

Tematické okruhy

ke státní doktorské zkoušce v rámci doktorského studijního programu Biomedicínské inženýrství

V programu Biomedicínské inženýrství je státní doktorská zkouška složena ze dvou tematických okruhů: První okruh je stanoven v závislosti na zvolené oblasti biomedicínské inženýrství. Student skládá zkoušku z okruhu náležejícímu k modulu, který je zapsán v jeho individuálním studijním plánu a který pokrývá jednu ze základních oblastí biomedicínské inženýrství. Obsahovou náplň druhého okruhu navrhuje školitel (schvaluje předseda oborové rady) jako soubor teoretických témat souvisejících se zaměřením disertační práce. Součástí druhého okruhu je i diskuse o obsahu a teoretických souvislostech připravované disertační práce.

Tematické okruhy náležející k jednotlivým modulům:

A. Biotechnologie, biomateriály a nanotechnologie, tkáňové inženýrství, biosenzory
Živočišná buňka, intra a extracelulární poměry, buněčný metabolismus. Iontová rovnováha, transportní kanály, impedanční vlastnosti buněk a tkání, metody voltage-clamp, patch-clamp. Termodynamika buněčných procesů. Biomateriály a jejich použití pro medicínu, definice, biokompatibilita, rozdělení podle složení a struktury, využití nanotechnologií, uplatnění pro materiálové nosiče a nosiče léčiv. Základní vlastnosti biomateriálů (kovy a slitiny, uhlík, kompozitní a polymerní materiály, keramika, sklo). Preklinické testování materiálů a nosičů. Problematika GLP, GMP. Technologie pro implantáty a biosenzory, PVD a CVD depoziční technologie, napařovací a naprašovací metody. Lékařské aplikace laserových tenkých vrstev. Získávání tkání a buněk, tkáňové banky. Biokompatibilita tkáňových nosičů, modifikace pro snížení cytotoxicity a zvýšení proliferace. Decelularizace tkání, využití allo- a xenograftů v medicíně. Implantabilní buněčné nosiče a jejich osídlování buňkami, využití pro cévní náhrady. Kultivace buněk a tkání, dynamické kultivační systémy. Mikrosystém a BioMEMS, definice, vlastnosti a parametry biosenzorů a bioaktuátorů, převodní charakteristika, chybové veličiny, rozlišení, citlivost, selektivita, používané fyzikální jevy a mechanismy, uplatnění nanotechnologií. Senzory pro monitorování fyzikálních a biochemických látek v krvi (plyn, průtok, tlak apod.), senzory enzymů a mikrobiologických látek, senzory DNA/antigen-antibody.

B. Biomechanika, rehabilitační inženýrství, protézy a umělé orgány

Mechanika muskuloskeletálního systému, způsoby zatížení a deformace částí svalově-kosterního systému. Mechanika hlavy a krku. Biomechanika hrudníku a účinek břicha. Biomechanika chůze a stabilita, biomechanika horních a dolních končetin. Hodnocení pohybů, hodnocení chůze. Kinematika a dynamika pohybu, práce a výkon, určení sil a momentů, transformace sil a momentů, transformace energií, určení silových poměrů. Materiály v biomechanice a jejich vlastnosti, biomateriály, biokompatibilita, bioaktivní materiál, komposity, sterilizační techniky. Materiálové vlastnosti kostí, svalů, vazů. Náhrady kostí a kloubů. Zlomeniny a fixátory. Implantáty, charakteristika, rozdělení a materiály. Rozdělení motorických postižení. Rozdělení rehabilitačních a kompenzačních pomůcek, standardy, doporučení a předpisy pro vývoj technologií. Pomůcky v diagnostice a rehabilitaci pohybového aparátu, konstrukce ortopedických a

protetických pomůcek, exoprotézy a endoprotézy, kloubní náhrady, pohonné a senzorové podsystémy protetických pomůcek. Metody hodnocení rehabilitačního procesu. MoCap systémy. Biologická zpětná vazba jako prostředek pro rehabilitaci. Problematika kognitivních poruch a možnosti technické podpory. Využití robotiky v rehabilitačním inženýrství. Bionické náhrady končetin. Rozhraní mozek–počítač (BCI), principy a omezení. Umělé srdce a přístroje pro podporu krevního oběhu. Náhrady chlopní, vaskulární implantáty. Umělé plíce a zařízení pro výměnu krevních plynů. Umělá ledvina. Zařízení pro peritoneální dialýzu. Podpora funkce jater. Umělá slinivka.

C. Klinické inženýrství

Klinické inženýrství jako soubor procesů (indikátory hodnocení, hodnocení efektivnosti, zvyšování kvality). Řízení kvality ve zdravotnictví, standardy ve zdravotnictví. Metody pro analýzu procesů ve zdravotnictví, identifikace rizik v procesech zdravotnických zařízení a jejich hodnocení. Modelování procesů v managementu zdravotnické techniky, modelování řízení rizik, související matematický aparát. Řízení projektů, analýza zdrojů a nákladů, síťová analýza. Rozhodovací procesy, klasifikace, formalizace rozhodovacího procesu. Logistika. Ekonomická podstata zdravotnických služeb, systém veřejného zdravotního pojištění. Hodnocení kvality zdravotní péče, systémy řízení kvality, certifikace, akreditace, notifikace a autorizace. Hodnocení zdravotnické techniky (HTA), analýza citlivosti, nákladová analýza, hodnocení zdravotnické techniky na úrovni poskytovatele (Hb-HTA). Zkoumání horizontu perspektivní a inovativních technologií (Horizon scanning). Studie proveditelnosti se zaměřením na zdravotnickou techniku. Evropská legislativa a legislativa v ČR zaměřená na zdravotnické prostředky. Technické požadavky na zdravotnické přístroje, uvedení zdravotnických přístrojů na trh. Bezpečnost zdravotnických prostředků, rizikové faktory. Management a provoz zdravotnické techniky, podmínky pro zdravotnická zařízení, odborná správa přístrojových zdravotnických prostředků na straně poskytovatele zdravotní péče. Základní struktura lékařských přístrojů a systémů, diagnostické přístroje a zobrazovací systémy, laboratorní přístroje, přístroje pro podporu a udržování životních funkcí. Informační systémy ve zdravotnictví, klinická dokumentace, eHealth, systémy pro podporu rozhodování a řízení zdravotnických zařízení. Medicína založená na důkazech, klinický výzkum, klinické studie, jejich design a rizika, preklinické hodnocení, správná laboratorní praxe.

D. Lékařské přístroje a systémy

Snímání elektrických veličin, snímání neelektrických veličin. Artefakty. Biopotenciály, stimulace a evokované biosignály. Zesilovače biopotenciálů. Základní struktura lékařských přístrojů a systémů, diagnostické a terapeutické přístroje. Přístroje pro neinvazivní vyšetření fyziologických funkcí, monitorování vitálních funkcí. Měření krevního tlaku. Pulzní oxymetrie. Pneumometrie, měření parametrů dechových funkcí. Ultrazvukové měřicí/zobrazovací systémy. Rentgenové diagnostické přístroje. Magneticko-rezonanční zobrazovací systémy. Měření bioimpedance. Měření srdečního výdeje. Laboratorní přístroje, separační, spektrální a nespektrální metody v klinické laboratoři. Měření a analýza krevních plynů, elektrochemické a optické měření, kapnometrie a kapnografie. Infuzní pumpy a lineární dávkovače. Stimulátory, kardiostimulátory, defibrilátory (externí, implantabilní), kardiovertery. Umělé srdce a

přístroje pro podporu krevního oběhu. Náhrady chlopní. Vaskulární implantáty. Umělé plíce a zařízení pro výměnu krevních plynů. Umělá ledvina. Zařízení pro peritoneální dialýzu. Podpora funkce jater. Umělá slinivka. Plicní ventilátory. Anesteziologické přístroje. Elektrochirurgické přístroje. Radioterapeutické přístroje. Lékařské přístroje a zařízení používané v domácí péči. Možnosti aplikace simulátorů, testerů a analyzátorů. Uvedení zdravotnických přístrojů na trh.

E. Systémová fyziologie, modelování, neuroinženýrství

Termodynamika živých systémů, principy a klasifikace biologických transportů. Principy homeostázy a adaptace. Energetika živých systémů: vznik a užití chemické, mechanické, elektrické a tepelné energie. Struktura a základní funkce buňky. Klidový membránový potenciál, akční potenciál, Nernstova rovnice. Fyziologie kardiovaskulárního systému. Fyziologie dýchacího systému. Fyziologie gastrointestinálního systému. Fyziologie vylučovacích systémů. Vnitřní prostředí. Fyziologie pohybového aparátu. Fyziologie řídicích systémů. Principy modelování ve fyziologii, přímá a inverzní úloha modelování, identifikace fyziologických systémů. Validace modelů. Dynamické systémy. Stochastické systémy. Kompartmentové modely fyziologických systémů. Model kardiovaskulárního a respiračního systému a jejich řízení. Modelování elektrického pole srdce, přímá a inverzní úloha v kardiologii. Modely buněčné membrány. Farmakokinetika a její modelování. Numerické metody pro počítačové modelování. Metoda konečných prvků. Modelování šíření tepla v technických systémech a biologických tkáních. Neurotechnologie, neuroanatomie a neurofyziologie. Biologická zpětná vazba (biofeedback). Virtuální realita.

F. Zobrazovací systémy a analýza obrazu v lékařství

Obrazové senzory. Přenosové vlastnosti zobrazovacích soustav. Ultrazvukové zobrazovací systémy, dopplerovské systémy. Endoskopické zobrazovací systémy. Termovizní zobrazovací systémy. RTG a RTG-TV systémy. Systémy digitální radiografie, digitální subtraktivní angiografie. Výpočetní tomografie (CT), používané rekonstrukční metody. 3D mamografie. Funkční zobrazování v nukleární medicíně, metody SPECT a PET. Magnetická rezonance, zobrazování magnetickou rezonancí (MRI), fyzikální princip, parametry přístrojů klinických a experimentálních, impulsové sekvence, fantomy, kompatibilita MRI a implantátů, návrh cívek pro MRI a hodnocení homogenity magnetického pole. Funkční MRI, kontrastní látky. Elektrická impedanční tomografie (EIT). Mikrovlnná tomografie. Hybridní zobrazovací systémy, fúzování obrazů. Digitální obraz a jeho vlastnosti, zpracování digitálního obrazu. Předzpracování v prostoru obrazů, lineární a nelineární metody, transformace jasu, filtrace šumu, detekce hran, detekce významných bodů/oblastí. Zpracování obrazu frekvenčními metodami (Fourierova transformace). Segmentace a prahování, měření tvarových charakteristik objektu v obraze. Metody matematické morfologie v analýze obrazu. Popis objektů, získání příznaků pro statistickou klasifikaci, základní metody statistického rozpoznávání. Metoda hlavních směrů (PCA) pro obrazy.

G. Zpracování a analýza biosignálů

Snímání elektrických veličin, snímání neelektrických veličin. Artefakty. Biopotenciály, stimulace a evokované biosignály, elektrody pro snímání biopotenciálů.. Geneze a charakteristiky biosignálů. Elektroneurogram, CMAP, SNAP. H-reflex, F-reflex. Biosignály kosterních svalů, EMG, MMG, reflexy šlach. Vektor depolarizace srdečního svalu, svodové systémy EKG, vznik křivky EKG, souvislost tvaru EKG křivky s alterací depolarizace srdečního svalu, vektorkardiografie, izopotenciálové mapování, fonokardiografie, sfygmografie, apexkardiografie, MKG, polygrafické metody v kardiologii. Elektrická aktivita mozku, geneze signálů mozku, elektrody a svodový systém pro EEG, charakteristické EEG rytmy, EEG systém, evokované EEG, MEG. Geneze signálů v oku, elektroretinografie, ERG, elektrookulogram, nystagmus. Geneze signálů sluchového ústrojí, audiometrie, impedanční audiometrie, ERA, BERA. Signály rovnovážného ústrojí. Biosignály v porodnictví. Reografické metody. Elektrogastrografie, EGG. Polysomnografie. Zpracování biomedicínských signálů (řetězec), diskretizace, vzorkování, aliasing, analogová filtrace, A/D a D/A převod. Pojmy informace, informační entropie, systém, signál. Střední vzájemná informace. Analýza biosignálů v časové a frekvenční oblasti. Stochastický signál, stacionarita. Segmentace biologických signálů. Fourierova transformace, DFT, FFT. Spektrální analýza. Spektrální výkonová hustota. Periodogram a metody jeho výpočtu. Vzájemné spektrum, koherence a fáze, kordance. Vlnková transformace. Digitální filtrace, filtry FIR a IIR, metody návrhu. Metody automatické klasifikace pro zpracování biologických signálů, neuronové sítě, shluková analýza, K-means algoritmus. Redukce dimenze, PCA, ICA. Komprese biomedicínských signálů.