



**Ciências
ULisboa**

Bioeletricidade e Eletrofisiologia

Código: 431171

ECTS: 6

Ano Letivo: 2015/16

Carga horária: T: 3:00 h; TP: 2:00 h; OT: 1:00 h;

Departamento: Física

Área Científica: Engenharia Biomédica;

Objetivos da Unidade Curricular

No final desta unidade curricular espera-se que os estudantes:

- Compreendam os mecanismos de geração de potenciais de ação nos neurónios e a sua propagação;
- Conheçam as formas de modelar matematicamente o potencial de membrana em neurónios.
- Compreendam os mecanismos eletro-fisiológicos essenciais que explicam a geração de correntes elétricas no corpo humano;
- Compreendam conceitos de eletromagnetismo essenciais para explicar fenómenos de bioeletricidade e biomagnetismo;

As competências a desenvolver são a capacidade de resolver problemas de bioeletricidade e biomagnetismo, de forma analítica ou recorrendo a simulações numéricas.

Pré-requisitos

- Eletrónica Analógica e Digital (34741)
- Eletromagnetismo A (34745)
- Circuitos Elétricos e Sistemas Digitais (34748)
- Ondas Eletromagnéticas e Óptica (34762)

Conteúdos

Revisões de eletromagnetismo e conceitos importantes de eletrónica

Potenciais bioeléctricos

Canais iónicos

Potenciais de ação

Propagação dos potenciais de ação

Estimulação elétrica

Fontes e condutores volúmicos

Modelos de fontes

Análise de fontes e condutores volúmicos

Teoria das medições biomagnéticas

Electroencefalografia

Magnetoencefalografia

Descrição detalhada dos conteúdos programáticos

Componente Teórica

Revisões de eletromagnetismo e conceitos importantes de eletrónica: Introdução às equações de Maxwell (em formulação diferencial e integral); aproximações quasi-eletoestática e quasi-magnetoestática; circuitos RC em série e em paralelo.

Potenciais bioeléctricos: Equação de Nernst-Planck; modelo das condutâncias paralelas; equilíbrio de Donnan.

Canais iónicos: Métodos de patch-clamp; gating dos canais iónicos; cinética macroscópica dos canais; estatística dos canais.

Potenciais de ação: Principais características dos potenciais de ação; experiências de voltage-clamp; o modelo de Hodgkin-Huxley; métodos numéricos de resolução das equações de Hodgkin-Huxley; período refratário; excitação anode-break; efeito da temperatura.

Propagação de potenciais de ação: Modelo do núcleo condutor; relações entre correntes axiais, correntes transmembranares e os potenciais intra- e extracelulares; circuitos locais de correntes; métodos numéricos de resolução das equações de Hodgkin-Huxley com propagação.

Estimulação elétrica: Curva de intensidade-duração para estimulação elétrica de uma célula esférica pequena; equação do cabo para uma fibra cilíndrica; significado da constante de espaço e de tempo; resolução da equação do cabo para casos particulares; aplicação ao caso de uma fibra cilíndrica estimulada por um eléctrodo pontual externo.

Fontes e condutores volúmicos: Resolução da equação de Poisson num meio homogéneo e infinito; forma geral da solução da equação de Poisson para meios heterogéneos; tipos de modelos para as fontes; problema inverso e problema direto.

Modelos de fontes: Potencial elétrico induzido por um monopólo e dipólo de corrente; potencial induzido por uma fibra cilíndrica.

Análise de fontes e condutores volúmicos: Teorema do ângulo sólido; lead vector e aplicação à eletrocardiografia; lead field; teorema da reciprocidade.

Teoria das medições biomagnéticas: Campo magnético induzido por uma distribuição de fontes volúmicas num volume condutor heterogéneo; lead-field magnético; momento magnético dipolar; sensibilidade de um lead magnético.

Eletroencefalografia: Origem fisiológica do sinal; instrumentação associada; tipos de sinais medidos; sensibilidade de leads elétricos.

Magnetoencefalografia: Origem fisiológica do sinal; instrumentação associada; tipos de sinais medidos; lead field.

Componente Teórica-Prática

Resolução de problemas relativos a todos os temas abordados nas aulas teóricas.

Implementação dum código que permite simular a resposta dum neurónio a um estímulo eléctrico e de estudar as características dessa resposta.

Componente Prática

N/A

Recomendada

- a. Bioelectricity, a quantitative approach, R Plonsey, R C Barr, 2nd ed., 2000, Kluwer, 3rd ed., 2007, Springer.
- b. Bioelectromagnetism, J Malmivuo, R Plonsey, 1995, OUP. <http://www.bem.fi/>
- c. Electromagnetic fields and waves, P Lorrain, D R Corson, F Lorrain, 3rd ed., 1988.
- d. Electromagnetic fields and energy, H Haus, J Melcher, 1989, Prentice Hall.

Outros elementos de estudo

B. Hille, "Ionic channels of excitable membranes", 2nd Ed., Sinauer Associates, Sunderland, 1992.

Livro de referência sobre as propriedades dos canais iónicos das membranas excitáveis. Indispensável para criar simulações detalhadas de potenciais de acção.

J. Nicholls, A. Martin and B. Wallace, "From neuron to brain. A cellular and molecular approach to the function of the nervous system", 3rd Ed., Sinauer Associates, Sunderland, 1992.

Os primeiros capítulos deste livro escrito por fisiologistas apresentam uma versão menos matemática mas sempre rigorosa da eletrofisiologia das células excitáveis, com um forte colorido biológico.

B. Katz, "Nerve, muscle, synapses", McGraw-Hill, New York, 1966.

Livro histórico que contém muito informação relevante para a primeira parte do programa da disciplina.

R. Gulrajani, "Bioelectricity and biomagnetism", John Wiley & Sons, New York, 1998.

Livro com um conteúdo semelhante ao de Malmivuo e Plonsey, mas muito mais caro (250 USD). Deu-se preferência ao de Malmivuo e Plonsey por estar disponível na Internet.

J. Stratton, "Electromagnetic theory", McGraw-Hill, New York, 1941.

Malmivuo e Plonsey referem-se muitas vezes a este livro nas suas demonstrações.

P. Nunez, "Electric fields of the brain: The neurophysics of EEG", 2nd Ed., Oxford University Press, New York, 2006.

Livro de referência na sua área que descreve as bases físicas das medições eletroencefalográficas.

M. Hamalainen, R. Hari, R. J. Ilmoniemi, J. Knuutila, O. V. Lounasmaa, Magneto-encephalography - theory, instrumentation, and applications to noninvasive studies of the working human brain., Rev Mod Phys, 1993. **65**(2): p. 413-97.

Um dos melhores artigos de revisão em magnetoencefalografia.

C. Polk, E. Postow, Editors, "CRC Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields", 2nd Ed., CRC Press, Boca Raton, 1995.

Contém, entre outras coisas, informação sobre as propriedades dielétricas dos tecidos biológicos.

C. Durney, D. Christensen, "Basic introduction to bioelectromagnetics", CRC Press, Boca Raton, 1999.

Introdução à dosimetria da radiação eletromagnética na gama das radiofrequências e micro-ondas.

S. Grimnes, O. Martinsen, "Bioelectricity and bioimpedance basics", 2nd Ed., Academic Press, Oxford, 2008.

A bioeletricidade do ponto de vista da corrente elétrica e das propriedades dielétricas dos tecidos biológicos.

Métodos de Avaliação

Num primeiro momento de avaliação é considerado um trabalho de grupo feito durante o semestre na qual se propõe aos estudantes que implementem computacionalmente a resolução de um problema discutido nas aulas teóricas e escrevam um relatório. O segundo momento de avaliação é um exame individual final feito no fim do semestre. O peso do relatório escrito na avaliação final é de 40%, enquanto o exame final tem um peso de 60% na nota final. A nota mínima em cada momento de avaliação é 9.5 valores.

Língua de ensino

Português