

MATERIA
Fisioloxía Ocular

TITULACIÓN
Grao en Óptica e Optometría

unidade
didáctica
5

Circulación ocular

Marta Garrido Novelle

Departamento de Fisioloxía
Facultade de Óptica e Optometría

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA





sta obra atópase baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>

© Universidade de Santiago de Compostela, 2022

Deseño e maquetación
J. M. Gairí

Edita
Edicións USC
www.usc.gal/publicacions

DOI
<https://dx.doi.org/10.15304/9788419155672>

MATERIA: Fisioloxía Ocular

TITULACIÓN: Grao en Óptica e Optometría

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Localización da presente unidade didáctica

Unidade I. Elementos de protección do globo ocular

As pálpebras

O aparato lacrimal

A esclerótica

Unidade II. Mecanismos musculares oculares

Motricidade ocular

Unidade III. Elementos dióptricos oculares

A córnea

O cristalino

A pupila

O vítreo

Unidade IV. Dinámica do humor acuoso e presión intraocular

O humor acuoso

A presión intraocular

Unidade V. Circulación ocular

Circulación sanguínea ocular

Unidade VI. Introducción á neurobioloxía da visión

Retina

Nervio óptico

Neurobioloxía central da visión

ÍNDICE

CONTEXTUALIZACIÓN

Presentación
Xustificación

OBXECTIVOS

CONTIDOS BÁSICOS

1. Características xerais da circulación
 - 1.1. Circulación retiniana e uveal
 - 1.2. Barreiras hemato-oculares
2. Anatomofisioloxía da coroide.
 - 2.1. Organización estrutural e funcional
3. Control da circulación
 - 3.1. Presión de perfusión
 - 3.2. Taxa de fluxo sanguíneo e achega de osíxeno
 - 3.3. Técnicas de medida do fluxo sanguíneo e da vascularización ocular
4. Trastornos oculares relacionados coa circulación sanguínea ocular

METODOLOXÍA

Clases expositivas
Seminario
Titorías
Contorno virtual de apoio á docencia: Campus Virtual

ACTIVIDADES PROPOSTAS

AVALIACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

CONTEXTUALIZACIÓN

Presentación

A presente unidade didáctica titulada «Circulación ocular» forma parte da materia Fisioloxía Ocular (6 ECTS). Impártese de maneira obrigatoria durante o segundo semestre do primeiro curso do Grao de Óptica e Optometría na Universidade de Santiago de Compostela (USC).

A fisioloxía é unha ciencia integradora e multidisciplinar que estuda dende unha perspectiva funcional a natureza dos seres vivos. Neste contexto a materia de Fisioloxía Ocular, organizada en seis unidades didácticas, aborda de maneira específica a función visual, así como os seus mecanismos de regulación e integración con outros sistemas. Nesta materia estúdase o funcionamento visual a nivel molecular, celular e finalmente sistémico, o que permite entender que o ollo non é un simple conxunto de estruturas illadas, senón que funciona como un todo organizado. Para acadar este fin e ter unha total comprensión e manexo dos contidos e competencias da materia, resulta básico que o estudantado teña presentes todos os conceptos traballados na materia Fisioloxía Xeral impartida no primeiro semestre. Asemade, requírense tamén coñecementos previos de bioloxía, bioquímica e anatomía, dado o carácter integrador desta materia.

Esta unidade didáctica ten como obxectivo o estudo da circulación sanguínea ocular como un bo exemplo da adaptación vascular ó servizo da función do órgano. A estrutura do ollo está deseñada para manter a transparencia e permitir a transmisión correcta da luz ata as células fotosensibles da retina. O sistema vascular do ollo debe, polo tanto, proporcionar nutrientes e eliminar os residuos metabólicos celulares sen afectar a dita transparencia. Para acadar estas necesidades, o ollo conta con dous sistemas vasculares separados, anatómica e funcionalmente diferentes. Así, a rede vascular divídese en vasos que alimentan á retina, e en vasos uveais, que irrigan ó resto das estruturas a excepción da córnea, cristalino e vítreo, que son avasculares. Estes contidos serán tratados dende diferentes perspectivas ó longo de catro temas, cuxo desenvolvemento terá lugar en clases de cincuenta minutos de duración, dúas de carácter expositivo e unha terceira de seminarios interactivos.

Xustificación

O estudo da circulación ocular, tanto dende unha visión anatómica como fisiolóxica, é fundamental para coñecer e entender o correcto funcionamento do sistema visual, así como a posible contribución da rede vascular do ollo á patoloxía e ó desenvolvemento dalgunhas enfermidades oculares. O coñecemento da estrutura e hemodinámica deste sistema vascular, ben sexa mediante técnicas de imaxe ou análise de fluxo, permite non só caracterizar o fisioloxicamente normal, senón adiantarse ó posible desenvolvemento de patoloxías que comprometan a función visual. Entre as máis frecuentes podemos atopar o glaucoma ou as retinopatías, consecuencia xeralmente dunha diabetes non controlada.

A hemodinámica ocular está intimamente relacionada cos coñecementos e competencias xa abordados na unidade IV «Dinámica do humor acuoso e presión intraocular» e permite asemade completar conceptos relativos á achega nutricional das diversas estruturas do ollo, que xa foron estudadas con anterioridade.

OBXECTIVOS

Os óptico-optometristas son profesionais cunha extensa e profunda formación universitaria, o que lles permite recoñecer a fisioloxía normal, así como detectar condicións patolóxicas oculares ou sistémicas que se reflectan nos ollos, para finalmente remitir ó paciente ós especialistas máis axeitados. Como profesionais sanitarios os óptico-optometristas realizan, polo tanto, actividades de prevención, detección, avaliación e tratamento de disfunción visuais, para as que é básico o coñecemento e superación dos contidos e competencias impartidos na materia Fisioloxía Ocular. Segundo isto, os obxectivos xerais da materia son os seguintes:

- Coñecer e comprender os aspectos funcionais da fisioloxía sensorial en xeral, sendo capaz de extraer e resumir os mecanismos comúns a todos eles e os específicos do sistema visual en particular.
- Coñecer e comprender os aspectos funcionais do globo ocular e os seus anexos.
- Coñecer e comprender as vías visuais, dende os fenómenos iniciais de transdución do sinal á condución, procesamento e integración ó longo dos distintos estadios centrais.
- Coñecer e comprender o papel que xoga o sistema visual noutras funcións do organismo.
- Incrementar a capacidade de análise e síntese para resolver problemas fisiolóxicos concretos.
- Ter unha visión integral da fisioloxía.

Ademais destes obxectivos xerais, a unidade didáctica «Circulación ocular» contribúe especialmente ó desenvolvemento dos seguintes seis obxectivos específicos:

- Coñecer a estrutura anatómico-funcional dos dous sistemas vasculares do ollo.
- Coñecer e comprender a estrutura e o concepto funcional de barreira hematorretiniana ó tempo que se repasa o papel da barreira hematoacuosa que se estudou anteriormente.
- Coñecer e comprender a importancia das barreiras oculares funcionais no mantemento dunha correcta hemodinámica ocular.
- Coñecer e comprender os diferentes mecanismos de control da circulación.
- Estudar o posible efecto que os fármacos ou substancias esóxenas poden ter sobre o fluxo sanguíneo ocular ou sobre os mecanismos de control.
- Coñecer as principais patoloxías que poden desencadearse por mor dun incorrecto funcionamento do sistema vascular do ollo.

CONTIDOS BÁSICOS

Para facilitar a exposición dos contidos que comprenden esta unidade didáctica estes serán divididos en catro temas diferentes. O primeiro dos temas aborda as características xerais da circulación sanguínea ocular, subliñando de maneira significativa a importancia funcional das barreiras hemato-oculares. O segundo dos

temas céntrase na estrutura anatomofisiolóxica da coroide. No tema tres estudarase o control da circulación sanguínea ocular, e finalmente de maneira resumida no tema catro, destacaranse os trastornos oculares máis representativos froito dun mal funcionamento do sistema vascular do ollo.

1. Características xerais da circulación

O abastecemento de sangue ós tecidos oculares xorde da arteria oftálmica, a primeira rama principal da arteria carótide interna. As ramas oculares da arteria oftálmica divídense na arteria central da retina e nas arterias ciliares anteriores e posteriores. A arteria central da retina irriga tanto a retina (2/3) como as capas máis superficiais da cabeza do nervio óptico. As arterias ciliares posteriores pódense dividir, á súa vez, en arterias posteriores longas e curtas. As primeiras proporcionan sangue ó iris, ó corpo ciliar e ó tecido coroidal anterior, mentres que a coroide posterior, os procesos ciliares e 1/3 da retina son irrigados principalmente polas curtas. Por outra banda, as arterias ciliares anteriores subministran fluxo á úvea anterior. Xunto coas ciliares posteriores longas as ciliares anteriores constitúen o círculo arterial maior do iris, que é a principal achega sanguínea para o corpo ciliar. De maneira semellante, as veas oftálmicas e a vea central da retina drenan o sangue do ollo. Esta complexa anatomía da achega sanguínea ocular pódese observar na Figura 1.

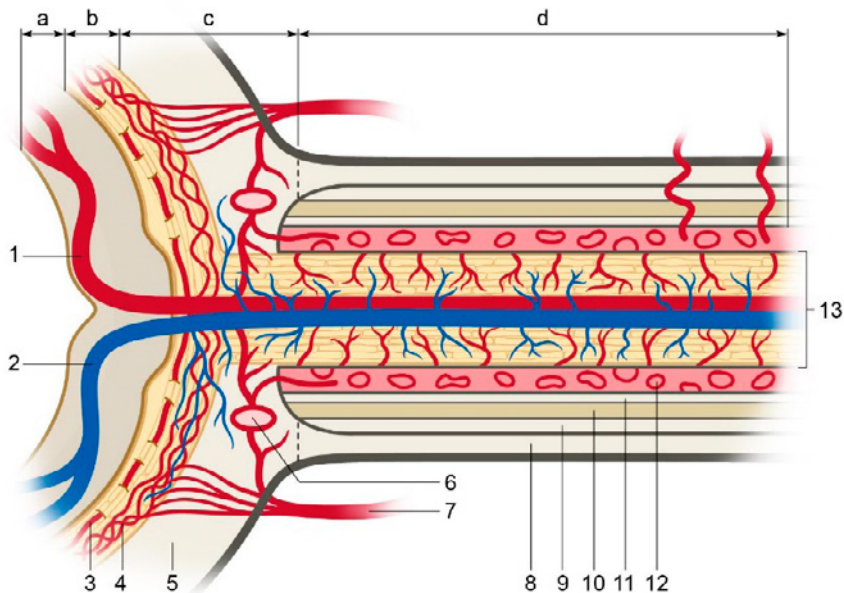


Figura 1. Anatomía da circulación sanguínea ocular. a) Áreas de perfusión do nervio óptico, b) rexión prelaminar, c) rexión laminar, d) rexión retrolaminar.

1) arteria central da retina, 2) vea central da retina, 3) retina, 4) coroide, 5) esclerótica, 6) círculo de Zinn-Haller, 7) arterias ciliares posteriores curtas, 8) vaina do nervio óptico, 9) cavidade subdural, 10) aracnoide, 11) espazo subaracnoidal, 12) piamáter, 13) nervio óptico.

1.1. Circulación retiniana e uveal

Como se comentou anteriormente, a rede vascular ocular divídese en dúas estruturas anatómica e fisioloxicamente diferentes. Os vasos uveais proporcionan a maioría do fluxo sanguíneo ocular (80-90 %), son os maiores capilares do corpo humano e caracterízanse por ser fenestrados, o que facilita a súa función, favorecer o grande intercambio de substancias. É importante destacar que as arterias que abastecen estes vasos presentan regulación nerviosa. Por outro lado, os vasos retinianos distribúense nos dous terzos internos da retina, mentres o terzo externo, incluídos os fotorreceptores, é avascular e obtén o osíxeno e os nutrientes por difusión dende a capa coriocalpilar. Os capilares retinianos distribúense de forma laminar (Figura 2). Na gran parte da retina forman dúas capas de rede capilar, mentres que na parte central da retina estas redes son máis densas e chegan a formar ata tres ou catro plexos. Existen ademais zonas sen capilares, como arredor das arteríolas ou na fóvea. Esta área avascular é de grande importancia xa que permite que a luz sexa detectada na zona de máxima resolución sen ningunha dispersión. Estes vasos non son fenestrados e tampouco contan con regulación nerviosa. Atópanse rodeados por unha grosa membrana basal, dentro da cal se atopa unha capa descontínua de pericitos intramurais. Os pericitos participan na regulación da microcirculación e na permeabilidade da parede capilar.

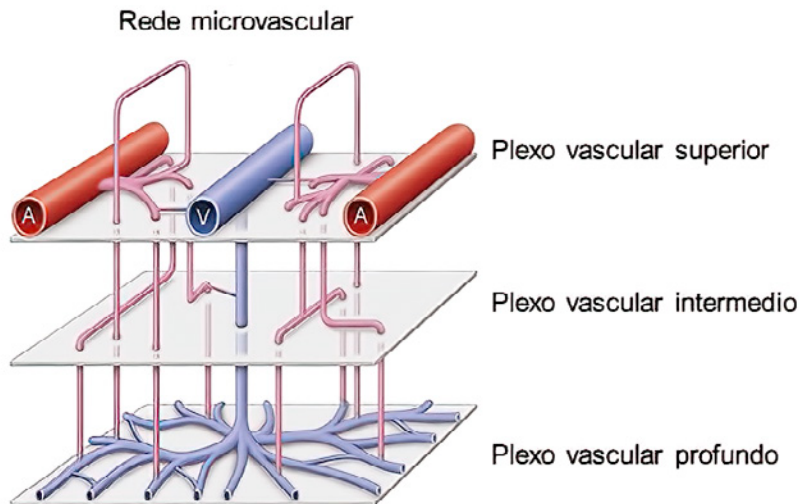


Figura 2. Distribución laminar dos capilares na retina. O esquema mostra a distribución en plexos característica da zona central da retina. A: arteria, V: vea.

1.2. Barreiras hemato-oculares

A retina atópase protexida por dúas barreiras fisiolóxicas. A barreira hematorretiniana, que se divide á súa vez en barreira hematorretiniana externa e interna (Figura 3), e a barreira hematoacuosa. A barreira externa está constituída polo epitelio pigmentario da retina, concretamente polas unións estreitas entre as células pigmentarias. Estas células realizan transporte e acumulación activa de metabolitos e excretan os residuos celulares cara os coriocapilares. Á súa vez, a barreira interna está composta polas células endoteliais dos capilares retinianos, que tamén posúen unións estreitas intercelulares que limitan a difusión libre de substancias cara á retina. Esta barreira presenta características similares á barreira hemato-encefálica

O entorno intraocular tamén está protexido pola barreira hematoacuosa que evita a difusión simple dende os vasos do iris e do corpo ciliar cara o humor acuoso. Trátase dunha barreira selectivamente permeable formada pola capa non pigmentada do epitelio do corpo ciliar e os vasos sanguíneos do iris. Así a presenza de unións estreitas intercelulares entre as células do epitelio non pigmentario e a escasa permeabilidade dos capilares do iris conforman funcionalmente a barreira hematoacuosa ocular. É importante destacar que estamos ante un concepto funcional máis que ante unha estrutura física ben definida.

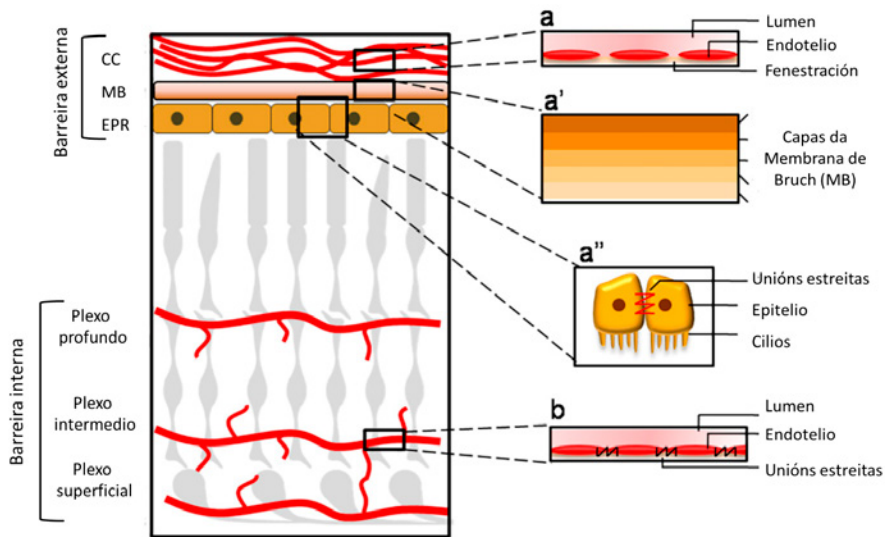


Figura 3. Representación esquemática da estrutura da barreira hematorretiniana. (a) A barreira externa illa o exterior da retina da circulación sanguínea dos coriocapilares (CC). (a') A membrana de Bruch (MB) constituída por cinco capas forma unha barreira selectiva. (a'') O epitelio pigmentario da retina (EPR) caracterízase pola presenza de unións estreitas. (b) A presenza de unións estreitas nas células endoteliais dos plexos retinianos constitúe a barreira interna.

As barreiras hemato-oculares constitúen un mecanismo imprescindible para controlar a difusión de solutos entre a circulación sanguínea e os tecidos do

ollo. En condicións fisiolóxicas evitan a entrada de moléculas nocivas ós espazos extravasculares do ollo e impiden a perda de ións necesarios para un correcto funcionamento da retina. Debido a esta permeabilidade selectiva os substratos metabólicos vitais deben ser transportados a través destas barreiras por sistemas de transporte regulado. A alteración destas estruturas por traumatismos ou enfermidades oculares ten unha gran relevancia clínica. A súa integridade pode avaliarse mediante fluorofotometría ocular.

2. Anatomofisioloxía da coroide.

A coroide é a principal estrutura vascular encargada de aportar nutrientes á retina externa. Ademais desta importante función, presenta a lo menos outras tres funcións destacadas. Debido a existencia dun alto fluxo sanguíneo nos vasos coroideos, o máis elevado de todo o organismo, xoga un papel clave na termorregulación da retina. Disipa a calor xerada durante o proceso de fototransdución visual, prevén o quecemento excesivo da retina durante a exposición á luz brillante, e por último quenta as estruturas intraoculares que se poden arrefriar pola exposición co medio externo en condicións extremas. Así mesmo participa no axuste da posición da retina, mediante cambios no seu grosor, e secreta factores de crecemento que modulan a vascularización.

2.1. Organización estrutural e funcional

A coroide é a parte posterior da úvea (a túnica media do ollo) que se estende desde as marxes do nervio óptico ata a *pars plana*, onde remata por se converter no corpo ciliar. A coroide conta con vasos sanguíneos, melanocitos, fibroblastos, células residentes inmuno-competentes, coláxeno e tecido conectivo elástico. Pódese estruturar en tres capas diferenciadas, que se denominan dende fóra cara a dentro:

- Capa supracoroidea ou lámina fusca. Non ten vasos sanguíneos. Caracterízase pola presenza de melanina, o que axuda a absorber mellor a luz e evitar a súa reflexión e favorecer a formación de imaxes nítidas.
- Estroma ou lámina propiamente vascular. Pódese dividir á súa vez en tres capas diferentes.
 - Capa de Haller: situada externamente e formada polos grandes vasos.
 - Capa de Sattler: capa media, formada por vasos medianos.
 - Capa de Ruysch ou coriocapilar interna: formada por arteríolas capilares e vénulas con un alto grado de anastomose. A permeabilidade dos coriocapilares é excepcionalmente alta e proporciona nutrientes ás capas máis externas da retina.
- Membrana de Bruch. Está en contacto directo coa retina, e consta así mesmo de cinco capas. Importante para o transporte de substancias para a retina.

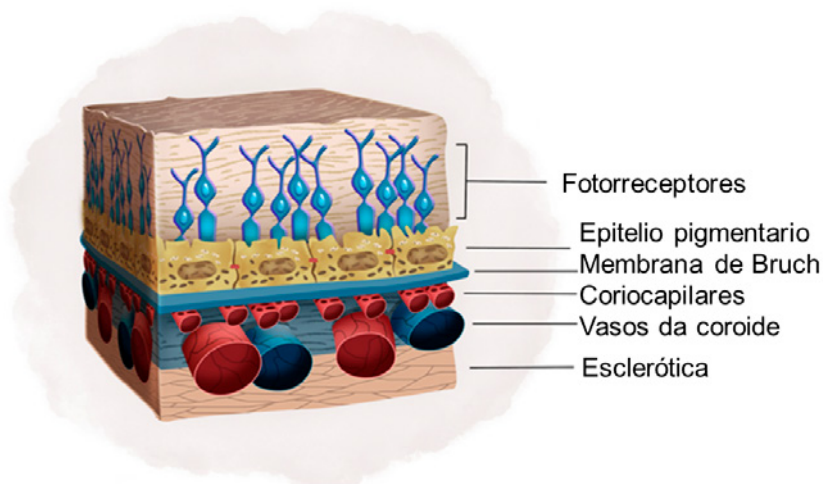


Figura 4. Esquema representativo da organización estrutural da coroides onde se mostra a súa disposición en relación á esclerótica e á retina. Destácase a lámina vascular da coroides encargada de proporcionar nutrientes a capa de fotorreceptores.

3. Control da circulación

A circulación sanguínea ocular atópase estritamente regulada para adaptarse ós cambios e necesidades metabólicas que teñen lugar durante a función visual, para compensar cambios na presión de perfusión e poder manter constante a temperatura do olho. Polo tanto, a regulación do fluxo sanguíneo debe producirse tanto para poder responder a necesidades sistémicas como as necesidades específicas do sistema visual. Así, na microvasculatura, o ton muscular regula o volume de fluxo sanguíneo e a presión hidrostática intraluminal, evitando a formación de edema.

É importante destacar que o control da circulación sanguínea ocular ocorre nos dous sistemas vasculares mediante diferentes mecanismos de regulación. O fluxo sanguíneo do nervio óptico e da retina está controlado principalmente por regulación metabólica e mioxénica, entre os que destacan o óxido nítrico e as prostaciclinae que inducen vasodilatación e a endotelina como mediador vasoconstritor. A circulación retiniana presenta autorregulación, polo que ata certo rango o fluxo é independente da presión de perfusión. Isto é importante porque permite manter a tensión de osíxeno constante nas partes internas da retina incluso ante variacións importantes da presión sanguínea ou da presión intraocular. Os factores que participan nesta regulación son a presión parcial de osíxeno e o dióxido de carbono, e metabolitos e hormonas de produción local, como xa se comentou anteriormente. Por outro lado, o fluxo sanguíneo da coroides regúlase principalmente mediante mecanismos hormonais e neuronais, mediante os sistemas nerviosos simpático e

parasimpático que producen vasoconstricción e vasodilatación respectivamente. Destaca fundamentalmente o papel do sistema simpático, que reduce o fluxo en tódalas partes da úvea sen afectar ó fluxo retiniano. Esta regulación simpática permite manter un nivel adecuado de fluxo sanguíneo ante elevacións bruscas da presión sanguínea resultado da vida diaria. Se estas respostas non se controlasen causarían unha hiperperfusión do ollo e a consecuyente rotura das barreiras oculares. Consecuentemente, tanto o control da circulación retiniana como uveal pódese ver alterada pola acción de fármacos de natureza vasoconstrictora ou vasodilatadora, ben de acción local ou sistémica. Finalmente destacar que se ben aínda hai debate sobre a existencia ou non de mecanismos de autorregulación na circulación coroidea, os estudos máis recentes apuntan que podería haber certo grado de autorregulación ante situacións específicas.

3.1. Presión de perfusión

A presión de perfusión, que promove o fluxo sanguíneo a través dun tecido, defínese como a diferenzas entre a presión arterial e a venosa. No ollo esta presión venosa é igual ou lixeiramente superior a presión intraocular, polo que pódese considerar un substituto da presión venosa. No funcionamento normal dos tecidos é fundamental que se manteña unha correcta presión de perfusión cun fluxo sanguíneo adecuado. Así en condicións fisiolóxicas cunha presión intraocular de 15 mm de Hg, a presión de perfusión normal do fluxo sanguíneo ocular é de 50 mm de Hg. De feito alteracións na perfusión ocular poden causar isquemia ou unha pobre irrigación dos tecidos no nervio óptico cos consecuentes efectos nocivos na visión. Existe polo tanto, unha complexa regulación para evitar non so unha baixada crónica na presión de perfusión, senón evitar a presenza de flutuacións nesta presión, principalmente en condicións de escuridade.

Para poder valorar os cambios que a presión de perfusión poida sufrir, debemos considerar que esta vai estar directamente relacionada co fluxo sanguíneo ocular (FSO) segundo a seguinte fórmula:

$$\text{FSO} = \text{Presión de perfusión ocular (PPO)} / \text{Resistencia (R)}$$

- PPO é a diferenza entre presión arterial e presión intraocular
- A presión arterial represéntase como $2/3$ da presión arterial media (PAM) onde
$$\text{PAM} = P \text{ diastólica} + 1/3 (P \text{ sistólica} - P \text{ diastólica})$$
- A resistencia (R) defínese como $R = 8nl / \pi r^4$ onde
 - n: viscosidade do fluído
 - l: lonxitude do vaso
 - π : 3,141592
 - r: raio do vaso

É importante destacar polo tanto que o factor máis influente no fluxo sanguíneo ocular é a resistencia. A resistencia vascular pode verse incrementada por un defecto na autorregulación, por unha disfunción no sistema nervioso autónomo e

por alteracións na capa endotelial vascular. Así mesmo, modificacións no raio dos vasos sanguíneos oculares deben ser compensados con modificacións no fluxo para manter unha presión de perfusión adecuada e finalmente a temperatura do ollo constante. Segundo a teoría vascular outros factores que tamén van influír de maneira significativa na presión de perfusión son a presenza de presión intraocular elevada ou de hipotensión sistémica.

3.2. Taxa de fluxo sanguíneo e achega de osíxeno

Ó igual que no resto dos aspectos fisiolóxicos estudados, a circulación coroidea e retiniana diferéncianse tamén na súas taxas de fluxo e na achega de osíxeno ós tecidos que irrigan. Así, a circulación coroidea caracterízase polo seu elevado fluxo (800 ml/min) e unha alta saturación de osíxeno no seu sangue venoso como resultado da baixa extracción. Pola contra, a circulación retiniana ten un fluxo moito menor (80 ml/min) pero unha elevada extracción de osíxeno por parte dos tecidos que nutre.

3.3. Técnicas de medida do fluxo sanguíneo e da vascularización ocular

A determinación do fluxo sanguíneo e dos procesos de vascularización ocular son importantes para o diagnóstico e seguimento de patoloxías oculares e sistémicas que cursan con alteracións nos vasos retinianos ou uveais. Entre as diferentes técnicas empregadas, en constante actualización e innovación cómpre destacar a anxiografía. Esta técnica consiste na aplicación dunha tintura e a posterior análise da fluorescencia que presentan os vasos sanguíneos dos ollos mediante o uso dunha cámara especial. Pódense aplicar diferentes tinguiduras en función dos vasos que se queiran analizar. As principais tinturas son a fluoresceína sódica e o verde indocianina. Ámbalas dúas pódense facer de maneira simultánea.

- Anxiografía con fluoresceína sódica. Esta técnica permite ver os vasos retinianos, xa que os coroideos non son permeables a fluoresceína.
- Anxiografía con verde indocianina. Permite estudar a circulación coroidea.

4. Trastornos oculares relacionados coa circulación sanguínea ocular

Existe un gran número de enfermidades oculares como resultado de alteracións na circulación sanguínea, ben de maneira sistémica ou nos propios vasos do ollo. De feito os vasos sanguíneos da retina son un reflexo dos vasos sanguíneos do resto do corpo. Entre as patoloxías sistémicas máis destacadas pola súa gran prevalencia na poboación galega, destacaríamos a diabetes e a hipertensión arterial. Ámbalas dúas afectan á circulación sanguínea e producen numerosas complicacións, como as retinopatías diabética e hipertensiva, respectivamente.

- Retinopatía diabética. Os altos niveis de glucosa no sangue danan os vasos sanguíneos da retina. Estes poden incharse e ter fugas de líquido, incluso pódense pechar e impedir que o sangue flúa. Cando ten lugar a isquemia, comeza o desenvolvemento de novos vasos ou neovascularización. Estes

vasos tenden a ser fráxiles e presentar alteracións. Todo este proceso pode desencadear unha perda de visión tanto central como periférica.

- Retinopatía hipertensiva. A presenza continuada dunha presión arterial elevada, fundamentalmente a presión diastólica produce dexeneración nos vasos da retina e das estruturas adxacentes. Este proceso débese a existencia dunha vasoconstrición difusa ou focal, unha permeabilidade aumentada dos vasos e un maior engrosamento destes. Asemade, un incremento de presión intraocular como a que se observa no glaucoma, pode alterar a circulación sanguínea no nervio óptico e finalmente desencadear neuropatía óptica glaucomatosa. Estas alteracións acompañanse dunha redución do campo visual e finalmente cegueira.

METODOLOXÍA

O ensino desta unidade didáctica levarase a cabo mediante dúas clases expositivas e un seminario, que se acompañarán de titorías individualizadas (ou en grupo segundo necesidades didácticas). Como metodoloxía pedagóxica complementaria empregárase o Campus Virtual da USC.

Clases expositivas

As clases expositivas serán a base para expor os conceptos desta unidade así como as competencias que se pretenden acadar. Durante a exposición farase uso de medios audiovisuais, principalmente proxeccións de presentacións con diapositivas. Estas poderanse complementar, se así o considera oportuno o profesorado, con vídeos, imaxes, esquemas ou outro tipo de material didáctico que permita un mellor seguimento das clases. Asemade, o profesorado pode facer uso do encerado, fundamentalmente no caso de que sexa preciso subliñar mensaxes básicas que o estudantado deba recordar. Parte deste material empregado, xunto con material adicional de apoio, estarán á disposición do alumnado no Campus Virtual da USC. As clases deben ser en todo caso participativas fomentando que o alumnado sexa protagonista da súa propia aprendizaxe. A idea é promover o coñecemento por comprensión e non por memorización. Para este fin, formularanse preguntas cada certo tempo, que serán respondidas de maneira individual ou en grupo (o profesorado deberá adaptar o tipo de preguntas en función do número de discentes). Poderase recorrer ó uso de aplicacións móbiles para facilitar a participación do estudantado.

Seminario

Os principais obxectivos do seminario serán reforzar os conceptos xa descritos na parte expositiva e traballar as competencias propias desta unidade didáctica. Para este fin, o alumnado distribuído en pequenos grupos de traballo, deberá seleccionar a través do Campus Virtual un dos temas propostos polo profesorado

(ver *Actividades Propostas*). Nesta actividade, será o propio estudiantado quen guíe o desenvolvemento da actividade e leve a cabo a avaliación dos traballos expostos segundo criterios relevantes previamente establecidos (emprego de rúbrica).

Titorías

As titorías terán un carácter periódico e individualizado (se ben o profesorado pode organizar tamén titorías grupais se considera que é mellor aproximación metodolóxica para os intereses do alumnado). O seu fin primordial será orientar o estudiantado no seguimento e aproveitamento da materia. O sistema e dinámica das titorías será acordado de maneira específica entre cada docente/discente. Pese a que estas, se poden realizar a través de plataformas dixitais como Microsoft Teams ou complementadas co uso do Campus Virtual, daráselle preferencia ás titorías presenciais, onde o estudiantado poida expoñer de maneira máis directa tódalas súas dúbidas ou necesidades. As titorías serán de carácter voluntario, pero debido a súa relevancia para detectar dificultades ou posibles lagoas conceptuais, o profesorado deberá recalcar a súa utilidade como ferramenta complementaria.

Contorno virtual de apoio á docencia: Campus Virtual

Como complemento á metodoloxía de carácter presencial, a docencia da materia Fisioloxía Ocular e máis concretamente a unidade didáctica «Circulación ocular», basearase tamén no uso das diferentes ferramentas que ofrece o Campus Virtual, co obxectivo fundamental de dinamizar o estudo e facilitar a avaliación continua. Para levar a cabo este fin o estudiantado poderá:

- Descargar material didáctico presentado nas clases expositivas para a súa consulta e estudo.
- Acceder a material complementario que facilite a comprensión dos contidos.
- Interactuar cos docentes e cos seus pares para favorecer a xeración de coñecemento a través de foros de debate ou de preguntas e respostas.
- Realizar calquera tipo de consultas en relación á materia.
- Facer cuestionarios/actividades de auto-avaliación.
- Traballar as actividades propostas nas clases expositivas ou no seminario.

ACTIVIDADES PROPOSTAS

Dentro desta unidade didáctica as principais actividades propostas corresponden a dous grandes grupos:

a) *Actividades a realizar nas clases expositivas*

Co obxectivo de avaliar, sintetizar e recapitular os contidos expostos durante as clases expositivas ó remate das mesmas o profesorado realizará unha serie de preguntas relativas á materia impartida. Aquelas preguntas

que por cuestión de tempo non puideran ser respondidas de maneira presencial, serán propostas como actividade virtual a través de foros de debate. O tipo de preguntas abordará habilidades para:

- Recordar: Que é...?
- Comprender: Cal é a idea principal de...?
- Aplicar: Como aplicarías o aprendido en?
- Analizar: Que importancia ten para un óptico...?

b) *Actividades a realizar no seminario*

O profesorado propondrá diferentes temas de traballo a través do Campus Virtual con suficiente antelación á realización do seminario. Recoméndase que o profesorado adecúe as propostas segundo as necesidades ou carencias que se observasen durante as clases expositivas. Posibles exemplos dos temas a traballar:

- Buscar unha nova que estea relacionada directamente con contidos impartidos nesta unidade didáctica.
- Comentar un artigo científico relativo á unidade didáctica (o profesorado elixirá aquel que se acomode mellor ó tempo do que se dispón).
- Facer un esquema ou cadro sinóptico que recolla os aspectos máis relevantes da unidade didáctica.
- Buscar que outras enfermidades oculares/sistémicas que non foron tratadas durante as clases expositivas teñen relación directa coa circulación sanguínea ocular.

Unha vez que o alumnado, distribuído en grupos de traballo, seleccione un dos temas, deberá preparar unha breve presentación para ser exposta no día do seminario. Todos os membros do grupo deben participar de maneira activa, polo que se valorará tanto a capacidade de estruturar e organizar a información como a capacidade de síntese. Dada a limitación de tempo, os grupos contarán cun máximo de 7 minutos de exposición e outros 3 minutos para responder a preguntas ou comentarios.

A avaliación da exposición será levada a cabo polos grupos restantes segundo a seguinte rúbrica, que estará dispoñible a través da aula virtual. As avaliacións deberán ser subidas ó Campus Virtual unha vez completadas.

Aspectos que se van avaliar	Excelente (3 puntos)	Bo (2 puntos)	Regular (1 punto)
Presentación	<ol style="list-style-type: none"> 1. A estrutura enténdese facilmente. 2. A exposición é clara. 3. Emprega unha linguaxe científica e formal. 4. Esteticamente é atractiva. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A estrutura é adecuada. 2. A exposición é clara aínda que hai algunha inconexión. 3. Emprega unha linguaxe correcta. 4. Esteticamente e correcta. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A estrutura non é adecuada. 2. A exposición é pouco clara. 3. Emprega unha linguaxe coloquial. 4. Esteticamente non é atractiva.
Debate	<ol style="list-style-type: none"> 1. Importante participación dos membros do grupo. 2. Hai un traballo previo de análise. 3. Contestan correctamente a tódalas dúbidas formuladas. 4. De utilidade para completar aspectos tratados na unidade didáctica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aceptable participación dos membros do grupo. 2. Falta de traballo previo de análise. 3. Algunhas das dúbidas non son contestadas correctamente. 4. Aceptable utilidade para completar aspectos tratados na unidade didáctica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Non hai apenas participación dos membros do grupo. 2. Non houbo traballo previo á exposición. 3. Non se contestaron ás dúbidas propostas. 4. Non completa aspectos tratados na unidade didáctica.
Interese do traballo proposto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Relevante. 2. É de moita axuda ó contido. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aportación menor. 2. O contido podería mellorarse. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Non ten relación coa unidade didáctica. 2. Os datos expostos non son de gran interese

AVALIACIÓN

Os contidos desta unidade didáctica serán avaliados no exame final da materia (70 % da nota final), tanto na súa convocatoria ordinaria como extraordinaria. O exame será tipo test de resposta múltiple, sendo preciso acadar o 60 % das respostas correctas para a súa superación. O número de cuestións/problemas relativos a esta unidade será proporcional ó número de contidos e competencias tratados nela. O 30 % restante da nota estará constituído por actividades prácticas (10 %) e por cuestionarios tipo test a través do Campus Virtual que se realizarán ó rematar cada unha das unidades didácticas (20 %). Os resultados obtidos nos cuestionarios serán comentados e debatidos con posterioridade (presencial ou virtualmente a través de foros de dúbidas, segundo a dispoñibilidade de tempo). Farase especial fincapé en que todos os contidos das clases expositivas, así como todos os conceptos fisiolóxicos que se traballen no seminario ou calquera aspecto que o profesorado considere relevante para esta unidade didáctica, poderán ser obxecto de avaliación.

BIBLIOGRAFÍA

A continuación preséntase unha serie de referencias bibliográficas que serven para a preparación dos contidos desta unidade didáctica. Esta listaxe poderá ser adaptada polo profesorado en función das necesidades específicas que requira o estudantado.

Libros específicos para esta unidade didáctica

- BOWLING B. KANSKI. Oftalmología Clínica. Publicado por Elsevier (2016).
- Davson H. Physiology of the Eye. Publicado por MacMillan Academic and Professional (1990).
- KAUFMAN, P. L. AND ALM, A. Adler's Physiology of the Eye: Clinical Application, Publicado por Mosby (2002).
- KIEL J. W. The Ocular Circulation. Publicado por Morgan and Claypool (2011).
- KHURANA A. K. Comprehensive Ophthalmology. Publicado por New Age International Publishers (2007).
- Prada D., HARRIS A., GUIDOBONI G., ROWE L., VERTICCHIO-VERCELLIN A. C. and MATHEW S. Vascular Anatomy and Physiology of the Eye in G. Guidoboni et al. (eds.), Ocular Fluid Dynamics, Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology, Publicado por Springer (2019).
- REMINGTON L. A. Clinical Anatomy and Physiology of the Visual System. Publicado por Elsevier (2012).

Libros complementarios

- COSTANZO L. S. Fisiología. Publicado por Wolters Kluwer (2019).
- GUYTON A. C. y HALL J. E. Tratado de fisiología médica. Publicado por Elsevier (2011).

Artigos consultados para a elaboración desta unidade didáctica

- FOUQUET S., VACCA O., SENNLAUB F. and PAQUES M. The 3D Retinal Capillary Circulation in Pigs Reveals a Predominant Serial Organization Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2017;58(13):5754-5763. doi:10.1167/iovs.17-22097.
- GHAREEB A. E., LAKO M. and STEEL D. H. Coculture techniques for modeling retinal development and disease, and enabling regenerative medicine. Stem Cells Transl. Med. 2020;9(12):1531-1548. doi: 10.1002/sctm.20-0201.
- MURSCH-EDLMAYR A. S., BOLZ M. and STROHMAIER C. Vascular Aspects in Glaucoma: From Pathogenesis to Therapeutic Approaches. Int. J. Mol. Sci. 2021;22:4662. doi: 10.3390/ijms22094662.
- TISI A., FELIGIONI M., PASSACANTANDO M., CIANCAGLINI M. and MACCARONE R. The Impact of Oxidative Stress on Blood-Retinal Barrier Physiology in Age-Related Macular Degeneration. Cells 2021; 10(1):64. doi: 10.3390/cells10010064



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

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA