

materia

Integración do Metabolismo

unidade didáctica **1**

Perfís metabólicos de órganos e tecidos

José Antonio Villamarín Cid

Departamento de Bioquímica e Bioloxía Molecular
Facultade Veterinaria



VICERREITORÍA DE ESTUDANTES,
CULTURA E FORMACIÓN CONTINUA

titulación

Grao en Veterinaria



unidade didáctica 1

Perfís metabólicos de órganos e tecidos

José Antonio Villamarín Cid
Departamento de Bioquímica e Bioloxía Molecular
Facultade Veterinaria



Copyright © Universidade de Santiago de Compostela, 2012

Deseño

Unidixital

Edita

Vicerreitoría de Estudantes,
Cultura e Formación Continua
da Universidade de Santiago de Compostela
Servizo de Publicacións
da Universidade de Santiago de Compostela

Imprime

Unidixital

Servizo de Edición Dixital da
Universidade de Santiago de Compostela

Dep. Legal: C 1113-2012

ISBN 978-84-9887-878-3

ADVERTENCIA LEGAL: reservados todos os dereitos.
Queda prohibida a duplicación, total ou parcial desta
obra, en calquera forma ou por calquera medio (elec-
trónico, mecánico, gravación, fotocopia ou outros) sen
consentimento expreso por escrito dos editores.

MATERIA: Integración do Metabolismo
TITULACIÓN: Grao en Veterinaria
PROGRAMA XERAL DO CURSO
Localización desta unidade didáctica

Unidade I. Perfís metabólicos de órganos e tecidos

- Tema 1. Bioquímica da dixestión
- Tema 2. Bioquímica do sangue
- Tema 3. Metabolismo do fígado
- Tema 4. Metabolismo do cerebro
- Tema 5. Metabolismo do músculo
- Tema 6. Metabolismo do tecido adiposo
- Tema 7. Bioquímica da glándula mamaria

Unidade II. Coordinación metabólica entre diferentes órganos/tecidos

ÍNDICE

Presentación	7
Obxectivos	8
Metodoloxía	9
1. Metodoloxía para o desenvolvemento da docencia teórica	9
2. Metodoloxía para o desenvolvemento da docencia práctica	10
Contidos teóricos	10
1. Bioquímica da dixestión	11
1.1. Aspectos bioquímicos da dixestión en animais monogástricos	11
1.2. Procesos bioquímicos da dixestión en ruminantes	12
2. Bioquímica do sangue	13
3. Metabolismo do fígado	14
4. Metabolismo enerxético do cerebro	17
5. Metabolismo enerxético do músculo	18
6. Metabolismo do tecido adiposo	18
7. Bioquímica da glándula mamaria	19
Contidos prácticos	20
1. Práctica 1	20
1. Práctica 2	21
Avaliación	21
Anexo 1: material para titorías	22
Anexo 2: modelo mapa metabólico	26
Bibliografía	28

PRESENTACIÓN

Esta unidade didáctica denominada «Perfis metabólicos de órganos e tecidos» forma parte da materia «Integración do Metabolismo», que pertence ao bloque de formación básica do Grao en Veterinaria, e se imparte no 2º semestre do 1º curso. Os seus contidos van dirixidos a estudantes do Grao en Veterinaria con coñecementos previos de bioquímica, fisioloxía e anatomía veterinaria.

Na materia «Bioquímica» que se imparte no 1º semestre do 1º curso do Grao estúdanse as rutas metabólicas básicas localizadas nunha célula. Non obstante, os organismos superiores son moito máis que un conxunto de células iguais. Ao longo do desenvolvemento embrionario ten lugar o proceso de diferenciación celular no que se orixinan diferentes tipos celulares. As células diferenciadas asóciense en tecidos e órganos con funcións específicas. Como é lóxico, a función do tecido condiciona o seu metabolismo, de xeito que non todas as rutas metabólicas ocorren en todas as células. Máis ben, cada tecido/órgano dun organismo animal ten un «perfil» metabólico concreto, determinado pola súa función. Para que o organismo funcione correctamente, os procesos metabólicos que acontecen nos diferentes tecidos deben estar estritamente regulados e coordinados en función do estado nutricional do animal, do exercicio físico que realiza, etc.

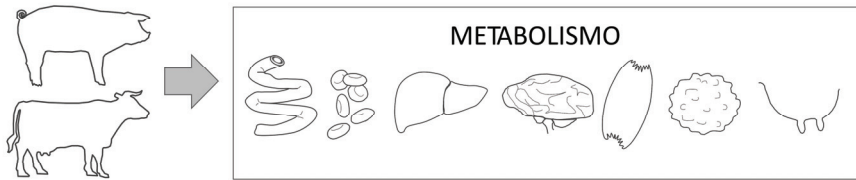
Na materia «Integración do Metabolismo» situamos os procesos metabólicos no contexto dun organismo animal no seu conxunto (non nunha célula tipo), o que permitirá ao/á alumno/a aplicar os coñecementos sobre metabolismo adquiridos na materia «Bioquímica».



Xustificación da unidade didáctica no contexto da materia e da titulación

Unha das competencias disciplinares dos profesionais veterinarios é o coñecemento das bases físicas, químicas e moleculares dos principais procesos que ocorren nun organismo animal. Para acadar esta competencia é preciso entender como se regulan e coordinan os diferentes procesos metabólicos no conxunto do organismo animal, en diferentes situacións fisiolóxicas: ciclo xaxún/alimentación, exercicio físico, lactación, etc. (unidade didáctica II). Como paso previo é necesario coñecer os principais

procesos metabólicos/bioquímicos que teñen lugar en cada tecido/órgano/sistema; é dicir, o que chamamos perfís metabólicos dos diferentes tecidos/órganos (UNIDADE DIDÁCTICA I).



OBXECTIVOS

A continuación enuméranse os obxectivos que se pretenden alcanzar nesta unidade didáctica no contexto dos obxectivos globais da materia:

OBXECTIVOS DA MATERIA

OBXECTIVOS DA U.D.

1. Analizar as diferenzas dos perfís metabólicos de diferentes tecidos/órganos/sistemas animais
2. Analizar as principais diferenzas metabólicas entre animais monogástricos e ruminantes
3. Coñecer as bases moleculares dalgunhas patoloxías metabólicas propias dos animais
4. Utilizar algunhas técnicas de laboratorio e familiarizarse coa metodoloxía científica utilizada no campo das ciencias da vida
5. Aprender a utilizar algunhas bases de datos relacionadas coas ciencias da vida
6. Aprender terminoloxía científica relacionada coas ciencias da vida
7. Estudar as interrelacións metabólicas entre os diferentes órganos e tecidos en diferentes situacións fisiolóxicas e patolóxicas

METODOLOXÍA

1. Metodoloxía para o desenvolvemento da docencia teórica

Os contidos teóricos desenvolveranse en 17 clases expositivas de 1 h cada unha. A exposición dos contidos apóiase en presentacións con diapositivas elaboradas especificamente para cada tema, e no emprego do taboleiro para a elaboración de esquemas, estruturas etc. Os/as alumnos/as deberán completar a súa formación con sesións de traballo non presencial.

A docencia teórica complementarase con dúas sesións (2 h/sesión) de titoría en grupo (10 alumnos-as/grupo), nas cales se repararán, cunha participación activa dos/as alumnos/as, os contidos da materia. Para este fin, durante a sesión, formularanse, de xeito secuencial, unha serie de cuestións (anexo 1) que os/as alumnos/as deberán resolver con respostas razoadas e guiados/as polo profesor. Estas cuestións servirán de fio condutor para reparar os contidos fundamentais da materia e reforzar a súa comprensión. Nas sesións de titoría prestarase especial atención e farase fincapé en que os alumnos/as empreguen a terminoloxía axeitada, para acadar un dos obxectivos da unidade didáctica. Para o desenvolvemento do obxectivo 6, unha parte da sesión 2 de titoría empregárase para que os alumnos/as realicen unha busca bibliográfica na base de datos PubMed de traballos de revisión recentes sobre o tema «papel dos astrocitos no metabolismo enerxético do cerebro» (contido do tema 4).

A distribución aproximada por temas, tanto das clases expositivas como das sesións de traballo non presencial e as titorías, amósase na seguinte táboa:

Traballo non presencial (h)	6	5	6	2.5	2.5	1.5	3.5	27
Titorías grupo (h)	2			2				4
Clases expositivas (h)	4	3.5	4	1.5	1.5	1	2.5	18
	Tema 1	Tema 2	Tema 3	Tema 4	Tema 5	Tema 6	Tema 7	Total h

Material empregado:

— Material didáctico. Para o seguimento das clases expositivas os/as alumnos/as dispoñerán dun material didáctico específico de cada tema (basicamente esquemas, imaxes e resumos coas ideas fundamentais de cada tema); este material estará

dispoñible ao comezo do semestre, a través da plataforma USC-virtual.

— Mapa metabólico. O alumnado deberá manexar, nas clases expositivas e nas sesións de titoría, un «mapa metabólico» elaborado como traballo obrigatorio na materia «Bioquímica» impartida no 1º semestre do grao (ver modelo en anexo 2), para recordar os procesos metabólicos.

Insistirase na importancia de que, con toda a información dispoñible (material didáctico que se facilita de cada tema, apuntamentos recollidos nas clases expositivas contrastados e ampliados nos libros de texto, información obtida das prácticas de laboratorio realizadas etc.), cada alumno/a elabore o seu propio «caderno de apuntamentos» sobre a materia.

2. Metodoloxía para o desenvolvemento da docencia práctica

Os contidos prácticos desenvolveranse integramente en dúas sesións de laboratorio (3 h/sesión), en grupos de 20 alumnos/as como máximo. Os/as alumnos/as deberán completar a súa formación con sesións de traballo non presencial, como se amosa na seguinte táboa:

Traballo non presencial (h)	3	3	6
Prácticas laboratorio (h)	3	3	6
	sesión práctica 1	sesión práctica 2	Total h

Cada alumno/a dispoñerá dun «Manual de Prácticas» elaborado especificamente para a materia, no que se describen os obxectivos, o fundamento das técnicas que se utilizan e o desenvolvemento metodolóxico dos procesos experimentais que se levan a cabo.

A sesión comeza cunha breve explicación do profesor sobre o obxectivo da práctica e a súa contextualización. A continuación, cada alumno/a deberá realizar o traballo de laboratorio, seguindo as indicacións metodolóxicas do Manual, e empregando o material e reactivos dos que dispón. Unha vez finalizada a práctica, o/a alumno/a describirá detalladamente no propio Manual, en horas de traballo non presencial, os resultados da práctica, e discutirá acerca dos datos obtidos.

Equipamento e material básico necesario:

- Práctica 1
 - Cubeta de electroforese e xeles de agarose
 - Fonte de alimentación
 - Densitómetro
 - Pipetas automáticas
 - Probetas e recipiente para tinguidura
 - Soros de can, vaca, ovella, cabalo e coello

- Práctica 2
 - Espectrofotómetro e cubetas de espectrofotómetro
 - Tubos de ensaio
 - Pipetas de vidro
 - Pipetas automáticas
 - Soros de porco, can, vaca, ovella, cabra, cabalo e coello

CONTIDOS

CONTIDOS TEÓRICOS

1. Bioquímica da dixestión

Neste tema trátanse os aspectos bioquímicos (moleculares) do proceso de dixestión dos alimentos e da absorción dos nutrientes ao sangue, analizando as particularidades bioquímicas dos procesos dixestivos nos ruminantes.

1.1. Aspectos bioquímicos da dixestión en animais monogástricos

1.1.1. Dixestión de polisacáridos e disacáridos

Nesta sección trátase o proceso bioquímico da dixestión dos principais polisacáridos inxeridos polos animais na súa dieta: glicóxeno (carnívoros) e amidón (omnívoros), e tamén dalgúns disacáridos como a lactosa ou a sacarosa. Faise especial fincapé no tipo de enlaces químicos que se hidrolizan (enlaces O-glicosídicos) e nos principais enzimas dixestivos responsables do proceso (glicosidasas). A continuación estúdase o proceso de absorción da glicosa e outros monosacáridos; é dicir, o seu paso desde a luz intestinal ata o sangue, a través dos enterocitos.

1.1.2. Dixestión de triglicéridos, fosfoglicéridos e colesterol

Neste apartado estúdanse as fases do proceso de dixestión e absorción de lípidos nos animais monogástricos: (a) emulsión por efecto das sales biliares; (b) dixestión enzimática por acción das lipases e fosfolipases; (c) difusión ao interior do enterocito; (d) re-esterificación enzimática no interior do enterocito; e (e) formación de quilomicrons e liberación a linfa. Faise fincapé na necesidade de fabricación destas lipoproteínas para o transporte de lípidos no medio acuoso do sangue.

1.1.3. Dixestión de proteínas

Neste apartado trátanse os procesos de dixestión enzimática das proteínas, é dicir, a hidrólise dos enlaces peptídicos mediante a acción das diferentes proteases ou peptidasas dixestivas. A continuación estúdase o proceso de absorción dos aminoácidos e os pequenos péptidos xerados no proceso de dixestión.

1.2. Procesos bioquímicos da dixestión en animais ruminantes

O proceso de dixestión nos animais ruminantes está condicionado pola poboación de microorganismos que vive, de maneira simbiótica, no rumen. Os microorganismos fan posible o aproveitamento de certos alimentos que non poden utilizar os animais monogástricos e, a cambio, utilizan unha parte dos nutrientes que inxire o animal na súa dieta. En consecuencia, os alimentos inxeridos polo ruminante (glúcidos, lípidos e proteínas) son notablemente modificados antes de que alcancen o abomaso e o intestino. Dado que no rumen hai un ambiente anaerobio, os microorganismos utilizan procesos fermentativos para obter enerxía, dando produtos finais parcialmente oxidados, que son aproveitados polo ruminante. Os procesos de dixestión en ruminantes están, polo tanto, condicionados pola presenza dos microorganismos do rumen, e difiren notablemente dos que acontecen en monogástricos. A presenza dos microorganismos ruminais non só afecta aos procesos moleculares dixestivos, senón que condiciona, en moitos aspectos, o metabolismo doutros órganos e tecidos (fígado, músculo, glándula mamaria, etc.).

1.2.1. Fermentación ruminal da glicosa

Neste apartado explícase, inicialmente, como se hidrolizan os polisacáridos inxeridos polo ruminante, grazas ás glicosidasas microbianas. Destácase a grande importancia destes enzimas que permiten aos ruminantes o aproveitamento da celulosa, o polímero mais abundante na natureza. A continuación explícase como os microorganismos fermentan a

glicosa para a obtención de ATP, empregando diferentes tipos de fermentacións, e como os produtos finais da fermentación (maioritariamente acetato, propionato e butirato) son absorbidos a través das paredes do rumen, e pasan ao sangue, chegando ao fígado e aos tecidos periféricos. Faise fincapé na importancia destes produtos como fontes de enerxía para o animal.

1.2.2. Dixestión dos lípidos nos ruminantes

Neste apartado incídese no feito de que os ácidos graxos ingeridos polo animal na súa dieta (escasos e, na súa maioría, insaturados) son hidroxenados polos microorganismos; en consecuencia, o tipo de ácidos graxos que chegan ao sangue do ruminante son estruturalmente diferentes dos ingeridos na dieta.

1.2.3. Dixestión de proteínas nos ruminantes

Neste apartado explícase como as proteínas ingeridas polo ruminante son hidrolizadas polos microorganismos do rumen, que aproveitan os aminoácidos para fabricar as súas propias proteínas. Tamén se incide na importancia de achegar o chamado nitróxeno non proteico (NNP) da dieta do ruminante como fonte de NH_3 para que os microorganismos poidan sintetizar aqueles aminoácidos que necesitan e que non contén a proteína da dieta. As proteínas dos microorganismos do rumen (proteína microbiana), cando estes morren, serven como fonte de aminoácidos para o ruminante.

2. Bioquímica do sangue

Neste tema analízase o papel do sangue como mediador das interaccións metabólicas entre os diferentes tecidos/órganos, e os sistemas de transporte de lípidos a través deste medio acuoso. Incídese na importancia crucial que ten para os animais o mantemento da glicemia dentro dunhas marxes.

2.1. Funcións e composición do sangue

Neste apartado de introdución explícase a composición e as funcións do sangue, destacando o seu papel de transporte que permite a conexión e a comunicación metabólica entre os diferentes órganos e tecidos.

2.2. Metabolismo da glicosa nos eritrocitos

Neste apartado estúdase como os eritrocitos (as células máis abundantes no sangue) captan a glicosa e a metabolizan mediante fermentación homoláctica, para a obtención de ATP. Tamén se incide na importancia da ruta das pentosas fosfato para a obtención de poder redutor en forma de NADPH, imprescindible para manter a integridade do eritrocito, e da utilización da glicosa para a síntese de 2,3 bisfosfoglicerato.

2.3. Metabolismo do grupo hemo

Neste apartado estúdase o metabolismo do grupo hemo que forma parte da estrutura da hemoglobina. En primeiro lugar trátase o proceso de síntese do grupo hemo a partir de glicina e succinil-CoA, e, en segundo lugar, o proceso de degradación e eliminación dos produtos a través das feces ou dos ouriños.

2.4. Proteínas plasmáticas

Neste apartado explícase a diferenza entre plasma e soro, e as funcións e tipos de proteínas plasmáticas. Tamén se explica o proceso de separación das proteínas plasmáticas mediante electroforese, a obtención do proteinograma, e a súa importancia como proba analítica para o diagnóstico de determinadas enfermidades. Os contidos deste apartado complétanse cunha práctica de laboratorio (práctica 1).

2.5. Regulación da glicemia

A concentración de glicosa no sangue (glicemia) está sometida a un estrito control. Neste apartado incídese especialmente na importancia crucial do mantemento da glicemia para a supervivencia dos animais, e na regulación hormonal do proceso. Os contidos compléméntanse cunha práctica de laboratorio (práctica 2).

2.6. Sistemas de transporte de lípidos a través do sangue

Os lípidos son substancias hidrofóbicas, pouco solubles ou insolubles en auga; este feito supón un problema para o seu transporte a través do sangue. Neste apartado explícase basicamente o transporte de ácidos graxos de cadea longa mediante a albumina, e os procesos de transporte de lípidos complexos (da dieta e endóxenos) mediante lipoproteínas. Faise fincapé nos diferentes «circuitos» de transporte mediados polos diferentes tipos de lipoproteínas

3. Metabolismo do fígado

Neste tema analízase a función do fígado como «central loxística» no metabolismo dos animais, e o seu papel clave na regulación da glicemia (homeostase da glicosa). En relación con este proceso, incídese nas particularidades metabólicas no fígado dos ruminantes, que veñen determinadas polo tipo de nutrientes que chegan ao fígado a través do sangue, e, en último termo, polos procesos dixestivos que acontecen no rumen. Outro obxectivo clave deste tema é entender as bases bioquímicas das cetoses (incremento esaxerado na formación de corpos cetónicos), xa que é no fígado onde ten lugar esta ruta metabólica.

3.1. Introducción

Nesta sección explícanse as funcións do fígado, destacando o seu papel clave na regulación e coordinación metabólica entre os diferentes tecidos/órganos. Incídese no carácter «altruísta» do fígado que exporta glicosa e corpos cetónicos a outros órganos, e emprega para si mesmo combustibles non exportables, como os aminoácidos sobrantes. Tamén se analizan as diferenzas nos niveis de glicóxeno hepático entre animais monogástricos e ruminantes.

3.2. Rutas metabólicas presentes no fígado

Unha célula hepática aproxímase a unha «célula tipo» na que ocorren a maioría dos procesos metabólicos estudados previamente na materia «Bioquímica». Aproveitando o mapa metabólico que os/as alumnos/as elaboraron nesta materia, faise un repaso das principais rutas metabólicas que teñen lugar no fígado, dedicando especial atención na súa función. Trátase, sobre todo, de que o alumnado obteña unha visión global dos procesos metabólicos que ocorren no fígado para poder entender o sentido dos mesmos. Por exemplo, como o fígado pode captar a glicosa do sangue (cando hai un exceso) para almacenala como glicóxeno ou transformala en graxa; ou como, en determinadas situacións, o fígado pode degradar ácidos graxos procedentes do tecido adiposo e convertelos en corpos cetónicos para exportalos a outros tecidos/órganos.

3.2.1. Metabolismo de glúcidos

Neste apartado explícase o proceso de captación de glicosa do sangue polas células hepáticas, e recórdanse os camiños metabólicos que pode seguir: glicólise, ruta das pentosas fosfato ou síntese de glicóxeno. Incídese na importancia indirecta do enzima glicoquinase no proceso de captación de glicosa. Por outra parte, recórdase a importancia da gliconeoxénese hepática, e os precursores que potencialmente poden ser

empregados para a síntese de glicosa; especificamente, explícase a importancia do propionato como precursor gliconeoxénico nos ruminantes.

3.2.2. Metabolismo de lípidos

Aténdese á importancia do fígado no proceso de síntese de ácidos graxos e triglicéridos para exportalos ao tecido adiposo, na síntese de colesterol e de sales biliares a partir deste, e na formación de corpos cetónicos (acetoacetato e β -hidroxi-butirato) para exportalos a outros tecidos.

3.2.3. Metabolismo de aminoácidos

Neste apartado incídese fundamentalmente en dous aspectos: (1) a capacidade única do fígado dos animais ureotélicos para eliminar o NH_3 mediante a formación da urea, e os sistemas para transportar o NH_3 ata o fígado; e (2) o aproveitamento dos esqueletos carbonados dos aminoácidos para a obtención de enerxía ou para a fabricación de glicosa.

3.3. Aproveitamento dos AGV nos ruminantes: papel do fígado

Neste apartado explícase como os ruminantes aproveitan os ácidos graxos volátiles (acetato, propionato e butirato) xerados no rumen como produtos finais da fermentación da glicosa polos microorganismos. Estes produtos chegan ao fígado pola vea porta. Practicamente a totalidade do propionato é captado polas células hepáticas e empregado para fabricar glicosa. Faise especial fincapé na importancia crucial deste proceso nos ruminantes para o mantemento da glicemia. A maior parte do acetato, en cambio, é utilizado directamente polos tecidos periféricos para producir enerxía ou para sintetizar ácidos graxos e, a partir destes, triglicéridos.

3.4. Papel do fígado na regulación da glicemia: diferenzas entre animais monogástricos e ruminantes

Neste apartado explícanse as diferenzas entre os ruminantes e os monogástricos no proceso clave de mantemento da glicemia, derivadas das diferenzas no proceso dixestivo. Formúlanse algunhas adaptacións metabólicas interesantes no fígado dos ruminantes relacionadas con este tema, como, por exemplo, os baixos niveis dos enzimas glicoquinase ou citrato liase.

3.5. Bases bioquímicas das cetoses

A maior parte das cetoses son xeradas por un desequilibrio na concentración de acetil-CoA e de oxalacetato nas células hepáticas, como consecuencia dunha excesiva degradación de graxas en relación á degradación de glúcidos. Neste apartado abórdanse diferentes situacións fisiolóxicas que poden conducir a este desequilibrio; é dicir, explícanse as causas bioquímicas de diferentes tipos de cetoses, de especial importancia, pola súa frecuencia, en ruminantes. Tamén se explica o concepto de cetoacidose, e por que una cetose pode derivar nunha cetoacidose.

4. Metabolismo enerxético do cerebro

Neste tema abórdanse aspectos do metabolismo enerxético do cerebro. Nel explícase como e a partir de que obtén enerxía (ATP) o cerebro e para que a emprega.

4.1. Introducción

Neste apartado de introdución faise un breve repaso dos tipos de células que forman o cerebro: neuronas e células da glía, e o papel destas últimas no proceso de captación de nutrientes desde o sangue.

4.2. Necesidades enerxéticas do cerebro

Neste apartado estúdanse os procesos que empregan ATP para o funcionamento do cerebro, fundamentalmente o funcionamento da bomba Na/K ATPase, para a xeración e o mantemento do potencial de membrana.

4.3. Substratos enerxéticos do cerebro

Nunha situación metabólica normal o cerebro utiliza basicamente glicosa para a obtención de ATP; en situacións de inanición, o cerebro pode obter unha parte da enerxía a partir de corpos cetónicos, co obxectivo de aforrar glicosa. Neste apartado explícase como se degradan estes combustibles e de onde proceden. Tamén se incide no feito de que a entrada de nutrientes ao cerebro está limitada pola presenza da barreira hematoencefálica e se explica brevemente en que consiste.

4.4. Papel dos astrocitos no metabolismo enerxético do cerebro

Actualmente empézase a coñecer que as células da glía, e en particular os astrocitos, desempeñan un papel activo no metabolismo enerxético do cerebro, concretamente no fluxo de substratos enerxéticos

dende os capilares sanguíneos ata as neuronas. Neste apartado explícase como funciona este sistema na «alimentación» das neuronas glutaminérxicas.

5. Metabolismo enerxético do músculo

Neste tema abórdase o metabolismo enerxético do músculo esquelético e cardíaco. O músculo é un tecido metabolicamente «egoísta», no sentido de que utiliza potencialmente unha gran variedade e cantidade de substratos enerxéticos propios (almacenados no propio tecido) e alleos (que lle chegan a través do sangue procedentes doutros tecidos). Non obstante, o músculo non utiliza estes substratos de xeito aleatorio, senón que utiliza uns ou outros dependendo da situación fisiolóxica na que se encontra. A cuestión fundamental neste tema é que os/as alumnos/as deduzan razoadamente que substratos enerxéticos utiliza o músculo en cada situación e cales son os factores que condicionan esta elección.

5.1. Aspectos xerais: tipos de músculos

Neste apartado faise unha breve descrición dos tipos de músculos (estriado, cardíaco e liso) e, sobre todo, dos tipos de fibras musculares que conforman os músculo estriado e as súas características metabólicas.

5.3. Utilización do ATP polo músculo

Neste apartado explícase por que é necesario ATP para o funcionamento dos músculos e os procesos moleculares onde se utiliza. Incídese na hidrólise de ATP pola miosina no ciclo de contracción muscular.

5.4. Combustibles utilizados polo músculo

Neste apartado fálase, en primeiro lugar, de todos os combustibles que potencialmente pode empregar un músculo para obter ATP, tanto os que están almacenados no propio músculo como os de procedencia allea, que chegan ao músculo a través do sangue. A continuación, explícase por que a intensidade do exercicio físico determina o tipo de combustibles que emprega o músculo e a forma en que os degrada (aerobicamente ou anaerobicamente). Tamén se tratan outros aspectos de interese como as causas da fatiga muscular ou as adaptacións metabólicas do músculo causadas polo adestramento físico.

6. Metabolismo do tecido adiposo

Neste tema atopamos basicamente dous aspectos de interese relacionados co tecido adiposo: o seu papel na homeostase enerxética e o seu papel endócrino.

6.1. Aspectos xerais do tecido adiposo

Neste apartado explícanse os tipos e funcións do tecido adiposo (tecido adiposo branco e marrón) e aténdese á importancia de manter unha parte das reservas enerxéticas en forma de graxa almacenada no tecido adiposo.

6.2. Almacenamento e mobilización dos triglicéridos do tecido adiposo

Neste apartado trátanse os procesos metabólicos de lipólise e lipoxénese no tecido adiposo incidindo, sobre todo, na regulación hormonal do proceso de lipólise e na procedencia dos ácidos graxos que se esterifican no tecido adiposo no proceso de lipoxénese.

6.3. Tecido adiposo marrón e termoxénese

Explícase o proceso de produción de calor a partir da degradación de triglicéridos, baseado no desacoplamento entre a cadea respiratoria de transporte de electróns e a fosforilación oxidativa, por acción da proteína desacoplante ou termoxenina. Destácase a importancia deste proceso nalgúns mamíferos adaptados ao frío.

6.4. Papel endócrino do tecido adiposo

Neste apartado estúdase o papel do tecido adiposo como secretor de hormonas (adipoquinas) e o papel da leptina e da adiponectina sobre o metabolismo, e a súa relación coa regulación do peso corporal.

6. Bioquímica da glándula mamaria

Os obxectivos deste tema son, en primeiro lugar, coñecer cales son os compoñentes bioquímicos do leite e, en segundo lugar, coñecer como se sintetizan e segregan os compoñentes do leite.

6. 1. Componentes bioquímicos do leite

Neste apartado estúdase en detalle cales son os componentes bioquímicos básicos do leite: auga, azucres, graxa, proteínas, vitaminas, minerais e outros componentes.

6. 2. Síntese dos componentes bioquímicos do leite

Nesta sección abórdase o estudo dos procesos relacionados coa síntese dos componentes individuais do leite nas células epiteliais da glándula mamaria, e o proceso de secreción destes ao lumen dos alvéolos onde, unha vez mesturados, se xera o leite.

6.2.1. Síntese e secreción da lactosa

Nesta sección explícase a estrutura e funcionamento da lactosa sintase, o encima responsable da síntese de lactosa, que só é activo no período de lactación. Ademais, tamén se explicará como se fabrica a galactosa a partir da glicosa e como ambos azucres se transportan ao interior dos sacos do aparello de Golgi para xerar a lactosa.

6.2.2. Síntese e secreción da graxa

Os triglicéridos que se sintetizan nas células epiteliais da glándula mamaria a partir de glicerol e ácidos graxos son o componente maioritario da graxa do leite. Os ácidos graxos utilizados para formar os triglicéridos poden ser de procedencia esóxena, maioritariamente do tecido adiposo, ou ser sintetizados *de novo* na glándula mamaria.

6.2.3. Síntese, maduración e secreción das proteínas

Neste apartado explícase como se sintetizan e segregan as proteínas do leite e cal é a estrutura e a composición das micelas de caseína.

CONTIDOS PRÁCTICOS

Práctica 1: Separación de proteínas de soro mediante electroforese en xel de agarosa. Obtención dun proteinograma

Con esta práctica preténdese reforzar os coñecementos sobre as proteínas plasmáticas e entender a utilidade dos proteinogramas no diagnóstico de

determinadas patoloxías (contido do tema 2). Para este obxectivo empréganse soros de diferentes especies animais sans, ou, cando é posible, con algunhas patoloxías. Os/as alumnos/as empregan mostras destes soros para realizar unha electroforese en xel de agarosa, e separar as proteínas nos diferentes grupos: albumina, α -globulinas, β -globulinas e γ -globulinas. A partir dos xeles tinguidos obtéñense os correspondentes proteinogramas mediante densitometría. O alumnado debe observar as diferenzas nos proteinogramas das diferentes especies e tamén comparar os proteinogramas obtidos experimentalmente cos proteinogramas estándar correspondentes a animais sans.

Práctica 2: Determinación cuantitativa de glicosa en sangue de diferentes especies de animais domésticos

Esta práctica ten como obxectivo reforzar os coñecementos sobre as diferenzas entre os animais monogástricos e ruminantes na regulación da glicemia (contidos do tema 2 e tema 3), partindo da observación experimental dos diferentes niveis de glicemia entre ambos tipos de animais. Para este obxectivo os/as alumnos/as determinan os niveis de glicosa no sangue de diferentes especies animais domésticas, tanto monogástricos como ruminantes e pseudoruminantes, mediante un método colorimétrico. Empréganse soros dos seguintes animais: porco, can, vaca, ovella, cabra, cabalo e coello, que son inmediatamente conxelados despois da súa obtención. Unha vez determinados os valores de glicemia, e obtidas as medias entre os diferentes grupos de traballo, o alumnado debe discutir acerca dos valores obtidos e razoar acerca das diferenzas observadas entre especies.

AVALIACIÓN

Para a obtención da cualificación global terase en conta:

- 1) Valoración das prácticas de laboratorio: 15% da cualificación global. Valórase a destreza e coidado no manexo do material de laboratorio, a comprensión do fundamento das técnicas utilizadas, a presentación de resultados e a capacidade para interpretar e discutir acerca dos datos obtidos.
- 2) Grao de participación activa nas clases de titoría en grupo: 10% da cualificación global. Valórase a capacidade para responder axeitadamente ás preguntas que se formulen relacionadas cos contidos abordados nas clases expositivas.
- 3) Valoración dos coñecementos adquiridos mediante exame final: 75% da cualificación global. O exame consta de 2 partes: (a) test de 20-25 preguntas con catro opcións de resposta e unha soa correcta;

corrixirase a probabilidade de acerto por azar; (b) 3-4 preguntas curtas para relacionar/aplicar os coñecementos adquiridos.

Requisitos: a asistencia ás clases prácticas de laboratorio é un requisito indispensable para poder realizar o exame final e, polo tanto, aprobar a materia. A falta a unha práctica deberá ser xustificada documentalmente e, sempre que sexa posible, comunicada con antelación. O alumno/a deberá recuperar a(s) práctica(s) noutro grupo que lle sexa asignado.

ANEXOS

ANEXO I

Titoría 1: cuestións

1. Os ruminantes e os microorganismos ruminais teñen unha relación simbiótica. Que beneficios obteñen os microorganismos? Que beneficios obtén o ruminante?
2. Que pasaría se no rumen houbera un ambiente aerobio, rico en O₂?
3. Que diferenzas fundamentais hai entre as fermentacións ruminais e a fermentación homoláctica? Que vantaxes teñen para os microorganismos as fermentacións ruminais?
4. Por que se produce metano no rumen? Que efectos ambientais ten?
5. Observa a seguinte táboa cos niveis de corpos cetónicos no sangue nalgúns animais domésticos adultos. Que conclusión sacas?

	<i>acetoacetato</i> (mmoles/l)	<i>β-hidroxiacetato</i> (mmoles/l)
cabalo	0,029 ± 0,003	0,064 ± 0.006
vaca	0,043 ± 0,002	0,41 ± 0.03
ovella	0,030 ± 0,002	0,55 ± 0.04
can	0,018 ± 0,018	0,030 ± 0.0006
humanos	<0.1	-

6. Por que o nivel de β-hidroxiacetato é maior en vacas e ovellas?

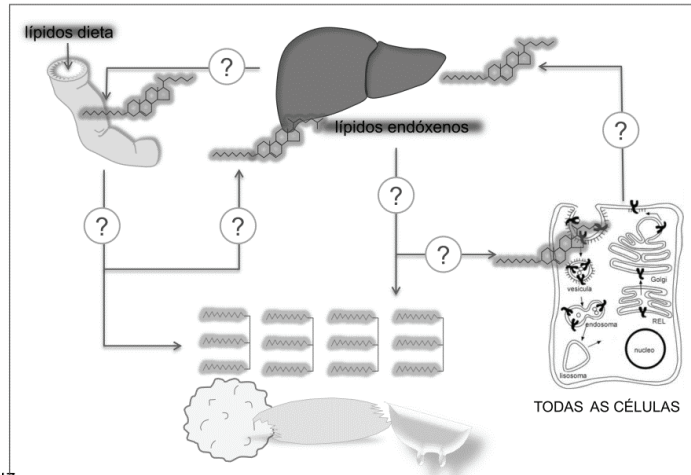
7. Que pasaría se alimentamos unha vaca cun ensilado mal fermentado que conteña moito ácido butírico?
8. Por que se incorpora urea na dieta dos ruminantes?
9. Explica por que a glicosa da dieta vai inicialmente ao fígado mentres que os triglicéridos da dieta se distribúen por todo o organismo (tecido adiposo, músculo, glándula mamaria)
10. Observa a seguinte táboa cos rangos de glicemia nalgúns animais domésticos e en humanos. Que conclusión sacas?

	<i>glicosa mg/100 ml</i>	<i>glicosa (mmoles/l)</i>
cabalo	75 – 115	4,16 – 6,39
vaca	45 – 75	2,50 – 4,16
ovella	50 – 80	2,78 – 4,44
porco	85 – 150	4,72 – 8,33
can	65 – 118	3,65 – 6,55
gato	70 – 110	3,89 – 6,11
cabra	50 – 75	2,78 – 4,16
humanos	80 -120	4,4 – 6,6

11. Como mantén a glicemia un porco e unha vaca? E un tenreiro?
12. Como sintetiza glicosa unha vaca? A partir de que?
13. Por que o fígado dunha vaca ten un nivel moi baixo dos enzimas glicoquinase e citrato sintase?
14. Por que os ruminantes teñen máis risco de sufrir unha cetose?

Titoría 2: cuestións

1. Observa o seguinte esquema que representa o transporte de lípidos complexos a través do sangue. Describe os diferentes «circuitos» de transporte e as lipoproteínas implicadas.



2. Por que ao colesterol transportado polas HDL lle chamamos colesterol bo e ao transportado polas LDL colesterol malo?
3. Por que o cerebro non pode utilizar ácidos graxos e, en cambio, pode utilizar glicosa como combustible para obter enerxía?
4. Poden as neuronas do cerebro empregar como substrato enerxético o lactato xerado no músculo? Poden empregar o lactato xerado nos astrocitos?
5. Que sentido fisiolóxico ten o feito de que a utilización de corpos cetónicos polo cerebro como combustible alternativo á glicosa se incrementa co tempo de xaxún?
6. Pode o cerebro obter enerxía empregando só corpos cetónicos?
7. Que substratos enerxéticos empregarán os músculos dun cabalo durante un exercicio de resistencia? E nun exercicio de velocidade?
8. Por que non podemos desenvolver un exercicio físico de moita intensidade durante moito tempo?
9. Que substratos enerxéticos empregará habitualmente o músculo cardíaco?

10. Que se podería esperar do proceso de lactación nun animal cunha mutación no xene da α -lactalbumina?
11. Por que o volume de leite depende moito da cantidade de lactosa sintetizada?
12. Por que aínda que lle demos de comer a unha vaca unha dieta rica en ácidos graxos poli-insaturados non aparecen no leite que produce?
13. Por que é importante a auga como compoñente do leite?
14. Imaxina unha vaca que se alimenta só con forraxe (celulosa). Describe os procesos metabólicos a través dos cales esa celulosa ingerida pode transformarse en lactosa ou graxa do leite.

BIBLIOGRAFÍA

Libros de texto de bioquímica xeral e bioquímica clínica

- BAYMES, J.W. & M.H. DOMINICZAK (2006) *Bioquímica médica, 2ª ed.*, Barcelona: Elsevier.
- BERG, J.M., J.L. TYMOCZKO & L. STRYER (2008) *Bioquímica, 6ª ed.*, Barcelona: Reverté.
- DEVLIN, T. M., (coord.) (2004) *Bioquímica: Libro de texto con aplicaciones clínicas. 4ª ed.*, Barcelona: Reverté.
- KANEKO, J.J., J.W. HARVEY & M.L. BRUSS (eds.) (2008) *Clinical biochemistry of domestic animals, 6ª ed.*, Amsterdam: Academic Press.
- KOOLMAN, J. & K.H. RÖHM (2004) *Bioquímica: texto e atlas, 3ª ed.*, Madrid: Médica Panamericana.
- MATHEWS, C.K., K.E. VAN HOLDE & K.G. AHERN (2002) *Bioquímica, 3ª ed.*, Madrid: Pearson.
- MCKEE, T. & J.R. MCKEE (2003) *Bioquímica: la base molecular da vida, 1ª ed.*, Madrid: McGraw-Hill.
- NELSON, D.L. & M.M. COX (2009) *Principios de Bioquímica (Lehninger), 5ª ed.*, Barcelona: Omega.
- STRYER, L., J.M. BERG & J.L. TYMOCZKO (2008) *Bioquímica, 6ª ed.*, Barcelona: Reverté.

Libros de texto especializados

- CUNNINGHAM, J.G. (2003) *Fisiología Veterinaria, 3ª ed.*, Madrid: Elsevier
- FOX, P.F. & P.L.H. MCSWEENEY (eds.) (2003) *Advanced dairy chemistry, vol. 1: proteins, 3ª ed.*, New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- (2006) *Advanced dairy chemistry, vol. 2: lipids, 3ª ed.*, New York: Springer.
- HARGREAVES, M. & L.L. SPRIET (eds.) (2006) *Exercise metabolism, 2nd ed.*, Leeds: Human Kinetics.
- MCSWEENEY, P.L.H. & P.F. FOX (eds.) (2009) *Advanced dairy chemistry, vol. 3: lactose, water, salts and minor constituents, 3ª ed.*, New York: Springer.
- MEPHAM, T.B. (ed.) (1983) *Biochemistry of lactation.* Amsterdam: Elsevier.

Artigos de revisión específicos

- AHIMA, R.S. (2006) Adipose tissue as an endocrin organ. *Obesity*, 14, 242S-249S.
- CAHILL, G.F.JR. (2006) Fuel metabolism in starvation. *Annual Review of Nutrition*, 26, 1-22.
- CANNON, B. & NEDERGAARD, K. (2004) Brown adipose tissue: function and physiological significance. *Physiological Reviews*, 84, 277-359.

- ELIA, M. (1995) General integration and regulation of metabolism at the organ level. *Proceedings of the Nutrition Society*, 54, 213-234.
- HARDIE, D.G. & K. SAKAMOTO (2006) AMPK: a key sensor of fuel and energy status in skeletal muscle. *Physiology*, 21, 48-60.
- MAGISTRETTI, P.J. (2006) Neuron–glia metabolic coupling and plasticity. *The Journal of Experimental Biology*, 209, 2304-2311.
- MAGISTRETTI, P.J., L. PELLERIN & J.L. MARTIN (2000) Brain energy metabolism: an integrated celular perspective. *Neuropsychopharmacology: The Fourth Generation of Progress*, American College of Psychopharmacology.
- MANSBACH, C.M. & S.A. SIDDIQI (2010) The biogénesis of chylomicrons. *Annual Review of Physiology*, 72, 315-333
- MARTÍNEZ MARÍN, A.L., PÉREZ FERNÁNDEZ, M., PÉREZ ALBA, L.& GÓMEZ CASTRO, G. (2010) Digestión de los lípidos en los rumiantes: una revisión. *Interciencia*, 35, 240-246.
- PASCUAL-GARVI, J.M., F. GONZÁLEZ-LLANOS, R. PRIETO-ARRIBAS, S. CERDÁN & J.M. RODA (2004) La barrera hematoencefálica: desarrollo de una estructura que permite la heterogeneidad funcional del sistema nervioso central. *Revista de Neurología*, 38, 565-581.
- RANDLE, P.J. (1995) Metabolisc fuel selection: general integration at the whole-body level. *Proceedings of the Nutrition Society*, 54, 317-327.
- SCHIAFFINO, S. & C. REGGIANI (2011) Fiber types in mammal skeletal muscles. *Physiology Reviews*, 91, 1447-1531.
- SUTTON, J.D. (1989) Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science*, 72, 2801-2914.
- VAN DER VUSSE, G.J. (2009) Albumin as fatty acid transporter. *Drug Metabolism and Pharmacokinetics*, 24, 300–307.



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade



Impreso en papel 100% reciclado e libre de cloro



SERVIZO DE NORMALIZACIÓN
LINGÜÍSTICA

