



Università gli Studi di Verona
Corso di Laurea in Scienze delle attività motorie e sportive
A.A. 2009/2010

CORSO INTEGRATO : Fisiologia Generale e dell'Esercizio

DOCENTE COORDINATORE:

Carlo Capelli

Insegnamento	Docente
Fisiologia	Carlo Capelli
Risposte all'esercizio	Antonio Cevese

Obiettivi Formativi del Corso Integrato:

- Apprendere le nozioni fondamentali sul funzionamento del corpo umano inteso come insieme di organi ed apparati integrando e completando le conoscenze già acquisite di fisica, chimica, biochimica, anatomia e biologia.
- Acquisire un'idea dell'impostazione critica delle conoscenze derivante dall'applicazione del metodo scientifico, in particolare applicate all'analisi del movimento umano.
- Individuare lo scopo funzionale degli apparati oggetto del corso comprendendone il ruolo nel mantenimento dell'omeostasi generale dell'organismo umano, anche durante l'esercizio muscolare
- Apprendere le nozioni fondamentali sul funzionamento del corpo umano inteso come insieme di organi ed apparati integrando e completando le conoscenze già acquisite di fisica, chimica, biochimica, anatomia e biologia.
- Conoscere le risposte metaboliche, cardiovascolari, polmonari ed endocrine dell'organismo all'esercizio.

• **Programma del Corso Integrato:**

Conoscenze propedeutiche generiche indispensabili:

Per poter comprendere il corso di Fisiologia, è necessario che siano prima state assimilate le nozioni di base della Chimica, Fisica e Biochimica, in particolare:

Chimica: il concetto di pH, la molarità.

Biochimica: le macromolecole biologiche, loro classificazione e funzione, le vie metaboliche principali, le cinetiche enzimatiche e gli enzimi mitocondriali.

Fisica dei gas, elettrofisiologia, tensione superficiale, legge di Laplace, osmolarità nozioni di base di meccanica.

Biologia: caratteristiche biofisiche della membrana cellulare; meccanismi di trasporto attraverso membrana.

Programma Didattico

1. Principi di biofisica e di fisiologia generale della cellula.
2. Caratteristiche fisico-chimiche del sangue; coagulazione ed emostasi.
3. Fisiologia cardiovascolare: cuore ed il circolo.
4. Fisiologia renale: filtrazione, riassorbimento, secrezione ed escrezione
5. Equilibrio idro-elettrolitico
6. Regolazione dell'equilibrio acido-base
7. Il sistema nervoso autonomo
8. Fisiologia della respirazione
9. Metabolismo e termoregolazione
10. Fisiologia dell'esercizio muscolare: bioenergetica e risposte cardiorespiratorie all'esercizio
11. Adattamenti a medio-lungo termine all'allenamento e al disuso

1. Principi di biofisica e di fisiologia generale della cellula

Conoscenze propedeutiche specifiche: principi di elettrofisica: concetto di carica elettrica, potenziale, campo elettrico, resistenza elettrica, condensatore, potenziale, differenza di potenziale e corrente elettrica. Proprietà colligative delle soluzioni, pressione idrostatica e osmotica, concentrazione di una soluzione (molar e molale), concetto di equivalente.

1.1 Lo studente deve apprendere la definizione di omeostasi cellulare ed individuare i principali meccanismi che ne assicurano il mantenimento. Dalla composizione e dalle caratteristiche biofisiche della membrana plasmatica deve cogliere l'importanza degli scambi transcellulari ed individuare i meccanismi di trasporto passivi ed attivi per le molecole in soluzione, per le sostanze ionizzate e per l'acqua, con esplicito riferimento ai fenomeni osmotici.

1.2 Comprendere l'importanza degli equilibri ionici per conoscere i principi dell'eccitabilità, della conduzione, della trasmissione sinaptica e della contrazione muscolare; raggiungere una conoscenza approfondita sui potenziali di riposo e sui potenziali d'azione, sulla placca motrice, come modello morfofunzionale della trasmissione sinaptica, sulle sinapsi centrali eccitatorie ed inibitorie, come base per l'integrazione funzionale del sistema nervoso.

2. Caratteristiche fisico-chimiche del sangue; coagulazione ed emostasi.

Conoscenze propedeutiche specifiche

Concetto di pressione osmotica, osmolarità ed osmolalità, proprietà colligative delle soluzioni.

2.1 Lo studente dovrà conoscere le informazioni essenziali per l'emodinamica e per il funzionamento del sistema circolatorio come sistema di trasporto; le caratteristiche dei globuli rossi: formazione, vita media, regolazione dell'eritropoiesi; serie bianca; piastrine. Cenni sui gruppi sanguigni.

2.2 Dovrà avere precise nozioni riguardo alle proprietà fisiche del sangue: densità e viscosità, composizione del plasma (concentrazione e tipi di proteine plasmatiche, pressione osmotica, pressione colloid-osmotica); coagulazione ed emostasi.

3. Fisiologia cardiovascolare: cuore ed il circolo.

Conoscenze propedeutiche specifiche

Anatomia funzionale del cuore e del circolo; elementi di fisica dei fluidi (statica e dinamica dei fluidi, legge di Hagen-Poiseuille, teorema di Bernoulli, leggi di Stevino e Leonardo, flusso laminare e turbolento, viscosità e densità dei fluidi), organizzazione anatomica del tronco dell'encefalo e del sistema nervoso autonomo.

3.1 Generalità: individuare il ruolo funzionale del sistema e gli elementi costitutivi. Modello semplificato del sistema circolatorio. Suddivisione dei vasi per categoria: morfologia di parete e funzione. Descrivere la caduta pressoria nel letto circolatorio e la velocità del flusso nelle diverse sezioni; concetto di pressione circolatoria media e di distribuzione del volume ematico in funzione della capacitance.

3.2 Il Cuore-elettrofisiologia cardiaca: conoscere nel dettaglio i particolari che distinguono i fenomeni elettrici cardiaci da quelli delle altre cellule eccitabili: suddivisione in miocardio comune, tessuto di conduzione e miocardio di lavoro; comprendere bene le basi per l'automatismo cardiaco e per la conduzione dello stato di eccitamento nel cuore.

3.3 Il Cuore-elettrocardiografia: conoscere i principali elementi di elettrocardiografia: definizione e spiegazione fenomenologia; il triangolo di Einthoven; derivazioni elettrocardiografiche standard, amplificate e precordiali; descrizione delle onde di un ECG standard, con analisi della loro origine. Utilizzazione pratica dell'ECG in ambito motorio, a riposo e sotto sforzo; cosa dice e cosa non dice l'ECG. Ritmo sinusale e principali alterazioni del ritmo. Fibrillazione ventricolare e il problema della morte improvvisa.

3.4 Il Cuore-la pompa cardiaca: descrivere analiticamente, anche con rappresentazione grafica, gli eventi meccanici del ciclo cardiaco: suddivisione in sistole e diastole; ulteriore suddivisione nei diversi periodi, con riferimento allo sviluppo di pressione, alle variazioni di volume, al comportamento delle valvole. Modificazioni della funzione di pompa sotto sforzo. Comprendere il funzionamento del cuore come pompa meccanica: preparato cuore-polmoni e legge di Starling, fenomenologia e meccanismi; concetto di contrattilità e sua regolazione; regolazione della gettata cardiaca e della frequenza; effetto della stimolazione del vago e del simpatico; controllo umorale. Il lavoro del cuore a riposo e durante diversi tipi di esercizio fisico.

3.5 Il circolo-principi di emodinamica: richiamo delle principali leggi della fluidodinamica. Legge di Poiseuille e ruolo determinante della viscosità e del raggio dei vasi; resistenze in serie e in parallelo; flusso laminare e turbolento; velocità del sangue nelle diverse sezioni del sistema circolatorio. Compliance e capacità. Volume di riempimento e volume in eccesso.

3.6 Il circolo-la pressione arteriosa: determinanti della pressione arteriosa; pressione arteriosa sistolica, media e diastolica; ruolo dell'elasticità delle arterie nel mantenimento della pressione in diastole; compliance arteriosa; onda sfigmica: definizione, origine e propagazione; funzionamento dello sfigmomanometro; regolazione a breve e a lungo termine della pressione arteriosa (riflesso barocettivo, riflesso chemocettivo); risposta alle variazioni posturali; valori pressori normali e patologici.

3.7 Il circolo – la microcircolazione: individuare nei capillari la destinazione funzionale del sistema circolatorio, attraverso un'analisi degli elementi strutturali che permettono gli scambi e delle forze che li regolano; concetto di permeabilità capillare e applicazione delle leggi della diffusione; equilibrio di Starling per lo scambio dei liquidi: le quattro pressioni che entrano in gioco; pressione interstiziale; cenni sulla formazione, la composizione e la circolazione della linfa.

3.8 Il circolo – la circolazione periferica e il suo controllo: muscolo liscio vasale come effetto dei meccanismi di controllo delle resistenze e della capacità dei vasi; autoregolazione dei vasi; regolazione metabolica; regolazione nervosa: vasocostrizione e vasodilatazione; attività vasomotoria bulbare.

3.9 Il circolo-Le circolazioni distrettuali: acquisire concetti generali sugli elementi che caratterizzano la regolazione del flusso a ciascun organo, studiando nel dettaglio:

- la circolazione cutanea, con riferimento anche alla funzione di termoregolazione;
- la circolazione del muscolo scheletrico, con riferimento all'adattamento nel lavoro muscolare e agli effetti dell'allenamento;
- la circolazione coronarica, con riferimento al lavoro e al rendimento cardiaco;
- la circolazione cerebrale,
- la circolazione renale
- la circolazione polmonare (emodinamica polmonare: circuito a bassa resistenza; distribuzione della gettata del ventricolo destro; reclutamento e distensione dei capillari; modello a tre zone di West; regolazione del circolo polmonare: ruolo dell'innervazione, risposta all'ipossia localizzata o generale; circolazione polmonare nel feto e variazioni funzionali e strutturali alla nascita)

3.10 Il circolo-sistema cardiovascolare ed esercizio: aggiustamenti cardiocircolatori nel lavoro muscolare: □frequenza cardiaca, □gettata cardiaca, □circolazione periferica, □pressione arteriosa, circolazioni distrettuali e polmonare durante esercizio. Resetting del riflesso barocettivo.

4. Fisiologia renale

Conoscenze propedeutiche specifiche

Anatomia funzionale del rene e delle vie urinarie, concetti di pressione osmotica, osmolarità e osmolalità, concetto definizione di pH, sostanze tampone.

4.1 Filtrazione renale: definizione, organizzazione funzionale del nefrone; vascolarizzazione, innervazione. Struttura e funzione del glomerulo; formazione dell'ultrafiltrato; pressione di filtrazione; velocità di filtrazione glomerulare: clearance dell'inulina.

4.2 Funzione tubulare nel tubulo prossimale e distale: secrezione e riassorbimento tubulari; clearance del PAI; riassorbimento di aa, glucosio, sodio, potassio e acqua; secrezione degli idrogenioni, riassorbimento del bicarbonato.

4.3 Riassorbimento obbligatorio e facoltativo dell'acqua: funzione ansa di Henle e meccanismo di moltiplicazione controcorrente, funzione dei vasa recta e dei dotti collettori; ruolo dell'urea. Meccanismo dell'ormone antidiuretico.

4.4 Regolazione della funzione renale: autoregolazione del flusso e della velocità di filtrazione; funzioni dell'apparato iuxtaglomerulare; controllo nervoso simpatico.

5. Equilibrio idro-elettrolitico

Conoscenze propedeutiche specifiche

Concetti di pressione osmotica, osmolarità e osmolalità.

5.1 compartimenti idrici; applicazione dei metodi di diluizione per la determinazione del volume dei compartimenti idrici; ruolo delle pompe ioniche e della permeabilità di membrana nel controllo della

composizione dei liquidi; principio di isotonicità e movimenti passivi di acqua; controllo del volume del liquido extracellulare e dell'escrezione del sodio

6. Regolazione dell'equilibrio acido-base

Conoscenze propedeutiche specifiche

Concetto e definizione di pH, sostanze tampone.

- 6.1 Equazione di Henderson-Hasselbalch, tamponi corporei e potere tampone, sistema bicarbonati-CO₂;
- 6.2 Diagramma di Davenport; valori normali, acidosi e alcalosi respiratorie e metaboliche.
- 6.3 Controllo integrato del pH da parte del rene e del sistema respiratorio; acidosi e alcalosi respiratorie e metaboliche.
s: narcosi d'azoto e sindrome da decompressione. Immersioni in saturazione e snorkeling.

7. Il sistema nervoso autonomo.

Conoscenze propedeutiche specifiche

Conoscenza dello schema anatomico del sistema nervoso autonomo

- 7.1 mediatori chimici e recettori ai diversi livelli; panoramica sulle funzioni; la midollare del surrene; ipotalamo e sistema limbico; la termoregolazione; regolazione omeostatica: fame e sete. Esempi di riflessi autonomi: minzione e defecazione, il barofriflesso.

8. Fisiologia della respirazione

Conoscenze propedeutiche specifiche

Anatomia funzionale del sistema respiratorio, caratteristiche fisico – chimiche del sangue (ematocrito, concentrazione di emoglobina, coefficiente di legame per l'ossigeno dell'emoglobina), struttura dell'emoglobina, concetti di base di fisica meccanica e di fisica dei fluidi, robusta conoscenza delle principali vie metaboliche, respirazione mitocondriale, il circolo polmonare, concetto di pH, sostanze tampone, organizzazione anatomica del tronco dell'encefalo e del sistema nervoso autonomo.

- 8.1 Generalità: nozioni di fisica dei gas (legge di Avogadro, legge di Henry, equazione di stato, legge di Dalton, correzione dei volumi dei gas (ATPS; STPD; BTPS), legge di Fick applicata ai gas), composizione dell'aria ambiente.
- 8.2 Ventilazione: volumi polmonari e metodi di determinazione, ventilazione polmonare totale, ventilazione alveolare, spazio morto anatomico, alveolare e fisiologico e loro determinazione (metodo di Fowler ed equazione di Bohr).
- 8.3 Meccanica polmonare: muscoli inspiratori ed espiratori e loro meccanismo d'azione; statica polmonare: curve pressione – volume del sistema toraco-polmonare in toto, del polmone, della cassa toracica (pressioni esofagea o pleurica, transpolmonare, transtoracica, alveolare); compliance polmonare e del sistema respiratorio; ruolo e funzione del surfactant ed equilibrio alveolare; determinanti della compliance polmonare; distribuzione distrettuale della ventilazione; dinamica polmonare; resistenze al flusso respiratorio; volume polmonare di chiusura; analisi delle pressioni alveolare, transpolmonare ed intrapleurica nel ciclo respiratorio spontaneo; lavoro respiratorio.
- 8.4 Transfer alveolo – capillare: equazione di Fick applicata alla diffusione dei gas, capacità di diffusione del monossido di carbonio e dell'ossigeno; transfer alveolo – capillare limitato dalla diffusione e dalla perfusione; transfer alveolo – capillare dell'ossigeno in condizioni normali, durante esercizio, in ipossia e tempo di transito nel capillare polmonare.
- 8.5. Trasporto dell'ossigeno e dell'anidride carbonica: curva di dissociazione dell'ossiemoglobina, capacità di trasporto totale del sangue per l'ossigeno, fattori fisiologici allosterici che condizionano l'affinità per l'ossigeno; avvelenamento da CO. Trasporto dell'anidride carbonica nel sangue, curva di dissociazione del sangue per la CO₂ totale, effetto Haldane.
- 8.6 Scambi respiratori: equazione dell'aria alveolare (semplificata). Cascata dell'ossigeno: conoscere alcuni numeri, sia pure arrotondati, che indicano la composizione dell'aria, sia in termini percentuali, sia in pressioni parziali, dall'atmosfera, agli alveoli, al sangue (cascata dell'ossigeno); cause di ipossiemia: ipoventilazione, shunt veno-arterioso anatomico e fisiologico, ipodiffusione alveolo-capillare, maldistribuzione del rapporto alveolo-capillare. Rapporto ventilazione – perfusione e sua curva di distribuzione. Differenze arterovenose nel contenuto di ossigeno e di anidride carbonica; consumo di ossigeno, produzione di anidride carbonica e quoziente respiratorio; determinazione della gettata cardiaca con il principio di Fick.

8.7 Controllo neurale e chimico della ventilazione: meccanismi e modalità del controllo. Controllo nervoso: centri respiratori, generazione del ritmo respiratorio. Controllo chimico: chemocettori centrali e periferici; rispost funzionali all'ipossia, all'ipercarbia e all'acidosi.

8.8 Risposte ventilatorie all'esercizio: iperventilazione, equivalente ventilatorio per l'ossigeno e l'anidride carbonica durante esercizio; riduzione delle resistenze vascolari e reclutamento di unità alveolo-capillari; ottimizzazione del rapporto ventilazione/perfusione; riduzione relativa della velocità del sangue nei capillari. Adattamenti specifici nel lavoro muscolare (la funzione respiratoria in corso di esercizio fisico, □ volumi respiratori, meccanica della respirazione, scambi gassosi e trasporto dei gas durante esercizio, □ meccanismi di controllo nervoso e umorale del respiro durante esercizio).

9. Metabolismo e Termoregolazione

Conoscenze propedeutiche specifiche

Robusta conoscenza delle principali vie metaboliche per la sintesi di ATP.

9.1 Animali omeotermi e poichilotermi, temperatura corporea normale, fattori che determinano la temperatura corporea: i) produzione di calore (metabolismo); ii) meccanismi fisici e fisiologici di scambio di calore tra organismo ed ambiente (evaporazione, convezione, irradiazione); iii) trasporto di calore all'interno dell'organismo (convezione circolatoria e conduzione).

9.2 Regolazione da parte dei centri nervosi che mantengono l'omeotermia (centri ipotalamici, temperatura set point, termorecettori: per il caldo e per il freddo); difesa dal freddo; difesa dal caldo; circolazione cutanea, febbre, ipertermia e colpo di calore; ipotermia, esercizio muscolare.

9.3 Metabolismo: concetto di energia interna posseduta dagli alimenti; distribuzione dell'energia alimentare; rendimento lordo, netto e delta rendimento dell'esercizio muscolare; misura dell'energia apportata con gli alimenti (bomba calorimetrica; calcolo dell'equivalente energetico dell'ossigeno dei singoli alimenti), metabolismo basale.

9.4 Misura del dispendio energetico in vivo: metodi diretti (calorimetro umano) ed indiretti (scambi gassosi; calcolo dell'equivalente energetico in vivo dell'ossigeno).

9.5 Regolazione omeostatica dell'introito calorico: fame e sete.

10. Fisiologia dell'esercizio muscolare

Conoscenze propedeutiche specifiche

Robusta conoscenza delle principali vie metaboliche per la sintesi di ATP, concetti di potenza e lavoro meccanici, fisiologia della respirazione e del circolo.

10.1 Energetica muscolare, definizioni di lavoro e potenza, basi energetiche della contrazione muscolare, □ potenza e capacità dei meccanismi di produzione dell'energia

10.2 Il metabolismo aerobico, □ massimo consumo di ossigeno, fattori limitanti il consumo di ossigeno □, □ cinetica dell'adeguamento del consumo di ossigeno, □ principi e metodi di misura del massimo consumo di ossigeno: □ metodi diretti ed indiretti,

10.3 Il metabolismo anaerobico lattacido, □ il debito alattacido, □ il debito lattacido □, l'accumulo dell'acido lattico, redistribuzione e smaltimento, □ la soglia aerobica ed anaerobica, □ la massima potenza lattacida. Determinazione della soglia anaerobica con il metodo basato sugli scambi respiratori.

10.4 Il metabolismo anaerobico lattacido, capacità e potenza anaerobica alattacida.

10.5 Risposte cardiovascolari e respiratorio all'esercizio dinamico e isometrico

11. Adattamenti a medio-lungo termine all'allenamento e al disuso

Conoscenze propedeutiche specifiche

Fisiologia dell'esercizio, biologia e biochimica del muscolo, concetti di controllo motorio

11.1 Adattamenti del sistema cardiorespiratorio all'allenamento di resistenza aerobico

11.2 Principali adattamenti biochimici e morfologici muscolari all'allenamento di resistenza aerobico

11.3 Allenamento della forza: adattamenti morfologici e neurali

Modalità d'esame:

Una prova scritta con quiz a risposta multipla seguita da un colloquio orale nel caso di superamento con sufficienza della prova scritta.

Testi consigliati:

- Fisiologia Dell'uomo, , P.E. di Prampero e A. Veicsteinas, Edi-ermes Milano, 2002
- Dagli Abissi allo Spazio, Ambienti e limiti umani, a cura di G. Ferretti e C Capelli, Edi-ermes, Milano, 2008

Orario di ricevimento Docenti (previo appuntamento telefonico o via e-mail)

DOCENTE	GIORNO	ORA
Carlo Capelli	Martedì	12:00-13:00
Antonio Cevese	Giovedì	12:00-13:00