ten może być zmierzony za pomocą elektrod na powierzchni skóry sportowca nad mięśniem. Wielkość zarejestrowanego sygnału oraz czas aktywizacji mięśnia, jest bezpośrednio związany z rekrutacją włókien mięśniowych i częstotliwością ich aktywizacji. Zapis zarejestrowanego sygnału pozwala na obiektywną ocenę aktywności mięśniowej jak i koordynacji aktywizacji poszczególnych grup mięśni w warunkach dynamicznych.

We współczesnej fizykoterapii, fizykoterapii XXI wieku wykorzystuje się najnowsze badania i technologie opierające się na rejestracji i analizie pól

elektrycznych wytwarzanych przez organizm ludzki oraz przetwarzaniu tych sygnałów na informację cyfrową. Skutkiem tych badań jest budowa i produkcja na coraz większą skalę takich urządzeń jak lokomaty, egzoszkielety oraz protezy bioniczne. Działanie tych ostatnich szczególnie pobudza wyobraźnię. Praca bionicznej dłoni opiera się na przekazywaniu sygnałów EMG (z kurczących się i napinających się) w obrębie kikuta mięśni do mikroprocesora znajdującego się w dłoni protezowej. Mikroprocesor analizuje sygnał uzyskany z mięśni (jego siłę i częstotliwość), a następnie na podstawie uzyskanych danych aktywuje pracę wybranych silniczków z odpowiednią siłą, dzięki czemu następuje ruch protezy. Rola fizjoterapeuty sprowadza się tu do ćwiczeń z pacjentem mających na celu opanowanie możliwości funkcjonalnych posiadanej przez pacjenta protezy.

Kolejnym krokiem inżynierii biomedycznej jest konstrukcja urządzeń pozwalających na sterowanie protezami bezpośrednio, czyli za pomocą fal mózgowych, oraz tzw. połączenia mózgowo – komputerowe. Prototypy tych urządzeń już istnieją i podlegają testom klinicznym. Dla osób w stanie zamknięcia zupełnego to prawdziwa rewolucja i szansa na nową jakość życia. Dzięki urządzeniom nowej generacji pacjenci ci będą mieli wreszcie możliwość kontaktu ze światem zewnętrznym.

Jak wynika z powyższych rozważań dynamika rozwoju badań nad elektrycznością na przestrzeni stuleci powodowała zawsze równie dynamiczny rozwój badań nad zastosowaniem tych odkryć w fizykoterapii. Zauważyć można, że w dzisiejszych czasach proces ten uległ szczególnej intensyfikacji, a najnowsze badania w dziedzinie elektroniki, ze szczególnym uwzględnieniem optoelektroniki, mechatroniki i robotyki stanowią bezsprzecznie nieodłączną część współczesnej medycyny fizykalnej.

Bibliografia

1. Mould R.F, Aronowitz J.N. Rozwój wiedzy o elektryczności i elektroterapii ze szczególnym uwzględnieniem promieni X i leczenia raka. Część I. Od starożytnych Greków do Luigi Galvaniego. Nowotwory J Oncol 2006; 56: Numer 6, strony 711 - 720.
2. Zyss T., Hese R.T., Zieba A. – Terapia wstrząsowa w psychiatrii – rys historyczny – Psychiatria Polska 2008, tom XLII, numer 6, strony 797-818.
3. Mould R.F, Aronowitz J.N. Rozwój wiedzy o elektryczności i elektroterapii ze szczególnym uwzględnieniem promieni X i leczenia raka. Część II. Od Alesandro Volty do Jamesa Clarka Maxwella. Nowotwory J Oncol 2007; 57: 53-63.
4. Mould R.F, Aronowitz J.N. Rozwój wiedzy o elektryczności i elektroterapii ze szczególnym uwzględnieniem promieni X i leczenia raka. Część III. Od Sir Williama Crookesa do elektroterapeutów XX wieku Nowotwory J Oncol 2007; 57: 190-200.
5. Straburzyńska-Lupa A., Straburzyński G., Fizjoterapia, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2008.
6. Mika T., Kasprzak W. – Fizykoterapia – Wydawnictwo Lekarskie PZWL – Warszawa 2007.

7. Molski M., Stryła W. – Fizyka piękna – Scriptor – Poznań 2007.
8. Kasprzak W., Mańkowska A. – Fizykoterapia w kosmetologii i medycynie estetycznej – Wydawnictwo Lekarskie PZWL – Warszawa 2010.
9. Kasprzak W., Mańkowska A. – Fizykoterapia medyczna, uzdrowiskowa i SPA – Wydawnictwo Lekarskie PZWL – Warszawa 2010.
10. Witkowska A. - Znaczenie elektromiografii globalnej w diagnostyce neurofizjologicznej i koncepcja analizy potencjałów czynnościowych pojedynczych jednostek ruchowych - rozprawa doktorska – UM Poznań 2010.