



Prof. dr hab. Maria Nowakowska  
Wydział Chemii  
Uniwersytet Jagielloński  
ul. Gronostajowa 2  
30-387 Kraków  
tel: 48 12 686 2534  
email:nowakowsk@chemia.uj.edu.pl

## O C E N A

### pracy doktorskiej Pana mgr Michała Falkowskiego

pt.; „Podstawione i dendrymeryczne porfirazyny siarkowe o potencjalnym zastosowaniu w medycynie – synteza i charakterystyka fizykochemiczna”.

Praca doktorska Pana mgr Michała Falkowskiego została zrealizowana w Katedrze i Zakładzie Technologii Chemicznej Środków Leczniczych Wydziału Farmaceutycznego Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu pod opieką promotorską Pana Prof. dr hab. Tomasza Goślińskiego. Badania przeprowadzono w ramach projektu badawczego SONATA Bis zatytułowanego : „*Synteza i badania fizykochemiczne nowych dendrymerycznych porfirazyn o potencjalnym zastosowaniu w medycynie i bionanotechnologii*” (nr 2012/05/E/NZ7/01204), kierowanego przez Promotora, a finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki. Pan mgr Michał Falkowski otrzymał także stypendium na przygotowanie rozprawy doktorskiej w ramach programu Etiuda (nr 2018/28/T/NZ7/00113) z funduszy Narodowego Centrum Nauki.

Badania prowadzono we współpracy z Katedrą i Zakładem Chemii Nieorganicznej i Analitycznej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Katedrą i

Zakładem Chemii Farmaceutycznej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Zakładem Chemii Ogólnej i Analitycznej Politechniki Poznańskiej, Zakładem Krystalografii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Pracownią Fotochemii Stosowanej Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu i Centrum Nanobiomedycznym przy Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

**Głównym celem pracy doktorskiej Pana mgr Michała Falkowskiego było otrzymanie serii pochodnych porfirazyn siarkowych zmodyfikowanych w pozycji  $\beta$  (część peryferyjna) poprzez podstawienie dendrymerycznymi lub rozbudowanymi strukturalnie ugrupowaniami oraz w centrum koordynacyjnym pierścienia makrocyklicznego poprzez wymianę jonu, określenie właściwości fizykochemicznych tych połączeń oraz wskazanie obszarów ich potencjalnych zastosowań, wykorzystujących ich właściwości optyczne i fotochemiczne (np. terapia fotodynamiczna/teranostyka) lub elektrochemiczne (np. hybrydowe materiały sensoryczne i katalityczne).**

Cel pracy został zarysowany bardzo ambitnie, a zaplanowane badania wymagały kompetencji Doktoranta, zaangażowania szerokiego spektrum metod badawczych i wsparcia specjalistów reprezentujących różne obszary chemii, fizyki i inżynierii materiałowej. Tak sformatowany cel i zakres badań uważam za godny uznania. Problematyka podjętych przez Doktoranta badań wpisuje się w aktualne, światowe trendy badawcze. Plan badań został skonstruowany poprawnie. Każdy etap pracy rozpoczynał Doktorant od projektowania, syntezy nowych związków, ich starannych badań fizykochemicznych i wyjaśnienia poczynionych obserwacji. Pozyskana wiedza pozwalała Doktorantowi na ocenę perspektyw aplikacyjnych otrzymywanych związków. Główna koncepcja badawcza została zbudowana na założeniu dotyczącym możliwości uzyskania najpierw nowych połączeń wykorzystujących unikalne właściwości ich elementów konstrukcyjnych czyli porfirazyn siarkowych oraz dendrymerów, a następnie nowych materiałów poprzez sprzęgnięcie pierwotnie otrzymanych, zmodyfikowanych porfirazyn dendrymerycznych i nanostrukturalnych materiałów węglowych (zredukowanego tlenu grafenu i wielościennych nanorurek węglowych).

Rozprawa doktorska Pana mgr Falkowskiego przedstawiona jest w postaci cyklu 5 publikacji uzupełnionych komentarzem, zwięzłym podsumowaniem uzyskanych wyników i wnioskami. Prezentację publikacji wchodzących w skład rozprawy poprzedził Doktorant zwartym wstępem teoretycznym przygotowanym w oparciu o starannie wyselekcjonowane pozycje literaturowe, określeniem przedmiotu i omówieniem metodyki prowadzonych badań. Doktorant zdefiniował także cel badań. W materiałach znajduje się ponadto streszczenie w języku polskim i angielskim, spis cytowanej literatury, wykaz stosowanych skrótów i słów

kluczowych. Rozprawę uzupełnił Autor krótką prezentacją swej sylwetki naukowej i podziękowaniami dla współpracowników.

We wstępie teoretycznym Pan mgr Falkowski przedstawił główne koncepcje dotyczące nanotechnologii, wskazał na rolę polimerów, ze szczególnym uwzględnieniem dendrymerów, w rozwoju tej jej aspektów, które dotyczą nauk farmaceutycznych. Omówił krótko porfirynoidy ukazując ich interesujące właściwości fizykochemiczne i biologiczne, podkreślając szczególną atrakcyjność porfirazyn, szczególnie alkilosulfanyloporfirazyn, zawierających ugrupowanie sulfanylowe w pozycji  $\beta$ . Ten fragment pracy napisany w sposób zwięzły i informatywny stanowi dobre wprowadzenie do przedmiotu badań. Biorąc pod uwagę fakt, że istotnym elementem rozprawy są publikacje (trzy z pięciu) dotyczące nanokompozytów/nanostrukturalnych materiałów hybrydowych może warto było uzupełnić część teoretyczną o krótką charakterystykę stosowanych nanomateriałów węglowych, koncentrując się głównie na ich właściwościach elektrochemicznych, które sprawiły, że materiały te zyskały zainteresowanie Doktoranta.

Publikacje stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej ukazały się w prestiżowych międzynarodowych, specjalistycznych czasopismach naukowych, takich jak: *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, Dyes and Pigments* (2 prace), *ChemPlusChem* i *J. Porphyrins Phthalocyanines*. Sumaryczny współczynnik oddziaływania (IF) tej serii prac wynosi 13.731. Fakt ich opublikowania w międzynarodowych czasopismach naukowych oznacza, iż zostały one poddane rzetelnej ocenie merytorycznej oraz to, że przedstawione w nich wyniki badań wnoszą istotny wkład w rozwój dyscypliny, której dotyczą. Wszystkie te publikacje są pracami wieloautorskimi, co usprawiedliwione jest zakresem i metodologią prowadzonych badań. Uważam, że jest to właściwy sposób prowadzenia badań umożliwiający komplementarny i rzetelny opis badanych zjawisk. W dokumentacji znajdują się oświadczenia Doktoranta i współautorów określające ich rolę w badaniach, które są przedmiotem poszczególnych publikacji. Zasadniczy wkład Pana mgr Falkowskiego obejmował syntezę, oczyszczanie, prowadzenie badań fizykochemicznych otrzymywanych połączeń i ich prekursorów, a także udział w analizie uzyskanych wyników i przygotowaniu manuskryptów. Zapoznałam się z przedstawionymi dokumentami i stwierdzam, że spełnione są warunki formalne pozwalające na wykorzystanie przez Pana mgr Falkowskiego tego dorobku naukowego jako podstawy do ubiegania się o stopień doktora.

Cykl publikacji stanowiących rozprawę doktorską otwiera praca autorstwa: Mateusz Gierszewski, Michał Falkowski, Lukasz Sobotta, Magdalena Stolarska, Lukasz Popena, Sebastian Lijewski, Barbara Wicher, Gotard Burdzinski, Jerzy Karolczak, Stefan Jurga,

Maria Gdaniec, Ewa Tykarska, Marek Sikorski, Jadwiga Mielcarek, Tomasz Goslinski  
zatytułowana: „*Porphyrazines with peripheral isophthaloxylalkylsulfanyl substituents and their optical properties*” opublikowana w *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* w 2015 r. W pracy tej przedstawiono syntezę serii porfirazyn sulfanylowych zawierających w części peryferyjnej ugrupowania izoftalowe połączone z makrocyklem łącznikami alkilowymi lub eterowymi o zróżnicowanej długości. Otrzymano z dobrymi wydajnościami trzy takie porfirazyny zawierające magnez jako jon centralny oraz jedną bezmetaliczną (zawierającą łącznik eterowy). Celem tego etapu badań było otrzymanie pochodnych porfirazyn przydatnych w diagnostyce i terapii fotodynamicznej. Oczekiwano, że otrzymane związki będą charakteryzować się lepszą rozpuszczalnością niż macierzyste porfirazyny, ograniczoną agregacją w powszechnie stosowanych rozpuszczalnikach i większą fotostabilnością. Założono, także iż będą one stanowiły związki modelowe dla bardziej rozbudowanych, hiperrozgałęzionych dendrymerycznych porfirazyn, potencjalnie przydatnych w medycynie i nanotechnologii. Syntezę wykonano i opisano z dużą starannością. Przeprowadzono badania fizykochemiczne otrzymanych połączeń przy użyciu szerokiego spektrum metod badawczych. Otrzymane związki rozpuszczają się w powszechnie stosowanych rozpuszczalnikach organicznych, nie wykazują znaczącej agregacji w zakresie testowanych stężeń, są fotostabilne i charakteryzują się interesującymi właściwościami optycznymi i fotofizycznymi. W elektronowych widmach absorpcyjnych otrzymanych związków rejestrowanych w zakresie 300 – 800 nm obecne jest pasmo Soreta (360-386 nm) oraz pasmo Q (666- 709 nm). Ich położenie uzależnione jest od struktury cząsteczki i rodzaju rozpuszczalnika. Co istotne, wszystkie otrzymane związki absorbują promieniowanie z widzialnego zakresu spektralnego, w tym w zakresie odpowiadającym tzw. „oknu terapeutycznemu” w terapii fotodynamicznej. Szkoda, że w pracy nie zamieszczono istotnej informacji dotyczącej wartości molowych współczynników ekstynkcji dla tych nowych związków – brak danych dotyczących stężenia roztworów użytych w pomiarach widm absorpcyjnych uniemożliwia czytelnikowi ich oszacowanie. Otrzymane pochodne porfirazyn sulfanylowych należą do dość ograniczonej grupy związków chemicznych, dla których można zaobserwować emisję fluorescencji nie tylko z pierwszego, ale i z drugiego elektronowo wzbudzonego stanu singletowego. Wydajności kwantowe fluorescencji są jednak bardzo niskie ( rzędu  $10^{-4}$  - $10^{-3}$ ) co koreluje z niezwykle krótkimi czasami życia singletowych stanów wzbudzonych, będących w zakresie pikosekundowym. Dezaktywacja wzbudzonych elektronowo stanów singletowych badanych połączeń zachodzi głównie w wyniku procesów bezpromienistych. Doktorant słusznie zauważył, że kluczowy wpływ na te zjawiska ma efekt wewnętrzznego ciężkiego atomu,

którego źródłem są obecne w cząsteczkach porfirazyn sulfanylowych atomy siarki. Można zatem oczekiwać także relatywnie wysokich wydajności kwantowych konwersji międzysystemowej prowadzącej do tworzenia stanu trypletowego. W pracy nie znajduję oszacowania tych wydajności, a byłyby one przydatne w zrozumieniu przyczyny niskich (1-11%) wydajności kwantowych generowania tlenu singletowego, zwłaszcza, że wyznaczone w oparciu o pomiary widm absorpcji przejściowej czasu życia elektronowych stanów trypletowych badanych porfirazyn są długie (25 - 45  $\mu$ s dla porfirazyn sulfanylowej z krótkim alkilowym łącznikiem), a ich energie dostateczne dla realizacji procesu fotosensybilizowanego wzbudzenia cząsteczki tlenu poprzez przeniesienie energii w procesie tryplet-tryplet. Czy Doktorant zastanawiał się nad tym problemem?

W kolejnym etapie badań opisanym w publikacji autorstwa Michal Falkowski , Tomasz Rebis , Michal Kryjewski , Lukasz Popenda, Sebastian Lijewski , Stefan Jurga , Jadwiga Mielcarek, Grzegorz Milczarek , Tomasz Goslinski, zatytułowanej: *“An enhanced electrochemical nanohybrid sensing platform consisting of reduced graphene oxide and sulfanyl metalloporphyrines for sensitive determination of hydrogen peroxide and L-cysteine”*, która ukazała się w czasopiśmie *Dyes and Pigments* 138 (2017) 190-203 Doktorant otrzymał metaliczne pochodne porfirazyn sulfanylowych zawierających w części peryferyjnej ugrupowania izoftalowe połączone z makrocyklem łącznikami eterowymi. Jonem centralnym makrocyklu były wybrane kationy metali należących do grupy d, a mianowicie: miedzi (II), kobaltu (II) lub żelaza (II). Otrzymane związki poddano starannym badaniom fizykochemicznym. Zarejestrowano i przedyskutowano elektronowe widma absorpcyjne; porównano je z widmami uzyskanymi dla pochodnych porfirazyn sulfanylowych nie zawierających metalu oraz zawierających atom magnezu. Zauważono istotny wpływ wprowadzonych do struktury kationów metali na właściwości spektralne otrzymanych połączeń. Przedmiotem szczególnego zainteresowania Doktoranta stały się jednak głównie ciekawe właściwości elektrochemiczne tych związków. Wykorzystując techniki woltamperometrii cyklicznej (CV) i różnicowej woltamperometrii pulsowej (DPV) zbadano i określono naturę procesów redoksowych jakim ulegają badane połączenia. Wyniki tych badań zachęciły Doktoranta do otrzymania, w prostej procedurze chemicznej, nanostrukturalnego materiału kompozytowego porfirazyna/tlenek grafenu. Właściwości elektrochemiczne i możliwości praktycznego zastosowania uzyskanego materiału testowano modyfikując przy jego użyciu elektrodę z węgla szklanego i poddając układ wstępnej redukcji elektrochemicznej. Wykazano, że materiały nanokompozytowe charakteryzują się znacznie

lepszymi właściwościami elektrokatalitycznymi niż sam tlenek grafenu. Obserwację tę wyjaśniono biorąc pod uwagę efekt synergii pomiędzy matrycą przewodzącą tlenku grafenu i porfirazynami ulegającymi procesom redoksywowym. Zaproponowano możliwość wykorzystania modyfikowanych otrzymanym nanokompozytem elektrod jako elementów sensorycznych pozwalających na oznaczenie stężenia cysteiny (w zakresie stężeń 1.0- 660  $\mu\text{M}$ ) lub nadtlenu wodoru (w zakresie stężeń 4.5-460  $\mu\text{M}$ ) (uwaga nie mmoli/L jak napisano w komentarzu). Obserwowano dobrą stabilność układu uzyskiwaną dzięki oddziaływaniom  $\pi$ - $\pi$  elektronowym elementów układu i odwracalność elektrochemiczną, a więc cechy niezbędne dla otrzymania elektrody spełniającej podstawowe wymagania dla sporządzenia układu sensorycznego. Pracę tę oceniam bardzo wysoko, ponieważ uzyskane rezultaty stanowią potwierdzenie koncepcji badawczej, a jednocześnie otwierają nową perspektywę badawczą – modyfikacja struktury porfirazyn pozwoli relatywnie łatwo uzyskiwać materiały nanokompozytowe, których właściwości elektrochemiczne mogą być dopasowane do określonych potrzeb badawczych/aplikacyjnych. Elementami wymagającymi udoskonalenia są z pewnością procedury uzyskiwania homogenicznego materiału kompozytowego oraz dobrze zdefiniowanego filmu kompozytowego na powierzchni elektrody.

Zagadnienie dotyczące syntezy efektywnych fotouczulaczy dla potrzeb terapii fotodynamicznej PDT podjęto w następnym etapie badań. Rezultaty tych badań przedstawiono w publikacji autorstwa: Dariusz T. Młynarczyk, Sebastian Lijewski, Michał Falkowski, Jarosław Piskorz, Wojciech Szczolko, Lukasz Sobotta, Magdalena Stolarska, Lukasz Popenda, Stefan Jurga, Krystyna Konopka, Nejat Duzgunes, Jadwiga Mielcarek, and Tomasz Goslinski zatytułowanej: *“Dendrimeric Sulfanyl Porphyrazines: Synthesis, Physico-Chemical Characterization, and Biological Activity for Potential Applications in Photodynamic Therapy”* opublikowanej w czasopiśmie ChemPlusChem 2016, 81, 460 – 470. W badaniach tych podjęto ciekawą próbę połączenia korzystnych właściwości fotofizycznych porfirazyn i unikalnych cech dendrymerów. Otrzymano serię porfirazyn siarkowych modyfikowanych w położeniach peryferyjnych strukturami dendrymerycznymi. Zbadano ich właściwości fizykochemiczne i spektroskopowe. Widma elektronowe zawierają pasma Soreta (maksima zawarte w zakresie 290 – 420 nm) i długofalowe pasma Q (maksima zawarte w zakresie 550–750 nm). Absorpcja w widzialnym zakresie długofalowym jest istotna dla potencjalnych zastosowań w PDT. Niestety tu także brak wartości molowych współczynników ekstynkcji dla badanych połączeń utrudnia oszacowanie stężenia związków potrzebnego w badaniach. Położenie i strukturę widm powiązano ze strukturą cząsteczek otrzymanych połączeń. W kontekście celu badań istotnym było wyznaczenie wydajności

kwantowej generowania tlenu singletowego. Wartości te wyznaczono dla badanych połączeń stosując metodę chemiczną i DPBF jako akceptor tlenu singletowego. Stwierdzono, że badane pochodne porfirazyn sulfonowych nie są zbyt wydajnymi fotosensybilizatorami w procesie tworzenia tlenu singletowego - wydajności kwantowe przyjmowały wartości od 0.02 – 0.20. Badania fototoksyczności *in vitro* przeprowadzone przy użyciu wyselekcjonowanych tribenzoporfirazyn (wykazujących najwyższe wydajności kwantowe tworzenia tlenu singletowego) na komórkach CAL 27 i HSC-3 raka koleczystokomórkowego jamy ustnej dostarczyły jednak bardzo obiecujących rezultatów. Wyselekcjonowano związek o najwyższej aktywności PDT (porfirazyna siarkowa z podstawnikami peryferyjnymi zawierającymi grupy hydroksylowe), a jego wysoką aktywność słusznie wyjaśniono biorąc pod uwagę nie tylko zdolność do generowania tlenu singletowego, ale także zwiększoną rozpuszczalność i biodystrybucję.

Unikalne właściwości strukturalne, fizykochemiczne i elektrochemiczne porfirazyn siarkowych podstawionych w pozycjach peryferyjnych ugrupowaniami hiperrozgałęzionymi wykorzystano do otrzymania materiału hybrydowego poprzez ich osadzenie na powierzchni wielowarstwowych nanorurek węglowych. Wyniki tych badań przedstawiono w pracy autorstwa: Michał Falkowski, Tomasz Rebis, Jarosław Piskorz, Lukasz Popenda, Stefan Jurga, Jadwiga Mielcarek, Grzegorz Milczarek, Tomasz Goslinski, zatytułowanej: „*Improved electrocatalytic response toward hydrogen peroxide reduction of sulfanyl porphyrazine/multiwalled carbon nanotube hybrids deposited on glassy carbon electrodes*”, która ukazała się w czasopiśmie *Dyes and Pigments* 134 (2016) 569-579.

Zsyntetyzowano i określono właściwości fizykochemiczne serii siarkowych porfirazyn magnezowych rozbudowując ich podstawniki w pozycjach peryferyjnych aż do drugiej generacji dendrymerycznej. W oparciu o wyniki badań ich właściwości elektrochemicznych stwierdzono, że najwyższą aktywność w procesach redox wykazuje związek o najmniej rozbudowanej strukturze peryferyjnej. Zgodnie z oczekiwaniami, wraz ze wzrostem generacji dendrymeru aktywność elektrochemiczna spada. Wyselekcjonowaną porfirazynę zaadsorbowano na powierzchni elektrody z węgla szklanego modyfikowanej nanorurkami węglowymi. Modyfikację potwierdzono obrazowaniem przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) i mikroskopu sił atomowych (AFM). Układ stabilizowany był oddziaływaniami  $\pi - \pi$  elektronów rozmieszczonych na zdelokalizowanych orbitalach w materiale węglowym i skoniugowanych wiązań w makrocyklicznym pierścieniu porfirazyny. Badania prowadzone przy użyciu woltamperometrii cyklicznej pozwoliły zaobserwować

odwracalne redoksove procesy zachodzące z udziałem pierścienia porfirazyny i wykazały synergiczne działanie elementów układu. Wykazano, że układ ten pozwala na zwiększenie efektywności procesu elektrokatalitycznej redukcji nadtlenu wodoru. Podzielaam poglądy Doktoranta, że wyniki opisanych badań sugerują możliwość zastosowania elektrod modyfikowanych takim nanokompozytem jako elementu sensora, np. w stosunku do nadtlenu wodoru w zakresie stężeń 2 to 800  $\mu\text{M}$ .

Kontynuując badania, których celem było uzyskanie i określenie właściwości elektrochemicznych nowego elektroaktywnego materiału nanokompozytowego otrzymano układ złożony z elektrody z węgla szklanego, na który naniesiono warstwę wielościennych nanorurek węglowych i zaadsorbowano magnezową porfirazynę siarkową z peryferyjnymi grupami nitrowymi. Wyniki tych badań stały się przedmiotem publikacji autorstwa: Michał Falkowski, Tomasz Rebis, Jarosław Piskorz, Lukasz Popena, Stefan Jurga, Jadwiga Mielcarek, Grzegorz Milczarek and Tomasz Goslinski zatytułowanej: „*Multiwalled carbon nanotube/sulfanyl porphyrazine hybrids deposited on glassy carbon electrode — effect of nitro peripheral groups on electrochemical properties*” i opublikowanej w *Porphyrins Phthalocyanines* 2017; 21, 295–301. W pracy opisano starannie syntezę porfirazyny i badanie właściwości fizykochemicznych, ze szczególnym uwzględnieniem oceny jej cech strukturalnych i elektrochemicznych w rozpuszczalnikach organicznych. Stosując woltamperometrię cykliczną i różnicową woltamperometrię pulsacyjną zaobserwowano występowanie dobrze wykształconych czterech par redoks odpowiadających reakcjom jednoelektrodowym, związanym z utlenianiem i redukcją makrocyklu oraz ośmiu nitroarylowych podstawników peryferyjnych z utworzeniem odpowiednich anionorodników. Prowadzone w środowisku wodnym (bufor pH = 7.4, 50  $\text{mVs}^{-1}$ ) badania materiału hybrydowego: nanorurki węglowe/porfirazyna pozwoliły na obserwację interesujących procesów transformacji peryferyjnych grup arylonitrowych. Procesy te przebiegały z przeniesieniem elektronów i protonów. Zinterpretowano je jako cztero-elektronowy proces redukcji grup nitroarylowych do odpowiedniej arylohydroksyminy oraz odwracalny proces redoksovy przebiegający z udziałem arylohydroksyloamina– ugrupowanie arylnitrozowe. Przypisania tego dokonano w oparciu o dane literaturowe. Nie mam zastrzeżeń do poprawności tej interpretacji, ale może, dla kompletności argumentacji, warto ją potwierdzić pomiarami spektroeletrochemicznymi. Co istotne, tak tworzone *in situ* aktywne chemicznie i elektrochemicznie związki mogą znaleźć ciekawe zastosowania.



## **Wnioski końcowe.**

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pana mgr Michała Falkowskiego stwierdzam, że główny cel pracy został dobrze zdefiniowany, a dobór materiału i metod badawczych pozwolił na jego realizację. Badania, których rezultaty przedstawiono w niniejszej pracy, dotyczą ważnego i aktualnego obszaru badawczego. Prace doświadczalne zostały przeprowadzone starannie i dobrze przedstawione. Doktorant opanował zarówno podstawy syntezy organicznej jak i fizykochemii. Opracował metody i przeprowadził szereg złożonych syntez nowych, ważnych związków organicznych. Udoskonalił metody oczyszczania uzyskiwanych produktów. Otrzymał nowe, interesujące materiały nanokompozytowe. W sposób właściwy dokonał doboru technik badawczych, przeprowadził pomiary i zinterpretował uzyskane wyniki.

Pan mgr Michał Falkowski legitymuje się wyjątkowo bogatym dorobkiem naukowym; jest współautorem 8 publikacji w specjalistycznych czasopismach naukowych (indeks H = 4) oraz 45 prezentacji konferencyjnych. Był kierownikiem jednego projektu badawczego (Preludium – finansowany przez NCN) i uczestniczył w realizacji projektu Sonata (finansowany przez NCN). Otrzymał także stypendium na przygotowanie rozprawy doktorskiej w ramach programu Etiuda. Został uhonorowany nagrodami Rektora Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu.

Pan mgr Michał Falkowski posiada doświadczenie we współpracy międzynarodowej – odbył 4 staże w zagranicznych laboratoriach naukowych.

Biorąc pod uwagę powyższe uważam, że spełnione są warunki ustawy o stopniach i tytułach naukowych oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. nr 65) i wnoszę do Rady Wydziału Farmaceutycznego Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu o dopuszczenie Pana mgr Michała Falkowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

**Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoką wartość merytoryczną pracy, fakt opublikowania zawartych w niej wyników w uznanych specjalistycznych czasopismach naukowych wnoszę o jej wyróżnienie.**

Kraków 12.05.2019 r.

