

ÍNDICE

<i>Prólogo</i>	31
Tema 1 ANTROPOLOGÍA DE LA ALIMENTACIÓN Y SUS ASPECTOS PSICOSOCIOLOGICOS	33
1. Introducción	35
2. El hedonismo alimentario, rasgo dominante en la sociedad actual	38
3. El acto de comer: su dimensión social y cultural	41
4. La tradición y su influencia en los hábitos alimentarios de la población	42
4.1. Los mitos y errores alimentarios y su importancia en el consumo de alimentos	44
4.2. Los cambios de hábitos alimentarios, un reto y una estrategia de los programas de promoción de la salud	44
5. Bibliografía	46
Tema 2 ENERGÍA Y ACTIVIDAD FÍSICA	49
1. Introducción	51
2. Fuentes energéticas	51
3. Los fosfógenos en el metabolismo energético	52
3.1. ATP	52
3.2. Fosfocreatina (PC)	53
4. Glucólisis	56
5. Ciclo de Krebs	58
6. Transporte de electrones. Fosforilación oxidativa	59
7. Control de la glucólisis durante el ejercicio	60
7.1. Enzimas limitantes	60
7.2. Disponibilidad de sustratos	61
8. Efectos del entrenamiento sobre la glucólisis	61

9. Efectos del entrenamiento sobre la función mitocondrial	62
10. Regulación hormonal del metabolismo durante el ejercicio	62
11. Metabolismo de los hidratos de carbono e implicaciones dietéticas ...	63
12. Metabolismo de las grasas	64
13. Metabolismo de los cuerpos cetónicos	69
14. Metabolismo de las proteínas	70
15. Aminoácidos	71
16. Radicales libres y ejercicio	73
17. Bibliografía	74
Tema 3 METABOLISMO DE LOS HIDRATOS DE CARBONO	75
1. Estructura, digestión, absorción de los hidratos de carbono	77
1.1. Metabolismo y función de la glucosa, galactosa y fructosa	78
1.2. Otras fuentes de ATP	88
1.3. Vías anaerobias	90
1.4. Rendimiento energético global	92
1.5. Resumen del máximo rendimiento energético a partir de la oxida- ción de una molécula de glucosa	93
2. Almacenamiento de los hidratos de carbono	97
3. Nutrientes necesarios para la utilización y metabolismo de los hidratos de carbono	104
4. Bibliografía	108
Tema 4 METABOLISMO DE LAS GRASAS	111
1. Estructuras de las grasas de la dieta	113
2. Función de las grasas	128
3. Digestión, absorción, distribución y metabolismo de las grasas	131
3.1. β -Oxidación mitocondrial	134
4. Consideraciones sobre los diferentes tipos de grasas de la dieta	141
5. Bibliografía	144
Tema 5 METABOLISMO DE LAS PROTEÍNAS	147
1. Estructura de las proteínas de la dieta	149
2. Función de las proteínas	150
3. Clasificación de los aminoácidos. Calidad de las proteínas	151

4. Metabolismo proteico	155
4.1. Efectos de la ingestión de alimentos sobre el metabolismo proteico.	176
4.2. Metabolismo proteico en situaciones de ayuno y alimentación con dietas deficientes en hidratos de carbono	179
4.3. Metabolismo de los aminoácidos en el músculo durante el ejercicio.	182
4.4. Metabolismo de los aminoácidos en el músculo durante el ejercicio físico	184
5. Bibliografía	187
Tema 6 NUTRICIÓN Y METABOLISMO DE LAS VITAMINAS Y MINERALES	189
1. Historia de las vitaminas	191
2. Vitaminas hidrosolubles	193
2.1. Vitaminas del grupo B implicadas en el metabolismo intermedio: tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico, biotina	193
2.2. Colina. Inositol	200
2.3. Vitamina B ₆ o piridoxina	203
2.4. Ácido fólico	205
2.5. Vitamina B ₁₂	207
2.6. Vitamina C o ácido ascórbico	209
3. Vitaminas liposolubles	210
3.1. Vitamina A	210
3.2. Vitamina D	212
3.3. Vitamina E	214
3.4. Vitamina K	215
4. Sustancias análogas a las vitaminas	216
4.1. Bioflavonoides	216
4.2. Carnitina	220
5. Nutrición y metabolismo de los minerales	222
5.1. Calcio, hierro, fósforo, zinc, selenio, magnesio, otros	223
6. Bibliografía	232
Tema 7 RESPUESTA INTEGRADA DEL ORGANISMO DURANTE EL EJERCICIO. ADAPTACIÓN DEL ORGANISMO AL ENTRENAMIENTO	235
1. Introducción: ¿por qué de la respuesta integrada del organismo durante el ejercicio?	237

2. Respuesta integrada del organismo	238
2.1. El sistema de aporte de oxígeno (SAO)	238
2.2. El sistema de aporte de energía (SAE)	240
2.3. El consumo de oxígeno como parámetro integrador. Factores limitantes	243
3. Adaptación integrada del organismo al entrenamiento	247
3.1. Teorías relativas al proceso de adaptación al entrenamiento	247
3.2. Análisis del proceso de adaptación al entrenamiento de resistencia. ..	249
3.3. El consumo de oxígeno en la valoración del proceso de adapta- ción integrada	252
4. Bibliografía	255
 <i>Tema 8 CONSUMO DE OXÍGENO Y ACTIVIDAD FÍSICA</i>	259
1. Introducción	261
2. Concepto de consumo de oxígeno	261
2.1. Factores determinantes del consumo de oxígeno	263
2.2. Respuesta del VO_2 durante el ejercicio	264
2.3. Consumo de oxígeno máximo	266
2.4. Factores limitantes del VO_{2max}	267
3. La deuda de oxígeno	268
4. Concepto de umbrales y ejercicio	269
5. Equilibrio ácido-base durante el ejercicio	272
5.1. Regulación del equilibrio ácido-base	273
5.2. Acidosis metabólica inducida por el ejercicio	274
Bibliografía	275
 <i>Tema 9 ADAPTACIÓN CARDIORRESPIRATORIA AL EJERCICIO</i>	277
1. Introducción	279
2. Evaluación de la resistencia	279
3. Adaptaciones cardiovasculares	284
3.1. Adaptación del corazón	287
3.2. Adaptación de la circulación	289
4. Adaptaciones respiratorias	290

5. Mejora de la resistencia cardiorrespiratoria a largo plazo	293
6. Factores que influyen en la respuesta al entrenamiento aeróbico	294
Referencias	296

Tema 10 METABOLISMO Y SISTEMAS BÁSICOS DE ENERGÍA 299

Introducción	301
1. Metabolismo y utilización de sustratos durante el ejercicio	302
2. Metabolismo energético anaeróbico: Sistema ATP-PC y glucolisis ...	305
2.1. La molécula de ATP	305
2.2. El fosfato de creatina, creatin-fosfato o fosfocreatina (PC)	306
2.3. La glucolisis	307
3. Metabolismo energético aeróbico: Oxidación de glucosa, de ácidos grasos y de aminoácidos	308
3.1. La glucosa como sustrato del metabolismo aeróbico	310
3.2. Oxidación del lactato	311
3.3. Oxidación de los ácidos grasos	311
3.4. Oxidación de aminoácidos	313
4. Clasificación metabólica de los ejercicios. Sistemas energéticos y fatiga metabólica	313
4.1. Energía inmediata: Esfuerzos máximos de muy corta duración y comienzo del ejercicio	314
4.2. Energía a corto-medio plazo: Esfuerzos intensos de corta duración.	315
4.3. Energía a largo-muy largo plazo: Esfuerzos prolongados	316
4.4. Esfuerzos intermitentes	316
4.5. Fatiga metabólica	317
5. Interacción de los sistemas energéticos durante el ejercicio	319
Referencias	320

Tema 11 GASTO ENERGÉTICO 323

1. Introducción	325
2. Metabolismo en reposo y factores que lo modifican. Medida y estimación	327
3. Metabolismo energético, consumo de alimentos y gasto corporal. Concepto de balance energético	330
4. Contenido energético de los alimentos	334

5. Necesidades energéticas del cuerpo humano	335
5.1. Factores que condicionan la demanda y gasto energético	338
5.2. Cálculo de las necesidades energéticas del organismo	340
5.3. Relación entre el consumo calórico y las necesidades energéticas de los individuos	341
5.4. Necesidades energéticas y ejercicio físico	342
6. Procedimiento de cuantificación de la actividad física	342
6.1. Calorimetría y espirometría	342
6.2. Medida de gasto energético a través de la utilización de isótopos.	343
6.3. Acelerometría y cuestionarios de actividad física	343
7. Gasto energético durante el ejercicio	344
7.1. Unidad metabólica (MET)	344
7.2. Consumo de oxígeno y gasto energético	345
7.3. Eficiencia y economía	346
Referencias	346

**Tema 12 ALIMENTOS, SU COMPOSICIÓN E IMPORTANCIA EN EL
DEPORTE**

1. Introducción	351
2. La alimentación en el deportista	352
3. Cereales y derivados	353
4. Verduras y hortalizas	357
5. Frutas	359
6. Aceite de oliva	361
7. Lácteos	361
8. Carnes y derivados	364
9. Pescados y mariscos	365
10. Huevos	367
11. Legumbres	368
12. Frutos secos	370
13. Alimentos de consumo ocasional	371
14. Conclusión	371
15. Bibliografía	372

Tema 13 ALIMENTOS: OTRAS APROXIMACIONES DE IMPORTANCIA EN EL DEPORTE	375
1. Introducción	377
2. Alimentos funcionales	378
2.1. Bebidas funcionales	378
2.2. Probióticos	380
2.3. Prebióticos	382
2.4. Sinbióticos	383
2.5. Ácidos omega 3	384
2.6. Antioxidantes	386
3. Ayudas ergogénicas	386
3.1. Cafeína	387
3.2. Creatina	388
3.3. Carnitina	389
3.4. Bicarbonato	390
3.5. Proteínas del suero láctico	391
3.6. Aminoácidos de cadena ramificada	391
3.7. Glutamina y arginina	392
4. Conclusión	392
5. Bibliografía	393
Tema 14 COMPOSICIÓN CORPORAL Y VALORACIÓN NUTRICIONAL DEL DEPORTISTA	395
1. Introducción	397
2. Evaluación nutricional en el deportista	398
2.1. Objetivos de la evaluación nutricional en el deportista	398
2.2. Métodos de evaluación nutricional: antropometría, clínica, dietética y psicosocial	399
3. Composición corporal en el deportista	407
3.1. Importancia de la composición corporal en el deportista	407
3.2. Niveles de medición. Modelos de composición corporal	407
3.3. Métodos de evaluación de la composición corporal: directos, indirectos y doblemente indirectos	408

4. Antropometría	410
4.1. Materiales y procedimientos antropométricos	410
4.2. Medición de medidas antropométricas básicas	410
4.3. Definición y clasificación de los somatotipos del deportista	414
5. Otras técnicas de composición corporal de uso habitual en el deportista	416
5.1. Bioimpedancia (BIA)	416
5.2. Absorciometría dual fotónica de rayos X (DXA)	416
5.3. Pletismografía (<i>Bod Pod</i>)	417
6. Conclusiones	417
7. Bibliografía	418
Tema 15 PRINCIPIOS INMEDIATOS Y EJERCICIO FÍSICO	421
1. Introducción	423
2. Factores determinantes de la utilización de los principios inmediatos durante el ejercicio	424
2.1. Intensidad	424
2.2. La duración	428
2.3. El grado de entrenamiento	429
2.4. Factores ambientales	429
2.5. La alimentación	429
3. Tipos de hidratos de carbono	430
3.1. El índice glucémico (IG)	431
4. Importancia de los hidratos de carbono	433
5. Relación entre el tipo de ejercicio y los hidratos de carbono	434
6. Incidencia del entrenamiento de resistencia en el metabolismo de los hidratos de carbono	435
7. Relación entre los hidratos de carbono y la fatiga	436
7.1. Fatiga y glucógeno muscular	436
7.2. Fatiga y glucosa en sangre	437
8. Efectos de la ingesta de hidratos de carbono	439
8.1. Efectos de la ingesta de carbohidratos antes y durante la práctica deportiva de diferente magnitud	439
8.2. Efectos de la ingesta de carbohidratos en función del momento	441

9. La dieta de los hidratos de carbono antes y durante el ejercicio	444
9.1. Cantidad de carbohidratos a consumir	444
9.2. Elección de carbohidratos	446
10. La dieta de hidratos de carbono posterior al ejercicio	447
11. Métodos de sobrecarga de hidratos de carbono	449
12. Referencias bibliográficas	452
Tema 16 PROTEÍNAS Y EJERCICIO FÍSICO	455
1. Resumen	457
2. Introducción	458
3. Calidad de las proteínas	458
4. Requerimientos de proteínas según edad, género y nivel de actividad física	460
4.1. Proteínas y actividad física	461
4.2. Proteínas y entrenamiento de fuerza	461
4.3. Proteínas y entrenamiento de resistencia	463
5. Suplementos de proteínas y aminoácidos en el ejercicio	463
5.1. Proteínas de suero lácteo (whey)	464
5.2. Proteínas de caseína	465
5.3. Proteínas de soja	466
5.4. Comparación entre las proteínas de suero lácteo, caseína y soja ...	467
5.5. Ingestión de proteínas de diversas fuentes en reposo	468
5.6. Ingestión de proteínas de diversas fuentes en ejercicio	468
5.7. Aminoácidos esenciales	471
5.8. Recomendaciones y modo de empleo de los suplementos con proteínas y aminoácidos	472
6. Aminoácidos ramificados	473
6.1. Suplementación con AR y fatiga nerviosa	474
6.2. Recomendaciones y modo de empleo de los suplementos con AR	475
7. L-glutamina	475
7.1. Recomendaciones y modo de empleo de los suplementos con glutamina	476

8. L-arginina	476
8.1. Recomendaciones y modo de empleo de los suplementos con arginina	476
9. L-ornitina	477
9.1. Recomendaciones y modo de empleo de los suplementos con ornitina	477
10. Sales de aspartato	477
11. Conclusiones	478
12. Referencias bibliográficas	478
<i>Tema 17 GRASAS Y EJERCICIO</i>	481
1. Introducción	483
2. Características de las grasas	484
2.1. ¿Qué son las grasas?	484
2.2. Tipos y funciones de las grasas	484
3. ¿Cómo se introducen las grasas en el organismo?	486
4. Almacenamiento de las grasas	487
5. Contribución de las grasas en la producción de energía en el ejercicio.	488
5.1. Intensidad del ejercicio	489
5.2. Duración del ejercicio	491
5.3. Tipo de ejercicio	491
5.4. Adaptaciones al entrenamiento	492
5.5. Almacenes de sustratos energéticos preejercicio	492
5.6. Ayuno	493
6. Suplementación con sustancias que mejoren la utilización de grasas durante el ejercicio	494
6.1. Suplementación con cafeína	494
6.2. Ingestión de L-carnitina	495
6.3. Ingestión de triglicéridos de cadena media	495
6.4. Ingestión de triglicéridos de cadena larga	496
7. Grasas: implicaciones para la salud	496
7.1. Grasas y enfermedad cardiovascular	496
7.2. Grasas y obesidad	499
8. Bibliografía	503

<i>Tema 18</i> VITAMINAS Y MINERALES Y EJERCICIO FÍSICO	505
1. Introducción	507
2. Vitaminas y ejercicio físico	508
2.1. Vitaminas del complejo B	508
2.2. Vitamina D. Implicaciones en el ejercicio físico	514
2.3. Vitaminas antioxidantes	515
3. Minerales y ejercicio físico	517
3.1. Hierro	518
3.2. Calcio	520
3.3. Magnesio	521
3.4. Zinc	521
3.5. Cromo	522
3.6. Otros minerales	522
3.7. Electrolitos	523
4. Conclusiones	523
Bibliografía	525
<i>Tema 19</i> ANTIOXIDANTES Y EJERCICIO FÍSICO	527
1. Introducción	529
1.1. Objetivos	529
2. Los procesos de oxidación y la formación de radicales libres	529
2.1. Procesos oxidativos producidos por el ejercicio físico	534
3. Antioxidantes	535
3.1. Tipos de antioxidantes	535
3.2. Funciones de los antioxidantes	536
3.3. Principales compuestos antioxidantes exógenos	537
3.4. Papel de los antioxidantes en el ejercicio físico	540
4. Bibliografía	541
<i>Tema 20</i> HIDRATACIÓN Y EJERCICIO FÍSICO	545
1. Resumen	547
2. Introducción	548

3. Clasificación y composición de los líquidos corporales	549
3.1. Compartimento intracelular	549
3.2. Compartimento extracelular	550
4. Osmolaridad de los líquidos corporales	551
4.1. Concepto de ósmosis	551
4.2. Concepto de tonicidad	552
5. Deshidratación y rendimiento físico-deportivo	553
5.1. Deshidratación voluntaria	553
5.2. Deshidratación involuntaria	555
6. Sudoración y pérdida de electrolitos	556
6.1. Composición del sudor	556
6.2. Ritmo de sudoración	556
7. Hidratación y homeostasis de fluidos	557
7.1. Clasificación de las bebidas de rehidratación	557
7.2. Normohidratación	558
7.3. Hiperhidratación	558
7.4. Rehidratación	559
8. Vaciamiento gástrico y reposición de fluidos	561
8.1. Volumen de líquido ingerido	561
8.2. Osmolaridad de la bebida	562
8.3. Temperatura de la bebida	562
8.4. Intensidad del ejercicio	562
8.5. Grado de deshidratación	563
9. Absorción intestinal y reposición de fluidos	563
10. Hidratos de carbono y rehidratación	564
11. Electrolitos y rehidratación	566
11.1. Sodio e hiponatremia	566
11.2. Suplementos de potasio	567
12. Recomendaciones sobre el aporte de fluidos en diferentes actividades deportivas	568
12.1. Deportes de fuerza, velocidad y resistencia de corta duración	568
12.2. Deportes de equipo con alto predominio de la resistencia a la fuerza, velocidad y duración entre 1-2 horas	568

12.3. Deportes de combate con alto predominio de la resistencia de fuerza y duración entre 1,5-2 horas	568
12.4. Deportes de larga duración de más de 2 horas	569
12.5. Actividades específicas con exigencias de fuerza variables y alto dominio técnico de más de 2 horas	569
13. Conclusión	570
14. Bibliografía	570

Tema 21 DIETAS ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE UN ENTRENAMIENTO Y/O COMPETICIÓN: QUÉ Y CUÁNDO	573
1. Introducción	575
2. Consideraciones generales	576
2.1. Cambios fisiológicos y metabólicos producidos por el ejercicio	576
2.2. Una aproximación a las necesidades específicas según el tipo de deporte	576
3. Dieta antes del ejercicio	577
3.1. Dieta previa al entrenamiento en deportes de resistencia	577
3.2. Dieta previa al entrenamiento en deportes de fuerza	580
4. Suplementación durante el ejercicio	581
4.1. Reposición de líquidos y electrolitos durante la práctica deportiva.	582
4.2. Suplementación de carbohidratos durante la práctica deportiva ...	583
4.3. Suplementación de proteínas o aminoácidos durante la práctica deportiva	585
5. Dieta después del ejercicio	586
5.1. Rehidratación	586
5.2. Reposición de las reservas de glucógeno	587
5.3. Reparación del daño muscular producido por el ejercicio	589
5.4. Suplementación para la recuperación de la función inmunológica.	591
6. Dieta de preparación a la competición. Sobrecarga de glucógeno	591
7. Bibliografía	593
8. Abreviaturas	595

Tema 22 AYUDAS ERGOGÉNICAS Y EJERCICIO FÍSICO	597
1. Introducción	599

2. Conceptos básicos	600
3. Sustancias ergogénicas legales	601
3.1. Carbohidratos	601
3.2. Lípidos	601
3.3. Proteínas	602
3.4. Antioxidantes	604
3.5. Sustancias con efecto tampón	606
3.6. Agua y bebidas isotónicas	606
3.7. Otras sustancias	607
4. Ayudas ergogénicas ilegales (dopaje)	609
4.1. Un poco de historia	609
4.2. Estimulantes	610
4.3. Analgésicos narcóticos	613
4.4. Betabloqueantes	613
4.5. Esteroides anabolizantes	614
4.6. Otras sustancias	615
4.7. Dopaje genético	617
5. Conclusiones	619
6. Bibliografía	619
<i>Tema 23</i> REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS EN ALGUNOS DEPORTES	621
1. Introducción	623
2. Requerimientos específicos en algunos deportes	624
2.1. Introducción	624
2.2. Deportes prioritariamente aeróbicos	624
2.2.1. Ciclismo	625
2.2.2. Carreras de larga y media duración	628
2.2.3. Natación	632
2.2.4. Nordic walking	633
2.2.5. Triatlón	634
2.2.6. Esquí de fondo	635
2.3. Deportes prioritariamente anaeróbicos	636
2.3.1. Carreras de velocidad	636
2.3.2. Saltos, lanzamientos y halterofilia	638
2.3.3. Ciclismo de velocidad	639

2.3.4. Natación de corta distancia	639
2.3.5. Gimnasia	639
2.3.6. Golf	640
2.4. Deportes mixtos	641
2.4.1. Deportes de campo (al aire libre)	641
2.4.2. Deportes de cancha (a cubierto)	643
2.4.3. Deportes de pala o raqueta	644
Referencias	646

Tema 24 EJERCICIO EN CONDICIONES CLIMÁTICAS EXTREMAS: ADAPTACIONES AL CALOR, FRÍO Y GRAN ALTURA	649
1. Introducción	651
2. Objetivos	652
3. Adaptaciones deportivas en condiciones climáticas extremas: calor y humedad	652
3.1. Mecanismos de pérdida de calor	653
3.2. Efectos de la aclimatación al calor	654
3.3. Enfriamiento del organismo previo al ejercicio	655
3.4. Duración del período de aclimatación al calor	657
4. Adaptaciones del ejercicio en condiciones climáticas extremas de frío. ..	657
4.1. Necesidades nutricionales especiales en los deportes de invierno ..	658
5. Adaptaciones fisiológicas a la gran altitud o gran altura	659
5.1. Adaptaciones fisiológicas respiratorias	660
5.2. Adaptaciones fisiológicas circulatorias	660
5.3. Adaptaciones fisiológicas endocrinas	661
5.4. Necesidades nutricionales especiales en la altitud	661
6. Conclusiones finales	663
7. Bibliografía	665

Tema 25 LOS TRASTORNOS DE LA CONDUCTA ALIMENTARIA ASOCIADOS AL DEPORTE	667
1. Introducción	669
2. Triada de la mujer deportista	670
2.1. Componentes de la triada	671

2.2. Prevalencia	675
2.3. Diagnóstico	676
2.4. Tratamiento	676
2.5. Prevención	678
3. Trastornos del comportamiento alimentario en el deporte	678
3.1. Criterios diagnósticos de «anorexia nerviosa» (AN) y «bulimia nerviosa» (BN). (DSM IV)	679
3.2. Factores de riesgo	680
3.3. Prevalencia	681
3.4. Consecuencias	682
3.5. Diagnóstico	683
3.6. Tratamiento y prevención	684
4. Vigorexia	685
4.1. Concepto	685
4.2. Epidemiología	686
4.3. Criterios diagnósticos	687
4.4. Complicaciones	687
4.5. Comorbilidad psiquiátrica	688
4.6. Etiología	688
4.7. Evaluación	689
4.8. Tratamiento	689
5. Bibliografía	690
6. Claves de abreviaturas	691

Tema 26 ALIMENTACIÓN Y DEPORTE EN DIFERENTES ETAPAS DE LA VIDA	693
1. Introducción	695
2. Alimentación y deporte durante el embarazo y la lactancia	696
2.1. Hidratación	699
2.2. Energía	700
2.3. Proteínas	703
2.4. Grasas	703
2.5. Micronutrientes	703
2.6. Suplementos	704

3. Alimentación y deporte en el niño y adolescente	705
3.1. Hidratación	706
3.2. Energía	707
3.3. Proteínas	708
3.4. Grasas	709
3.5. Micronutrientes	709
3.6. Suplementos	710
4. Alimentación y deporte en personas mayores	711
4.1. Hidratación	712
4.2. Energía	712
4.3. Proteínas	713
4.4. Grasas	713
4.5. Micronutrientes	713
4.6. Suplementos	715
5. Bibliografía	715
<i>Tema 27</i> PROGRAMAS DE NUTRICIÓN Y ACTIVIDAD FÍSICA PARA EL TRATAMIENTO DE LA OBESIDAD (PRONAF)	719
Introducción	721
1. Investigadores del Proyecto	722
2. Objetivos del Programa PRONAF	723
3. Metodología y plan de trabajo del Programa PRONAF	723
3.1. Estimación de la población del estudio	723
3.2. Criterios de selección de los participantes	725
3.3. Plan de desarrollo del estudio	725
3.4. Características de la intervención	725
3.5. Evaluación del cumplimiento	728
Control de los programas de entrenamiento	728
Control de la actividad física	728
Control del peso corporal	728
Control de la ingesta dietética	728
3.6. Parámetros recogidos antes y después de la intervención	729
Actividad física	729
Calidad de vida	730
Parámetros dietéticos	731

Parámetros antropométricos	731
Perfil genético	732
4. Resultados más relevantes del estudio	733
5. Fortalezas y debilidades del estudio PRONAF	738
6. Bibliografía	741
7. Clave de abreviaturas	743
Tema 28 NUTRICIÓN Y ENTRENAMIENTO FÍSICO EN PREVENCIÓN SECUNDARIA: REHABILITACIÓN CARDIOVASCULAR	745
1. Introducción	747
2. Rehabilitación cardiaca	748
2.1. Objetivos, indicaciones y contraindicaciones	749
2.2. Tipos de programas. Fases	750
3. Actuaciones durante la fase II de rehabilitación cardiaca	752
3.1. Entrenamiento físico	752
Beneficios del entrenamiento	756
3.2. Intervención dietética	757
Tipo de alimentación recomendada	759
Ingesta calórica	761
3.3. Control de factores de riesgo	762
3.4. Actuación psicológica	763
3.5. Programa educativo	764
3.6. Valoración sociolaboral	765
4. Resultados	765
4.1. Sobre calidad de vida	765
4.2. Sobre el pronóstico	767
Bibliografía	768
Abreviaturas	771
Tema 29 ESTRATEGIAS MOTIVACIONALES EN LA PRÁCTICA DE ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE	773
1. Introducción	775
2. Definición de motivación	776
3. Motivos de iniciación y abandono de la práctica de actividad física y ejercicio	777

4. Estrategias para promover y facilitar la adherencia a un programa de actividad física supervisada	779
4.1. Proporcionar información didáctica sobre los beneficios y ventajas de adherirse a un PAFS	779
4.2. Exposición de modelos que han conseguido los objetivos propuestos	781
4.3. Utilización de matrices de decisiones y contratos conductuales ...	781
5. Estrategias para desarrollar y mantener la motivación de los participantes en un programa de actividad física supervisada	783
5.1. Establecimiento de planes de trabajo físico en los cuales se aumenten las cargas físicas y psicológicas de forma progresiva	785
5.2. Diseñar sesiones de entrenamiento variadas	785
5.3. Utilizar un tipo de feedback instruccional práctico y correctivo que permita al participante aprender y obtener sensación de progreso	786
5.4. Utilizar el ánimo y el elogio de forma consistente	788
5.5. Ayudar a establecer objetivos eficaces	791
5.6. Promover la utilización de autorregistros	795
6. Consideraciones finales. Mantenimiento en el tiempo de los hábitos adquiridos al finalizar un programa de actividad física supervisada	796
6.1. Realizar seguimiento individualizado	797
6.2. Enseñar a reformular objetivos utilizando estrategias de autocontrol	798
6.3. Recomendar la búsqueda de apoyo social	799
Referencias bibliográficas	799

Tema 30 ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EN LA PROMOCIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA COMO ELEMENTO ESENCIAL EN LA LUCHA CONTRA LAS ENFERMEDADES CRÓNICAS	801
1. Introducción	803
2. El libro blanco de la Comisión de las Comunidades Europeas: «Estrategias europeas sobre problemas de salud relacionados con la alimentación, el sobrepeso y la obesidad»	805
2.1. Políticas y principios de la Comunidad sobre el tema	806
2.2. Acciones desde las estrategias planteadas	806

2.3. Coherencia de las actuaciones a nivel comunitario	807
2.4. Un objetivo de gran interés: consumidor mejor informado	807
2.5. Fomento de la actividad física	807
2.6. La Escuela, objetivo fundamental	808
2.7. Desarrollo de sistemas de seguimiento	808
2.8. Actividad física y comportamiento sedentario. Promoción de estilos de vida saludables	808
3. Síntesis de programas, actividades y sugerencias, seleccionados de diferentes propuestas internacionales y nacionales relacionados con la alimentación, el ejercicio físico y la salud	809
3.1. A nivel nacional	809
3.2. A nivel de la comunidad	810
3.3. A nivel de las Asociaciones de Consumidores	810
3.4. A nivel de las industrias agroalimentarias	810
3.5. A nivel escolar	811
3.6. A nivel familiar	811
4. Iniciativas y acciones de prevención primaria de la obesidad. Algunos ejemplos de experiencias mundiales y europeas	811
5. La Estrategia NAOS: respuesta española a la demanda de la OMS	813
6. Programa THAOS	815
7. Bibliografía	817

1. INTRODUCCIÓN

El músculo esquelético satisface sus demandas energéticas a partir de diferentes sustratos cuyo origen es la dieta o las reservas del organismo. La energía necesaria para que el músculo esquelético pueda desarrollar su función se obtiene principalmente de las grasas y los hidratos de carbono, siendo el consumo de proteínas poco importante para este fin. Estos sustratos no son utilizados directamente por el músculo, sino que deben ceder la energía que contienen en sus enlaces químicos, para mantener los niveles adecuados de ATP (adenosín-trifosfato), el cual sí puede ser utilizado de forma directa por las células del organismo.

2. FUENTES ENERGÉTICAS

El músculo esquelético tiene 3 clases de fuentes energéticas cuya utilización varía en función de la actividad física desarrollada. En actividades de potencia (pocos segundos de duración y de elevada intensidad) el músculo utilizará el sistema de los fosfágenos (ATP y fosfocreatina); para actividades de 60 segundos de duración a la máxima intensidad posible, se utiliza fundamentalmente las fuentes de energía glucolíticas no oxidativas (metabolismo anaeróbico), mientras que para actividades de +120 segundos, el sistema aeróbico (metabolismo aeróbico) será el que soporte básicamente las demandas energéticas.

Estudios recientes sugieren que la transición entre la preponderancia de los sistemas energéticos anaeróbico láctico y aeróbico ocurre antes de los 120 segundos, de manera que a partir de los 60 segundos el metabolismo anaeróbico láctico pierde gran parte de su protagonismo, mientras que el sistema aeróbico se hace realmente el más importante.

La glucólisis anaeróbica comienza desde el inicio de la contracción muscular durante el ejercicio, habiéndose encontrado concentraciones de lactato de 25-46 mmol/kg de músculo seco después de 10 s de ejercicio intenso.

Esta claro que será muy difícil la participación única de uno de estos sistemas energéticos en una actividad determinada, por lo que se debería hablar realmente de preponderancia de un sistema energético en una actividad física dada, debido al solapamiento continuo que ocurre entre estos sistemas.

1. Sistema anaeróbico-aláctico o sistema de los fosfágenos.
 - ATP (Adenosín-trifosfato).
 - PC (fosfocreatina).
2. Sistema anaeróbico láctico o glucólisis anaeróbica.
3. Sistema aeróbico u oxidativo.
 - Hidratos de carbono.
 - Grasas.
 - Proteínas.

3. LOS FOSFÁGENOS EN EL METABOLISMO ENERGÉTICO

Este sistema proporciona la energía que se necesita al inicio del ejercicio para la contracción muscular y durante ejercicios cortos pero de muy alta intensidad.

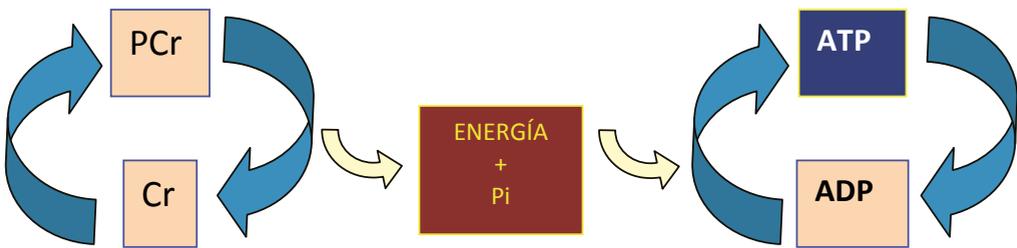
Se basa fundamentalmente en el existencia de ATP y la capacidad de la célula muscular de utilizarlo.

3.1. ATP

El ATP (adenosín-trifosfato) sirve de enlace entre la energía liberada en las reacciones exergónicas del organismo y las demandas energéticas de la propia célula. Las células musculares utilizan el ATP directamente para conseguir otras formas de energía (mecánica). El ATP pertenece al grupo de fosfatos denominado de alta energía, formado también por otros compuestos equivalentes desde un

punto de vista energético; entre ellos podemos nombrar: el GTP (guanósín-trifosfato), el UTP (uridín-trifosfato), el ADP (adenosín-difosfato) y el AMP (adenosín-monofosfato), aunque es el ATP el que más se utiliza cuando se requiere energía en el organismo.

Los almacenes de ATP en la célula muscular son muy pequeños, lo cual, como veremos más adelante, es más una ventaja que desventaja. La mayor parte de la energía celular potencial se almacena como fosfocreatina (PC), estando el metabolismo de este compuesto relacionado con el del ATP a través de una reacción catalizada por la enzima creatín-quinasa.



En el músculo esquelético, la utilización de ATP como fuente energética conlleva automáticamente su resíntesis a través de la PC.

3.2. Fosfocreatina (PC)

La cantidad de ATP almacenada en las células musculares del organismo es tan pequeña que sólo permite la realización de un trabajo durante unos pocos segundos. Por ello el ATP debe ser reciclado constantemente en las células; parte de la energía necesaria para la resíntesis del ATP en la célula muscular se realiza rápidamente y sin la participación del oxígeno a través de la transferencia de energía química desde otro componente rico en fosfatos de alta energía, la fosfocreatina (PC).

La concentración celular de PC es 3 a 5 veces superior a la de ATP (15×10^{-6} mol. g^{-1} de músculo); por ello la PC es considerada como una verdadera reserva de compuestos ricos en fosfatos de alta energía, y su agotamiento será completo después de aproximadamente 2 segundos de esfuerzo máximo.

En las fibras musculares lentas (tipo I) el contenido de PC es un 5-15% menor que en las fibras musculares rápidas (tipo II).

Una vez que la PC se hidroliza, su fosfato es donado directamente al ADP para poder resintetizar ATP, según la reacción $ADP + P_i \rightarrow ATP$, catalizada por la creatín-quinasa. Por otra parte, y si la cantidad de energía disponible es suficiente, la creatina (C) y el fosfato (P) pueden formar PC. Paradójicamente el único medio por el cual la PC puede ser sintetizada desde $P_i + C$, es a través de la energía liberada por la ruptura del ATP. Esto tiene lugar durante la recuperación del ejercicio, en cuyo periodo la síntesis de ATP tiene lugar a través de otros sustratos. Por tanto, cuando durante un ejercicio de muy alta intensidad se produce el acoplamiento de las reservas de PC, éstas sólo serán repuestas cuando haya comenzado la recuperación.

Las fibras musculares lentas (I) resintetizan ATP y PC más rápidamente que las fibras musculares rápidas (II).

Se ha comprobado en corredores de resistencia un acortamiento del tiempo de resíntesis de la PC, reflejando una mejor capacidad oxidativa de sus músculos. En general, existía una correlación significativa entre el tiempo de resíntesis de PC y el $VO_{2m\acute{a}x}$.

El acoplamiento de las reacciones del ATP y la PC posibilita que la PC se deplecione en primer lugar, y sólo cuando el agotamiento esté próximo disminuirán las reservas de ATP. Así, cuando se ha deplecionado el 90% de la PC, el ATP sólo habrá descendido en un 10%. La creatín-quinasa es activada cuando aumentan las concentraciones sarcoplasmáticas de ADP, y es inhibida por concentraciones altas de ATP. Al comienzo del ejercicio el ATP se convierte en $ADP + P_i$ para proporcionar energía para la contracción muscular. Este incremento inmediato en las concentraciones de ADP estimula la actividad de la creatín-quinasa de manera que se descompone la PC para resintetizar ATP con energía generada. Si el ejercicio continúa, la glucólisis anaeróbica, y posteriormente el metabolismo aeróbico, comenzarán a producir cantidades adecuadas de ATP para soportar las necesidades energéticas musculares. Este aumento de las concentraciones de ATP, junto con una reducción de los niveles de ADP, inhibirán la creatín-quinasa.

La mitocondria es la central energética principal de las células (metabolismo oxidativo o sistema aeróbico). Aunque también es posible la génesis de una pequeña cantidad de energía en el citosol de la célula. Esta energía generada se utiliza para formar compuestos de alta energía, fundamentalmente PC y ATP, que son los compuestos de utilización directa de obtención de energía.

La realización de ejercicio físico requiere una rápida formación de moléculas de ATP, que podrá ser soportada gracias a una mayor utilización de oxígeno (metabolismo oxidativo) y/o a través de la glucólisis anaeróbica, que en cualquier caso darán lugar a una mayor producción de dióxido de carbono (CO_2).

Tanto los hidratos de carbono como las grasas y, excepcionalmente, las proteínas pueden ser utilizados después de una serie de transformaciones en el ciclo de Krebs o ciclo de los ácidos tricarboxílicos. De las reacciones que tienen lugar en este ciclo se forma ATP, CO_2 y H^+ o protones y sus electrones asociados, éstos son transferidos a la cadena respiratoria mitocondrial donde reaccionarán con oxígeno para formar finalmente H_2O . Por cada par de electrones transferidos, se libera energía suficiente para formar 3 moléculas de ATP.

El hígado, donde se convierte en glucosa-6P al entrar en el hepatocito; posteriormente, y en función de las necesidades energéticas del organismo, la glucosa-6P puede: 1) reconvertirse en glucosa y salir de la célula hepática hacia otras células del organismo (músculo esquelético); 2) oxidarse en el ciclo de Krebs y cadena de electrones para formar el ATP necesario para mantener la función hepática; 3) almacenarse en forma de glucógeno en el hígado; y 4) degradarse en acetil-CoA para la conversión posterior en ácidos grasos y transporte a través de la sangre hasta los adipocitos.

Durante el ejercicio el glucógeno hepático se convierte en glucosa que pasa a la sangre circulante, de manera que la glucemia aumenta o permanece estable dependiendo de la intensidad del ejercicio, disminuyendo sólo después de ejercicios intensos de muy larga duración. El aporte de glucosa al músculo esquelético durante el ejercicio se realiza principalmente desde el glucógeno hepático y también en menor medida desde el propio glucógeno muscular (esto ocurre fundamentalmente en el ejercicio de larga duración).

El glucógeno está distribuido en el organismo de forma que se encuentran unos 400 gramos de glucógeno en la musculatura esquelética y unos 100 gramos en el hígado. Hay que tener en cuenta que el músculo esquelético puede utilizar el glucógeno almacenado en sus propias células musculares y, después de su degradación a glucosa, el del hígado. Hay también algunas evidencias de glucogénesis en músculos inactivos durante el ejercicio prolongado.

De los distintos principios inmediatos sólo los hidratos de carbono pueden ser degradados sin la participación directa del oxígeno para obtener energía mediante su transformación en lactato en el citoplasma celular (glucólisis anaeróbi-

ca). La glucosa entra en las células donde se utiliza de forma inmediata (glucólisis anaeróbica) o se almacena en forma de glucógeno para su utilización posterior (glucogenogénesis).

4. GLUCÓLISIS

La primera etapa del catabolismo de la glucosa celular es la glucólisis, que proporciona la energía necesaria para mantener la contracción muscular desde pocos segundos hasta algunos minutos de duración involucrando directamente al metabolismo de las fibras musculares tipo II. Las reacciones de esta etapa glucolítica tiene lugar en el citosol.

El paso de glucosa al interior celular es por transporte facilitado (difusión facilitada). No depende de un aporte energético y es saturable. Se sugiere la presencia de un transportador de membrana (GLUT4). La actividad muscular provoca un aumento del contenido de GLUT 4 en el sarcolema. Por todo ello, los niveles de GLUT4 están ligados a la capacidad oxidativa, y se ha observado que aumenta con el entrenamiento de resistencia en humanos.

Otros factores que favorecen el paso de glucosa al interior celular son: el incremento de calcio que activa el transportador de glucosa; la hipoxia, que provoca liberación de calcio; la adrenalina, que favorece la entrada de glucosa al interior celular; y la insulina, cuyos efectos durante el ejercicio son mucho menos importantes que en estado de reposo.

Durante el catabolismo de glucosa a piruvato en el citosol, el rendimiento energético neto equivale a la resíntesis de 6 moléculas de ATP, si el NADH + H⁺ (dinucleótido de adenina-nicotinamida reducido) formado durante el ciclo de Embden-Meyerhof o glucólisis, puede ser reoxidado por la lanzadera de protones de la membrana mitocondrial, aceptando H⁺ y transfiriéndolos a los coenzimas mitocondriales. Esta manera de regenerar NAD⁺ en el citoplasma celular mantiene el estado redox del citosol, y permite que la glucólisis pueda continuar. Por tanto, de las 6 moléculas de ATP formadas con la energía procedente de la glucosa hasta su descomposición en piruvato, 2 ATP se forman en el citosol (ciclo de Embden-Meyerhof) y 4 ATP en la mitocondria por la reoxidación del NADH.