

OPĆE INFORMACIJE		
Naziv predmeta	Nuklearna medicina	
Nositelj predmeta	Prof. dr. sc. Ivica Mihaljević	
Suradnici		
Studijski program	Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij Medicina na njemačkom jeziku	
Status predmeta	Obvezni	
Godina studija, semestar	4. godina, 8. semestar	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	3
	Broj sati (P+S+V)	40 (15+10+15)
OPIS PREDMETA		
Ciljevi predmeta		
<p>Upoznavanje s dijagnostičkim i terapijskim postupcima u nuklearnoj medicini te indikacijama za njihovu racionalnu primjenu. Upoznavanje sa specifičnostima rada s otvorenim izvorima zračenja, konceptom radiofarmaka, osnovnim standardima sigurnosti i principima zaštite od ionizirajućeg zračenja. Studenti nakon nastave trebaju biti sposobni racionalno i stručno razumjeti indikacije za najčešće dijagnostičke i terapijske postupke u nuklearnoj medicini, uvažavajući princip opravdanosti, optimizacije i ograničenja doza. Upoznavanje s hibridnim tehnologijama oslikavanja, principima zaštite profesionalno izloženih osoba i javnosti. Poznavanje najčešćih bolesti štitnjače, racionalne dijagnostike i izbora terapijskog pristupa</p>		
Uvjeti za upis predmeta		
<p>Za ovaj kolegij nema posebnih uvjeta osim onih definiranih nastavnim planom i programom cijelog studijskog programa.</p>		
Ishodi učenja na razini programa kojima predmet pridonosi		
1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 4.1, 4.2		
Očekivani ishodi učenja za predmet (5-10 ishoda učenja)		
<p>ZNANJA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Radiofarmaci i radionuklidi-definicija, nabrojiti i opisati najvažnije dijagnostičke, terapijske radionuklide i njihove fizikalne karakteristike (energiju zračenja i fizikalni poluživot). Pojam idealnog radiofarmaka, mehanizmi biodistribucije. Opisati proizvodnju radiofarmaka, princip generatora. 2. Opisati instrumentaciju u nuklearnoj medicini i načela stvaranja planarne slike na gama kameri, te osnove rekonstrukcije u SPECT i PET tomografiji 3. Opisati i prepoznati dodatni doprinos hibridnih tehnologija (SPECT/CT i PET/CT) 4. Nabrojiti najčešće primjenjivane nuklearno medicinske slikovne (tj. „in vivo“) dijagnostičke metode i radiofarmake, prema organskim sustavima 5. Definirati i opisati ulogu nuklearne medicine u dijagnostici hitnih stanja 6. Terapijski postupci u nuklearnoj medicini- razlikovati dijagnostičku i terapijsku primjenu radiofarmaka, sažeti fizikalne, kemijske i biološke temelje za upotrebu radionuklida u terapiji bolesti, navesti primjere terapijskih radionuklida 7. Dijagnostika i liječenje bolesti štitnjače-navesti fizikalne osobine joda-123,131, ali i razlike prema drugim izotopima joda (jod 123, jod 125, jod 124), raspraviti svrhu mjerenja akumulacije radiojoda i scintigrama kod benignih bolesti koje se mogu liječiti radiojodom; objasniti kako se radiojod koristi u algoritmu liječenja bolesnika s rakom štitnjače 8. Opisati načela rada s otvorenim izvorima zračenja i zaštite pri radu s njima te prepoznati činjenicu da je u nuklearnoj medicini bolesnik izvor zračenja. Kontaminacija-pojam, putevi. 		
VJEŠTINE		

1. Demonstrirati vještinu sigurnog rada s otvorenim izvorima zračenja i zaštite pri radu s njima. Pravilna primjena zaštitnih sredstava i mjera zaštite pri izlaganju ionizirajućem zračenju. Sprječavanje kontaminacije, postupci nakon otpusta bolesnika s terapijski primjenjenim radionuklidom.
2. Adekvatno pripremiti i informirati bolesnika za dijagnostički postupak otvorenim radionuklidima, posebice žena generativne dobi, razlučiti apsolutne kontraindikacije. Prepoznati posebno štice skupine bolesnika u radijacijskoj zaštiti. Usvojiti načelo optimizacije, opravdanosti i ograničavanja.
3. Interpretirati najčešća odstupanja nalaza T4/FT4, T3/FT3, TSH, TPOAb, TRAb. Razumjeti koncept referentnog raspona, fiziologiju povratnih sprega. Prepoznati kliničke slike hipertireoze i hipotireoze. Racionalni pristup dijagnostici bolesti štitnjače. Pristup čvoru i guši.
4. Osnove liječenja tireostaticima i LT4. Najčešće nuspojave i postupak.
5. Razumjeti nalaz ultrazvuka štitnjače, vratnih organa i citološke analize.
6. Primjena najvažnijih radiofarmaka i dijagnostičkih postupaka prema organskim sustavima, prema vodećim indikacijama
7. Osnovno razumijevanje PET/CT nalaza, posebice 18F-FDG. Način pripreme bolesnika, poznavanje indikacijskih listi u onkološkoj primjeni. Razumjeti i objasniti značaj hibridne dijagnostik

Sadržaj predmeta

Radioaktivni obilježivači u biologiji i medicini: odnos morfologije i funkcije. Nuklearna medicina i njezine posebnosti. Radioaktivnost, nuklidi. Izotopi u medicini. Nuklearna medicina kao in vivo aplikacija radio-obilježivača. Primjena otvorenih radionuklida u dijagnostici in vivo i in vitro i u liječenju. Proizvodnja radioaktivnih obilježenih spojeva (radiofarmaka). Mjerenje radioaktivnosti, brojači. Ponašanje radioaktivnih tvari u tijelu. Istodobnost ispitivanja morfologije i funkcije organa i organskih sustava. Molekularna nuklearna medicina: obilježavanje kompleksnih spojeva, receptora, specifičnih monoklonskih protutijela, metabolita i lijekova. *Scintigrafija: uređaji, gama kamera, SPECT, obrada scintigrama računalom i PET/CT.* Fizikalne osnove nuklearne medicine. Osnovni tipovi radioaktivnog raspada. Interakcija α , β i γ zračenja s materijom. Detekcija radioaktivnosti i efikasnost detektora. Građa gama scintilacijskog brojača. Analizator impulsa, brojački sustav i vizualizacija. Dijagnostički uređaji: gama kamera, SPECT (jednofotonska emisijska kompjutorizirana tomografija) kamera i PET/CT (pozitronska emisijska tomografija/ kompjutorizirana tomografija). *Radiofarmaci: proizvodnja i pripravci radionuklida (radiofarmaka). Mehanizmi biodistribucije.* Definicija, podjela i izbor radiofarmaka. Svojstva idealnog radiofarmaka i radionuklida. Kontrola kvalitete radiofarmaka. Putovi primjene radiofarmaka, mehanizmi distribucije, poluvremena. Radionuklidni generatori. Fizikalna svojstva najčešće korištenih izotopa u nuklearnoj medicini. ^{99m}Tc i njime obilježeni radiofarmaci. Dijagnostički radiofarmaci. Radiofarmaci u nefrourologiji: (MAG3, DTPA, ECD, DMSA), kardiologiji (^{201}Tl , SESTAMIBI i tetrofosmin), hepatologiji (IDA derivati i koloidi), pulmologiji (MAA, Technegas, aerosoli i plemeniti plinovi), neurologiji (HMPAO, ECD, i ioflupan), osteologiji (bisfosfonati), upalnim bolestima (^{67}Ga , monoklonska protutijela i leukocitni obilježivači). ^{131}I , ^{123}I . Terapijski radionuklidi i radioimunoterapija. *Dijagnostika i liječenje bolesti štitnjače: mjerenje akumulacije radiojoda, scintigrafija, ultrazvuk, citologija.* Bolesti štitnjače. Autoimune bolesti. Endokrina orbitopatija. Guša, čvorovi. Tumori štitnjače. Patologija, epidemiologija i klinika. Prirodne bolesti. Hipotireoza, hipertireoza, podjela i najčešći etiološki uzroci. Dijagnostika bolesti štitnjače. Radionuklidna ispitivanja, in vitro testovi. UZV, citološka analiza. *Imunoanaliza u određivanju koncentracija hormona, protutijela i tumorskih markera štitnjače.* Koncept i principi radioimunoassay-a. Podjela RIA metoda. Kompetitivna i nekompetitivna RIA s izvedenicama i usporedba s konkurentskim metodama. Hormoni štitnjače: biosinteza, serumski transport, razdioba i hipotalamo-hipofizna os. Slobodi i ukupni T4 i T3. Tireoidna autoantitijela (TPOAb, TRAb, TgAb): epidemiologija, funkcijski, klinički i patološki značaj, uloga u dijagnostici i prognozi bolesti štitnjače. Tumorski biljezi u tireologiji: tireoglobulin, kalcitonin i uloga u praćenju bolesnika. *Liječenje bolesti štitnjače.*

Farmakološko i radikalno liječenje imunohipertireoze. Nadomjesno hormonsko liječenje. Kirurško liječenje bolesti štitnjače i radiojodna terapija Mb Basedow, toksičnog adenoma i toksične čvoraste guše. Metode izračuna terapijske aktivnosti ^{131}I kod benignih bolesti štitnjače. Tehnike aplikacije, standardni operativni postupci u terapiji radionuklidima i uvjeti otpusta s hospitalizacije. Smjernice za izbor liječenja. Difuzne i čvoraste netoksične guše i endemska gušavost. Jodiranje soli. Dijagnostički algoritmi evaluacije čvorastih guša i indikacije za radikalni tretman i PH verifikaciju. Principi kirurškog liječenja bolesti štitnjače i opsezi resekcije. Dijagnostika i liječenje subakutnog tireoiditisa. Principi zbrinjavanja, dijagnostičke obrade i kirurškog liječenja supurativnog tireoiditisa. *Nuklearna medicina u kardiologiji, perfuzijska scintigrafija miokarda.* Funkcijski aspekti dijagnostike u kardiologiji: perfuzija, metabolizam, vijabilnost i kinetika miokarda. Radiofarmaci u perfuzijskim studijama (^{201}Tl , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ agensi: SESTAMIBI, tetrofosmin). Mehanizmi akumulacije i distribucije perfuzijskih agensa. Perfuzija i metabolizam miokarda u ishemijskoj bolesti srca, koncept reverzibilnog i ireverzibilnog defekta. Indikacije za perfuzijsku scintigrafiju miokarda, tehnike izvedbe i oslikavanja, farmakološko i fizičko opterećenje. SPECT i gated-SPECT. Značaj perfuzijske scintigrafije u dijagnostici ishemijske bolesti srca, prognozi i stratifikaciji rizika prije i nakon revaskularizacije. Ispitivanja metabolizma miokarda (^{18}F -FDG PET). Vijabilnost i hibernacija. Detekcija i kvantifikacija shunta. Vrste shuntova. *Nuklearna medicina u onkologiji.* PET/CT i PET/MR. Molekularno oslikavanje. Metabolizam (FDG, aminokiseline), proliferacija, hipoksija, antigeni i receptori (somatostatin). Prednosti funkcionalnog oslikavanja. Fuzija funkcije i morfologije. ^{18}F -FDG. Indikacije: diferencijacija benigno vs maligno, NM staging, učinak terapije (restaging) i prognostikacija, vijabilnost i recidiv, CUP. Sijela, refundirane indikacije. Pregled reprezentativnih indikacija. Novi radiofarmaci: ^{68}Ga DOTA* (NET), ^{18}F -kolin (prostata), ^{11}C -Met. Neuroendokrini tumori, SSTR (^{68}Ga -DOTATOC, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Tektretotide), $^{123/131}\text{I}$ -MIBG. *Nuklearna medicina u gastroenterologiji.* Nuklearno-medicinska dijagnostika infekcija/upala. Scintigrafska snimanja u gastroenterologiji. Scintigrafija jednjaka, motilitet: radiofarmaci, kliničke indikacije, priprema, postupak snimanja, vizualna analiza i kvantifikacija. Krivulje prolaska aktivnosti kroz jednjak. Scintigrafija gastroezofagealnog refluksa. Scintigrafija RES jetre i slezene s $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -(S) koloidom: kliničke indikacije. Scintigrafija slezene (denaturirani E): kliničke indikacije. Hepatobilijarna scintigrafija ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -IDA): priprema, radiofarmaci, kliničke indikacije, postupak snimanja. Prikaz normalne eliminacije $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HIDA iz jetrenog parenhima, i patoloških nalaza. Scintigrafija gastrointestinalnog krvarenja: najčešća mjesta krvarenja iz GI trakta, lokalizacija krvarenja. Kriteriji patološkog nalaza, radiofarmaci, postupak snimanja i normalan nalaz. Karakteristike radiofarmaka: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -(S) koloid i $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -eritrociti. Scintigrafija Meckelovog divertikula: kliničke indikacije, radiofarmak, priprema i postupak snimanja i opis nalaza. Scintigrafija hemangioma jetre s $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -eritrocitima. Apsorpcijske studije: Schillingov test. *Nuklearna medicina u nefrologiji i urologiji.* Parcijalne renalne funkcije: perfuzija, protok plazme, GF i klirensi. Radiofarmaci u nefrourologiji. Farmakokinetika i dinamika tubularnih (MAG3, OIH), glomerulskih (DTPA) agensa i agensa kortikalne tubularne mase (DMSA). Osnovni principi renografije: izvedba, vrsta i analiza renograma. Statička, dinamička i diuretska scintigrafija bubrega i kliničke indikacije. Dijagnostika renovaskularne hipertenzije. *Nuklearna medicina u neurologiji.* Radionuklidna ispitivanja mozga, SPECT i PET/MR. Indikacije: cerebrovaskularne bolesti, neuroonkologija, bolesti bazalnih ganglija, epileptogeni fokusi, kognitivna disfunkcija i demencije. Protok i perfuzijska rezerva (HMPAO, ECD, ^{15}O -H₂O, ^{133}Xe), metabolizam (FDG, aminokiseline-Met, FET), receptorske i transmitterske studije. Parkinsonov sindrom, sastavnice. Radiofarmacija dopaminske neurotransmisije. ^{123}I -FP-CIT/IBZM, ^{18}F -DOPA. Diferencijalna dijagnoza. *Zaštita od zračenja: osnove dozimetrije, biološki učinci ionizirajućeg zračenja i medicinski postupci u slučaju prekomjernog ozračenja.* Izloženost zračenju. Dozimetrija i ALARA-princip. Zaštitna sredstva i mjere zaštite. Doze ozračenja i dozimetrijske jedinice: apsorbirana, ekvivalentna i efektivna doza. Utjecaj ekvivalentne doze zračenja na čovjeka. Zbivanja u organizmu nakon ozračivanja. Dijelovi stanice najosjetljiviji na ionizirajuće zračenje. Osjetljivost tkiva na ionizirajuće zračenje. Genetske mutacije i kromosomske aberacije. Čimbenici koji utječu na biološka oštećenja uzrokovana ionizirajućim zračenjem. Podjela učinaka zračenja. Djelovanje prekomjernog zračenja na organizam. Zaštita. Postupci u slučaju prekomjernog ozračivanja ili kontaminacije.

Nuklearna medicina u ispitivanju koštanog sustava: scintigrafija kosti i zglobova i koštane srži. Osteotropni radiofarmaci, difosfonati. Mehanizam bioraspodjele. Postupci izvođenja, planarne, troetapne i SPECT studije. Normalni nalaz. Osteoblastičke i osteolitičke lezije. Kliničke indikacije: primarni tumori kosti (benigni i maligni), metastatski tumori kosti, reumatske bolesti, aseptična nekroza, osteomijelitis (^{99m}Tc-HMPAO, ¹¹¹In-leukociti, ^{99m}Tc-MAK), frakture (stresne frakture, vijabilnost), metaboličke bolesti skeleta, protetika zglobova, trauma. ¹⁸FDG-PET/CT kod upala i tumora kosti.

Vrste izvođenja nastave	<input checked="" type="checkbox"/> predavanja	<input type="checkbox"/> samostalni zadaci
	<input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice	<input type="checkbox"/> multimedija i mreža
	<input checked="" type="checkbox"/> vježbe	<input type="checkbox"/> laboratorij
	<input type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu	<input type="checkbox"/> mentorski rad
	<input type="checkbox"/> terenska nastava	<input type="checkbox"/> ostalo

Obveze studenata

Pripremiti se za nastavu proučavanjem predložene literature vezane uz pojedine nastavne cjeline i aktivno sudjelovati u svim oblicima nastave. Student mora prisustvovati na minimalno 70% svih oblika nastave.

Praćenje rada studenata

Pohađanje nastave	x	Aktivnost u nastavi	x	Seminarski rad		Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit	x	Usmeni ispit	x	Esej		Istraživanje	
Projekt		Kontinuirana provjera znanja		Referat		Praktični rad	
Portfolio							

Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Rad studenata vrednuje se tijekom nastave i na završnom ispitu. Studenti se ocjenjuju brojačno i opisno (nedovoljan (1), dovoljan (2), dobar (3), vrlo dobar (4), izvrstan (5)). Tijekom nastave student će moći sakupiti maksimalno 100 ocjenskih bodova. Studenti mogu tijekom nastave kroz različite oblike aktivnosti steći maksimalno 20 bodova. Na završnom ispitu studenti mogu steći maksimalno 80 bodova. Konačna ocjena predstavlja zbroj ocjenskih bodova ostvarenih tijekom nastave i na završnom ispitu.

Obvezatna literatura

1. Schicha H, Schober O. Nuklearmedizin: Basiswissen und klinische Anwendung. Schattauer; Auflage: 6. 2007.

Dopunska literatura

- Büll U, Schicha H, Biersack HJ, Knapp WH, Reiners C, Schober O. Nuklearmedizin. Thieme; Auflage: 4, 2007.
- Dietlein M, Kopka K, Schmidt M. Nuklearmedizin: Basiswissen und klinische Anwendung. Schattauer; Auflage: 8, 2017.
- Grünwald F, Derwahl KM. Diagnostik und Therapie von Schilddrüsenkrankheiten: Ein Leitfaden für Klinik und Praxis. Lehmanns; Auflage: 2, 2016.
- <http://www.snm.org> (Society of Nuclear Medicine)
- <http://www.eanm.org> (European Association of Nuclear Medicine)
- <http://www.nuklearmedizin.de> (DGN, Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin)

Broj primjeraka obvezatne literature u odnosu na broj studenata koji trenutačno pohađaju nastavu na predmetu

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata
Schicha H, Schober O. Nuklearmedizin: Basiswissen und klinische Anwendung. Schattauer; Auflage: 6. 2007.	20	60

Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

Kvaliteta izvedbe kolegija prati se putem anonimne studentske ankete o kvaliteti organizacije i održavanja nastave, sadržaju predmeta, radu nastavnika. Ocjenjuju se korisnost predavanja

iz perspective studenata, nastavni sadržaj, pripremljenost nastavnika, jasnoća izlaganja, količina novih sadržaja i kvaliteta prezentacije. Administrativno se uspoređuje nastavni plan i njegovo izvršenje. Kontrolira se i analizira sudjelovanje studenata u predavanjima i vježbama te razlozi izostanaka