

## **LEKARSKI**

### **Tematyka wykładów Biofizyki z elementami podstaw obrazowania w medycynie (14 h)**

1. Biofizyka układu krążenia i układu oddechowego
2. Biofizyka układu oddechowego
3. Biodynamiczne podstawy procesów transportu masy, energii i ładunku elektrycznego w organizmie cz.I
4. Biodynamiczne podstawy procesów transportu masy, energii i ładunku elektrycznego w organizmie cz.II
5. Wpływ promieniowania jonizującego na człowieka
6. Znaczenie promieniowania niejonizującego (światło) w diagnostyce i terapii
7. Wykorzystanie promieniowania z zakresu pól elektromagnetycznych w diagnostyce i terapii

## Tematy ćwiczeń laboratoryjnych z Biofizyki z elementami podstaw obrazowania w medycynie (30 h)

- L01. Ćwiczenie wprowadzające (A1)
- L02. Osłabianie promieniowania jonizującego w tkankach (A16\*, A12\*\*, B3, B22)
- L03. Wyznaczanie rozmiarów krwinek metodą mikroskopową (A2\*, A19\*\*, B16, F)
- L04. Badanie modeli reologicznych mięśnia niepobudzonego. (A23\*, A25\*, A2\*\*, A3\*\*, A13\*\*, B6, B14)
- L05. Lepkość cieczy. Lepkość roztworów (A4\*, A5\*, A3\*\*, B6, B12, B18)
- L06. Fizyczne podstawy pulsoksymetrii (A15\*, A4\*\*, A11\*\*, B4, B23, E)
- L07. Pomiary impedancji tkanek (A10\*, A11\*, A16\*\*, B21)
- L08. Dyfuzja. Dializa. Elektrodializa (A8\*, A9\*, A1\*\*, A3\*\*, A5\*\*, B7)
- L09. SEM (A12\*, A1\*\*, B7) / Potencjał czynnościowy (A21\*, A6\*\*, B7, B9, B14) / Chronaksymetria (A16\*\*, C8, D)
- L10. Prawa przepływu. Fala tętna (A17\*, A18\*, A2\*\*, A3\*\*, B6, B18)

## Zagadnienia na ćwiczenia laboratoryjne z Biofizyki z elementami podstaw obrazowania w medycynie:

### L01. Zagadnienia obowiązujące na każdym ćwiczeniu (A1\*)

Błąd pomiaru i jego źródła. Szacowanie wartości błędu pomiaru bezpośredniego: błąd systematyczny, błąd przypadkowy (rozrzut wyników pomiarów, krzywa rozkładu normalnego, odchylenie standardowe, odchylenie standardowe średniej, błąd maksymalny średniej). Zasady zapisu wartości błędu pomiaru i wielkości zmierzonej, cyfry znaczące. Szacowanie błędu pomiaru wielkości złożonej. Graficzne opracowywanie wyników pomiarów: sporządzanie wykresów, prostokąty błędów, krzywe ufności. Planowanie prostych badań naukowych.

### L02. Osłabianie promieniowania jonizującego w tkankach (A16\*, A12\*\*, B3, B22)

Wytwarzanie promieniowania rentgenowskiego i  $\gamma$ . Widmo ciągłe i charakterystyczne promieniowania rentgenowskiego. Mechanizmy osłabiania promieniowania jonizującego: zjawisko fotoelektryczne, efekt Comptona i zjawisko tworzenia par elektron-pozyton. Prawo Lamberta osłabiania promieniowania jonizującego; ilustracja w skali liniowej i półlogarytmicznej. Warstwa połowiąca, liniowy i masowy współczynnik osłabiania, jednostki Hounsfielda – sposoby ich wyznaczenia.

Liniowe przenoszenie energii, LET. Detektory promieniowania jonizującego, dawka pochłonięta, dawka ekspozycyjna, równoważnik dawki, moc dawki. Działanie biologiczne promieniowania jonizującego. Rozpad promieniotwórczy, prawo rozpadu, okres połowicznego zaniku.

### L03. Wyznaczanie rozmiarów krwinek metodą mikroskopową (A2\*, A19\*, B16, F)

Prawo załamania światła, współczynnik załamania światła, dyspersja współczynnika załamania światła. Powstawanie obrazu w soczewkach. Równanie soczewki. Budowa i zasada działania mikroskopu – bieg promieni. Definicja liniowej i kątowej zdolności rozdzielczej układu optycznego. Zdolność rozdzielcza mikroskopu, czynniki wpływające na jej wartość. Powiększenie oraz powiększenie użyteczne mikroskopu. Immersja. Wyznaczanie rozmiarów mikroobiektów. Zasada działania mikroskopu elektronowego.

### L04. Badanie modeli reologicznych mięśnia niepobudzonego. (A23\*, A25\*, A2\*\*, A3\*\*, A13\*\*, B6, B14)

Prawo Hooke'a dla podstawowych rodzajów odkształceń, moduły i współczynniki sprężystości objętościowej i postaciowej. Odkształcanie ciał krystalicznych i bezpostaciowych. Zakresy odkształcenia proporcjonalnego, plastycznego i granica wytrzymałości. Lepkość, współczynnik lepkości. Lepko-sprężyste właściwości mechaniczne mięśnia niepobudzonego: relaksacja naprężenia i opóźnienie wydłużenia mięśnia, histereza siła-odkształcenie. Modele reologiczne Maxwella i Kelvina-Voigta i ich podstawowe właściwości. Wyznaczanie szybkości płynięcia, czasu relaksacji naprężenia oraz czasu opóźnienia wydłużenia (czasu retardacji wydłużenia). Energetyka mięśnia, prawo Hilla.

### L05. Lepkość cieczy. Lepkość roztworów (A4\*, A5\*, A3\*\*, B6, B12, B18)

Siła tarcia wewnętrznej, prawo Newtona, lepkość cieczy, współczynnik lepkości, ciecz newtonowska. Pomiar lepkości metodą Stokesa. Pomiar lepkości metodą wiskozymetryczną - przepływ cieczy lepkiej w naczyniach o przekroju kolistym (prawo Hagena-Poiseuille'a). Lepkość roztworów. Lepkość względna, lepkość właściwa, graniczna liczba lepkościowa. Badanie wpływu temperatury na lepkość cieczy. Lepkość krwi. OB oraz czynniki wpływające na jego wartość.

### L06. Fizyczne podstawy pulsoksymetrii (A15\*, A4\*\*, A11\*\*, B4, B23, E)

Zjawiska zachodzące przy przechodzeniu światła przez roztwory: odbicie, załamanie, rozproszenie, pochłanianie. Mechanizm absorpcji światła przez atomy i cząsteczki: poziomy energetyczne atomów i cząsteczek; schemat Jabłońskiego. Fluorescencja i fosforescencja. Widmo absorpcyjne. Prawo Lamberta-Beera i warunki jego stosowalności. Przepuszczalność i absorpcja – definicje pojęć, zależność tych wielkości od stężenia roztworu. Budowa i zasada działania absorpcjometru. Wyznaczanie stężenia roztworu przy pomocy absorpcjometru. Widmo oksy i deoksyhemoglobiny – zasada działania pulsoksymetru.

### L07. Pomiary impedancji tkanek (A10\*, A11\*, A16\*\*, B21)

Opór i przewodność elektryczna, opór elektryczny właściwy, przewodność elektryczna właściwa. Przenikalność elektryczna. Polaryzacja elektryczna i jej rodzaje. Czas relaksacji polaryzacji elektrycznej. Dyspersja właściwości elektrycznych materii organicznej. Współczynnik polaryzacji tkanki i sposób jego wyznaczenia. Właściwości elektryczne krwi. Hematokryt. Przewodnictwo elektryczne zawiesin – wzór Maxwella. Postać wzoru Maxwella w odniesieniu do krwi. Elektryczny obwód zastępczy tkanki. Pomiar oporu elektrycznego za pomocą mostka prądu zmiennego. Wyznaczanie przewodności właściwych krwi i osocza. Wyznaczanie hematokrytu.

### L08. Dyfuzja. Dializa. Elektrodializa (A8\*, A9\*, A1\*\*, A3\*\*, A5\*\*, B7)

Opis zjawiska dyfuzji: prawo dyfuzji Ficka, gradient stężenia, współczynnik dyfuzji (wzór Einsteina-Stokesa i równanie Einsteina-Smoluchowskiego). Dyfuzja przez błonę, przepuszczalność błony. Błona przepuszczalna i półprzepuszczalna. Wyznaczanie współczynnika dyfuzji i przepuszczalności błony. Dyfuzja w organizmach żywych. Koloidy. Dializa zewnątrz- i wewnątrzustrojowa. Wyznaczanie współczynnika oczyszczania roztworu. Zjawisko osmozy, ciśnienie osmotyczne, prawo van't Hoffa. Osmometr. Elektrodializa.

### L09. SEM (A12\*, A1\*\*, B7) / Potencjał czynnościowy (A21\*, A6\*\*, B7, B9, B14) / Chronaksymetria (A16\*\*, C8, D)

Mechanizm powstawania potencjałów elektrodowych i potencjałów spoczynkowych błon komórkowych. Budowa ogniwa stężeniowego bez przenoszenia i z przenoszeniem. SEM ogniwa, wzór Nernsta; potencjał dyfuzyjny, wzór Hendersona. Ruchliwość a szybkość unoszenia. Pomiar potencjału elektrodowego i SEM ogniwa. Potencjał błonowy. Potencjał równowagowy Nernsta a potencjał spoczynkowy.

Transport bierny i aktywny jonów przez błonę komórkową. Potencjał czynnościowy. Okres refrakcji bezwzględnej i względnej. Próg pobudliwości neuronu. Zjawisko akomodacji. Zasada „wszystko albo nic”. Bodziec progowy, zależność jego natężenia od czasu jego trwania. Wyznaczanie reobazy i chronaksji. Model błony komórkowej wg Hodgina-Huxleya.

Metody ilościowe i jakościowe w elektrodiagnostyce układu nerwowo-mięśniowego. Reakcje układu nerwowo-mięśniowego na prąd stały. Prawo Du Bois Reymonda. Prawo skurczu i wzór Erba. Galwanotonus. Reakcje układu nerwowomięśniowego na prąd faradyczny i neofaradyczny, prądy Traberta i prądy interferencyjne. Odczyn zwyrodnienia. Reobaza, chronaksja. Wyznaczanie krzywej i/t, wzór Hoorwega i Weissa. Reakcja układu nerwowomięśniowego na impuls prostokątny i trójkątny. Punkt motoryczny, współczynnik akomodacji, wartość progowa akomodacji, iloraz akomodacji.

#### **L10. Prawa przepływu. Fala tętna (A17\*, A18\*, A2\*\*, A3\*\* B6, B18)**

Zastosowanie praw przepływu do analizy wzajemnych zależności pomiędzy parametrami przepływu cieczy w kontekście przepływu krwi w naczyniach krwionośnych: badanie zależności pomiędzy różnicą ciśnień wywołujących przepływ a wartością strumienia objętości, badanie wpływu lepkości cieczy na rodzaj przepływu (przepływ laminarny i przepływ burzliwy – liczba Reynoldsa), czynniki determinujące lepkość krwi, badanie zmian wartości ciśnienia statycznego i dynamicznego w zależności od promienia naczynia, badanie relacji pomiędzy prędkością przepływu cieczy a pro- mieniem naczynia. Przepływ cieczy w naczyniach sprężystych, fala tętna oraz analiza czynników wpływających na prędkość jej rozchodzenia się.

#### Literatura:

##### (A) \*Ogólny opis i przebieg ćwiczeń:

P. Piskunowicz i M. Tuliszka (red.), Wybrane ćwiczenia laboratoryjne z biofizyki, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego, Poznań 2007,

##### \*\*Szczegółowe omówienie zagadnień co ćwiczeń:

prof. dr hab. n. med. L. Kubisz (redakcja naukowa), Biofizyka, Wydanie I, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A (PZWL Wydawnictwo Lekarskie), Warszawa 2024

(B) F. Jaroszyk (red.), Biofizyka – podręcznik dla studentów, PZWL, Warszawa 2008

(C) A. Straburzyńska-Lupa, G. Straburzyński, Fizjoterapia, PZWL, Warszawa 2007

(D) T. Mika, Fizykoterapia, PZWL, Warszawa 1996

(E) Materiały udostępnione na stronie internetowej Zakładu Biofizyki

(F) F. Jaroszyk (red.), Biofizyka – podręcznik dla studentów, PZWL, Warszawa 2001 rozdział 16.4

A. Piławski (red.), Podstawy biofizyki, PZWL, Warszawa 1985 rozdział 12.3

Symbole podane w nawiasach po tytule ćwiczenia złożone z litery i cyfry oznaczają pozycje piśmiennictwa, których lektura wskazana jest aby przygotować się do wykonania ćwiczenia: litera oznacza odpowiedni podręcznik wg pozycji wymienionych w piśmiennictwie, a cyfra – numer rozdziału w tym podręczniku opisujący tematykę danego ćwiczenia. i tak np. pozycja B14 oznacza podręcznik F. Jaroszyka (red.), Biofizyka – podręcznik dla studentów, rozdział 14.

## Tematy seminariów z Biofizyki z elementami podstaw obrazowania w medycynie (11 h)

1. Tomografie bazujące na elektromagnetycznym promieniowaniu jonizującym: KT, SPECT, PET, 3 h.
2. Biomechanika, 2 h.
3. USG, 2 h.
4. Biofizyka zmysłu słuchu, 2 h.
5. Biofizyka zmysłu wzroku, 2 h.

### Zagadnienia na seminaria z Biofizyki z elementami podstaw obrazowania w medycynie

#### Se01. Tomografie bazujące na elektromagnetycznym promieniowaniu jonizującym: KT, SPECT, PET

Wytwarzanie i charakterystyka promieniowania rtg. (widmo ciągłe i charakterystyczne, graniczna długość fali, regulacja natężenia i przenikliwości promieniowania). Absorbpcja elektromagnetycznego promieniowania jonizującego przez tkanki i jej zależność od energii fotonów. Prawo Lamberta: współczynnik osłabiania, warstwa połowiająca.

Klasyczne zdjęcia rtg – zalety i wady odwzorowania. Technika zdjęć warstwowych. Zasady rentgenowskiej transmisyjnej tomografii komputerowej. Pomiar wartości liniowych i masowych współczynników osłabiania przez pomiar projekcji. Skala i jednostka Hounsfielda. Zasady budowy skanera tomografu rtg.

Tomografia spiralna, tomografia wiązki elektronowej (EBT). Tomografia komputerowa wiązką stożkową (CBCT).

Technika „okien” – centrum i szerokość okna. Przechyłczenna i gęstościowa zdolność rozdzielcza.

Kontrast w zdjęciach rentgenowskich i w technice tomografii komputerowej. Wielorzędowa tomografia komputerowa.

Angiografia, angiografia różnicowa, koronarografia, mammografia. Wady, zalety oraz zagrożenia związane z tomografią rentgenowską.

Spontaniczny rozpad promieniotwórczy ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ), aktywność źródła promieniotwórczego, prawo rozpadu promieniotwórczego: stała rozpadu, czas połowicznego rozpadu.

Zastosowanie radiofarmaceutyków w emisyjnej tomografii komputerowej:

– jednofotonowa emisyjna tomografia komputerowa SPECT (podstawy fizyczne, zasada działania, zdolność rozdzielcza, znaczniki izotopowe).

– pozytonowa emisyjna tomografia komputerowa PET (podstawy fizyczne zasada działania, zdolność rozdzielcza, znaczniki izotopowe).

#### Literatura:

L. Kubisz (redakcja naukowa), Biofizyka, Wydanie I, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A (PZWL Wydawnictwo Lekarskie), Warszawa 2024

F. Jaroszyk (red.), Biofizyka – podręcznik dla studentów, PZWL, Warszawa 2008.

F. Jaroszyk (red.), Biofizyka medyczna – skrypt dla studentów medycyny i stomatologii, Wydawnictwa Uczelniane Akademii Medycznej im. K. Marcinkowskiego, Poznań 1993.

#### Se02. Biomechanika, 2 h.

Systematyka ruchów, przywodzenie odwodzenie – zespoły przeciwstawne. Typy połączeń stawowych. Siła i moment siły. Siła wywierana przez mięsień – rodzaje skurczów mięśnia. Statyka – warunki równowagi, rodzaje równowagi. Klasy dźwigni; przekładnia dźwigni. Stabilność postawy w warunkach działania sił zewnętrznych. Posturografia.

Rozwiązywanie przykładowych problemów:

- staw łokciowy,
- obciążone, wyprostowane ramię,
- stabilność postawy przy działaniu sił wewnętrznych,
- stawanie na palcach.

#### Literatura:

L. Kubisz (redakcja naukowa), Biofizyka, Wydanie I, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A (PZWL Wydawnictwo Lekarskie), Warszawa 2024

F. Jaroszyk (red.), Biofizyka – podręcznik dla studentów, PZWL, Warszawa 2008.

J.W. Błaszczak, Biomechanika kliniczna, PZWL, 2004.

#### Se03. USG, 2 h.

Natura i klasyfikacja fal mechanicznych (infradźwięki, dźwięki, ultradźwięki), parametry ruchu falowego. Wpływ ośrodka na parametry fali ultradźwiękowej, prędkość propagacji fali impedancja akustyczna. Zjawiska i prawa związane z propagacją fal sprężystych w tkankach (odbicie, załamanie, tłumienie, cień akustyczny). Zasada działania i rodzaje głowic USG. Rekonstrukcja obrazu – metody prezentacji: A, B, M, 2D, 3D, 4D. Zdolność rozdzielcza obrazowania (podłużna, poprzeczna), procedura ogniskowania wiązki. Ultrasonografia dopplerowska (zjawisko Dopplera, metoda fali ciągłej, metoda fali pulsacyjnej, doppler spektralny, doppler kolor, doppler mocy). Echokardiografia i jej rodzaje. Efekty biologiczne ultradźwięków. Zagrożenia i korzyści badań USG. Zastosowanie ultrasonografii w przekroju specjalizacji medycznych

#### Literatura:

L. Kubisz (redakcja naukowa), Biofizyka, Wydanie I, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A (PZWL Wydawnictwo Lekarskie), Warszawa 2024

F. Jaroszyk (red.), Biofizyka – podręcznik dla studentów, PZWL, Warszawa 2008.

F. Jaroszyk (red.), Biofizyka medyczna – skrypt dla studentów medycyny i stomatologii, Wydawnictwa Uczelniane Akademii Medycznej im. K. Marcinkowskiego, Poznań 1993.

#### Se04. Biofizyka zmysłu słuchu

Dźwięk jako zjawisko fizyczne i psychofizyczne: Fala dźwiękowa. Cechy obiektywne i subiektywne dźwięku: ciśnienie akustyczne, natężenie, częstotliwość, widmo, głośność, wysokość i barwa dźwięku. Poziom natężenia dźwięku – skala decybelowa. Ocena głośności dźwięku, poziom głośności (fony). Pojęcie krzywych jednakowej głośności. Tor zmysłu słuchu: ucho zewnętrzne, ucho środkowe, ucho wewnętrzne, budowa ślimaka, droga słuchowa: powietrzna i kostna. Metody badania słuchu: subiektywne – audiometria tonalna i mowy, badania stroikowe, badania akumetryczne; obiektywne: otoemisje akustyczne, badania elektrofizjologiczne, audiometria impedancyjna. Wady narządu słuchu: niedosłuch odbiorczy, przewodzeniowy i mieszany, szumy uszne. Protezowanie niedosłuchów – aparaty rodzaje aparatów słuchowych, słuchowe na przewodnictwo powietrzne, aparaty słuchowe na przewodnictwo kostne, implanty słuchu – na przewodnictwo kostne, implanty ucha środkowego, implanty ślimakowe.

#### Literatura:

L. Kubisz (redakcja naukowa), Biofizyka, Wydanie I, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A (PZWL Wydawnictwo Lekarskie), Warszawa 2024

F. Jaroszyk (red.), Biofizyka – podręcznik dla studentów, PZWL, Warszawa 2008.

E. Hojan (red.), Protetyka słuchu, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2014.

#### Se05. Biofizyka zmysłu wzroku

Prawa optyki geometrycznej – zasady tworzenia obrazów przez układy optyczne. Budowa układu optycznego oka. Model układu optycznego oka.

Akomodacja oka i jej rodzaje. Oko miarowe. Wady wzroku: klasyfikacja i sposoby ich korekcji. Zdolność rozdzielcza układu wzrokowego.

**Literatura:**

L. Kubisz (redakcja naukowa), Biofizyka, Wydanie I, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A (PZWL Wydawnictwo Lekarskie), Warszawa 2024

F. Jaroszyk (red.), Biofizyka – podręcznik dla studentów, PZWL, Warszawa 2008.