



**Università degli Studi di Verona**  
**Corso di Laurea in Scienze delle attività motorie e sportive**  
**A.A. 2008/2009**

***Basi biologiche  
dell'adattamento all'esercizio***

**Docente**

Prof. Carlo Capelli (coordinatore),  
Prof. Paolo Moghetti

***Obiettivi del corso***

Il Corso si propone di:

- 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.
- Individuare lo scopo funzionale di ogni apparato comprendendone il ruolo nel mantenimento dell'omeostasi generale dell'organismo umano anche durante l'esercizio muscolare
- Acquisire un'idea dell'impostazione critica delle conoscenze derivante dall'applicazione del metodo scientifico, in particolare applicate all'analisi del movimento umano.
- Conoscere le risposte metaboliche, cardiovascolari, polmonari ed endocrine dell'organismo all'esercizio

Alla fine del corso lo studente deve conoscere i principi dell'omeostasi ed i meccanismi di controllo che vi presiedono e acquisire le basi per comprendere gli adattamenti fisiologici all'ambiente ed all'esercizio fisico

***Programma del Corso***

***Programma Didattico***

- FISILOGIA DELLA RESPIRAZIONE
- REGOLAZIONE DELL'EQUILIBRIO ACIDO-BASE
- METABOLISMO E TERMOREGOLAZIONE
- FISILOGIA DELL'ESERCIZIO MUSCOLARE

***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, Biochimica e Fisiologia generale, 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, nozioni di base di meccanica.

Fisiologia generale: fisiologia cardiovascolare, organizzazione e funzione del sistema nervoso autonomo, fisiologia cellulare, fisiologia renale.

## ***Obiettivi***

Al termine del Corso lo studente dovrà conoscere i seguenti argomenti:

### **1. Fisiologia respiratoria (Carlo Capelli)**

#### ***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.

1.1 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.

1.2 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).

1.3 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.

1.4 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.

1.5. 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 CO<sub>2</sub> totale, effetto Haldane.

1.6 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.

1.7 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.

1.8 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).

## **2. Regolazione dell'equilibrio acido-base (Carlo Capelli)**

### ***Conoscenze propedeutiche specifiche***

Concetto e definizione di pH, sostanze tampone.

2.1 Equazione di Henderson-Hasselbalch, tamponi corporei e potere tampone, sistema bicarbonati-CO<sub>2</sub>;

2.2 Diagramma di Davenport; valori normali, acidosi e alcalosi respiratorie e metaboliche.

2.3 Controllo integrato del pH da parte del rene e del sistema respiratorio; acidosi e alcalosi respiratorie e metaboliche.

## **3. Termoregolazione e Metabolismo (Carlo Capelli)**

### ***Conoscenze propedeutiche specifiche***

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

3.1 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).

3.2 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.

3.3 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.

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

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

#### **4. Fisiologia dell'esercizio muscolare (Carlo Capelli)**

##### ***Conoscenze propedeutiche specifiche***

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

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

4.2 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,

4.3 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.

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

4.5 Risposte cardiovascolari e respiratorio all'esercizio dinamico e isometrico

#### **5. Endocrinologia (Paolo Moghetti)**

##### ***Conoscenze propedeutiche specifiche***

Anatomia funzionale del sistema endocrino

5.1. Generalità sui sistemi di regolazione endocrina e sulle relazioni fra sistema endocrino e attività motoria.

5.2. Gli ormoni nell'adattamento all'attività fisica. Il metabolismo energetico a riposo e durante attività fisica.

5.3. Il diabete mellito tipo 1: epidemiologia, patogenesi, cenni sugli aspetti clinici e terapeutici.

- 5.4. Conseguenze del diabete e della sua terapia nell'adattamento all'attività motoria; effetti sulla glicemia di diverse modalità di esercizio; adattamenti terapeutici del diabetico all'attività fisica.
- 5.5. Obesità e diabete tipo 2 nell'adolescente. Implicazioni in relazione all'attività motoria.
- 5.6. Sviluppo e accrescimento: generalità e ruolo svolto dagli ormoni. Cenni su deficit di GH, ipogonadismo e altre patologie endocrine che interferiscono sullo sviluppo e sull'accrescimento.
- 5.7. Alterazioni riproduttive dell'atleta e loro implicazioni; effetti della terapia dei disturbi mestruali sulle prestazioni motorie; relazioni fra sindrome dell'ovaio policistico e attività motoria.
- 5.8. Ruolo degli androgeni nella fisiologia e nella patologia e riflessi sull'attività motoria. Utilizzo degli androgeni nel doping e implicazioni nell'adolescente e nell'adulto.

### ***Modalità d'esame***

Una prova scritta con quiz a risposta multipla.

### ***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
- The Endocrine System in Sports and Exercise, Kraemer WJ and Rogol AD Eds, Blackwell 2005;
- Endocrinologia e attività motorie, Lenzi A. et al Ed., Elsevier Masson 2008.

### ***e-mail***

[carlo.capelli@univr.it](mailto:carlo.capelli@univr.it)

[moggetti@iol.it](mailto:moggetti@iol.it)

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

#### Giorno:

Prof. Carlo Capelli: Martedì

Prof. Paolo Moggetti: Martedì

#### Ora :

Prof. Carlo Capelli: 12:00 – 13:00

Prof. Paolo Moggetti: 14:00 – 16:00