

Elektroceutyczne metody w leczeniu cukrzycy typu 2

Streszczenie. W artykule przedstawiono problemy związane z leczeniem cukrzycy 2 typu za pomocą elektryczności i magnetyzmu. Cukrzyca 2 typu jest chorobą o charakterze powszechnym, prowadzącą do istotnych dysfunkcji organizmu. Najnowsze badania, przedstawione w artykule, wskazują na możliwość leczenia tej choroby środkami medycyny fizykalnej, w tym przypadku środkami elektroceutycznymi. W pracy zaprezentowano przegląd literatury pod kątem wykorzystania takich metod w leczeniu cukrzycy typu 2. Opisano wyniki badań uzyskane po zastosowaniu stymulacji polem elektromagnetycznym, elektrostatycznym i magnetostatycznym obiektów badawczych; wyniki wskazują na możliwości zmniejszenia lub/i stabilizacji poziomu glukozy w organizmach gryzoni oraz do zmniejszenia objawów neuropatii cukrzycowej u ludzi. Przełożenie tych wyników do zastosowań klinicznych wymaga jeszcze wielu badań na większych organizmach żywych i w końcu na ludziach. Korzyści związane z terapią elektroceutyczną mogą być nie do przecenienia, przede wszystkim z powodu wielkiej prostoty układu terapeutycznego.

Abstract. The article presents the problems associated with treating type 2 diabetes with electricity and magnetism. Type 2 diabetes mellitus is a common disease that leads to significant body dysfunctions. The latest research presented in the article indicates the possibility of treating this disease with physical medicine, in this case, with electroceutical agents. The paper presents a review of the literature regarding the use of such methods in the treatment of type 2 diabetes. The results of the research obtained after placing examined objects in electromagnetic, electrostatic and magnetostatic field show that the glucose level and diabetic neuropathy in rodents and humans were reduced and/or stabilized. Translating these results into clinical applications still requires a lot of research on larger living organisms and eventually in humans. The benefits of electroceutical therapy may not be overestimated, mainly due to the great simplicity of the therapeutic system. (Electroceutical methods in the treatment of type 2 diabetes).

Słowa kluczowe: cukrzyca 2 typu, pole elektrostatyczne, pole magnetostatyczne, terapia

Keywords: type 2 diabetes, electrostatic field, magnetostatic field, therapy

Wstęp

Terapeutyczne zastosowania elektryczności i magnetyzmu (elektroceutyka), mają swoje korzenie w starożytności. W najdawniejszych czasach stymulacja o nieznanych parametrach była wykonywana na zewnątrz organizmu. Obecnie stymulacja elektryczna jest wykonywana zarówno zewnątrz, jak i wewnątrz za pomocą wszczepionych elektrod [1].

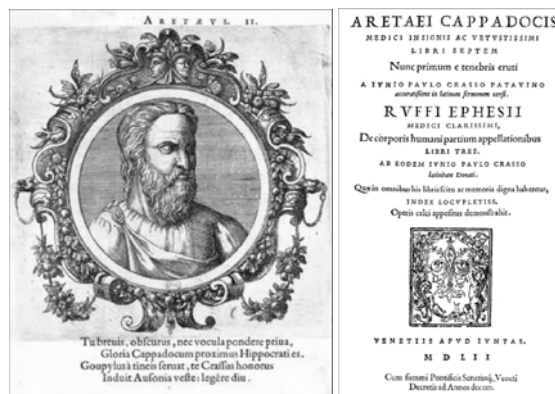
Nowe metody elektroceutyczne pojawiają się na rynku medycznym, szczególnie obecnie w dobie pandemii COVID-19, która niewątpliwie ma negatywny wpływ na zachorowania na cukrzycę [2]. W artykule przedstawione są próby podejścia do wspomagania leczenia cukrzycy 2 typu za pomocą pola elektromagnetycznego niskiej częstotliwości z dominującą składową magnetyczną, jak i jednoczesnego działania pola elektrostatycznego i pola magnetostatycznego oraz pola magnetostatycznego.

W badaniach dotyczących związku elektryczności, magnetyzmu, czy elektromagnetyzmu ze środowiskiem biologicznym stosunkowo mało uwagi poświęcono oddziaływaniu pola elektrostatycznego i pola magnetostatycznego, a właśnie w ekspozycji na nie ewoluowało życie na Ziemi. Wiele obiektów żyjących wytwarza statyczne pole elektryczne i magnetyczne w celu migracji obiektów (elektro- i magnetotaksja). Okazuje się, iż żywe istoty o różnym poziomie organizacji są związane z polem geomagnetycznym ziemi. Dotyczy to nie tylko bakterii, ale też glonów jedno- i wielokomórkowych, pierwotniaków, płazińców, mięczaków oraz kręgowców. Przeprowadzane badania behawioralne nie dały żadnych wskazówek co do przyczyn takich zachowań. Przełomem było wykrycie przez Josepha Kirschvinka z laboratorium Jamesa Goulda na uniwersytecie w Princeton obecności cząstek magnetytowych Fe_3O_4 . Są to cząsteczki ferrimagnetyczne, posiadające pojedyncze domeny magnetyczne z trwałym momentem magnetycznym, osiągającym w masie cząstek wartość $480 \times 10^3 \text{ A/m}$ [3].

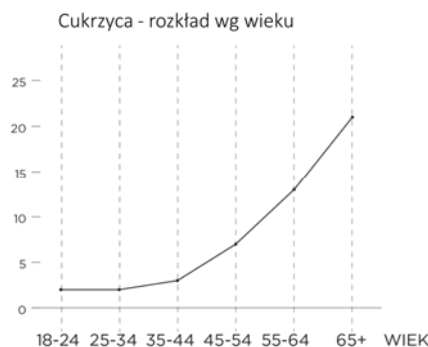
Początki leczenia cukrzycy

Pierwsze wzmianki o dolegliwościach wywołanych przez cukrzycę można znaleźć w egipskich papirusach,

pochodzących z XVI wieku p.n.e. W I wieku n.e. Areteusz z Kapadocji, rzymskiej prowincji w Azji Mniejszej (Turcja), nazwał te dolegliwości łacińską nazwą *diabetes mellitus* co oznacza *cedzenie płynu słodkiego jak miód*.



Rys. 1 Portret Areteusza i reprint okładki jego 8-tomowego dzieła o chorobach

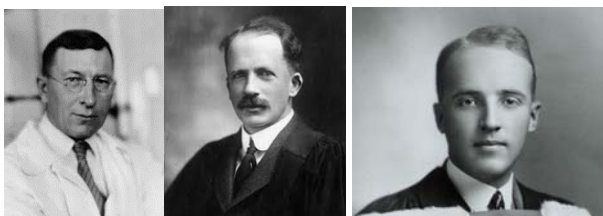


Rys.2 Udział procentowy osób chorych na cukrzycę w danej populacji wiekowej w Polsce [4]

Według danych WHO na świecie rejestruje ponad 450 mln osób chorych na cukrzycę typu 2, co stanowi około

90% wszystkich diabećyków. W Polsce uważa się, że tę przypadłość może już mieć ponad 3 mln osób, z czego 1/3 nie jest tego świadoma. Liczba osób dotkniętych cukrzycą typu 2 zwiększa się w szybkim tempie, stąd naukowcy i lekarze starają się od stu lat znaleźć pozytywną odpowiedź na to zagrożenie cywilizacyjne. Najwięcej osób u których zdiagnozowano cukrzycę jest w wieku 65+ (Rys.2). Wraz z wiekiem rośnie liczba chorych na cukrzycę typu 2. Ze statystyk wynika też, że kobiety bardziej narażone są na zachorowanie na cukrzycę.

Świadome działania terapeutyczne w leczeniu cukrzycy rozpoczęły się wraz ze znalezieniem w 1921 roku czynnika hamującego produkcję glukozy - insuliny. Znalezienie tego czynnika zostało już w roku 1923 roku wyróżnione nagrodą Nobla w dziedzinie medycyny. Laureatami nagrody Nobla zostali profesorowie Frederic Grant Banting i John Richard Macload, ale do tej pary dodać trzeba profesora Charlesa Besta, który był najbliższym współpracownikiem Frederica Bantingi (Rys.3). Wyizolowanie insuliny z trzustki było poprzedzone spostrzeżeniem, że nieznaną miąższ wydzielany jest w trzustce w wydzielonych obszarach (wyspach), stąd substancji tej nadano nazwę insulina (*lac. insula – wyspa*).



Rys.3 Odkrywczy insuliny: Frederic Grant Banting, John Richard Macload i Charles Best

Pacjenci z cukrzycą typu 2 (ang. Type 2 Diabetics, T2D – akronim ten został wprowadzony w artykule jako nazwa choroby) mają podwyższony poziom prooksydantów oraz niższy poziom przeciwutleniaczy, głównie glutationu. Zrównoważenie ogólnoustrojowej reakcji redoks¹ poprzez ciągłe podawanie przeciwutleniaczy zwiększa wrażliwość na insulinę u pacjentów z T2D, wykazując, że homeostaza redoksu reguluje metabolizm glukozy i efektywność insuliny. Niestety, interwencje oparte na redoksie w leczeniu T2D nie zostały przełożone na warunki kliniczne, ponieważ wymagają częstej lub ciągłej alimentacji ze względu na krótki okres półtrwania glutationu. Metody wykorzystujące redoks miewają też działania niepożądane, które negatywnie wpływają na przestrzeganie warunków terapeutycznych. Potrzebne są nowe metody modulowania ogólnoustrojowej homeostazy redoksu w celu rozwiązania problemu leżącego u podstaw mechanizmu T2D.

Metody elektroceutyczne

Wpływ pola elektromagnetycznego na zdrowie ludzkie jest przedmiotem wielu badań [5-9]. Wśród nich należy wskazać na zainteresowanie naukowców zastosowaniem metod wykorzystujących to pole i jego składowe do terapii diabećyków.

Jedną z pierwszych prób włączenia elektryki do działań antycukrzycowych było działanie podjęte przez prof. Aleksandra Sieronią z zespołem [10].

Przedmiotem badania były szczury, które wystawiono na działanie pola elektromagnetycznego z dominującą składową magnetyczną. Stosowano dwa rodzaje przebiegu

składowej magnetycznej: przebieg impulsowy z impulsem prostokątnym o częstotliwości 10 Hz i indukcji magnetycznej 1,8 - 3,6 mT oraz sinusoidalny o częstotliwości 40 Hz i wartości indukcji magnetycznej 1,3 - 2,7 mT. Szczury poddane były stymulacji 30 minut dziennie przez 14 dni. Grupa kontrolna w tym samym reżimie czasowym wstawiana była do stymulatora bez emisji pola elektromagnetycznego. Wyniki badań fizjologicznych wskazywały na zmniejszenie stężenia glukozy we krwi eksponowanych zwierząt i zwiększenie poziomu insuliny niezależnie od rodzaju użytego generatora pola elektromagnetycznego [10]. Wyniki przedstawione w pracy [10] mogły stanowić inspirację do dalszych badań, jednak sami autorzy takich badań nie kontynuowali, a ponadto inne badania nie dały wiarygodnych dowodów potwierdzających wpływ pola elektromagnetycznego na regulację glukozy. Niektóre badania tego typu wskazują nawet na to, że pole elektromagnetyczne podnosi poziom glukozy we krwi na czczo [10].

Równolegle z przedstawionymi wyżej wynikami badań zespołu prof. Aleksandra Sieronią, pojawiły się wyniki badań zespołu prof. Weintrauba z New York Medical School [11], wskazujące na możliwość pozytywnych skutków leczenia neuropatii cukrzycowej za pomocą pola magnetostatycznego. Badania zostały wykonane od sierpnia 1999 do stycznia 2001 na 375 osobnikach, cierpiących na cukrzycową neuropatię obwodową. Uczestnicy badań byli pacjentami klinik neurologicznych, diabetologicznych i podiatrycznych.

Urządzenia użyte w badaniu skonstruowane było z elastycznej gumy kauczukowej magnetycznej zmieszanej z proszkiem ferrytowym strontu, ukształtowanej jako wkładka do butów. Powierzchnia otrzymanego produktu została podzielona w sposób tworzący naprzemienny układ biegunów.

Po namagnesowaniu pole magnetostatyczne na powierzchni wkładki wyniosło 45 mT. W odległości 1 mm od powierzchni indukcja magnetyczna zmniejszała się do 25 mT, a przy 2 mm do 15 mT. W odległości 13 mm nad powierzchnią namagnesowanej wkładki gaussometr wskazywał 0,15 mT. Pomiarowo zostało wykazane, że indukcja magnetyczna w stopie pacjenta spada do poziomu ziemskiego pola magnetycznego (50 μ T).

Badania prowadzone były w grupie badawczej i grupie kontrolnej przebadano wpływ terapii na poszczególne dysfunkcje związane z neuropatią cukrzycową w stopach takie jak:

- pieczenie,
- drętwienie,
- mrowienie
- ból.

Badania trwały 4 miesiące, a wyniki konfrontowane były z wynikami badań w grupie kontrolnej.

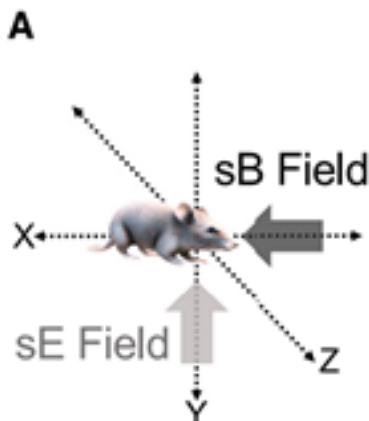
Ocena pieczenia stóp wśród osób poddanych terapii wskazała na 30-procentowe zmniejszenie dolegliwości, w porównaniu do 2% w grupie kontrolnej. W analizie oceny drętwienia i mrowienia oraz bólu uzyskano podobne wyniki (odpowiednio: 29% i 31%). Wyniki w grupie kontrolnej były podobne we wszystkich trzech przypadkach i wynosiły odpowiednio 24%, 22% i 25%. Jeszcze większe różnice pomiędzy grupą badaną i grupą kontrolną odnotowane były w czasie końcowych dwóch miesięcy badań.

Pozytywne wyniki badań wskazują na statystycznie istotną redukcję dolegliwości neuropatycznych, wynikających z T2D. Nie jest jednak znany mechanizm, powodujący takie efekty. Łatwość stosowania opisanej terapii i jej niskie koszty powodują, że, pomimo licznych wątpliwości co do fizjologicznych i fizycznych jej podstaw,

¹ reakcja redoks - każda reakcja chemiczna, w której dochodzi zarówno do redukcji, jak i utleniania. Termin redoks jest zbitką wyrazową słów redukcja i oksydacja - za Wikipedia

jest ona do tej pory szeroko wykorzystywana w produkcji wkładek magnetycznych.

Kolejną próbą zastosowania elektroceutyki w leczeniu T2D było zastosowanie pola elektrostatycznego i magnetostatycznego we wspólnym działaniu [12]. Warto tutaj sprostować często popełniany błąd terminologiczny, pojawiający się szczególnie w piśmiennictwie medycznym, polegający na określenie współdziałania pola elektrostatycznego i pola magnetostatycznego polem elektromagnetycznym. Taki właśnie błąd popełniany jest w cytowanych wyżej artykułach.



Rys. 4 Schemat układu badawczego [12]

Autorzy pracy [12] postanowili zbadać biologiczne skutki pola magnetostatycznego i pola elektrostatycznego, działających jednocześnie (rys. 4). W szczególności zbadano wpływ połączonego zastosowania pola magnetostatycznego i elektrostatycznego na poziom glikemii dla trzech mysich modeli T2D:

- a) mysiego modelu otyłego z cukrzycą plejotropowego zespołu Bardeta-Biedla (BBS),
- b) model z niedoborem receptora leptyny (db / db) – model otyłości, cukrzycy i dislipidemii,
- c) model z dietą wysokotłuszczową karmioną 60% dietą wysokotłuszczową (dalej określaną jako High Fat Diet - HFD), który najlepiej odzwierciedla otyłość wywołaną dietą człowieka i insulinooporność.

Autorzy [12] donoszą, że połączone zastosowanie pola B i pola E (sBE) łagodzi hiperglikemię i insulinooporność w tych modelach poprzez mechanizmy zależne od reakcji redoks. Dorosłe myszy normoglikemiczne, karmione normalną karmą (normocaloric diet – NCD) i typu dzikiego (wild type - WT), a także trzy otyłe mysie modele T2D, modele BBS, HFD i db / db były stale wystawiane na działanie statycznego pola B i statycznego pola E (pole B - 3 mT i prostopadle do niego pole E - 7 kV/m) przez 30 dni. Natężenia pola B i pola E zostały wybrane tak, aby były w przybliżeniu 100 razy większe od pola magnetostatycznego Ziemi ($B = 30-70 \mu T$) i pola elektrostatycznego Ziemi ($E = 50-100 V/m$) – w ten sposób uniknięto zakłóceń, które mogą być wywołane przez szum spowodowany naturalnymi fluktuacjami stanu elektrycznego i magnetycznego Ziemi. Zwierzęta kontrolne umieszczono w podobnych, ale obojętnych urządzeniach do kontroli potencjalnych zmian środowiska (tj. temperatury, wilgotności, oświetlenia, dźwięku, dotyku, zapachu itp.). Wszystkie myszy trzymane w niemetalowych klatkach, aby zapobiec zakłóceniom elektromagnetycznym, a myszy mogły swobodnie wędrować w swoich klatkach (Rys.5). Glikemię oceniano na podstawie pomiaru stężenia glukozy

we krwi na czczo (ang. fasting blood glucose - FBG) i wykonania testów tolerancji glukozy (ang. glucose tolerance test - GTT). Próby wykazały, że ekspozycja na sBE znacząco zmniejszyła FBG:

- o 43% w modelu BBS w porównaniu z grupą kontrolną,
- o 33% zarówno u myszy HFD, jak i db / db (myszy genetycznie cukrzycowe), podczas odwracania nietolerancji glukozy w dwóch ostatnich modelach.

Nie zaobserwowano żadnych istotnych zmian w FBG ani tolerancji glukozy u myszy bez cukrzycy eksponowanych na sBE.



Rys.5 Zestaw badawczy [12]

Aby określić, czy oba pola były konieczne do osiągnięcia tych efektów, myszy HFD wystawiano na działanie pola magnetostatycznego (sB), elektrostatycznego (sE) lub połączonych sBE przez 30 dni, po czym wykonano GTT. Co ciekawe, pole sB znacząco pogorszyło glikemię i tolerancję glukozy, podczas gdy pole sE nie miało znaczącego wpływu w porównaniu z nieleczonej myszami. Odkrycia te są zgodne z wcześniejszymi badaniami, które wykazały, że ekspozycja na pola magnetostatyczne pogorszyła glikemię.

Badania wykazały, że tylko połączone pole sBE znacząco poprawiło tolerancję glukozy. Wszystkie dalsze eksperymenty prowadzone będą w jednoczesnej ekspozycji na pole sB i pole sE.

Kolejną próbę wykorzystania narzędzi elektroceutycznych w leczeniu T2D wykonali autorzy pracy [13]. Badania wykonano, podobnie jak w [12], na myszach. W tym przypadku myszy eksponowane były, podobnie jak w pracy [12] na pole magnetostatyczne, ale o dużej indukcji magnetycznej: 400 – 600 mT. Badania wykazały pozytywny wpływ ekspozycji na:

- obniżenie poziomu glukozy we krwi,
- poprawę tolerancji glukozy,
- poprawę metabolizmu lipidów,
- zwiększenie wydzielania insuliny.

Sprzeczność, jaka powstaje przy porównaniu wniosków z pracy [12], gdzie samo pole magnetostatyczne nie dawało pozytywnych efektów może być tłumaczone dużą różnicą wielkości indukcji magnetycznej (dwa rzędy wielkości) w obu badaniach: w pracy [12] - 3 mT, w pracy [13] – 500 mT.

Ekspozycja myszy tylko na pole magnetostatyczne jest propozycją badawczą, umożliwiającą stosunkowo łatwe prowadzenie dalszych badań.

Badania na ludziach

Przedstawione trzy badania prowadzone były na zwierzętach (szczury i myszy), dlatego wnioskowanie co do przydatności przedstawionych metod do leczenia ludzi jest jeszcze mocno nieuprawnione. Zespoły badawcze, proponujące zastosowanie pola elektrostatycznego i magnetostatycznego przygotowują się intensywnie do

badan na większych zwierzętach, a w konsekwencji do badań in vitro i badań klinicznych na ludziach. Oprócz badań na myszach naukowcy przez sześć godzin poddawali działaniu pól elektromagnetycznych również ludzkie komórki wątroby i wykazali, że zastępczy marker wrażliwości na insulinę znacznie się poprawił, co sugeruje, że łączne działanie pola elektrostacyjnego i magnetostrycznego mogą również wywoływać ten sam efekt przeciwcukrzycowy u ludzi [11].

Pole statyczne, zarówno elektryczne jak i magnetyczne, są stosunkowo proste do generacji (cewka i kondensator), a w zakładach fizjoterapeutycznych, tego typu urządzenia już są wykorzystywane. Bezpieczeństwo takich terapii u ludzi jest zapewnione przez statyczny charakter stymulacji i wielkości stosowane w badaniach: w przypadku badań [11] wielkości te są bardzo niskie, w przypadku [12] wartość indukcji magnetycznej 500 mT występuje w niektórych urządzeniach do rezonansu magnetycznego. W terapiach wykorzystujących pole statyczne można zatem, po zmianie zasilania z prądu zmiennego na prąd stały, stosować urządzenia do magnetoterapii, zarówno aplikatory rurowe jak i materace magnetyczne.

Podsumowanie

Zaprezentowane wyniki badań [10,11,12,13] wskazują na możliwości stworzenia skutecznych elektroceutycznych metod leczenia T2D. Obecny stan badań nie pozwala ocenić kiedy, i w jakim zakresie terapia wejdzie do praktyki klinicznej. Następnym etapem badania powinno być sprawdzenie, czy zastosowana w pracach [10,12,13] stymulacja wywołuje podobne efekty u zwierzęcia, które ma bardziej zbliżoną wielkość i fizjologię do ludzi. Powinno się też przeprowadzić badania, pozwalające zrozumieć mechanizm redoks leżący u podstaw wspólnego działania pola elektrostacyjnego i pola magnetostrycznego. Ostatecznym celem procesu badawczego będą badania kliniczne z pacjentami, aby przełożyć technikę stymulacji na nową klasę terapii. Tym niemniej, należy oczekiwać poważnych konsekwencji dla opieki diabetologicznej, szczególnie w przypadku pacjentów, dla których obecne schematy leczenia są uciążliwe. Bezpieczne i nieinwazyjne zarządzania poziomem cukru we krwi mogłoby zmienić zasady leczenia cukrzycy typu 2.

Elektroceutyczny charakter przedstawionych metod terapeutycznych stawia wyzwania przed środowiskiem inżynierskim, zajmującym się aplikacjami elektromagnetyzmu w medycynie.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że terapie wskazane w [11,12,13] są w pewnej sprzeczności z doniesieniami literaturowymi, wskazującymi na niską efektywność terapii, wykorzystujących pole magneto- i elektrostacyjne [14]. Pozytywne wyniki przedstawionych badań skłaniają do krytycznego spojrzenia na dotychczas istniejące opinie.

Autorzy: prof. dr hab. inż. Andrzej Krawczyk, Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, Instytut Transportu i Informatyki, ul. Projektowa 4, Lublin, E-mail: ankra.new@gmail.com, dr hab. inż. Ewa Korzeniewska, prof. uczelni, Politechnika Łódzka, Instytut Systemów Inżynierii Elektrycznej, ul. Stefanowskiego 18, 90-924 Łódź, E-mail: ewakorz@matel.p.lodz.pl, dr med. Józef Mróz, Wojskowy Instytut Medyczny, Klinika Rehabilitacji, ul Szaserów 128, 04-141 Warszawa

LITERATURA

- [1] Krawczyk A., Wyszynska E., Wiśniewska S., Mróz J., Korzeniewska E., Murawski P., Wojak M: Electrostimulation in medicine – history and contemporary usage, *Przegląd Elektrotechniczny* 2018, 94 (12) 230-234 doi:10.15199/48.2018.12.52
- [2] Zanoardo V., Tortora D., Sandri A., Severino L., Mesirca P., Straface G., COVID-19 pandemic: impact on gestational diabetes mellitus prevalence, *Diabetes Research and Clinical Practice* (2021), doi: <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109149>
- [3] Kobayashi, A., Kirschvink, J. & Nesson, M. Ferromagnetism and EMFs. *Nature* 374, 123 (1995)
- [4] Polska w liczbach – raport GUS - https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualno sci/5501/14/12/1/polska_w_liczbach_2019.pdf (dostęp online 20.09.21)
- [5] Sztarfrowski, D., Jakubaszko, J. Survey identification of impact the 50 Hz magnetic field on selected biochemical parameters of human blood, *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 1782(1), 012038
- [6] Koziorowska, A., Krasowski, R., Koziorowski, M. Electromagnetic field and visible light as factors affecting the functions of cells in animals and humans 2019 Applications of Electromagnetics in Modern Engineering and Medicine, *PTZE* 2019, 8781711, pp. 80-83
- [7] Kieliszek, J., Wyszowska, J., Sobiech, J., Puta, R. Assessment of the electromagnetic field exposure during the use of portable radios in the context of potential health effects, *Energies* 2020, 13(23), 6276
- [8] Drózd, T., Kiebas, P., Nawara, P., Miernik, A. The effect of pulsed electric field on the intercellular structure of biological substances, *Journal of Physics: Conference Series* 2021, 1782(1), 012004
- [9] Rymarczyk, T., Wos, M., Bartosik, M., Vejar A., Kozłowski, E., Maj, M., Electrical activity with ECG analysis for body surface potential mapping, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2020, 96(10), pp. 144-147
- [10] Sieroń A., Cieślak, Biniszewicz T.: Terapia za pomocą wolnozmiennych pól magnetycznych – nowa szansa w leczeniu cukrzycy? *Diabetologia Doświadczalna i Kliniczna*. 2003, 3, 4, 299-306.
- [11] Weintraub M.I., Wolfe G.I., Barohn R.A. Static magnetic field therapy for symptomatic diabetic neuropathy: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2003;84:736–746.
- [12] Carter et al., Exposure to Static Magnetic and Electric Fields Treats Type 2 Diabetes. 2020, *Cell Metabolism* 32, 561–574 <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.09.012>
- [13] Qin Li et al., Protective Effects of Moderate Intensity Static Magnetic Fields on Diabetic Mice, *Bioelectromagnetics* 41:598–610 (2020) <https://doi.org/10.1002/bem.22305>
- [14] Livingston JD. Magnetic therapy. Plausible attraction? *Skeptical Inquirer* 1998;58:25-30.