

Autoreferat

dr inż. Barbara Pospieszna

**Zakład Lekkiej Atletyki i Przygotowania Motorycznego
Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej
Akademia Wychowania Fizycznego
im. Eugeniusza Piaseckiego
w Poznaniu**

Poznań, 2025

1. Imię i nazwisko:

Barbara Pospieszna

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

Doktor nauk o Kulturze Fizycznej – 23 czerwca 2009 r.

Studia doktoranckie na Wydziale Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu; 10.2003–06.2007.

Tytuł rozprawy doktorskiej: Wpływ 8-tygodniowego treningu ergometrycznego na tolerancję wysiłkową, gospodarkę lipidową oraz poziom stężenia wybranych hormonów we krwi kobiet, słuchaczek Uniwersytetu III Wieku.

Promotor: prof. dr hab. med. Tadeusz Rychlewski

Inżynier technologii żywności i żywienia człowieka – 13 czerwca 2005 r.

Studia inżynierskie na kierunku Technologia żywności i żywienia człowieka, specjalność: żywienie człowieka (aktualnie dietetyka) na Wydziale Technologii Żywności Akademii Rolniczej w Poznaniu (aktualnie Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu); 10.2001–06.2005.

Magister fizjoterapii – 11 czerwca 2003 r.

Studia magisterskie na Wydziale Wychowania Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu; 10.1998–06.2003.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

10.2018 – do chwili obecnej

adiunkt w Zakładzie Lekkiej Atletyki i Przygotowania Motorycznego, Wydział Nauk o Kulturze Fizycznej, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu

10.2015 – 2.2019

adiunkt w Katedrze Turystyki i Rekreacji, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

03.2010 – 9.2015

adiunkt w Zakładzie Fizjologii, Wydział Wychowania Fizycznego, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu

03.2006 – 2.2010

asystent w Zakładzie Fizjologii, Wydział Wychowania Fizycznego, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

Moje osiągnięcie naukowe stanowi cykl 4 prac pod tytułem: **Zmiany energetyki krwinki czerwonej w odpowiedzi na wieloletni trening fizyczny i proces starzenia się.**

W skład powyższego osiągnięcia naukowego wchodzi cykl czterech oryginalnych prac naukowych o sumarycznym współczynniku oddziaływania (Impact Factor): **16,229** i **440** punktów według punktacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) (na podstawie *Web of Science Core Collection* i *Journal Citation Reports* z dnia 5.08.2025 r.)

- P1) **Pospieszna B.**, Kusy K., Slominska E.M., Zieliński, J. Life-long sports engagement enhances adult erythrocyte adenylate energetics. *Scientific Reports*. 2021;11:23759. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03275-y> (IF: 4,997; MNiSW: 140)

Cytowania: 5

Mój wkład w powstanie tej publikacji obejmuje współtworzenie koncepcji i założeń metodologicznych, przeprowadzenie analiz statystycznych, interpretację uzyskanych wyników oraz przygotowanie manuskryptu i rycin. Jestem jej pierwszym i korespondującym autorem.

- P2) **Pospieszna B.**, Kusy K., Slominska E.M., Ciekot-Sołtysiak M., Zieliński J. Sports Participation Promotes Beneficial Adaptations in the Erythrocyte Guanylate Nucleotide Pool in Male Athletes Aged 20–90 years. *Clinical Interventions in Aging*. 2023;18:987–997. <https://doi.org/10.2147/CIA.S406555> (IF: 3,5; MNiSW: 100)

Cytowania: 4

Mój wkład w powstanie tej publikacji obejmuje współtworzenie koncepcji i założeń metodologicznych, przeprowadzenie analiz statystycznych, interpretację uzyskanych wyników oraz przygotowanie manuskryptu i rycin. Jestem jej pierwszym i korespondującym autorem.

- P3) **Pospieszna B.**, Kusy K., Slominska E.M., Zieliński J., Ciekot-Sołtysiak M. Erythrocyte nicotinamide adenine dinucleotide concentration is enhanced by systematic sports participation. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2024;16:216. <https://doi.org/10.1186/s13102-024-00999-y> (IF: 2,8; MNiSW: 100)

Cytowania: 0

Mój wkład w powstanie tej publikacji obejmuje współtworzenie koncepcji i założeń metodologicznych, przeprowadzenie analiz statystycznych, interpretację uzyskanych wyników oraz przygotowanie manuskryptu i rycin. Jestem jej pierwszym i korespondującym autorem.

- P4) **Pospieszna B.**, Kusy K., Slominska EM., Dudzinska W., Ciekot-Sołtysiak M., Zieliński J. The effect of training on erythrocyte energy status and plasma purine metabolites in athletes. *Metabolites*. 2020;10(1):5. <https://doi.org/10.3390/metabo10010005> (IF: 4,932; MNiSW: 100)

Cytowania: 13

Mój wkład w powstanie tej publikacji obejmuje współtworzenie koncepcji i założeń metodologicznych, przeprowadzenie analiz statystycznych, interpretację uzyskanych wyników oraz przygotowanie manuskryptu i rycin. Jestem jej pierwszym i korespondującym autorem.

Publikacje włączone do cyklu są rezultatem interdyscyplinarnej współpracy naukowej realizowanej w ramach projektu pt. „Zmiany metabolizmu nukleotydów i ich pochodnych we krwi pod wpływem długotrwałego treningu fizycznego” (nr 2013/09/B/NZ7/02556; kierownik: prof. dr hab. Jacek Zieliński), finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu OPUS 5. Moje zaangażowanie miało charakter kompleksowy i obejmowało praktycznie wszystkie etapy realizacji projektu badawczego, w tym współtworzenie koncepcji i założeń metodologicznych, przeprowadzenie analiz statystycznych, interpretację uzyskanych wyników oraz przygotowanie manuskryptów i materiałów ilustracyjnych (rycin). We wszystkich publikacjach jestem zarówno pierwszym autorem, jak i autorem korespondującym.

Wprowadzenie

Metabolizm, rozumiany jako nieustanny proces przetwarzania materii i energii, stanowi jedno z najbardziej złożonych, a zarazem najciekawszych zagadnień fizjologiczno-biochemicznych dotyczących ludzkiego organizmu. Obejmuje on setki wzajemnie powiązanych szlaków metabolicznych, których regulacja i wydajność ulegają zmianom pod wpływem czasu i licznych czynników zewnętrznych. Szczególne znaczenie mają mechanizmy bezpośrednio odpowiedzialne za utrzymanie homeostazy energetycznej ustroju, zwłaszcza te związane z metabolizmem nukleotydów adeninowych, guaninowych i pirymidynowych. Mimo wieloletnich badań, wiele aspektów tego zagadnienia nadal pozostaje nie do końca wyjaśnionych, zwłaszcza w kontekście metabolizmu sportowców o wysokim poziomie wytrenowania. Wiadomo, że nukleotydy adeninowe, jako ilościowo dominująca frakcja puli wolnych nukleotydów, stanowią podstawowe źródło energii. Brakuje jednak badań dotyczących ich stężenia w erytrocytach sportowców. Z kolei nukleotydy guaninowe, oprócz dostarczania energii do syntezy białek i glukoneogenezy, pełnią funkcję prekursorów kwasów nukleinowych, regulatorów transkrypcji RNA oraz kluczowych elementów komórkowych szlaków sygnalizacyjnych. Mimo to ich rola w procesie starzenia się organizmu oraz adaptacji do wysiłku fizycznego pozostaje słabo poznana. Podobnie

niewiele wiadomo na temat wpływu treningu sportowego na stężenie nukleotydów pirymidynowych, choć w ostatnich latach, związki te budzą coraz większe zainteresowanie naukowców. Szczególną uwagę badaczy przyciąga obecnie dinukleotyd nikotynoamidoadeninowy (NAD⁺), uznawany za kluczową cząsteczkę biorącą udział w setkach szlaków metabolicznych, takich jak produkcja energii, sensoryczne szlaki metaboliczne komórki, reakcje redoks, regulacja odpowiedzi zapalnej oraz ekspresji genów (Campagna and Vignini 2023; Clement et al. 2019). Ponieważ zaburzenia homeostazy dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego występują zarówno w procesie starzenia, jak i w przebiegu wielu chorób związanych z wiekiem (w tym sercowo-naczyniowych, mózgowo-naczyniowych i neurodegeneracyjnych, nowotworowych, a także dysfunkcjach układu odpornościowego i otyłości), intensywnie poszukuje się metod umożliwiających modulację jego syntezy lub katabolizmu.

Wcześniejsze badania naszego zespołu (Zieliński et al. 2009; Zieliński et al. 2011; Zieliński and Kusy 2012; Zieliński et al. 2019) wykazały, że zarówno u sportowców, jak i osób mniej aktywnych fizycznie, osoczone stężenie puryn (hipoksantyny, kwasu moczowego, ksantyny) wzrasta wraz z wiekiem (zarówno w spoczynku, jak i po wysiłku maksymalnym), co pośrednio może wskazywać na wyczerpywanie się całkowitej puli nukleotydów adeninowych w mięśniach szkieletowych. U sportowców o wysokim poziomie wytrenowania, zwłaszcza uprawiających dyscypliny szybkościowo-siłowe, ten niekorzystny efekt jest w znacznym stopniu kompensowany przez wzrost aktywności enzymu fosforybozylotransferazy hipoksantynowo-guaninowej (HGPRT; EC 2.4.2.8), uczestniczącego w reakcjach reutilizacji. Takiego mechanizmu kompensacyjnego nie zaobserwowano u osób trenujących rekreacyjnie. Wyniki tych badań wskazują, że regularny trening fizyczny podejmowany przez całe życie wspiera ścieżki sygnałowe odpowiedzialne za odbudowę puli adenylanów. Prowadzone badania miały charakter pionierski, jednak nie obejmowały biopsji mięśni szkieletowych (co uniemożliwiało jednoznaczne określenie mięśniowego pochodzenia analizowanych metabolitów), a dotyczyły osocza krwi żyłnej. W celu ograniczenia wpływu dodatkowych czynników, a tym samym bardziej wnikliwego zbadania wpływu treningu sportowego na metabolizm szlaków energetycznych, w moich badaniach zastosowałam uproszczony model doświadczalny, jakim jest krwinka czerwona.

Erytrocyty (krwinki czerwone; RBC) to unikatowe komórki o decydującym znaczeniu biologicznym. Dojrzałe erytrocyty nie posiadają jądra komórkowego ani mitochondriów, co z jednej strony umożliwia efektywny transport tlenu z płuc do tkanek obwodowych, z drugiej jednak ogranicza występowanie wielu szlaków metabolicznych typowych dla komórek

ssaków ([Chatzinikolaou et al. 2024](#)). W celu zaspokojenia potrzeb energetycznych, dojrzałe krwinki czerwone są całkowicie zależne od procesów beztlenowych. Ponadto, ze względu na brak aktywności amidotransferazy glutamyl-PRPP (EC 2.4.2.14), nie są zdolne do syntezy nukleotydów adeninowych i guaninowych na szlaku *de novo*. W związku z tym, erytrocyty muszą syntetyzować te związki wyłącznie w reakcjach reutilizacji, poprzez ponowne wykorzystanie metabolitów pośrednich, czyli zasad purynowych (adeniny, hipoksantyny i guaniny) oraz nukleozydów (adenozyny, inozyny i guanozyny) ([Dudzinska et al. 2006](#)). W warunkach homeostazy energetycznej pula nukleotydów adeninowych (TAN) i guaninowych (TGN) jest ściśle kontrolowana i utrzymywana na stabilnym poziomie dzięki stałym przemianom nukleotydów purynowych. W dużej mierze zależy to również od stężenia nukleotydów pirymidynowych (NAD(P)+).

W miarę postępującego procesu starzenia, a także w patofizjologii wielu chorób cywilizacyjnych, główne aspekty metabolizmu i fizjologii erytrocytów (np. szybkość dopływu glukozy, tempo glikolizy, stabilność ładunku energetycznego komórek czy osmoregulacja) ulegają istotnym zaburzeniom. Zmiany te są związane przede wszystkim ze zwiększonym poziomem stresu oksydacyjnego, nasileniem ogólnoustrojowego stanu zapalnego i wzrostem tempa hemolizy ([Chatzinikolaou et al. 2024](#); [Clement et al. 2019](#)). Badania dotyczące wpływu procesu starzenia na strukturę i funkcję erytrocytów wykazały między innymi istotny spadek całkowitej liczby erytrocytów, podwyższony wskaźnik anizocytozy oraz zaburzenia funkcjonowania transportu przez błonowy ([Patel et al. 2010](#)). Obniżenie tempa przemian metabolicznych erytrocytów wiązane jest przede wszystkim ze zmniejszeniem stężenia kluczowych enzymów, w tym szczególnie stężenia związków z rodziny nukleotydów pirymidynowych ([Beutler 1988](#); [Chaleckis et al. 2016](#); [Domingo-Ortí et al. 2021](#); [Magnani et al. 1983](#); [Massudi et al. 2012](#)). Tempo degradacji biologicznej zależnej od wieku jest wysoce zróżnicowane pomiędzy jednostkami, co wynika głównie ze stylu życia oraz wpływu czynników środowiskowych, genetycznych lub epigenetycznych. Notowany z wiekiem spadek wydolności i sprawności fizycznej organizmu, zarówno u osób wytrenowanych, jak i niewytrenowanych, obejmuje obniżenie poziomu wydolności tlenowej i beztlenowej, a także siły i funkcji mięśni. Zakres tych zmian w różnych okresach ontogenezy zależy od indywidualnych maksymalnych wartości osiągniętych w szczycie rozwoju oraz stopnia redukcji aktywności fizycznej w starszym wieku.

W porównaniu z osobami niewytrenowanymi, sportowcy zwykle cechują się lepszym stanem zdrowia ogólnego oraz wyższą sprawnością fizyczną i funkcjonalną. Różne formy aktywności fizycznej przyczyniają się do spowolnienia lub nawet zahamowania negatywnego

wpływu starzenia się na funkcjonowanie organizmu na poziomie strukturalnym i biochemicznym, w tym także w zakresie hemoreologii. Wysilek fizyczny, szczególnie o wysokiej intensywności, prowadzi do zaburzeń homeostazy wywołując lokalną hipoksję, zakwaszenie, hipoglikemię i hipertermię, co skutkuje zwiększoną hemolizą powysiłkową. Regularne podejmowanie aktywności fizycznej prowadzi w konsekwencji do korzystnych zmian adaptacyjnych, w tym zwiększonej erytropoezy. Wykazano, że organizmy sportowców charakteryzują się zwiększoną objętością krwi, wyższym stężeniem hormonów (m.in. erytropoetyny, adrenaliny, kortyzolu, testosteronu, hormonu wzrostu) i zwiększoną aktywnością hematopoetyczną szpiku kostnego. W połączeniu z przyspieszoną hemolizą powysiłkową, skutkuje to przyspieszonym obrotem erytrocytów, czyli wyższym odsetkiem retikulocytów (które, zawierając jeszcze mitochondria, mogą efektywniej wytwarzać energię poprzez fosforylację oksydacyjną) i młodszych erytrocytów (Beutler 1988; Hu and Lin 2012; Mairbäurl 2013; Montero et al. 2017; Van Wijk and Van Solinge 2005). Efektem takiej modyfikacji w populacji krwinek czerwonych jest bardziej wydajny metabolizm, większa stabilność błon komórkowych i zdolność do deformacji, wyższe powinowactwo do tlenu i lepsza ochrona antyoksydacyjna (Bizjak et al. 2020; Mairbäurl 2013; Mohanty et al. 2014).

Dotychczasowe badania koncentrowały się głównie na istocie i tempie zmian hemoreologicznych zachodzących w starzejących się erytrocytach, a także na fizjologii erytrocytów osób starszych (zarówno zdrowych, jak i chorych) w porównaniu ze zdrowymi, młodymi osobami. Nieliczne badania dotyczyły wpływu wysiłku fizycznego na funkcjonowanie krwinek czerwonych, przy czym badania te obejmowały małoliczne grupy uczestników, jednorazowy wysilek testowy i zazwyczaj koncentrowały się na osobach niewytrenowanych lub ćwiczących rekreacyjnie (Dudzinska et al. 2010; Dudzinska et al. 2018; Yamamoto et al. 1994). Wyniki tych badań ukazują jedynie fragmentaryczny obraz tego jakże złożonego zagadnienia. Dotychczas nie analizowano szczegółowo właściwości energetycznych krwinek czerwonych w odpowiedzi na trening sportowy (zwłaszcza wieloletni), ani nie porównywano efektywności różnych typów treningu w kontekście adaptacji energetycznej erytrocytów. Dlatego wyniki moich badań stanowią istotne uzupełnienie wiedzy dotyczącej adaptacji szlaków energetycznych pod wpływem wieloletniego treningu sportowego.

Cel badań

Celem głównym cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych była ocena zmian zachodzących w energetyce krwinek czerwonych u sportowców trenujących

dyscypliny wytrzymałościowe i szybkościowo-siłowe, w odpowiedzi na trening fizyczny i proces starzenia się.

Pierwsza część cyklu koncentrowała się na ocenie skali i tempa zmian adaptacyjnych zachodzących pod wpływem wieloletniego treningu fizycznego w trzech funkcjonalnie odrębnych szlakach metabolicznych energetyki krwinek czerwonych sportowców różnych specjalności. W związku z tym wyodrębniono trzy szczegółowe cele badawcze, opisane w trzech pierwszych publikacjach:

- a. ocena zmian stężenia nukleotydów adeninowych w erytrocytach sportowców wytrzymałościowych i sprinterów, w zależności od wieku i specjalizacji sportowej (P1);
- b. ocena zmian zachodzących z wiekiem w stężeniu nukleotydów guaninowych w erytrocytach oraz określenie wpływu wieloletniego treningu fizycznego na adaptację w metabolizmie tych nukleotydów (P2);
- c. ocena stężenia nukleotydów pirymidynowych (NAD^+ i NADP^+) w erytrocytach sportowców oraz analiza tempa i zakresu ich zmian związanych z wiekiem i wieloletnim treningiem fizycznym (P3).

Kolejna część cyklu miała na celu określenie czy krótszy, to jest roczny, okres treningu sportowego i wpisana weń periodyzacja obciążeń treningowych prowadzi do istotnych zmian w statusie energetycznym erytrocytów (ATP, ADP, AMP, TAN, AEC), stężeniu metabolitów purynowych w osoczu (guanina; Guo, inozyna; Ino, adenozyina; Ado i hipoksantyna; Hx) oraz aktywności erytrocytarnej fosforybozylotransferazy hipoksantynowo-guaninowej (HGPRT) u wysokowytrenowanych sportowców (P4).

Material i metody

W badaniach wzięło udział 144 zdrowych, niepalących mężczyzn w wieku od 20 do 90 lat. Uczestnicy zostali podzieleni na dwie grupy, w zależności od rodzaju podejmowanego treningu fizycznego: 86 biegaczy wytrzymałościowych (EN) w wieku 20–81 lat oraz 58 sportowców specjalizujących się w dyscyplinach szybkościowo-siłowych, głównie sprinterów (SP) w wieku 21–90 lat. Sportowcy poniżej 35. roku życia byli członkami polskiej kadry narodowej w lekkoatletyce, natomiast starsi sportowcy to czołowi zawodnicy mistrzostw Europy i świata masters. Grupę kontrolną (CO) stanowiło 62 zdrowych, aktywnych fizycznie mężczyzn w wieku 20–68 lat, regularnie podejmujących rekreacyjne formy aktywności fizycznej (zgodnie z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia, tj. do 150 minut aktywności fizycznej o umiarkowanej intensywności tygodniowo). Badania przedstawione w

publikacjach P1–P3 zostały przeprowadzone jednorazowo, w całej grupie badawczej, podczas okresu startowego rocznego cyklu treningowego zawodników. Z kolei badania opisane w czwartej publikacji (P4) obejmowały czterokrotne pomiary w trakcie rocznego cyklu treningowego. Przeprowadzono je w grupie młodych mężczyzn w wieku 20-30 lat (EN: 11 osób, SP: 11 osób i CO: 11 osób).

Każdorazowo procedura testowa obejmowała pobór krwi żyłnej na czczo, pomiary antropometryczne oraz test wysiłkowy o wzrastającej intensywności do odmowy (przeprowadzony na bieżni mechanicznej), podczas którego metodą bezpośrednią wyznaczany był poziom pułapu tlenowego. W badaniach stanowiących podstawę publikacji P4, pobierano krew żylną także bezpośrednio po wysiłku oraz po upływie 30 minut od jego zakończenia. Celem było zaobserwowanie zmian stężenia poszczególnych metabolitów pod wpływem testu wysiłkowego oraz w fazie restytucji, w zależności od etapu rocznego cyklu treningowego.

We krwi żyłnej, bezzwłocznie po pobraniu, oznaczano stężenie hemoglobiny, średnie stężenie hemoglobiny korpuskularnej (MCHC) i wartość hematokrytu (HCT). W ciągu 3 minut od pobrania, pełną krew odwirowywano, a następnie trzykrotnie przemywano erytrocyty buforowanym roztworem soli sodowej o stężeniu 0,9%. W erytrocytach, przy użyciu wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) z detekcją UV-Vis, oznaczono stężenie nukleotydów adeninowych, guaninowych oraz pirymidynowych (ATP, ADP, AMP, IMP, GTP, GDP, GMP, NAD⁺ i NADP⁺), zgodnie z metodą opisaną szczegółowo w pracy Słomińskiej i wsp. (2006). W próbkach krwi pobranych od młodych sportowców (publikacja P4) dodatkowo oznaczano aktywność erytrocytarnej HGPRT oraz stężenie metabolitów purynowych w osoczu (Guo, Ino, Ado i Hx).

Omówienie wyników

Wykazane w ramach mojego osiągnięcia badania i uzyskane w ich efekcie wyniki stanowią istotne uzupełnienie wiedzy na temat energetyki krwinek czerwonych u sportowców odmiennych specjalności w szerokim zakresie wieku. Jest to jedyna tak kompleksowa analiza energetyki krwinek czerwonych, obejmująca różne szlaki metaboliczne, bardzo liczną grupę badanych, w dużej rozpiętości wiekowej i trenujących różne dyscypliny sportowe.

Ze względu na kluczową rolę w energetyce komórki, w pierwszej publikacji (P1) skupiłam się na szlaku resyntezy ATP i ładunku energetycznym adenylanów (AEC). Analizując zależność pomiędzy wiekiem a stężeniem metabolitów adenylanowych wykazałam, że we wszystkich grupach, większość zmiennych (z wyjątkiem stężeń ADP

i AMP) obniża się wraz z wiekiem w podobnym tempie. Istotna redukcja puli erytrocytarnych adenylanów (ATP, TAN, AEC) obserwowana w procesie starzenia potwierdza wcześniejsze doniesienia o stopniowym pogarszaniu się wydajności metabolicznej krwinek. Wraz z wiekiem, gdy naturalna (enzymatyczna i nieenzymatyczna) ochrona antyoksydacyjna erytrocytów staje się mniej skuteczna (Kosenko et al. 2018; Massaccesi et al. 2020; Mohanty et al. 2014; Patel et al. 2010), a struktura i funkcje błon komórkowych są zaburzone (Ataullakhanov and Vitvitsky 2002; Khecuriani et al. 2010; Maurya and Prakash 2013; Racine and Dinunno 2019), obraz czerwonekrwinkowy osób starszych zmienia się w kierunku odwodnienia, zwiększonej agregacji i pogłębionej anizocytozy krwinek (Patel et al. 2010). W moich badaniach wykazałam jednak, że niezależnie od wieku erytrocytarne stężenie analizowanych nukleotydów adeninowych różni się istotnie między grupami. Spoczynkowe stężenie ATP oraz całkowita pula adenylanów (TAN) były najniższe w grupie kontrolnej (CO), wyższe w grupie zawodników uprawiających dyscypliny wytrzymałościowe (EN) i najwyższe w grupie trenujących dyscypliny szybkościowo-siłowe (SP). Z kolei stężenia ADP i AMP w erytrocytach były najwyższe w grupie kontrolnej. Wartości ładunku energetycznego adenylanów nie różniły się istotnie między grupami sportowymi, jednak pozostawały istotnie wyższe w porównaniu do wartości AEC odnotowanej w grupie CO. Obserwacje te stanowią dodatkowy dowód na to, że udział w treningu fizycznym powoduje zmiany adaptacyjne w obrazie czerwonekrwinkowym. Z wcześniejszych badań wynika, że trening fizyczny moduluje aktywność krwiotwórczą szpiku kostnego (Hu and Lin 2012; Schmidt et al. 1988) a ćwiczenia o wysokiej intensywności prowadzą do głębokich zaburzeń homeostazy i w konsekwencji do zwiększonej hemolizy i późniejszej powysiłkowej erytropoezy (przyspieszony obrót RBC) (Lippi and Sanchis-Gomar 2019; Mairbäurl 2013). Długotrwałe angażowanie się w trening fizyczny stabilizuje skróconą żywotność RBC (ok. 70 dni), a tym samym prowadzi do przesunięcia w kierunku młodszej, bardziej wydajnej populacji RBC (Freitas Leal et al. 2019; Weight et al. 1991).

Biorąc pod uwagę tylko poziom AEC, który nie różnił się istotnie między grupami sportowymi, można wnioskować, że rodzaj treningu nie ma wpływu na powysiłkowe zwiększenie wydajności energetycznej erytrocytów. Niemniej jednak, znacząco wyższy poziom TAN i wyższe stężenia ATP i ADP u sprinterów (w całym analizowanym przedziale wiekowym) wskazują na wyższy potencjał energetyczny szlaku adenylanowego u sportowców trenujących dyscypliny szybkościowo-siłowe. Najprawdopodobniej, regularnie powtarzane ćwiczenia o maksymalnej intensywności, wymuszające natychmiastową

dostępność energii w celu stabilizacji ładunku energetycznego RBC ([Ataullakhanov and Vitvitsky 2002](#)), bardziej stymulują zwiększenie puli adenylanów w erytrocytach.

Podsumowując, w pierwszej pracy udowodniłam, że niezależnie od wieku całkowita pula adenylanowa (TAN) i stężenie ATP w erytrocytach są wyższe u sportowców w porównaniu z osobami niewytrenowanymi oraz, że trening typu szybkościowo-siłowego jest skuteczniejszy w utrzymywaniu wysokiego erytrocytarnego potencjału energetycznego adenylanów.

Drugim celem szczegółowym mojego osiągnięcia była ocena zachodzących z wiekiem zmian w stężeniu nukleotydów guaninowych w erytrocytach oraz określenie czy wieloletni trening fizyczny wywołuje zmiany adaptacyjne w czerwonekrwinkowym metabolizmie nukleotydów guaninowych (P2). Przeprowadzone przeze mnie badania wykazały, że erytrocytarne stężenie guanozyno-5'-trifosforanu (GTP), a także wartość całkowitej puli nukleotydów guaninowych (TGN) i ładunku energetycznego guanylanów (GEC) w erytrocytach ulegają sukcesywnemu obniżeniu wraz z wiekiem. Odwrotną tendencję wykazuje stężenie guanozyno-5'-difosforanu (GDP) i guanozyno-5'-monofosforanu (GMP). Obserwacja ta jest zgodna z postępującym spadkiem stężeń metabolitów na szlaku resyntezy ATP (P1). Podobnie jak w przypadku analizy zmian na szlaku nukleotydów adeninowych, stężenie kluczowych wskaźników szlaku guaninowego było najwyższe w grupie SP w porównaniu do grupy EN i CO. Z tych parametrów jedynie erytrocytarne stężenie GTP różniło się istotnie pomiędzy wszystkimi badanymi grupami.

Mimo że zmiany erytrocytarnego stężenia nukleotydów guaninowych związane z wiekiem są podobne we wszystkich grupach, istnieją różnice w tempie ich spadku. Najmniejsze nachylenie linii regresji zaobserwowałam w grupie kontrolnej, co może wynikać z ich najniższych poziomów w młodym wieku. Interesującym wynikiem jest to, że u sprinterów, u których poziom GTP i TGN jest najwyższy, tempo spadku z wiekiem było wolniejsze niż u zawodników wytrzymałościowych. Taki wynik potwierdza wcześniejsze doniesienia o istnieniu znaczących różnic w profilach metabolicznych sprinterów, sportowców wytrzymałościowych i osób nieaktywnych ([Schranter et al. 2021](#); [Zarębska et al. 2019](#)).

Niezależnie od wieku, najwyższe stężenia erytrocytarnego GTP i TGN obserwowane w grupie SP sugerują, że trening szybkościowo-siłowy jest skuteczny w utrzymywaniu wysokiego potencjału energetycznego erytrocytów na szlaku resyntezy GTP. Może to wynikać z większego zapotrzebowania sprinterów na syntezę białek, w której bezpośrednim źródłem energii jest GTP, a nie ATP ([Hesketh and Oliver 2019](#)). Regularny trening składający się z powtarzanych krótkich wysiłków o wysokiej intensywności prawdopodobnie stymuluje

większą adaptację komórkową umożliwiającą szybkie zaspokojenie nagłego zapotrzebowania na energię przy równoległym wsparciu syntezy białek. W efekcie, taki trening może sprzyjać hipertrofii mięśniowej i wspomagać utrzymanie masy mięśniowej u starszych sprinterów (Drey et al. 2016; Kusy and Zielinski 2015).

Konkludując, w drugiej pracy wykazałam, że niezależnie od wieku sportowcy cechują się wyższymi stężeniami erytrocytarnych nukleotydów guaninowych w porównaniu z grupą kontrolną oraz, że wśród sportowców, to sprinterzy mają wyższy potencjał energetyczny guanylanów w porównaniu z zawodnikami dyscyplin wytrzymałościowych.

W trzeciej pracy mojego cyklu (P3) przedstawiłam, w jaki sposób wiek oraz udział w wieloletnim treningu fizycznym wpływają na stężenie dinukleotydu nikotyno-amidoadeninowego (NAD⁺) i jego fosforylowanej formy (NADP⁺) w erytrocytach. We wszystkich trzech grupach zaobserwowałam istotne statystycznie negatywne zależności między wiekiem a erytrocytarnymi stężeniami nukleotydów pirymidynowych (NAD(P)⁺). Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi doniesieniami dotyczącymi obniżania się osocznego stężenia tych związków wraz z wiekiem (Chini et al. 2017; Clement et al. 2019; Domingo-Ortí et al. 2021; Massudi et al. 2012). Średnie stężenia NAD⁺ i NADP⁺ erytrocytach badanych mężczyzn różniły się istotnie między badanymi grupami, przy czym najwyższe wartości obserwowano w grupie SP, a najniższe w grupie CO. Z wcześniejszych badań wiadomo także, że poziom NAD⁺ w osoczu lub mitochondriach obniża się pod wpływem czynników niekorzystnych dla zdrowia i skracających długość życia (np. diety wysokotłuszczowe (Cantó et al. 2012)) i wzrasta w warunkach sprzyjających zdrowiu, takich jak ograniczenie kalorii (post lub niedobór glukozy) lub podejmowanie aktywności fizycznej (Chen et al. 2008). Dotychczasowe badania dotyczące wpływu aktywności fizycznej na erytrocytarne stężenia NAD⁺ są nieliczne, jednak dostępne dane wskazują, że pojedynczy, maksymalny wysiłek fizyczny jest niewystarczającym bodźcem do znaczącej zmiany równowagi energetycznej erytrocytów (Dudzinska et al. 2010). Przyczyną różnic w stężeniu NAD⁺ i NADP⁺ w grupach sportowych i grupie kontrolnej jest niewątpliwie modyfikacja obrazu czerwonych krwinek wywołana regularną aktywnością fizyczną. Trening fizyczny przyspieszając obrót erytrocytów prowadzi do zwiększenia udziału młodszych komórek, w tym retikulocytów, w populacji RBC (Bizjak et al. 2020; Mairbäurl 2013). Adaptacja ta nie wyjaśnia jednak różnic w tempie spadku stężeń NAD⁺ i NADP⁺ wraz z wiekiem. W przeprowadzonych badaniach najszybszy spadek stężenia NAD⁺ w erytrocytach zaobserwowałam w grupie sportowców wytrzymałościowych, a najwolniejszy w grupie kontrolnej. W przypadku NADP⁺ spadek stężenia był ponownie najwyższy u sportowców

trenujących wytrzymałościowo, ale najmniejsze spadki odnotowałam w grupie sprinterów. U młodszych uczestników badania stężenia obu nukleotydów były istotnie wyższe w grupie EN w porównaniu z CO. W starszym wieku stężenia NAD⁺ i NADP⁺ są zbliżone w grupach EN i CO, podczas gdy w SP pozostają na relatywnie wysokim poziomie. Zjawisko to wymaga dalszych badań, jednak jedną z możliwych przyczyn może być zmiana charakteru treningu u starszych sportowców, tj. odejście od intensywnych jednostek treningowych, na rzecz dłuższych, lecz mniej intensywnych sesji. Osoby mało aktywne fizycznie i sprinterzy zwykle nie zmieniają intensywności swoich codziennych aktywności w tak dużym stopniu.

Podsumowując, w trzeciej pracy wykazałam, że wieloletni trening sportowy, szczególnie typu szybkościowo-siłowego—przyczyniając się do zwiększenia poziomu NAD⁺ i NADP⁺ w krwinkach czerwonych—stanowi korzystny czynnik dla utrzymania zdrowia i długości życia.

Po określeniu skali i tempa zmian adaptacyjnych zachodzących w energetyce krwinek czerwonych sportowców różnych specjalności w wyniku wieloletniego treningu fizycznego, postanowiłam zbadać czy krótszy – roczny okres treningu sportowego i wpisana weń periodyzacja obciążeń treningowych, prowadzi do istotnych zmian statusu energetycznego erytrocytów (P4). Były to pionierskie badania w skali światowej. Dodatkowo, również po raz pierwszy analizowałam, czy aktywność metaboliczna krwinek w odpowiedzi na jednorazowy maksymalny wysiłek fizyczny zmienia się wraz z kolejnymi fazami rocznego cyklu treningowego.

Wyniki moich badań wskazują, że jednorazowy wysiłek fizyczny (szczególnie u sportowców) powoduje istotne zaburzenia w energetyce krwinki czerwonej powodując spadki stężeń ADP i AMP, przy równoczesnym wzroście wartości ładunku energetycznego adenylanów (AEC), nie wpływając jednak na stężenie ATP i wielkość całkowitej puli adenylanów. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że wzrost AEC jest bezpośrednim efektem przyspieszenia reakcji fosforylacji (ADP do ATP i AMP do ADP).

Pomiędzy kolejnymi fazami treningowymi rocznego cyklu treningowego statystycznie istotne zmiany (szczególnie mierzone bezpośrednio po wysiłku i po 30 minutach regeneracji) występowały wyłącznie w grupach sportowych i dotyczyły stężeń ADP i AMP, poziomu AEC oraz wartości stosunków ATP/ADP i ADP/AMP. Obserwacje te ukazują, że zmiany adaptacyjne wywołane rocznym treningiem sportowym są związane ze zmianami stężeń nukleotydów adeninowych i ich wzajemnych proporcji, a nie ze zwiększeniem całkowitej puli adenylanów. Zwiększony poziom AEC i stosunek ATP/ADP w okresie startowym

jednoznacznie świadczą o wyższym potencjale energetycznym erytrocytów ([Ataullakhanov and Vitvitsky 2002](#)). W przeciwieństwie do zmian dotyczących nukleotydów adeninowych nie zaobserwowałam istotnych różnic w stężeniach większości nukleotydów guaninowych w erytrocytach badanych mężczyzn, ani w odpowiedzi na pojedynczy test wysiłkowy, ani w czterech kolejnych fazach rocznego cyklu treningowego ([Dudzinska et al. 2018](#); [Yamamoto et al. 1994](#)). Obserwacje te są wspierają tezę o kluczowej roli nukleotydów adeninowych w energetyce erytrocytów.

Chociaż wzorzec i kierunek zmian statusu energetycznego RBC pod wpływem wysiłku fizycznego były podobne we wszystkich badanych grupach, różnice między sportowcami wyczynowymi a biegaczami rekreacyjnymi stawały się coraz bardziej widoczne w trakcie rocznego cyklu treningowego. W kolejnych fazach treningu (od okresu przejściowego do startowego) zaobserwowałam istotnie niższe stężenia ADP i AMP, wyższe wartości stosunków ATP/ADP i ADP/AMP, a także wyższą wartość AEC u zawodników wyczynowych, co dobitnie świadczy o korzystnym wpływie periodyzacji obciążeń treningowych. Wraz ze wzrostem obciążeń treningowych w grupach sportowych zauważyłam też istotne obniżanie się stężeń inozyny i hipoksantyny, przy jednoczesnym wzroście stężenia adenozyiny i aktywności enzymu fosforybozylotransferazy hipoksantynowo-guaninowej (HGPRT). Zmiany te wskazują na zmniejszającą się utratę puryn i skuteczniejszą ich reutilizację w trakcie rocznego cyklu treningowego zawodników ([Dudzinska et al. 2018](#); [Stathis et al. 1994](#); [Zieliński et al. 2011](#); [Zieliński and Kusy 2012](#); [Zieliński et al. 2013](#)). W grupie trenującej rekreacyjnie nie odnotowano istotnych zmian międzyokresowych.

Wyniki badań przedstawione w czwartej publikacji wykazują różnice w skuteczności oddziaływania różnych typów treningu fizycznego na status energetyczny erytrocytów. Z wyjątkiem fazy przejściowej, zawodnicy uprawiający dyscypliny szybkościowo-siłowe wykazywali istotnie wyższe stężenia ATP i Hx w porównaniu z przedstawicielami dyscyplin wytrzymałościowych. Obserwacje te wskazują, że w trakcie rocznego cyklu treningowego, specjalistyczny trening szybkościowo-siłowy, stanowi skuteczniejszy bodziec adaptacyjny dla metabolizmu erytrocytów niż trening wytrzymałościowy.

Wnioski

Wyniki badań przeprowadzonych w ramach mojego osiągnięcia badawczego i opisanych w czterech publikacjach włączonych do cyklu pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków, których nowatorski charakter poszerza stan wiedzy dotyczącej adaptacji do systematycznego wysiłku fizycznego:

1. Stężenie ATP w erytrocytach, całkowita pula adenylanowa (TAN) i ładunek energetyczny adenylanów (AEC) niezależnie od wieku są wyższe u sportowców w porównaniu z osobami niewytrenowanymi. Poziom i tempo związane z wiekiem spadku erytrocytarnego potencjału energetycznego adenylanów zależą od rodzaju podejmowanego treningu fizycznego – model szybkościowo-siłowy jest pod tym względem znacznie korzystniejszy.
2. Kierunek i tempo związanych z wiekiem spadków stężenia guanylanów w erytrocytach są zbliżone u osób wytrenowanych i niewytrenowanych, jednak sportowcy (niezależnie od wieku) cechują się wyższymi stężeniami erytrocytarnych nukleotydów guaninowych w porównaniu z grupą kontrolną. W grupach sportowych, wyższy potencjał energetyczny erytrocytów, oceniany na podstawie stężeń GTP oraz TGN, zaobserwowano u sprinterów w porównaniu z zawodnikami dyscyplin wytrzymałościowych.
3. Niezależnie od wieku, stężenia nukleotydów pirymidynowych są wyższe w erytrocytach sportowców niż osób niewytrenowanych. Wyniki moich badań wskazują także, że we wszystkich grupach wiekowych poziomy NAD^+ i NADP^+ w krwinkach czerwonych pozostają w ścisłej zależności od rodzaju realizowanego modelu treningowego, a najwyższe wartości tych parametrów stwierdzono u sprinterów.
4. Zmiany obciążeń treningowych w rocznym cyklu treningowym powodują modyfikację statusu energetycznego erytrocytów. Korzystna adaptacja metabolizmu RBC obejmuje osiąganie w fazie startowej najwyższych wartości ładunku energetycznego adenylanów (AEC) i stosunku ATP/ADP, a także zwiększonej aktywności HGPRT oraz wzrost stężenia adenozyiny w osoczu, przy jednoczesnym obniżeniu poziomu inozyny i hipoksantyny. Zmiany te jednoznacznie świadczą o zmniejszonej utracie puli erytrocytarnych puryn i ich skuteczniejszym odzyskiwaniu. Zakres adaptacji zależy od rodzaju podejmowanego treningu fizycznego, przy wyraźniej przewadze skuteczności modelu szybkościowo-siłowego.
5. Trening sprinterski jest szczególnie korzystny dla poprawy statusu energetycznego erytrocytów i w porównaniu do treningu wytrzymałościowego jest skuteczniejszym bodźcem do wywołania adaptacji metabolicznej krwinek czerwonych.

Perspektywy badawcze i implikacje praktyczne

Biorąc pod uwagę, że negatywne zmiany w homeostazie ATP, GTP i NAD⁺ towarzyszą procesowi starzenia się oraz większości chorób związanym z wiekiem, coraz większe zainteresowanie budzi możliwość regulacji tempa syntezy lub katabolizmu tych związków. Wielu badaczy podkreśla, że opracowanie skutecznych metod zapobiegania związanego z wiekiem obniżenia poziomu energetycznego komórek oraz spadku stężenia NAD⁺, może poprawić ogólne funkcjonowanie organizmu, a tym samym jakość i długość życia. Obecnie przemysł farmaceutyczny intensywnie pracuje nad opracowaniem skutecznych boosterów NAD⁺ i ATP, które mogłyby być powszechnie dostępne. Tymczasem, wyniki moich badań potwierdzają, że trening fizyczny odgrywa kluczową rolę w regulacji metabolizmu. Co więcej, wykazałam, że niezależnie od wieku, sportowcy mają wyższe erytrocytarne stężenia nukleotydów adeninowych i guaninowych, a także NAD⁺ niż osoby nietreningujące. Istotne jest również to, że poziom tych metabolitów jest zależny od rodzaju przyjętego modelu treningowego. Wyniki moich badań prowadzą do wniosku aplikacyjnego, który stanowi rekomendację dla lekarzy, fizjoterapeutów i specjalistów ds. zdrowia publicznego, aby zalecali i promowali całonocną aktywność fizyczną, ze szczególnym uwzględnieniem treningu szybkościowo-siłowego. Właściwy trening fizyczny może stanowić efektywną i pozbawioną skutków ubocznych alternatywę dla suplementów diety mających na celu zwiększenie puli nukleotydów w organizmie.

Ponadto, w swoich badaniach wykazałam, że potencjał energetyczny erytrocytów zmienia się adekwatnie do zmian obciążenia treningowego w kolejnych fazach periodyzowanego rocznego cyklu treningowego, a efekt ten nie występuje w przypadku treningu rekreacyjnego. Z tego wynika drugi wniosek aplikacyjny, szczególnie istotny dla trenerów pracujących z zawodnikami na wyższym poziomie sportowym: dobre planowanie obciążenia treningowego nie tylko wpływa na efekty motoryczne, ale także na status energetyczny krwinek czerwonych, co bezpośrednio przekłada się na zwiększenie możliwości metabolicznych organizmu.

Piśmiennictwo:

1. Ataulakhanov, Fazoil I., and Victor M. Vitvitsky. 2002. "What Determines the Intracellular Atp Concentration." *Bioscience Reports* 22 (5-6):501-11. <https://doi.org/10.1023/a:1022069718709>.
2. Beutler, E. 1988. "The Relationship of Red Cell Enzymes to Red Cell Life-Span." *Blood Cells* 14 (1):69-91.
3. Bizjak, Daniel A., Fabian Tomschi, Gunnar Bales *et al.* 2020. "Does Endurance Training Improve Red Blood Cell Aging and Hemorheology in Moderate-Trained

- Healthy Individuals?" *Journal of Sport and Health Science* 9 (6):595-603. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2019.02.002>.
4. Campagna, Roberto, and Arianna Vignini. 2023. "Nad⁺ Homeostasis and Nad⁺-Consuming Enzymes: Implications for Vascular Health." *Antioxidants* 12 (2):376. <https://doi.org/10.3390/antiox12020376>.
 5. Cantó, Carles, H. Houtkooper, Riekelt, Eija Pirinen *et al.* 2012. "The Nad⁺ Precursor Nicotinamide Riboside Enhances Oxidative Metabolism and Protects against High-Fat Diet-Induced Obesity." *Cell Metabolism* 15 (6):838-47. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.04.022>.
 6. Chaleckis, Romanas, Itsuo Murakami, Junko Takada, Hiroshi Kondoh, and Mitsuhiro Yanagida. 2016. "Individual Variability in Human Blood Metabolites Identifies Age-Related Differences." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113 (16):4252-59. <https://doi.org/10.1073/pnas.1603023113>.
 7. Chatzinikolaou, P. N., N. V. Margaritelis, V. Paschalis *et al.* 2024. "Erythrocyte Metabolism." *Acta Physiologica* 240 (3):e14081. <https://doi.org/10.1111/apha.14081>.
 8. Chen, Danica, Joanne Bruno, Erin Easlon *et al.* 2008. "Tissue-Specific Regulation of Sirt1 by Calorie Restriction." *Genes & Development* 22 (13):1753-57. <https://doi.org/10.1101/gad.1650608>.
 9. Chini, C. C. S., M. G. Tarragó, and E. N. Chini. 2017. "Nad and the Aging Process: Role in Life, Death and Everything in Between." *Molecular and Cellular Endocrinology* 455:62-74. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2016.11.003>.
 10. Clement, J., M. Wong, A. Poljak, P. Sachdev, and N. Braidy. 2019. "The Plasma Nad(+) Metabolome Is Dysregulated In "Normal" Aging." *Rejuvenation Research* 22 (2):121-30. <https://doi.org/10.1089/rej.2018.2077>.
 11. Domingo-Ortí, Inés, Rubén Lamas-Domingo, Andreea Ciudin *et al.* 2021. "Metabolic Footprint of Aging and Obesity in Red Blood Cells." *Aging* 13 (4):4850-80. <https://doi.org/10.18632/aging.202693>.
 12. Drey, Michael, Cornel C. Sieber, Hans Degens *et al.* 2016. "Relation between Muscle Mass, Motor Units and Type of Training in Master Athletes." *Clinical Physiology and Functional Imaging* 36 (1):70-76. <https://doi.org/10.1111/cpf.12195>.
 13. Dudzinska, W., A. J. Hlynyczak, E. Skotnicka, and M. Suska. 2006. "The Purine Metabolism of Human Erythrocytes." *Biochemistry (Moscow)* 71 (5):467-75. <https://doi.org/10.1134/s0006297906050014>.
 14. Dudzinska, W., A. Lubkowska, B. Dolegowska, K. Safranow, and K. Jakubowska. 2010. "Adenine, Guanine and Pyridine Nucleotides in Blood During Physical Exercise and Restitution in Healthy Subjects." *European Journal of Applied Physiology* 110 (6):1155-62. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1611-7>.
 15. Dudzinska, W., M. Suska, A. Lubkowska *et al.* 2018. "Comparison of Human Erythrocyte Purine Nucleotide Metabolism and Blood Purine and Pyrimidine Degradation Product Concentrations before and after Acute Exercise in Trained and Sedentary Subjects." *The Journal of Physiological Sciences* 68 (3):293-305. <https://doi.org/10.1007/s12576-017-0536-x>.
 16. Freitas Leal, Joames K., Dan Lazari, Coen C.W.G. Bongers, Maria T.E. Hopman, Roland Brock, and Giel J.C.G.M. Bosman. 2019. "Red Blood Cell Aging as a Homeostatic Response to Exercise-Induced Stress." *Applied Sciences* 9 (22):4827. <https://doi.org/10.3390/app9224827>.
 17. Hesketh, Andy, and Stephen G. Oliver. 2019. "High-Energy Guanine Nucleotides as a Signal Capable of Linking Growth to Cellular Energy Status Via the Control of Gene Transcription." *Current Genetics* 65 (4):893-97. <https://doi.org/10.1007/s00294-019-00963-1>.

18. Hu, M., and W. Lin. 2012. "Effects of Exercise Training on Red Blood Cell Production: Implications for Anemia." *Acta Haematologica* 127 (3):156-64. <https://doi.org/10.1159/000335620>.
19. Khecuriani, R., G. Lomsadze, M. Arabuli, and T. Sanikidze. 2010. "Deformability of Red Blood Cells and Human Aging." *Georgian Medical News* (182):42-6.
20. Kosenko, Elena A., Lyudmila A. Tikhonova, Carmina Montoliu, George E. Barreto, Gjurmakch Aliev, and Yury G. Kaminsky. 2018. "Metabolic Abnormalities of Erythrocytes as a Risk Factor for Alzheimer's Disease." *Frontiers in Neuroscience* 11 <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00728>.
21. Kusy, Krzysztof, and Jacek Zielinski. 2015. "Sprinters Versus Long-Distance Runners: How to Grow Old Healthy." *Exercise and Sport Sciences Reviews* 43 (1):57-64. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000033>.
22. Lippi, Giuseppe, and Fabian Sanchis-Gomar. 2019. "Epidemiological, Biological and Clinical Update on Exercise-Induced Hemolysis." *Annals of Translational Medicine* 7 (12):270-70. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.05.41>.
23. Magnani, M., E. Piatti, N. Serafini, F. Palma, M. Dachà, and G. Fornaini. 1983. "The Age-Dependent Metabolic Decline of the Red Blood Cell." *Mechanisms of ageing and development* 22 (3-4):295-308. [https://doi.org/10.1016/0047-6374\(83\)90084-2](https://doi.org/10.1016/0047-6374(83)90084-2).
24. Mairbäurl, Heimo. 2013. "Red Blood Cells in Sports: Effects of Exercise and Training on Oxygen Supply by Red Blood Cells." *Frontiers in Physiology* 4 <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00332>.
25. Massaccesi, Luca, Emanuela Galliera, and Massimiliano Marco Corsi Romanelli. 2020. "Erythrocytes as Markers of Oxidative Stress Related Pathologies." *Mechanisms of Ageing and Development* 191:111333. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2020.111333>.
26. Massudi, Hassina, Ross Grant, Nady Braidy, Jade Guest, Bruce Farnsworth, and Gilles J. Guillemin. 2012. "Age-Associated Changes in Oxidative Stress and Nad⁺ Metabolism in Human Tissue." *PLOS ONE* 7 (7):e42357. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042357>.
27. Maurya, Pawan Kumar, and Siya Prakash. 2013. "Decreased Activity of Ca⁺⁺-Atpase and Na⁺/K⁺-Atpase During Aging in Humans." *Applied Biochemistry and Biotechnology* 170 (1):131-37. <https://doi.org/10.1007/s12010-013-0172-8>.
28. Mohanty, Joy G., Enika Nagababu, and Joseph M. Rifkind. 2014. "Red Blood Cell Oxidative Stress Impairs Oxygen Delivery and Induces Red Blood Cell Aging." *Frontiers in Physiology* 28 (5):84 <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00084>.
29. Montero, David, Andreas Breenfeldt-Andersen, Laura Oberholzer *et al.* 2017. "Erythropoiesis with Endurance Training: Dynamics and Mechanisms." *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 312 (6):R894-R902. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00012.2017>.
30. Patel, K. V., R. D. Semba, L. Ferrucci *et al.* 2010. "Red Cell Distribution Width and Mortality in Older Adults: A Meta-Analysis." *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 65A (3):258-65. <https://doi.org/10.1093/gerona/glp163>.
31. Racine, Matthew L., and Frank A. Dinunno. 2019. "Reduced Deformability Contributes to Impaired Deoxygenation-Induced Atp Release from Red Blood Cells of Older Adult Humans." *The Journal of Physiology* 597 (17):4503-19. <https://doi.org/10.1113/jp278338>.
32. Schmidt, W., N. Maassen, F. Trost, and D. Böning. 1988. "Training Induced Effects on Blood Volume, Erythrocyte Turnover and Haemoglobin Oxygen Binding Properties." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 57 (4):490-98. <https://doi.org/10.1007/bf00417998>.

33. Schraner, Daniela, Martin Schönfelder, Werner Römisch-Margl *et al.* 2021. "Physiological Extremes of the Human Blood Metabolome: A Metabolomics Analysis of Highly Glycolytic, Oxidative, and Anabolic Athletes." *Physiological Reports* 9:e14885. <https://doi.org/10.14814/phy2.14885>.
34. Slominska, Ewa M., Elizabeth A. Carrey, Henryk Foks *et al.* 2006. "A Novel Nucleotide Found in Human Erythrocytes, 4-Pyridone-3-Carboxamide-1-β-D-Ribonucleoside Triphosphate." *Journal of Biological Chemistry* 281 (43):32057-64. <https://doi.org/10.1074/jbc.m607514200>.
35. Stathis, C. G., M. A. Febbraio, M. F. Carey, and R. J. Snow. 1994. "Influence of Sprint Training on Human Skeletal Muscle Purine Nucleotide Metabolism." *Journal of Applied Physiology* (1985) 76 (4):1802-9. <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.76.4.1802>.
36. Van Wijk, Richard, and Wouter W. Van Solinge. 2005. "The Energy-Less Red Blood Cell Is Lost: Erythrocyte Enzyme Abnormalities of Glycolysis." *Blood* 106 (13):4034-42. <https://doi.org/10.1182/blood-2005-04-1622>.
37. Weight, Lindsay M., Michael J. Byrne, and Peter Jacobs. 1991. "Haemolytic Effects of Exercise." *Clinical Science* 81 (2):147-52. <https://doi.org/10.1042/cs0810147>.
38. Yamamoto, T., Y. Moriwaki, S. Takahashi, H. Ishizashi, and K. Higashino. 1994. "Effect of Muscular Exercise by Bicycle Ergometer on Erythrocyte Purine Nucleotides." *Hormone and Metabolic Research* 26 (11):504-08.
39. Yeung, Pollen K.F., Julie Dauphinee, Thera Gouzoules, Krista Simonson, and Christoph Schindler. 2010. "Exercise Improves Hemodynamic Profiles and Increases Red Blood Cell Concentrations of Purine Nucleotides in a Rodent Model." *Therapeutic Advances in Cardiovascular Disease* 4 (6):341-47. <https://doi.org/10.1177/1753944710387809>.
40. Zarębska, Ewa Anna, Krzysztof Kusy, Ewa Maria Słominska, Łukasz Kruszyna, and Jacek Zieliński. 2019. "Alterations in Exercise-Induced Plasma Adenosine Triphosphate Concentration in Highly Trained Athletes in a One-Year Training Cycle." *Metabolites* 9 (10):230. <https://doi.org/10.3390/metabo9100230>.
41. Zieliński, J., B. Kasińska, and K. Kusy. 2013. "Hypoxanthine as a Predictor of Performance in Highly Trained Athletes." *International Journal of Sports Medicine* 34 (12):1079-86. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1337947>.
42. Zieliński, J., K. Kusy, and T. Rychlewski. 2011. "Effect of Training Load Structure on Purine Metabolism in Middle-Distance Runners." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 43 (9):1798-807. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318215d10b>.
43. Zieliński, J., T. Rychlewski, K. Kusy, K. Domaszewska, and M. Laurentowska. 2009. "The Effect of Endurance Training on Changes in Purine Metabolism: A Longitudinal Study of Competitive Long-Distance Runners." *European Journal of Applied Physiology* 106 (6):867-76. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1079-5>.
44. Zieliński, Jacek, and Krzysztof Kusy. 2012. "Training-Induced Adaptation in Purine Metabolism in High-Level Sprinters Vs. Triathletes." *Journal of Applied Physiology* 112 (4):542-51. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01292.2011>.
45. Zieliński, Jacek, Ewa M. Slominska, Magdalena Król-Zielińska, Zbigniew Kasiński, and Krzysztof Kusy. 2019. "Purine Metabolism in Sprint- Vs Endurance-Trained Athletes Aged 20–90 Years." *Scientific Reports* 9:12075. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48633-z>.

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.

W wykazie osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących istotny wkład w rozwój określonej dyscypliny zawarłam spis publikacji w porządku chronologicznym. W celu lepszego zobrazowania moich głównych zainteresowań badawczych rozwijanych na przestrzeni lat, zdecydowałam się zaprezentować dorobek publikacyjny w układzie tematycznym.

W okresie studiów doktoranckich, jak również przez znaczną część pracy zawodowej, moja aktywność naukowa koncentrowała się na zagadnieniach związanych z aktywnością fizyczną ze szczególnym uwzględnieniem fizjologii wysiłku człowieka. Początkowo były to pojedyncze projekty badawcze dotyczące oceny poziomu wydolności fizycznej zawodników różnych dyscyplin sportowych, szczególnie tenisistów i narciarzy (A1, A2). Poszerzając zakres badań w grupie narciarzy alpejskich, w sezonie 2010/2011 zaangażowałam się w projekt dotyczący wpływu środowiska wysokogórskiego na fizjologię zawodników tej dyscypliny. Uzyskane wyniki wykazały, że odpowiednio prowadzony trening o wysokiej intensywności w okresie przygotowawczym może zapobiegać niekorzystnym zmianom w równowadze prooksydacyjno-antyoksydacyjnej, które mogą się pojawić po 6-dniowym przebyciu na dużej wysokości (lodowiec Kaunertal; 3160 m n.p.m.) (A3).

Tematykę adaptacji fizjologicznej do obciążeń treningowych, poruszały także badania prowadzone z udziałem ligowych siatkarzy w trakcie fazy rozgrywkowej rocznego cyklu treningowego. Pomimo odnotowanego wzrostu poziomu markerów uszkodzeń mięśniowych w tym okresie, nie zaobserwowano pogorszenia wydolności fizycznej zawodników. Taki wynik świadczy o właściwym doborze obciążeń treningowych i czasu regeneracji, a także efektywnej adaptacji do okresowo występujących stanów nasilonego stresu oksydacyjnego i towarzyszącego mu stanu zapalnego (A4).

W kolejnym projekcie skoncentrowałam się na zagadnieniach związanych z aktywnością fizyczną osób po urazie rdzenia kręgowego, ze szczególnym uwzględnieniem sportowców reprezentujących Polskę w rugby na wózkach. W przeprowadzonych badaniach wykazałam, że mimo występowania u nich zmian spirometrycznych o charakterze restrykcyjnym, w stopniu łagodnym lub umiarkowanym, ich wydolność tlenowa jest istotnie wyższa w porównaniu z niewytrenowanymi osobami z porażeniem czterokończynowym (A5).

- A1) Laurentowska M., Michalak E., Kowalczyk K., **Pospieszna B.** Wydolność beztlenowa a metabolizm komórkowy zawodników uprawiających tenis ziemny. *Medycyna Sportowa*. 2006;22(3):146–150. (MNiSW: 4)

- A2) Elegañczyk-Kot H., **Pospieszna B.**, Domaszewska K. Analiza zmian poziomu wydolności fizycznej w rocznym cyklu treningowym na przykładzie zawodnika uprawiającego narciarstwo zjazdowe. *Antropomotoryka*. 2008;18(43):29–33. (MNiSW: 2)
- A3) Elegañczyk-Kot H., Nowak A., Karolkiewicz J., Laurentowska M., **Pospieszna B.**, Domaszewska K., Kryściak J., Michalak E. The influence of short-term high altitude training on inflammatory and prooxidative-antioxidative indices in alpine ski athletes. *Journal of Human Kinetics*. 2011;27:45–54. (IF: 0,329; MNiSW: 15)
- A4) Radojewski M., Podgórski T., **Pospieszna B.**, Kryściak J., Śliwicka E. Karolkiewicz J., Skeletal Muscle Cell Damage Indicators in Volleyball Players after the Competitive Phase of the Annual Training Cycle. *Journal of Human Kinetics*. 2018;62:81–90. <http://doi.org/10.1515/hukin-2017-0160> (IF: 1,414; MNiSW: 15)
- A5) Domaszewska K., Szymczak Ł., Kryściak J., **Pospieszna B.**, Laurentowska M. Spirometric and ergospirometric evaluation of wheelchair rugby players. *Trends in Sport Sciences*. 2013;2(20):89–94. (MNiSW: 5)

Zagadnienie efektywności treningu fizycznego w profilaktyce i leczeniu chorób cywilizacyjnych stanowiło równoległy kierunek moich badań, rozwijany w ramach pracy doktorskiej. Pierwszym etapem była publikacja artykułu przeglądowego (A6), który stanowił teoretyczne podstawy dalszych działań. Następnie uczestniczyłam w projekcie badawczym, którego celem była analiza wpływu 8-tygodniowego treningu zdrowotnego na cykloergometrze u kobiet w średnim wieku. Uzyskane wyniki wykazały, że trening rekreacyjny o charakterze tlenowym przyczynia się do obniżenia poziomu czynników ryzyka miażdżycy, a tym samym zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia innych chorób cywilizacyjnych (A7). W dalszych analizach, porównując efekty treningu na ergometrze z wynikami grupy kobiet wykonujących trening fitness wykazaliśmy, że systematyczna, aerobowa aktywność fizyczna przyczynia się do wzrostu tolerancji fizycznej, niezależnie od rodzaju tej aktywności (A8). Dzieląc grupę na badaną na kategorie wiekowe, zauważyliśmy, że trening ergometryczny okazał się bardziej skuteczny w poprawie tolerancji fizycznej u kobiet w wieku 57-64 lat niż u kobiet w przedziale 65-75 lat (A9). Dodatkowo, przeprowadzone analizy potwierdziły, że 8-tygodniowy trening aerobowy wpływa korzystnie na gospodarkę insulinową; obniża poziom insuliny i zwiększa wrażliwość tkanek na jej

działanie. Zaobserwowaliśmy również poprawę równowagi między procesami pro- i antyoksydacyjnymi u zdrowych kobiet po menopauzie (A10, A11).

Kontynuując zainteresowanie profilaktyką chorób cywilizacyjnych, w 2011 roku, byłam pomysłodawcą i głównym wykonawcą projektu badawczego finansowanego przez Miasto Poznań w ramach programu „Akademicki Poznań” pt. Wpływ 12-tygodniowego, nadzorowanego treningu Nordic Walking na wydolność fizyczną, odpowiedź metaboliczną, wybrane parametry czynnościowe oraz aspekty psychologiczne zdrowych kobiet w wieku postmenopauzalnym. Wyniki tych nowatorskich wówczas badań wykazały, że nadzorowany trening Nordic Walking (NW) przyczynił się do poprawy tolerancji fizycznej, korzystnych zmian w składzie ciała, obniżenia ciśnienia tętniczego krwi i stężenia insuliny u trenujących kobiet. Co ciekawe, mimo tych pozytywnych efektów, trening nie wpłynął znacząco na poziom glukozy ani biochemiczne wskaźniki gospodarki lipidowej (A12). W dalszych analizach wykazano że 12-tygodniowy trening NW, oprócz korzystnych zmian w składzie ciała, istotnie zwiększał poziom 25-hydroksycholekalcyferolu (25(OH)D) i C-końcowego telopeptydu kolagenu typu I (CTX), przy jednoczesnym spadku stężenia parathormonu (PTH). Wyniki te wskazują, że 25(OH)D, jako kluczowy regulator metaboliczny, może wpływać na odpowiedź markerów metabolizmu kostnego po treningu na świeżym powietrzu, niezależnie od samego efektu wysiłku fizycznego (A13). Dodatkowo, przed i po 12-tygodniowym treningu NW, u uczestniczek przeprowadzono testy czynnościowe. Zaobserwowano istotną poprawę mobilności stawów barkowych oraz redukcję napięcia mięśniowego w okolicy szyi i obręczy barkowej. Wyniki te wskazują, że taki model treningu może być szczególnie polecany kobietom w średnim wieku, zwłaszcza wykonującym pracę biurową (A14).

- A6) **Pospieszna B.**, Jeszka J. Ruch – nadal niedoceniany element profilaktyki chorób cywilizacyjnych. *Medicina Sportiva*. 2006;10(Suppl. 4):403–411. (MNiSW: 4)
- A7) Michalak E., Laurentowska M., **Pospieszna B.**, Domaszewska K., Rutkowski R. Trening rekreacyjny a wybrane czynniki ryzyka miażdżycy u kobiet w wieku postmenopauzalnym. (Recreational training vs. selected atherosclerosis risk factors in postmenopausal women). *Medycyna Sportowa*. 2008;24(2):81–88. (MNiSW: 4)
- A8) Laurentowska M., Michalak E., **Pospieszna B.**, Jakubek A., Rutkowski R. Różne rodzaje treningu rekreacyjnego a tolerancja wysiłkowa. *Medycyna Sportowa*. 2009;25(1):51–58. (MNiSW: 6)

- A9) **Pospieszna B.**, Rychlewski T., Michalak E. The influence of an 8-week ergometer training on postmenopausal women depending on their biological age. *Studies in Physical Culture and Tourism*. 2010;17(1);15–20. (MNiSW: 6)
- A10) Karolkiewicz J., Michalak E., **Pospieszna B.**, Deskur-Śmielecka E., Nowak A., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Response of oxidative stress markers and antioxidant parameters to an 8-week aerobic physical activity program in healthy, postmenopausal women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2009;49(1):e67–e71. (IF: 1,36; MNiSW: 20)
- A11) Wieczorek-Baranowska A, Nowak A., Michalak E., Karolkiewicz J., **Pospieszna B.**, Rutkowski R., Laurentowska M., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Effect of aerobic exercise on insulin, insulin-like growth factor-1 and insulin-like growth factor binding protein-3 in overweight and obese postmenopausal women. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2011;51(3):525–532. (IF: 0,847; MNiSW: 25)
- A12) **Pospieszna B.**, Karolkiewicz J., Tarnas J., Lewandowski J., Laurentowska M., Pilaczyńska-Szcześniak Ł. Influence of 12-week Nordic Walking training on biomarkers of endothelial function in healthy postmenopausal women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2017;57(9):1178–85. (IF: 1,120; MNiSW: 20)
- A13) Nowak A., Dalz M., Śliwicka E., Elegañczyk-Kot H., Kryściak J., Domaszewska K., Laurentowska M., Kocur P., **Pospieszna B.** Vitamin D and Indices of Bone and Carbohydrate Metabolism in Postmenopausal Women Subjected to a 12-Week Aerobic Training Program—The Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(3):1074. <https://doi.org/10.3390/ijerph17031074> (IF: 3,390; MNiSW: 140)
- A14) Kocur P., **Pospieszna B.**, Choszczewski D., Michałowski Ł., Wiernicka M., Lewandowski J. The effects of Nordic Walking training on selected upper-body muscle groups in female-office workers: A randomized trial. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment, and Rehabilitation*. 2017;56(2):277–283. <https://doi.org/10.3233/WOR-172497> (IF: 0,902; MNiSW: 15)

W okresie pracy na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza kontynuowałam badania w obszarze nauk o kulturze fizycznej, stopniowo poszerzając ich zakres. Zainteresowanie podłożem genetycznym wyników sportowych i wydolności fizycznej zaowocowało opracowaniem artykułu przeglądowego, w którym przedstawiłam najważniejsze, dobrze

udokumentowane przykłady polimorfizmów pojedynczych nukleotydów (SNIP) związanych ze zwiększoną odpowiedzią fizjologiczną na ćwiczenia aerobowe (np. ACE, Gln12, BDKRB2 rs5810761, UCP czy eNOS) (A15).

Równolegle uczestniczyłam w projektach dotyczących poziomu aktywności fizycznej studentów z różnych krajów europejskich i typów uczelni. Ocenie podlegała zarówno aktywność o wysokiej, jak i umiarkowanej intensywności, a także ogólny poziom aktywności fizycznej, z uwzględnieniem różnic między kobietami a mężczyznami. Największą aktywność o wysokiej intensywności odnotowano wśród studentów czeskich, natomiast najmniejszą wśród studentów z Polski i Niemiec. Z kolei umiarkowaną aktywność fizyczną najczęściej podejmowali studenci z Holandii. Analiza ogólnego poziomu aktywności wykazała, że w Polsce, Czechach i Holandii to studenci wykazywali się wyższą ogólną aktywnością fizyczną niż studentki, natomiast w Niemczech obserwowano trend odwrotny – tam większą aktywność wykazywały studentki (A16).

A15) Sližik M., **Pospieszna B.**, Gronek J., Sworek R. Are SNIP's still desirable in sports genomics? Trends in Sport Sciences. 2017;24(1):13–18. (MNiSW: 9)

A16) Maciaszek J., Olpińska-Lischka M., **Pospieszna B.**, Knisel E., Honsová Š., Epping R., Bronikowski M. Physical activity rates of male and female students from selected European physical education universities. Trends in Sport Sciences. 2020;27(2):63–69. <http://doi.org/10.23829/TSS.2020.27.2-3> (MNiSW: 20)

W kolejnych latach, moje zainteresowania badawcze skupiły się przede wszystkim na zagadnieniach związanych z metabolizmem mięśniowym i energetyką różnych form wysiłku fizycznego, co między innymi poskutkowało zakończeniem pracy na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu i ponownym zatrudnieniu w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.

W badaniach prowadzonych podczas zgrupowania Kadry Narodowej lekkoatletów w okresie bezpośredniego przygotowania startowego analizowałam udział systemu fosfagenowego i glikolitycznego w pokrywaniu zapotrzebowania energetycznego w zależności od rodzaju sesji treningowej, rodzaju podejmowanego wysiłku i płci zawodników. Były to badania unikalne zarówno pod względem doboru grupy badawczej, okresu treningowego, jak i zastosowanych narzędzi, a uzyskane wyniki okazały się nowatorskie. Połączona analiza stężeń mleczanu i amoniaku we krwi, przeprowadzona bezpośrednio po biegach o zróżnicowanej długości (10-20 m vs. 40 m i 120-150 m), potwierdziła zmieniający się udział poszczególnych systemów energetycznych w pokrywaniu zapotrzebowania

energetycznego maksymalnych wysiłków. Co istotniejsze, wyniki te dostarczały trenerom aktualnych informacji na temat stopnia wykorzystania i regeneracji zasobów energetycznych, co w praktyce wspierało realizację założonych celów treningowych (A17). Dodatkowo, analiza indywidualnych przypadków (2 kobiety i 2 mężczyzn) w ramach pojedynczej sesji treningu siłowego wykazała, że dynamika zmian stężenia mleczanu (aktywność systemu glikolitycznego) i amoniaku (aktywność systemu fosfagenowego) były silnie zróżnicowane osobniczo (A18). Podkreśla to znaczenie indywidualnego monitorowania zmian wskaźników biochemicznych w trakcie sesji treningowych, co pozwala trenerom na głębsze zrozumienie obciążeń treningowych doświadczanych przez sportowców i trafniejsze dostosowanie obciążeń treningowych do potrzeb i możliwości zawodników.

Kolejne współprowadzone przeze mnie badania dotyczyły udziału poszczególnych systemów energetycznych podczas trwającego 15 sekund testu Wingate, prowadzonego przed i po okresie przygotowawczym rocznego cyklu treningowego. Uzyskane wyniki wykazały, że sportowcy utrzymują stabilny profil energetyczny podczas ogólnej fazy przygotowawczej, co świadczy o długoterminowej adaptacji, a nie jedynie o przejściowym efekcie treningowym. Dodatkowo, zaobserwowałam istotne różnice w wykorzystaniu substratów energetycznych do resyntezy ATP podczas maksymalnego wysiłku testowego między zawodnikami reprezentującymi różne dyscypliny sportowe. Proporcje udziału systemów fosfagenowego, glikolitycznego i tlenowego wynosiły odpowiednio 47:41:12 w przypadku dyscyplin wytrzymałościowych, 35:57:8 dla dyscyplin zespołowych i 45:48:7 dla szybkościowo-siłowych, co wyraźnie potwierdza, że profil metaboliczny zawodnika jest kształtowany przez specyfikę uprawianej dyscypliny (A19).

W celu pogłębienia wiedzy na temat rozbieżności między zawodnikami różnych dyscyplin sportowych, przeprowadziliśmy badania dotyczące zmian obrazu czerwonokrwinkowego zachodzących w trakcie standardowego testu wysiłkowego na bieżni mechanicznej. Badania wykazały, że wielkość zmian parametrów czerwonokrwinkowych jest proporcjonalna do intensywności wysiłku fizycznego, natomiast ogólny wzorzec odpowiedzi hematologicznej wywołanej wysiłkiem fizycznym jest uniwersalny, niezależnie od specjalizacji sportowej badanych zawodników (A20).

A17) Kantanista A., Kusy K., **Pospieszna B.**, Korman P., Zieliński J. Combined analysis of blood ammonia and lactate levels as a practical tool to assess the metabolic response to training sessions in sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021;35(9):2591–2598. <http://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003193> (IF: 4,415; MNiSW: 100)

- A18) Włodarczyk M., Kantanista A., Kusy K., Zieliński J., **Pospieszna B.** Practical analysis of the metabolic response to a resistance training session in male and female sprinters. Trends in Sport Sciences. 2020;27(1):35–39. <http://doi.org/10.23829/TSS.2020.27.1-6> (MNiSW: 20)
- A19) Archacki D., Zieliński J., **Pospieszna B.**, Włodarczyk M., Kusy K., The contribution of energy systems during 15-second sprint exercise in athletes of different sports specializations PeerJ. 2024;12:e17863. <http://doi.org/10.7717/peerj.17863> (IF: 2,4; MNiSW: 100)
- A20) Ciekot-Sołtysiak M., Kusy K., Podgórski T., **Pospieszna B.**, Zieliński J. Changes in red blood cell parameters during incremental exercise in highly trained athletes of different sport specializations. PeerJ. 2024;12:e17040. <http://doi.org/10.7717/peerj.17040> (IF: 2,4; MNiSW: 100)

Dzięki wykształceniu fizjoterapeutycznemu angażowałam się również w projekty badawcze w obszarze nauk o zdrowiu. Moje zainteresowania koncentrowały się m.in. na rehabilitacji młodych dziewcząt z idiopatyczną skoliozą oraz profilaktyce bólów kręgosłupa u zawodników sportów walki i młodych żeglarzy. Szczególnym doświadczeniem był udział w interdyscyplinarnym projekcie badawczym, w którego skład wchodził specjaliści z zakresu ortopedii i torakochirurgii. W ramach tego projektu analizowaliśmy wpływ operacyjnej korekcji skoliozy na funkcję układu oddechowego, porównując dwie grupy kobiet: po operacji z uzupełniającą torakoplastyką (polegającą na usunięciu zdeformowanych fragmentów sześciu żeber w rejonie szczytu garbu) oraz bez torakoplastyki, ale po operacji poddanych czterotygodniowej rehabilitacji. Wyniki badań wykazały, że pacjentki poddane rehabilitacji osiągały istotnie wyższe wartości parametrów spirometrycznych w porównaniu z grupą po torakoplastyce, mimo braku znaczących różnic w poziomie wydolności fizycznej między grupami. Potwierdza to, że wieloaspektowa rehabilitacja ruchowa wywiera korzystny wpływ na funkcjonowanie układu oddechowego i powinna być integralnym elementem postępowania terapeutycznego u wszystkich pacjentek operowanych z powodu skoliozy, niezależnie od zastosowania dodatkowej torakoplastyki (A21).

W sporcie szczególne zainteresowanie budzi problematyka kontuzji oraz przeciążeniowych dolegliwości bólowych. Jednym z obszarów moich badań była analiza czynników ryzyka występowania dolegliwości bólowych w odcinku lędźwiowym kręgosłupa u zawodników sportów walki (szczególnie typu chwytanego, jak judo czy zapasy). W wieloautorskiej pracy przeglądowej zwrócono uwagę między innymi na specyfikę tych dyscyplin, tj. dużą liczbę

krótkich, eksplozywnych, beztlenowych wysiłków podejmowanych przeciwko atakującemu partnerowi lub przeciwnikowi, jako istotny czynnik sprzyjający przeciążeniom struktur kręgosłupa (A22).

Zgodnie z danymi statystycznymi, dolegliwości bólowe pleców dotyczą 30-40% dzieci i młodzieży w wieku 7-17 lat. Najczęściej są one wynikiem długotrwałego pozostawania w pozycji siedzącej lub wręcz odwrotnie, aktywności fizycznej podejmowanej w czasie wolnym. Dane te skłoniły mnie to do przeanalizowania tego problemu wśród zawodników żeglarskiej klasy Optimist (n=84) w wieku 11-15 lat. To unikatowe w Polsce badanie wykazało, że w trakcie sezonu żeglarskiego dolegliwości bólowe pleców występowały u 43% respondentów, najczęściej w odcinku piersiowym i lędźwiowym kręgosłupa. Ból pojawiał się zarówno podczas żeglowania, jak i czynności wykonywanych na lądzie, podczas pracy przy sprzęcie. Co istotne, mimo deklarowanej troski o zdrowie zawodników, trenerzy (zazwyczaj nieinformowani o epizodach bólowych) rzadko podejmowali odpowiednie działania: nieliczni rekomendowali fizjo- lub kinezyterapię jako formę regeneracji, a 30% nie wprowadzało żadnych ćwiczeń kompensacyjnych ani działań profilaktycznych. Wyniki tych badań jednoznacznie wskazały na pilną potrzebę opracowania i wdrożenia kompleksowych programów edukacyjno-profilaktycznych w klubach żeglarskich szkolących dzieci i młodzież (A23). Zawarte w tej publikacji wnioski zostały przekazane Prezydentowi Polskiego Stowarzyszenia Klasy Optimist, działającego pod auspicjami Polskiego Związku Żeglarskiego.

A21) Laurentowska M., Głowacki M, Michalak E., Deskur-Śmielecka E., Barinow-Wojewódzki A., **Pospieszna B.** Ocena sprawności układu oddechowego po torakoplastyce u dziewcząt ze skoliozą. Assessment of respiratory Function in Girls with Scoliosis after Thoracoplasty. Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja. 2009;11(6):513–516. (MNiSW: 9)

A22) Ahmetov I. Lutomski P. **Pospieszna B.**, Jurasz M., Wieliński D., Doberska A. Genetic and environmental risk factors for lumbar disc disease in Olympic grappling athletes: a review. Trends in Sport Sciences. 2017;24(1):5–11. (MNiSW: 9)

A23) Kostański L., Frąckowiak M., **Pospieszna B.**: Back pain in Optimist sailors. Trends in Sport Sciences. 2019;26(2):63–69. <https://doi.org/10.23829/TSS.2019.26.2-4> (MNiSW: 20)

Zainteresowania związane z żywieniem człowieka rozwijałam zarówno podczas współpracy badawczej z pracownikami Instytutu Technologii Żywności Pochodzenia

Roślinnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, jak i w praktyce, podczas pracy z zawodnikami trenującymi windsurfing, m.in. w trakcie konsultacji żywieniowych prowadzonych podczas windsurfingowych Mistrzostw Polski w slalomie.

W ramach projektu dotyczącego wpływu suplementacji naturalnymi sokami z buraka, aronii i marchwi na potencjał antyoksydacyjny oraz wydolność fizyczną zawodników, pracownicy UP opracowali recepturę soku na bazie buraka ćwikłowego z dodatkiem soku z aronii. Produkt ten, oprócz wysokiej zawartości składników prozdrowotnych, charakteryzował się wyższą smakowitością niż klasyczny sok z buraka, co czyniło go bardziej przystępnym w codziennej suplementacji. W ramach współpracy przeprowadziliśmy dwa eksperymenty badawcze, w których sportowcy różnych dyscyplin i o zróżnicowanym poziomie sportowym suplementowali codziennie przez 3 lub 8 dni 500 ml naturalnych soków: buraczano-aroniowego (B/A) lub marchwiowego (C), zawierających 5,1 mmol azotanów. Szczególnie interesujące wyniki uzyskano w badaniu młodych pływaczek na poziomie akademickim, które przed i po 8-dniowej suplementacji wykonywały test składający się z sześciu 50. M sprintów (wysiłek beztlenowy) oraz ciągłego wysiłku na dystansie 800 m (wysiłek wytrzymałościowy). Suplementacja oboma rodzajami soków skutkowała u nich istotnym skróceniem czasu pokonania długiego dystansu, a także poprawę wyników sprintów – w przypadku B/A w powtórzeniach 3-6, a dla C w powtórzeniach 4-6. Wyniki te wskazują, że oba soki skutecznie zwiększają tolerancję wysiłku, zarówno w wysiłkach krótkotrwałych, jak i wytrzymałościowych. Na podkreślenie zasługuje obserwacja, że poziom istotności statystycznej różnic czasowych w powtórzeniach 4-6 był większy po suplementacji sokiem B/A w porównaniu do suplementacji sokiem C, co ewidentnie wskazuje, że przy tej samej zawartości azotanów, sok z buraka z dodatkiem aronii jest skuteczniejszym czynnikiem ergogenicznym niż sok z marchwi ([A24](#)). Z kolei trzydniowa suplementacja siatkarki I i III ligi nie przyniosła istotnych zmian w ich wydolności fizycznej, co jest spójne z wynikami innych autorów, że wysoki wyjściowy poziom wydolności tlenowej ogranicza ergogeniczny wpływ azotanów. Spostrzeżenia dotyczące mechanizmów działania i efektywności suplementacji azotanami przedstawiłam w artykule przeglądowym ([A25](#)).

W latach 2017–18 uczestniczyłam w pracach zespołu, który stosował różne metody frakcjonowania mąki żytniej, w celu zwiększenia zawartości błonnika w produktach zbożowych, przy jednoczesnym ograniczeniu ilości łatwo przyswajalnych cukrów. W wyniku tych badań wyodrębniono dwie frakcje mąki żytniej różniące się składem chemicznym i wartością odżywczą: gruboziarnistą i drobnoziarnistą. Frakcja gruboziarnista charakteryzowała się wyższą zawartością błonnika ogółem (50 g/100 g vs. 36 g/100 g),

natomiast frakcja drobnoziarnista była bogatsza w błonnik rozpuszczalny, arabinoksylany i fruktany. Wyniki tych eksperymentów wskazują, że obydwie frakcje mąki żytniej mogą być wykorzystywane jako żywność funkcjonalna, stanowiąc wartościowe źródło błonnika w diecie (A26).

W ramach innego projektu, analizowałam sposób żywienia windsurferów bezpośrednio przed i w trakcie Mistrzostw Polski w slalomie. Podobnie jak w innych dyscyplinach żeglarskich, dzienna podaż energii w okresie startowym była niższa niż szacowane zapotrzebowanie podczas zawodów. Proporcje makroskładników w całkowitym spożyciu energii były zgodne z wytycznymi dla populacji ogólnej, jednak odbiegały od zaleceń dla sportowców uprawiających sporty ekstremalne. W diecie windsurferów odnotowano niedobory płynów, witaminy D i wapnia, a jednocześnie nadmierne spożycie cholesterolu, sodu, potasu i fosforu. Wyniki te potwierdziły, że nawyki żywieniowe badanej grupy nie były zgodne z zaleceniami żywienia sportowców, co skłoniło autorki do podjęcia działań edukacyjnych skierowanych do tej grupy sportowej (A27).

A24) **Pospieszna B.**, Wochna K., Jerszyński D., Gościńska K., Czapski J. Ergogenic effect of dietary nitrates in female swimmers. *Trends in Sport Sciences*. 2016;23(1):13–20. (MNiSW: 9)

A25) **Pospieszna B.**, Czapski J. Dietary nitrates – to consume or to restrict? *Trends in Sport Sciences*. 2018;25(1):5–12. <https://doi.org/10.23829/TSS.2018.25.1-1> (MNiSW: 9)

A26) Kołodziejczyk P., Makowska A., **Pospieszna B.**, Michniewicz J., Paschke H. Chemical and nutritional characteristics of high-fibre rye milling fractions. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*. 2018;17(2):149–157. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2018.0559> (MNiSW: 15).

A27) Gogojewicz A., **Pospieszna B.**, Bartkowiak J., Śliwicka E., Karolkiewicz J. Assessment of Nutrition Status in Amateur Windsurfers during Regattas in the Competitive Period—A Field Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(12):6451. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126451> (IF: 4,614; MNiSW:140)

Poza publikacją artykułów naukowych jestem współautorką dwóch rozdziałów w monografiach oraz jednego rozdziału w podręczniku. Dwa z nich zostały opublikowane w serii *Aktualne postępy w rehabilitacji klinicznej* i są wynikiem badań prowadzonych we współpracy z pracownikami Wojewódzkiego Specjalistycznego Szpitala Gruźlicy i Chorób Płuc w Ludwikowie (obecnie Wielkopolskie Centrum Pulmonologii i Torakochirurgii, szpital

w Ludwikowie). Badania dotyczyły rehabilitacji osób z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc (POChP) podczas trzytygodniowego turnusu rehabilitacyjnego. Uzupełnienie standardowej tleno- i farmakoterapii, dodatkowym treningiem wytrzymałościowym na cykloergometrze (30 minut dziennie, z obciążeniem ok. 40-50 W i intensywnością 50-70% HRmax) przyniosło znaczącą poprawę wydolności tlenowej, tolerancji wysiłkowej oraz wyników spirometrycznych, zarówno w spoczynku, jak i podczas wysiłku, u pacjentów z grupy badanej. Takiego efektu nie zaobserwowano u pacjentów z grupy kontrolnej, którzy nie wykonywali treningu uzupełniającego. Wyniki tych badań skłoniły nas do rekomendacji indywidualnej oceny wydolności pacjentów z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc na początku turnusu oraz włączenia treningu zdrowotnego dostosowanego do ich możliwości w trakcie rehabilitacji (A28, A29).

Ze względu na moje wieloletnie doświadczenie w diagnostyce układu oddechowego, napisałam rozdział poświęcony temu zagadnieniu w podręczniku, który w przystępny sposób przybliża praktyczne aspekty diagnozowania w sporcie studentom, absolwentom oraz osobom, którzy pracują jako instruktorzy i trenerzy w różnych dyscyplinach (A30).

A28) Kowalczyk K., **Pospieszna B.**, Kryściak J., Laurentowska M., Michalak E., Kaliszewska-Szczepaniak A. Ocena wydolności fizycznej pacjentów z POCHP na bieżni ruchomej. [W:] Aktualne postępy w rehabilitacji klinicznej, Barinow-Wojewódzki A. (red.) Wydawnictwo AWF Poznań; 2006, monografie nr 370:77–81. (MNiSW: 6)

A29) Laurentowska M., Michalak E., Kowalczyk K., Kryściak J., **Pospieszna B.**, Barinow-Wojewódzki A. Spirometria spoczynkowa oraz reakcja układu oddechowego na wysiłek fizyczny u chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc. [W:] Aktualne postępy w rehabilitacji klinicznej, Barinow-Wojewódzki A. (red.) Wydawnictwo AWF Poznań; 2006, monografie nr 370:88–94. (MNiSW: 6)

A30) **Pospieszna B.**: Sprawność układu oddechowego. [W:] Kusy K, Zieliński J (red.) Diagnostyka w sporcie. Podręcznik nowoczesnego trenera. Wydawnictwo AWF Poznań; 2017. ISBN 978-83-64747-17-5.

Sumaryczna analiza bibliometryczna mojego dorobku naukowego (z wyłączeniem prac związanych z osiągnięciem habilitacyjnym) stanowi łącznie 31 publikacji (w tym 27 prac oryginalnych) oraz 3 rozdziały w monografiach.

Zgodnie z informacjami pochodzącymi z bazy Web of Science Core Collection oraz Journal Citation Reports z dnia 5.08.2025 r.:

- Suma Impact Factor: 23,191
- Liczba cytowań: 135
- Liczba cytowań bez autocytowań: 126
- Współczynnik Hirscha: 7
- Łączna liczba publikacji indeksowanych przez JCR: 16

Zgodnie z informacjami pochodzącymi z bazy Scopus z dnia 5.08.2025 r.:

- Liczba cytowań: 179
- Współczynnik Hirscha: 8
- Łączna liczba publikacji indeksowanych przez Scopus: 21

Jako autorka lub współautorka uczestniczyłam w konferencjach i sympozjach naukowych, podczas których zaprezentowałam łącznie 29 doniesień, w tym 13 na konferencjach międzynarodowych i 16 krajowych (załącznik 4; II.7: K1–K29).

W latach 2013–2018 brałam udział w trzech projektach naukowych finansowanych ze środków publicznych: dwóch grantach Narodowego Centrum Nauki oraz jednym grantem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w programie „Rozwój Sportu Akademickiego”

- nr 2013/09/B/NZ7/02556: Zmiany metabolizmu nukleotydów i ich pochodnych we krwi pod wpływem długotrwałego treningu fizycznego; kierownik: prof. dr hab. Jacek Zieliński
- nr 2017/27/B/NZ7/02828: Wpływ długotrwałej adaptacji do intensywnego treningu szybkościowo-siłowego i wytrzymałościowego na stężenie wolnych aminokwasów w osoczu w spoczynku, podczas stopniowanego wysiłku i w okresie restytucji powysiłkowej; kierownik: prof. AWF dr hab. Krzysztof Kusy
- nr RSA3 03653: Wspomaganie treningu szybkościowo-koordynacyjnego sportowców wysokiej klasy ze szczególnym uwzględnieniem bezpośredniego przygotowania startowego; kierownik: prof. dr hab. Jacek Zieliński

Efektom udziału w tych grantach jest sześć publikacji naukowych (załącznik 4; I.2: 1-4 oraz II.7: 25 i 26).

Obecnie jestem wykonawcą w grantie finansowanym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu „Nauka dla Społeczeństwa II” w obszarze „Kultura fizyczna dla aktywnego i zdrowego społeczeństwa”. Projekt nosi tytuł „Systematyczne aktywności gwarantem zdrowych kości”, a jego celem jest ocena wpływu 12-miesięcznego nadzorowanego treningu fizycznego na gęstość mineralną kości oraz poziom

wybranych parametrów biochemicznych i markerów obrotu kostnego. Kierownikiem projektu jest prof. dr hab. Robert Olek.

W ramach mojej działalności naukowej przygotowałam 10 recenzji artykułów na zaproszenie redakcji międzynarodowych czasopism naukowych indeksowanych w Journal Citation Reports takich jak: *Metabolites*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *Applied Sciences*, *PeerJ*, *Sport Science for Health*.

W latach 2013–2022 współpracowałam z redakcją czasopisma *Trends in Sport Sciences*, pełniąc funkcję sekretarza, a następnie zastępcy redaktora naczelnego. W latach 2012–2021 zrecenzowałam blisko 100 artykułów nadesłanych do tego czasopisma.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W czasie studiów doktoranckich zainteresowałam się tematyką aktywności osób starszych oraz specyfiką fizjologicznej odpowiedzi ich organizmu na wysiłek fizyczny. W ramach działalności statutowej Zakładu Fizjologii zajmowałam się głównie kompleksową oceną reakcji organizmu osób w średnim i starszym wieku na regularny wysiłek fizyczny, a także optymalizacją treningu fizycznego w leczeniu i profilaktyce chorób cywilizacyjnych. Wyrazem tych zainteresowań był udział w projekcie badawczym realizowanym przez Zakład fizjologii we współpracy z Uniwersytetem III Wieku w Poznaniu pt. „Wpływ 8-tygodniowego systematycznego wysiłku fizycznego o charakterze tlenowym na cykloergometrze na poziom wydolności i czynników ryzyka związanych z otyłością i chorobami układu krążenia u osób w średnim wieku”. Współpraca ta zaowocowała powstaniem mojej rozprawy doktorskiej, czterech publikacji naukowych (załącznik 4; II.4: 3, 5, 8 i 10) oraz dziewięciu wystąpień konferencyjnych (załącznik 4; II.7: K9, K11–14, K16–K19).

Moje wykształcenie fizjoterapeutyczne, w połączeniu z zainteresowaniem fizjologią wysiłku, przyczyniło się do zaangażowania w dwa kolejne projekty badawcze. W latach 2008–2009 brałam udział w międzyuczelnianym projekcie realizowanym we współpracy pracowników Katedry i Kliniki Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej UM w Poznaniu, Wielkopolskiego Centrum Pulmonologii Torakochirurgii w Poznaniu oraz Zakładu Fizjologii

AWF w Poznaniu. Celem badań była ocena wydolności fizycznej i sprawności funkcji układu oddechowego pacjentek ze skoliozą idiopatyczną leczonych operacyjnie, które zostały dodatkowo objęte czterotygodniową rehabilitacją ruchową lub przeszły torakoplastykę. Efektem tej współpracy było moje wystąpienie podczas konferencji Polskiego Towarzystwa Medycyny Sportowej (załącznik 4; II.7: K7), za które otrzymałam indywidualną nagrodę za najlepsze wystąpienie w kategorii młodych naukowców oraz jedna publikacja naukowa (załącznik 4; II.4: 7). W drugim projekcie, realizowanym w latach 2012–2013, wykorzystałam swoją wiedzę z zakresu fizjoterapii współpracując z kadrą szkoleniowo-terapeutyczną Paraolimpijskiej Reprezentacji Polski rugby na wózkach. Celem badań była ocena wydolności fizycznej zawodników po urazach rdzenia kręgowego w odcinku szyjnym. W wyniku tej współpracy powstała jedna publikacja naukowa (załącznik 4; II.4: 11) oraz jedno wystąpienie konferencyjne (załącznik 4; II.7: K21).

W latach 2012–2014 współpracowałam z prof. dr hab. Januszem Czapskim i jego doktorantką z Instytutu Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w ramach projektu pt. „Wpływ suplementacji naturalnymi sokami z buraków, aronii i marchwi na poziom potencjału antyoksydacyjnego, wydolności fizycznej i jakości restytucji powysiłkowej osób chorych i zdrowych”. W ramach realizacji projektu, przeprowadziliśmy dwa eksperymenty badawcze, polegające na suplementacji sportowców różnych dyscyplin i o różnym poziomie sportowym naturalnym sokiem buraczano-aroniowym lub marchwiowym. Efektem tej współpracy była rozprawa doktorska mgr Katarzyny Gościńskiej, dwie publikacje naukowe (załącznik 4; II.7: 12 i 17) oraz dwa wystąpienia konferencyjne (załącznik 4; II.7: K23 i K24).

W latach 2017–18, pracując na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza, podjęłam kolejną współpracę z zespołem Instytutu Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Jako członek zespołu badawczego uczestniczyłam w opracowywaniu technologii produkcji żywności funkcjonalnej – produktów zbożowych (żytnich) o zwiększonej zawartości błonnika pokarmowego przy jednoczesnym obniżeniu poziomu dostępnych sacharydów. Wynikiem tej pracy współpracy była jedna publikacja naukowa (załącznik 4; II.7: 19).

W latach 2015 i 2017–2018 odbyłam dwa staże naukowe, których celem była analiza poziomu aktywności fizycznej studentów różnych typów uczelni w krajach europejskich. Pierwszy, o charakterze naukowo-dydaktycznym, odbyłam we wrześniu 2015 roku w Hanze University of Applied Sciences w Groningen (Holandia), w ramach międzynarodowego

projektu badawczego. Drugi zrealizowałam w Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach, w Katedrze Turystyki i Prozdrowotnej Aktywności fizycznej (listopad 2017-luty 2018). Efektem tych działań była jedna publikacja naukowa (załącznik 4; II.7: 23).

W końcowym okresie pracy na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza nawiązałam bliższą współpracę naukową z pracownikami Zakładu Lekkiej Atletyki i Przygotowania Motorycznego Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu. Wspólne działania badawcze koncentrowały się na zagadnieniach związanych z energetyką wysiłku fizycznego w różnych dyscyplinach sportu, ze szczególnym uwzględnieniem procesów energetycznych zachodzących w obrębie krwinki czerwonej. Tematyka ta stanowiła podstawę mojego osiągnięcia naukowego w przewodzie habilitacyjnym, wpłynęła na dalsze ukierunkowanie aktywności naukowej oraz decyzję o zmianie miejsca zatrudnienia. W kolejnych latach systematycznie poszerzałam wiedzę z zakresu biochemii i analityki krwinek czerwonych, m.in. podczas staży laboratoryjnych w Zakładzie Biochemii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego (październik 2019) oraz w Zakładzie Chemii Analitycznej i Analiz Instrumentalnych Instytutu Sportu – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie (październik 2020). Zdobytą wiedzę wykorzystałam w opracowaniu wszystkich publikacji wchodzących w skład cyklu habilitacyjnego (załącznik 4; I.2: 1-4) oraz stanowiły podstawę wystąpienia konferencyjnego (załącznik 4; II.7: K29). W ramach dalszego rozwoju badawczego podjęłam również współpracę z dr hab. Wioletą Dudzińską z Katedry Fizjologii Uniwersytetu Szczecińskiego – cenioną specjalistką z zakresu badań związanych z bioenergetyką komórki, szczególnie metabolizmem puryn w krwince czerwonej, czego rezultatem była wspólna publikacja naukowa (załącznik 4; I.2: 4).

W 2023 roku, podczas Halowych Lekkoatletycznych Mistrzostw Świata Masters (Toruń World Masters Athletics) nawiązałam współpracę z międzynarodową grupą badawczą realizującą projekt TaFMAC (*Track and Field Master Athletic Cohort*). Materiał badawczy zebrany podczas tego wydarzenia został uzupełniony w trakcie Mistrzostw Europy Masters (Toruń 2024) i będzie sukcesywnie powiększany o dane z kolejnych imprez międzynarodowych, w tym planowanych Mistrzostw Europy Masters w 2026 roku (Toruń). Dodatkowym efektem tej współpracy było zaproszenie od prof. Jörna Rittwegeera z German Aerospace Center (Kolonia, Niemcy) do udziału w pracach międzynarodowego jury podczas Human Physiology Workshop (brałam udział w 8. (2023) i 9. (2024) edycji tego konkursu). Wydarzenie to ma formę corocznego konkursu organizowanego w grudniu i skierowanego do młodych naukowców zajmujących się badaniami z zakresu fizjologii środowiskowej, ze szczególnym uwzględnieniem fizjologii człowieka w przestrzeni kosmicznej. Organizatorami

tego wydarzenia są German Aerospace Center (Kolonia, Niemcy), Institute of Aerospace Medicine (Kolonia, Niemcy) i German Space Agency (Bonn, Niemcy).

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

Osiągnięcia dydaktyczne:

W początkowym okresie pracy w Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu prowadziłam ćwiczenia z fizjologii ogólnej i fizjologii wysiłku dla studentów Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii. Równolegle realizowałam zajęcia w języku angielskim z zakresu fizjologii człowieka oraz rehabilitacji kardiologicznej dla studentów zagranicznych, w ramach programu Sokrates-Erasmus. W kolejnych latach, wykorzystując interdyscyplinarne wykształcenie oraz kwalifikacje instruktorskie w różnych dyscyplinach sportowych (pływanie, narciarstwo alpejskie, kajakarstwo, patent żeglarski i motorowodny), rozszerzyłam swoją działalność dydaktyczną o prowadzenie zajęć na kierunku Dietetyka, m.in. z zakresu analizy sensorycznej żywności oraz higieny i toksykologii żywności, a także realizację zajęć praktycznych podczas obozów letnich (głównie żeglarstwo jachtowe i deskowe oraz SUP) i zimowych (narciarstwo alpejskie).

W okresie pracy na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu prowadziłam wykłady i ćwiczenia ze studentami kierunku Turystyka i Rekreacja zgodnie z moim wykształceniem, tj.: fizjologia rekreacji, podstawy rekreacji, animacja czasu wolnego, podstawy dietetyki, podstawy gastronomii, podstawy fizjoterapii, usługi wellness i spa oraz podstawy epidemiologii. Brałam również aktywny udział w zajęciach terenowych oraz obozach letnich i zimowych. Z okazji 30-lecia istnienia Katedry Turystyki przygotowałam analizę zmian w programach kształcenia na tym kierunku na przestrzeni trzech dekad (Matuszewska D., Pospieszna B. Ewolucja programów studiów na kierunku Turystyka i Rekreacja, optymalizacja oferty kształcenia. [W:] Turystyka i Rekreacja – Studia i prace, Tom XIX Od Centrum do Katedry, Zajadacz A. (red.) Bogucki Wydawnictwo Naukowe. Poznań; 2016:105-116, ISBN 978-83-7986-127-9). W tym okresie angażowałam się również w popularyzując nauki – uczestniczyłam w organizacji Nocy Naukowców i Dni Turystyki na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych. Byłam także wykonawcą w granicie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju "Dobry Start: wysokiej jakości program stażowy dla studentów Katedry Turystyki WNGiG UAM" (projekt POWER: 03.01.00-00-S161/15).

Po powrocie do Akademii Wychowania Fizycznego skoncentrowałam się na działalności badawczej w Laboratorium Analizy Ruchu Człowieka „LABThletics”, gdzie prowadziłam testy wysiłkowe osób w różnym wieku, o bardzo różnym poziomie wydolności, uprawiających różnorodne dyscypliny sportu i rekreacji. Doświadczenie to pozwoliło mi rozszerzyć ofertę dydaktyczną o przedmioty takie jak: kontrola przygotowania motorycznego w warunkach laboratoryjnych (na kierunku Sport, studia II stopnia) oraz diagnostyka funkcjonalna w chorobach wewnętrznych (dla studentów Fizjoterapii). Obecnie, oprócz działalności naukowej, regularnie prowadzę komercyjne badania wydolnościowe dla środowiska sportowego (m.in.: kadry narodowej Taekwondo Olimpijskie, kadry narodowej juniorów tenisa ziemnego, reprezentantów Polski w wioślarstwie i kajakarstwie, drużyny piłki ręcznej, piłkarzy Lecha Poznań i innych) oraz dla osób uprawiających sport rekreacyjnie.

Zajęcia dydaktyczne z zakresu fizjologii człowieka i fizjologii rekreacji prowadziłam też w kilku uczelniach o profilu praktycznym:

- a) w Wielkopolskiej Wyższej Szkole Turystyki i Zarządzania w Poznaniu (później Wyższa Szkoła Bankowa, aktualnie Uniwersytet Meritum) dla studentów kierunku Turystyka i Rekreacja;
- b) w Wyższej Szkole Uni-terra w Poznaniu (wcześniej Wyższa Szkoła Edukacji Integracyjnej i Interkulturowej w Poznaniu) dla studentów kierunku Dietetyka i Pedagogika;
- c) w Gnieźnieńskiej Wyższej Szkole Milenium dla studentów kierunku Turystyka i Rekreacja.

Jako dydaktyk regularnie prowadzący zajęcia w języku angielskim dla studentów zagranicznych w ramach programu Erasmus+ w Akademii Wychowania Fizycznego, aktywnie uczestniczyłam w organizacji trzech edycji International Teaching Staff Week (4th, 5th, 6th), które odbyły się w odpowiednio w maju 2023, 2024 i 2025 roku. W ramach programu Erasmus+ regularnie wizytuję uczelnie partnerskie, gdzie prowadzę zajęcia dydaktyczne dla studentów zagranicznych. Do tej pory zrealizowałam je m.in. w Instituto Politecnico do Porto (Porto, Portugalia), Semmelweis University, (Budapeszt, Węgry), Lithuanian Sports University (Kowno, Litwa), Democritus University of Thrace (Komotini, Grecja), Universidade de Lisboa (Lisbona, Portugalia), Aristotle University of Thessaloniki (Saloniki, Grecja) i South-Eastern Finland University of Applied Sciences XAMK (Savonlinna, Finlandia).

Poza działalnością dydaktyczną, pełnię także funkcję promotora i recenzenta prac dyplomowych. W Akademii Wychowania Fizycznego wypromowałam 26 prac licencjackich

i 6 prac podyplomowych. W okresie pracy w Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu byłam promotorem 5 prac licencjackich.

Osiągnięcia popularyzujące naukę:

W ramach działań popularyzujących naukę brałam udział w organizacji Festiwalu Sztuki i Nauki, prowadziłam zajęcia dla uczniów klas akademickich z III Liceum Ogólnokształcącego w Poznaniu oraz prowadziłam wykłady podczas warsztatów edukacyjnych z cyklu „Metoda Pilates w zdrowieniu”. Jako specjalista z zakresu fizjologii wysiłku i rekreacji, byłam wielokrotnie zapraszana do prowadzenia zajęć dydaktycznych z zakresu fizjologii człowieka i fizjologii wysiłku fizycznego podczas kursów instruktorskich organizowanych przez Akademię Wychowania Fizycznego w Poznaniu, Polski Związek Alpinistyczny, Wojsko Polskie i Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1–6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

W dniach 24-27 listopada 2015 zorganizowałam wizytę studyjną Prof. Dr Vassilisa Klissourasa (National & Kapodistrian University of Athens, Greece) w ramach programu „Akademicki i Naukowy Poznań” obejmującego wykłady otwarte wybitnych naukowców, artystów i specjalistów. W trakcie czterodniowego pobytu w Poznaniu profesor wygłosił dwa wykłady oraz uczestniczył w spotkaniu metodycznym poświęconym nowoczesnym trendom w nauczaniu fizjologii wysiłku fizycznego.

W 2024 roku zostałam ekspertem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, a także ukończyłam cykl szkoleń „Akademia Menagera III” organizowany przez Krajowy Punkt Kontaktowy ds. Programów Badawczych UE (NCBiR).

Jako członek Automobilklubu Wielkopolski (AW, klub zrzeszony w Polskim Związku Motorowym) połączyłam pasję motoryzacyjną z wiedzą i doświadczeniem naukowo-badawczym, angażując się przez ponad dekadę w działania na rzecz poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb starszych kierowców. Moje inicjatywy wpisywały się zarówno w zadania publiczne realizowane przez Miasto Poznań, jak i priorytetowe elementy polityki państwowej i europejskiej (Dyrektywa UE na lata 2011–2020 o polityce w sprawie poprawy Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego). Oprócz

stałego wsparcia starszych członków AW, byłam inicjatorką i głównym wykonawcą trzech kompleksowych projektów obejmujących Miasto Poznań i Powiat poznański.

- a) W 2016 roku uzyskałam grant Miasta Poznania na realizację zadania publicznego Miasta Poznania: Ogólnomiejskie badania dla kierowców w wieku senioralnym „Poznaj swoje możliwości – kieruj świadomie”. Był to unikatowy w skali kraju program badawczo-informacyjny przeznaczony dla osób, które ukończyły 60 lat i były czynnymi kierowcami. Wyniki tych badań zostały przedstawione na branżowej konferencji pt. „Psychologia i medycyna w zawodach trudnych i niebezpiecznych” (załącznik 4; II.7: K27). Efektem tych działań był autorski poradnik dla kierowców seniorów: Pospieszna B., 2016 – Senior bezpiecznym kierowcą! Poradnik dla starszych kierowców, ich rodzin i opiekunów. ISBN 978-83-946228-0-0.
- b) W 2018 roku uzyskałam grant z funduszy europejskich w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego – Wielkopolskie Innowacje Społeczne: „Senior to samodzielny i bezpieczny kierowca”. W ramach tych działań powstał szczegółowy plan uniwersalnego programu diagnostyczno-szkoleniowego dla starszych kierowców.
- c) W 2023 roku, w ramach kolejnej edycji grantów POWER - Wielkopolskie Innowacje Społeczne, uzyskałam finansowanie na opracowanie i przetestowanie modelu wsparcia osób starszych w zakresie utrzymania samodzielności i bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Projekt opierał się na wcześniej opracowanej innowacji "Senior to samodzielny i bezpieczny kierowca" i jego głównym celem było opracowanie szczegółowej metodologii pracy instruktorów nauki jazdy prowadzących zajęcia z osobami starszymi w Ośrodkach Doskonalenia Jazdy.

.....

(podpis wnioskodawcy)