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

1. Biofizyka układu krążenia i układu oddechowego
2. Biofizyka układu oddechowego
3. Biotermodynamiczne podstawy procesów transportu masy, energii i ładunku elektrycznego w organizmie cz.I
4. Biotermodynamiczne 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)
L11. Audiometria (A20*)
L12. Skiaskopia/ model oka (A19*)

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 y. 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 wyznaczania.
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 wewnętrznego, 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 wyznaczania. 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 promieniem naczynia. Przepływ cieczy w naczyniach sprężystych, fala tętna oraz analiza czynników wpływających na prędkość jej rozchodzenia się.

L11. Audiometria (A20*)
Fale akustyczne. Amplituda ciśnienia akustycznego. Cechy fizyczne: długość fali, częstotliwość, widmo, amplituda i natężenie fali mechanicznej. Cechy fizjologiczne: głośność, wysokość i barwa (barwa). Prawo Webera-Fechnera – poziom natężenia dźwięku, skala decybelowa. Próg słyszalności człowieka. Poziom głośności – skala foniczna. Krzywe izofoniczne – diagram Fletchera-Munsona, krzywe izofoniczne. Szacowanie progu słyszalności i krzywa jednakowej głośności. Audiogram.

L12. Skiaskopia/ model oka (A19*)
Podstawowe prawa optyki geometrycznej: prawo odbicia światła, prawo załamania światła (prawo Snelliusa); współczynnik załamania; zależność współczynnika załamania światła od długości fali. Soczewki: klasyfikacja rodzajów soczewek (skupiające, rozpraszające, toryczne). Tworzenie obrazów przez soczewki skupiające i rozpraszające, wzór szlifierzy soczewek, równanie soczewki cienkiej. Zdolność skupiająca układu soczewek. Wady układów optycznych: aberracje sferyczna i chromatyczna, astygmatyzm. Budowa układu optycznego oka. Punkt daleki i refrakcja oka – definicje. Akomodacja oka, punkt bliski, amplituda akomodacji. Wady refrakcji oka i zasady ich korekcji. Wyznaczanie refrakcji oka metodą skiaskopii. Budowa i zasada działania refraktometru.

Umowa o znakach w optyce. Układ soczewek – moc właściwa układu soczewek; Zasady tworzenia obrazów przez układy optyczne. Budowa układu optycznego oka. Akomodacja oka: punkt bliski i daleki. Amplituda akomodacji i jej zmiany zachodzące z wiekiem (presbiopia); Inne rodzaje akomodacji: widzenie przestrzenne, adaptacja do oświetlenia (źrenica), widzenie skotopowe i fotopowe - wrażliwość widmowa oka; Zdolność rozdzielcza oka: zdolność rozdzielcza układu optycznego oka (kryterium Rayleigha) oraz zdolność rozdzielcza siatkówki; Wady miarowości wzroku. Refrakcja. Skiaskopia jako metoda wyznaczania refrakcji; Zasada korekcji wad.

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. Pilawski (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). Absorbcja elektromagnetycznego promieniowania jonizującego przez tkanki i jej zależność od energii fotonów. Prawo Lamberta: współczynnik osłabiania, warstwa połowiąca.

Klasyczne zdjęcia rtg – zalety i wady odwzorowania. Technika zdjęć warstwowych. Zasady rentgenowskiej transmisyjnej tomografii komputerowej. Pomiar wartości liniowych i masowych spółczynników 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. Przestrzenna 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 (α, β, γ), 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 zewnętrznych,
- 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. Błaszczyk, 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.