

MATERIA  
Fisioloxía Ocular

TITULACIÓN  
Grado en Óptica e Optometría

unidade  
didáctica  
4

# Dinámica do humor acuoso e presión intraocular

Marta Garrido Novelle

Departamento de Fisioloxía  
Facultade de Óptica e Optometría

unidadesdidácticas  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA





Esta 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, 2021

**Deseño e maquetación**

J. M. Gairí

**Edita**

Edicións USC

[usc.gal/publicacions](http://usc.gal/publicacions)

**DOI**

<https://dx.doi.org/10.15304/9788419155207>

**MATERIA: Fisioloxía Ocular**

**TITULACIÓN: Grado 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. O humor acuoso
  - 1.1. Procesos ciliares: O epitelio ciliar
  - 1.2. Formación do humor acuoso. Factores que inflúen na súa produción
  - 1.3. Composición do humor acuoso
  - 1.4. Barreira hematoacuosa
2. A presión intraocular
  - 2.1. Saída do humor acuoso
    - 2.1.1. Fluxo trabecular
    - 2.1.2. Fluxo uveoescleral
  - 2.2. Regulación da dinámica do humor acuoso
  - 2.3. Medición da presión intraocular. Tonometría
  - 2.4. Farmacoloxía da presión intraocular
  - 2.5. Patoloxías asociadas á presión intraocular

### METODOLOXÍA

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

### ACTIVIDADES PROPOSTAS

### AVALIACIÓN

### BIBLIOGRAFÍA

Libros específicos para esta unidade didáctica  
Libros complementarios  
Artigos

## CONTEXTUALIZACIÓN

---

### Presentación

A presente unidade didáctica titulada «Dinámica do humor acuoso e presión intraocular» forma parte da materia Fisioloxía Ocular (6 ECTS) que se imparte de maneira obrigatoria no segundo semestre do primeiro curso do Grao de Óptica e Optometría, na Universidade de Santiago de Compostela (USC).

A Fisioloxía Ocular é considerada unha fisioloxía especial na que se estuda, ó longo de seis unidades didácticas, o funcionamento do ollo e do sistema visual poñendo especial interese na integración de tódolos aspectos tratados. A integración da fisioloxía celular e molecular coa fisioloxía ocular, axuda a entender que o ollo funciona como un todo coordinado e non como un conxunto de estruturas illadas. Resulta polo tanto básico que o estudantado teña presentes tódolos conceptos e competencias adquiridas na materia Fisioloxía Xeral impartida no primeiro semestre. De maneira semellante, dado que a fisioloxía é unha disciplina integradora e multidisciplinar, tamén require dos coñecementos previos de bioloxía, bioquímica e anatomía.

Esta unidade didáctica céntrase no estudo da formación do humor acuoso que ten lugar nos corpos ciliares que se atopan na cámara posterior do ollo e a súa drenaxe a través do fluxo trabecular e uveoescleral. Así mesmo, trata o papel clave que o humor acuoso ten no mantemento da presión ocular e o desenvolvemento de fisiopatoloxías asociadas. A unidade organízase en dous temas, deseñados para ser desenvolvidos en dúas clases expositivas, unha xornada de seminarios, de cincuenta minutos cada unha, e unha sesión de carácter práctico/interactivo de dúas horas de duración.

### Xustificación

O estudo da dinámica do humor acuoso e a súa repercusión na presión intraocular é fundamental para coñecer e entender o correcto funcionamento do ollo como sistema óptico, e o desenvolvemento de patoloxías de alta incidencia como o glaucoma. O humor acuoso é unha substancia incolora constituída principalmente por auga, na que están disoltas diversas substancias, e cuxa importancia radica fundamentalmente en tres funcións principais: a) manter a estrutura da cámara anterior do globo ocular, o que axuda a conservar a convexidade orixinal da córnea; b) nutrir e osixenar zonas non vascularizadas como a córnea e o cristalino ó mesmo tempo que facilita a eliminación dos residuos producidos por estes tecidos; c) contribuír ás funcións refractivas do ollo. Por outra banda, o humor acuoso está en constante circulación, polo que a dinámica de produción e eliminación do humor acuoso é moi importante para manter a presión intraocular dentro dos límites normais. Un aumento da presión intraocular incrementa o risco de glaucoma, enfermidade neurodexenerativa que afecta ó nervio óptico e que é unha das principais causas de cegueira en Galicia.

Ademais de cubrir importantes aspectos fisiolóxicos e médicos, o estudo do humor acuoso e a súa dinámica está moi relacionada con outras unidades

didácticas. Así pois, completa coñecementos e competencias xa abordados na unidade III «Elementos dióptricos oculares» e senta bases teóricas para unha mellor comprensión das seguintes unidades que constitúen a materia.

## OBXECTIVOS

---

A materia Fisioloxía Ocular constitúe unha materia básica na formación de óptico-optometristas como profesionais sanitarios altamente cualificados para o coidado da saúde visual. Estes profesionais desenvolven actividades de prevención, detección, avaliación e tratamento de disfunción visuais, para as que é preciso o coñecemento previo do correcto funcionamento do ollo. Así 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 dos obxectivos descritos, de maneira específica a unidade didáctica «Dinámica do humor acuoso e presión intraocular» contribúe especialmente ó desenvolvemento de cinco obxectivos fundamentais:

- Recoñecer e comprender a morfoloxía e o papel do epitelio ciliar na formación do humor acuoso.
- Comprender o concepto funcional de barreira hematoacuosa e a súa importancia no contexto global da fisioloxía ocular.
- Coñecer e comprender os diferentes mecanismos moleculares e celulares implicados na produción do humor acuoso e cales son os factores que afectan á súa formación e composición.
- Coñecer as principais vías implicadas na drenaxe do humor acuoso e comprender a súa importancia para o mantemento da presión intraocular.
- Adquirir conciencia da importancia da presión intraocular na fisioloxía do ollo, coñecer como se pode determinar e cales son os fármacos ou substancias que teñen un efecto directo sobre ela.

## CONTIDOS BÁSICOS

---

Os contidos desta unidade didáctica están divididos en dous temas estreitamente ligados que non poden ser tratados de maneira independente. O primeiro dos temas aborda fundamentalmente a formación e composición do humor acuoso, mentres que o segundo subliña a importancia dunha correcta drenaxe deste para o mantemento da presión intraocular.

### 1. O humor acuoso

O humor acuoso é un solución incolora de baixa viscosidade, acelular, que circula de maneira continua dende a cámara posterior do ollo onde ten lugar a súa formación, ata a cámara anterior para bañar estruturas oculares avasculares como cristalino e córnea. A súa fisioloxía é complexa, e tanto a súa formación, composición como dinámica de drenaxe atópanse altamente reguladas. Como xa se comentou anteriormente entre as súas funcións podemos sinalar as súas propiedades ópticas, a determinación da presión intraocular, a conservación da súa propia transparencia e o intercambio de metabolitos coa córnea, cristalino e vítreo.

#### 1.1. Procesos ciliares: O epitelio ciliar

A formación do humor acuoso ten lugar de maneira constante segundo un ciclo circadiano nos procesos ciliares, que en número variable entre 70-80, atópanse na porción anterior do corpo ciliar ou pars plicata (continuación anterior da coroide). Cada un dos procesos ciliares está formado por unha densa rede de capilares, un estroma conectivo e unha dobre barreira epitelial que os separa da cámara posterior. A disposición vascular dos procesos ciliares é moi complexa. A súa irrigación depende do círculo arterial maior, formado por anastomoses das arterias ciliares posteriores largas e as arterias ciliares anteriores perforantes. A rede capilar con abundantes poros e fenestracións esténdese ata a proximidade do epitelio ciliar. Este tipo de capilares permite un alto e rápido intercambio de solutos entre o sangue e o estroma ciliar, que terá unha gran relevancia na formación do humor acuoso. O epitelio ciliar está constituído por dous planos de células, un interno pigmentado (EP) e outro externo non pigmentado (ENP). As células do EP son cuboides, conteñen numerosos melanosomas, que lle dan pigmento, e presentan poucos orgánulos intracelulares en comparación co ENP. Pola contra, as células do ENP teñen unha morfoloxía cilíndrica, e unha gran riqueza de mitocondrias o que reflicte o seu metabolismo activo implicado en procesos de transporte dependentes de enerxía. Un aspecto importante neste epitelio é a presenza dos encimas adenosintrifosfatase (Bomba Na-K) e o anhidrase carbónica, que son clave na formación do humor acuoso. De feito, como se verá con posterioridade, fármacos con acción directa sobre a bomba Na-K como a oubaína, ou inhibidores do anhidrase carbónica bloquean esta formación. Os dous epitelios están conectados por desmosomas e por unións comunicantes que permiten o intercambio de ións e un acoplamento eléctrico que asegura que a actividade secretora estea

coordinada. Esta circunstancia permite por tanto, que ámbolos dous epitelioides poidan actuar como un sincitio. Os procesos ciliares presentan unha rica innervación de fibras simpáticas e parasimpáticas debaixo do epitelio ciliar, a carón dos capilares e no músculo ciliar.

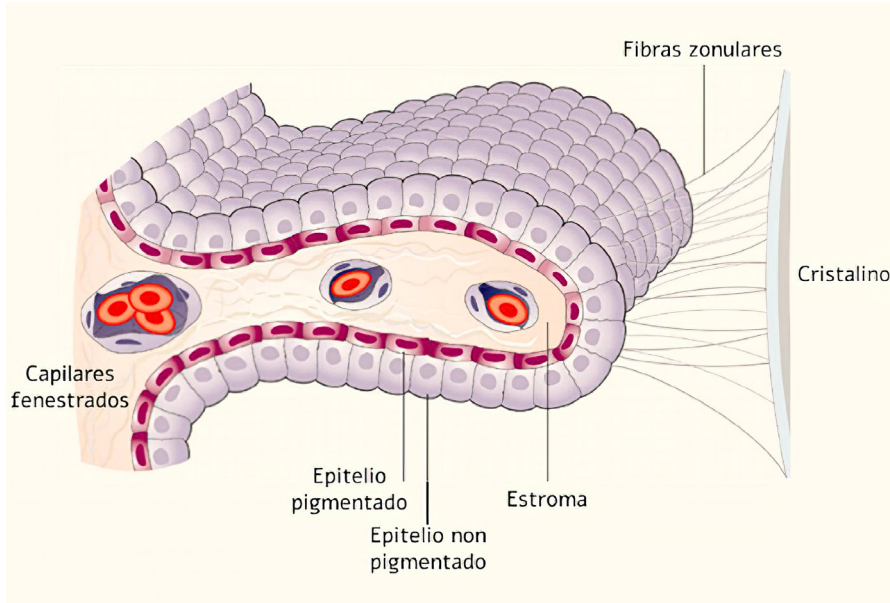


Figura 1. Esquema representativo dun proceso ciliar

### 1.2. Formación do humor acuoso. Factores que inflúen na súa produción

O humor acuoso fórmase no ámbito do corpo ciliar, mediante a acción de tres mecanismos moleculares: difusión, ultrafiltración e transporte activo, sendo este o de maior relevancia. Neste senso o bombeo activo de solutos a través do epitelio ciliar, que leva a cabo a bomba Na-K é fundamental para establecer un gradiente electroquímico que impulse o fluxo osmótico de auga cara a cámara posterior. De maneira resumida destácanse a continuación os mecanismos implicados.

- Difusión. Ten lugar a través da membrana das células do epitelio ciliar a favor de diferenza de concentración. Presenta unha escasa contribución á formación do humor acuoso.
- Ultrafiltración. Dos capilares ó estroma e posteriormente a través do epitelio por efecto da presión oncótica e hidrostática. A achega neta da ultrafiltración á produción de humor acuoso é baixo en condicións fisiolóxicas normais, pero pode aumentar a súa importancia en condicións patolóxicas.



- Transporte activo. Trátase do mecanismo máis importante para a formación do humor acuoso. Baséase fundamentalmente na bomba Na-K e a existencia doutros cotransportadores, como para os ións  $K^+$  e  $Cl^-$  ou a presenza de acuaporinas.

A formación do humor acuoso ten lugar continuamente, pero existen diferentes factores que poden influenciar a súa produción, que se deben ter en conta pola súa repercusión final no aumento/diminución da presión intraocular. Entre os factores que contribúen á súa redución destacamos: a idade, o exercicio, a hipotermia, a diminución da presión sanguínea e a hiperosmolaridade plasmática. Pola contra a diminución da osmolaridade plasmática ou a estimulación dos receptores beta-adrenérxicos presentes no epitelio ciliar produce un aumento na produción.

### 1.3. Composición do humor acuoso

A formación do humor acuoso depende de varios factores: do proceso de secreción do humor acuoso, do posterior intercambio activo e pasivo de solutos cos tecidos ós que baña e da súa velocidade de drenaxe. A composición de solutos inorgánicos é moi similar ó do plasma. Esta composición é fundamental para o mantemento da neutralidade eléctrica. A concentración de glicosa é un 80 % da plasmática e pasa ó humor acuoso por un proceso de transporte activo. Así mesmo, como resultado do metabolismo de certos tecidos, os niveis de lactato, sobre todo na cámara anterior son moi elevados e a concentración de osíxeno máis baixa en relación ó plasma. A presenza de aminoácidos e doutros compostos como factores de crecemento, inmunoglobulinas, varía en función das circunstancias fisiolóxicas, aínda que de maneira xeral hai pouca presenza de grandes proteínas. Destaca a alta concentración de ácido ascórbico que actúa como antioxidante protexendo ó ollo dos radicais libres que se forman por axentes como a radiación ultravioleta. Tanto os aminoácidos como o ácido ascórbico son secretados activamente con gasto de enerxía.

A pesar de que o humor acuoso é un líquido acelular, na cámara anterior podemos atopar macrófagos ou outro tipo de células como resultado do seu papel na eliminación de residuos oculares.

### 1.4. Barreira hematoacuosa

A barreira hematoacuosa está directamente implicada na produción do humor acuoso, xa que intervéen de maneira relevante nos fenómenos de secreción activa e ultrafiltración. A difusión de certas substancias cara á cámara anterior a través do epitelio ciliar non se realiza libremente. Dada a gran permeabilidade dos capilares fenestrados, as moléculas poden escapar facilmente ó estroma. Unha vez no estroma, as unións intercelulares das dúas capas epiteliais e incluso a membrana limitante interna establecen unha pequena barreira para o paso libre de substancias. Non obstante, dende un punto de vista funcional a barreira hematoacuosa está constituída polos complexos de unión tipo estreito ou hermético do epitelio ciliar non pigmentado e a escasa permeabilidade dos capilares e vénulas do iris. Esta barreira

é esencial para o control do metabolismo dos tecidos oculares, xa que en condicións fisiolóxicas normais evitan a entrada de moléculas solubles nocivas á vez que impiden a perda incontrolada de ións imprescindibles para un bo funcionamento do ollo. É importante ter en conta que a barreira hematoacuosa é un concepto funcional que non se corresponde exactamente cunha barreira física real.

A alteración da permeabilidade da barreira hematoacuosa implica o aumento no paso de proteínas e células cara ó humor acuoso, que pode comportar importantes consecuencias clínicas: turbidez do humor acuoso, hipertensión ocular, sinequias, descomposición corneal, etc. Entre os factores que poden afectar esta permeabilidade podemos atopar: a) traumatismos (mecánicos, físicos, químicos), b) mecanismos fisiopatoxénicos (infeccións, inflamación, isquemia), c) uso de fármacos.

## 2. A presión intraocular

Un correcta función visual precisa que o ollo teña un ton interior adecuado. A presión intraocular (PIO) está determinada pola proporción entre a produción do humor acuoso e a súa drenaxe, segundo a fórmula  $PIO = (F/C) + P_v$ , onde F é a taxa de formación, C é a facilidade de drenaxe e  $P_v$  a presión das veas episclerais. O máis habitual é que a PIO suba por unha diminución da facilidade de drenaxe e, en menor medida, por un aumento na presión das veas episclerais. Polo tanto, un aumento na presión arterial sistémica terá unha gran repercusión na PIO. O exceso de formación do humor acuoso é xeralmente unha causa pouco relevante, a excepción da existencia dalgunha afectación na barreira hematoacuosa.

O coñecemento da PIO é de grande importancia na clínica xa que axuda ó diagnóstico de enfermidades que se acompañan dun aumento, como o glaucoma ou a hipertensión ocular, ou diminución desta. Unha PIO elevada é o factor de risco con maior relación causa-efecto no desenvolvemento e progresión do glaucoma, aínda que non a única. Se ben é un factor que pode ser modificable mediante diferentes tratamentos, de aí a importancia da súa cuantificación e seguimento. Aínda que os valores de PIO son moi diversos e poden verse afectados por unha grande variedade de factores, o límite alto da normalidade está establecido en 21 mmHg.

### 2.1. Saída do humor acuoso

A drenaxe do humor acuoso comeza cando o líquido pasa da cámara posterior do ollo á cámara anterior a través da pupila. Prodúcese mediante dous mecanismos e vías diferentes: a vía ou fluxo trabecular dependente da presión e a vía ou fluxo uveoescleral independente da presión.

#### 2.1.1. Fluxo trabecular

A vía trabecular corresponde á vía convencional de drenaxe, e encárgase de recambiar o 90 % do total do humor existente. Mediante esta vía o humor acuoso pasa dende a rede trabecular cara á canle de Schlemm, e de aí é evacuado ás canles colectoras, veas acuosas e finalmente a circulación venosa episcleral. Para levar a cabo este proceso a rede trabecular modifica tanto as súas características físicas

como mecánicas, mediante cambios na contracción, volume celular ou cambios da matriz extracelular e formación de vacuolas.

A malla trabecular está formada por tres zonas diferentes: 1) zona uveal, formada por lamelas de tecido conectivo orientadas de maneira radial, 2) zona corneoescleral, formada por lamelas en distribución circunferencial e 3) zona cribiforme, constituída por células alongadas, ordenadas en capas. Debido ás súas características anatómicas é o principal lugar de resistencia para a drenaxe do humor acuoso. Calquera alteración sufrida na malla trabecular, como o engrosamento das lapelas pola idade, pode ter efectos graves na PIO.

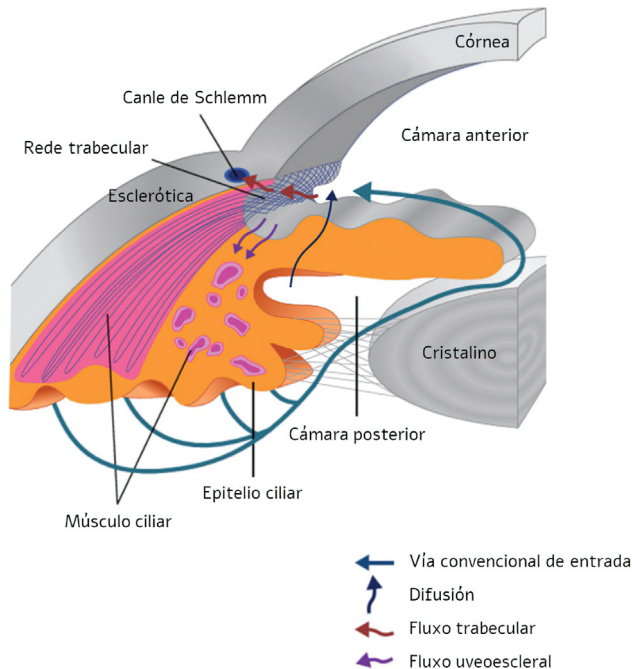


Figura 2. Diagrama representativo das diferentes vías implicadas na drenaxe do humor acuoso.

Un aspecto moi importante deste mecanismo de drenaxe é a súa dependencia dos niveis de PIO, así un aumento de PIO aumenta tamén a súa drenaxe. Este sistema, actúa como unha válvula unidireccional que permite a saída do humor acuoso do ollo, pero limita o fluxo noutras direccións.

### 2.1.2. Fluxo uveoescleral

A vía uveoescleral correspóndese coa vía non convencional que en condicións fisiolóxicas normais é a responsable da drenaxe do 10 % restante do humor acuoso, aínda que os valores poden verse modificados segundo a idade. O proceso comeza drenando o humor acuoso a través da raíz do iris, malla uveal e a cara inferior do

músculo ciliar a través do tecido conxuntivo situado entre as fibras musculares e atravesando o espazo supracoroideo para saír dende alí pola esclerótica.

## 2.2. Regulación da dinámica do humor acuoso

A dinámica do humor acuoso está regulada por o sistema nervioso central, o sistema nervioso autónomo, as influencias hormonais, o sistema vascular e a propia actividade metabólica. Os procesos ciliares e as células do tecido trabecular posúen innervación simpática e parasimpática no estroma e no seu sistema vascular, polo que o sistema nervioso autónomo pode actuar sobre a dinámica do humor acuoso en diferentes niveis e de forma simultánea.

As fibras colinéxicas no músculo ciliar que inducen a contracción e a relaxación daquel desempeñan un papel importante nas variacións da drenaxe. Así, a contracción provoca a alteración física da malla trabecular diminuindo a súa resistencia, mentres a relaxación muscular tende a aumentar a resistencia ó paso do humor acuoso. O músculo ciliar ten tamén, outro tipo de receptores, na súa maioría tipo beta-adrenéxicos que principalmente relaxan as fibras musculares e facilitan a saída do fluxo uveoescleral.

## 2.3. Medición da presión intraocular. Tonometría

O seguimento e control da PIO é un aspecto moi importante xa que como se mencionou con anterioridade un aumento dela pode danar directamente o nervio óptico causando patoloxías irreversibles. Para a súa medida é moi importante coñecer o espesor da córnea, xa que a medición sobrevalora a PIO en córneas con grosores altos e infravalora a PIO en córneas delgadas. Existen diferentes aparatos denominados tonómetros, o máis coñecido o tonómetro de Goldman, que aínda que varían lixeiramente no seu funcionamento, baséanse no mesmo principio e miden de maneira indirecta a presión intraocular.

Os máis empregados son:

- Tonometría de aire.
- Tonometría de rebote.
- Tonometría de aplanamento.



Figura 3. Medida da presión intraocular cun tonómetro PASCAL

#### 2.4. Farmacoloxía da presión intraocular

Tendo en conta que a dinámica do humor acuoso se atopa altamente regulada tanto na súa produción como na súa drenaxe, son moitos os mecanismos que se poden ver modificados pola acción de diversos fármacos. Expóñense a continuación os máis destacados.

- Bloqueadores beta-adrenérxicos.
- Fármacos parasimpaticomiméticos.
- Inhibidores do anhidrase carbónica.
- Fármacos osmóticos.
- Inhibidores de prostaglandinas.
- Agonistas alfa-adrenérxicos.
- Inhibidores do Rho-cinase.

#### 2.5. Patoloxías asociadas á presión intraocular

Un aumento da presión intraocular é o principal factor para o desenvolvemento do glaucoma, aínda que pode existir hipertensión ocular sen glaucoma, e glaucoma sen un aumento da PIO. A hipertensión ocular non se pode prever (hai moitos factores implicados: idade, diabetes, miopía, antecedentes familiares, traumatismos, raza, etc.), pero pódese controlar mediante revisións periódicas, onde xogan un papel moi destacado os ópticos-optometristas.

O glaucoma é unha neuropatía óptica multifactorial e asintomática con perda progresiva da visión, debido a un dano nas células ganglionares da retina e os seus axóns. Un aumento da PIO comprime as fibras nerviosas e compromete a súa osixenación causando morte celular. Segundo os mecanismos implicados podemos falar de diferentes tipos de glaucoma:

- Glaucoma de ángulo aberto (90 % dos casos).
- Glaucoma de ángulo pechado.
- Glaucoma de tensión normal.
- Glaucoma conxénito.
- Outros tipos de glaucoma (minoritarios).

### METODOLOXÍA

---

Para o ensino desta unidade didáctica combinaranse as clases expositivas cun seminario, e complementaranse con clases prácticas e titorías individualizadas, segundo o número e duración de sesións descritos con anterioridade.

#### **Clases expositivas**

As clases expositivas constituirán o eixo central para o desenvolvemento do programa docente. Durante a exposición empregaranse medios audiovisuais como as proxeccións de presentacións con diapositivas, apoiándose en vídeos, imaxes, esquemas ou outro tipo de material didáctico que contribúa á consecución dos obxectivos docentes. Así mesmo, empregaranse esquemas no encerado se fose

preciso subliñar conceptos ou mensaxes básicas que o estudantado debe recordar. A exposición maxistral do profesorado debe acompañarse en todo caso coa participación activa do alumnado e a súa implicación nas cuestións formuladas polos docentes durante a exposición. Boa parte do material empregado estará a disposición do estudantado no Campus Virtual, o que lle permitirá consultar e pensar novamente sobre a materia impartida. Ademais disporán doutro material complementario de apoio sobre aspectos do temario que merezan maior explicación ou profundidade. Dado que os conceptos tratados requiren moitas veces de coñecementos previos recomendarase ó estudantado ter presente tamén o material empregado con anterioridade noutras materias de grao.

### Seminario

O seminario versará sobre conceptos previamente descritos na parte expositiva. Levarase a cabo a presentación dun tema de actualidade ou investigación recente (artigo científico, recollida bibliográfica, novas de xornal, contidos en internet, etc.), ben por parte do profesorado ou por grupos pequenos de estudantes favorecendo así o traballo cooperativo. O obxectivo será reforzar o aprendido con anterioridade, propoñer novas dúbidas e fundamentalmente suxerir posibles aplicacións do aprendido na súa vida profesional futura. Empregarase sempre que sexa posible o método interrogativo, onde serán os propios estudantes os que guíen o desenvolvemento da actividade.

### Clases prácticas

Para poder levar a cabo un correcto estudo fisiolóxico é preciso completar os coñecementos e competencias adquiridos na aula, con sesións prácticas ou de laboratorio. O obxectivo específico da clase práctica é a obtención de habilidades e destrezas que involucren a aplicación do método científico na resolución de problemas, o uso dun xuízo crítico, a obtención de datos e a análise e interpretación posterior deles. Finalmente o estudantado debe ser capaz de comunicar cunha linguaxe científica correcta as conclusións obtidas, fundamentando e argumentando os seus razoamentos.

A dificultade en moitos casos para a realización de estudos *in vitro*, así como a maior concienciación en relación ó uso de modelos animais con fins docentes ou ensaios con pacientes e as súas implicacións ético-legais, esixen o desenvolvemento de novas alternativas pedagóxicas. Para dar resposta a todas estas cuestións na presente unidade didáctica empregárase o programa de simulación PhysioEx™ 10.0 (Pearson), a disposición baixo licenza para profesorado/estudiantado da USC. Este simulador está constituído por doce exercicios, que á súa vez constan dunha serie de actividades que recollen os aspectos máis relevantes de cada unidade teórica. O estudantado ten a oportunidade de interactuar co contido vía unha «realidade simulada», e a aprendizaxe terá lugar por descubrimento e non por unha instrución programada. Ademais do propio software o alumnado terá acceso a un manual de prácticas onde se detallarán paso a paso os aspectos a tratar.

Nesta unidade didáctica realizarase o exercicio 1 «Mecanismos de transporte e permeabilidade celular», constituído polas actividades: a) simulación de diálise (difusión simple), b) simulación de difusión facilitada, c) simulación de presión osmótica, d) simulación de filtración e e) simulación de transporte activo. Antes de comezar o exercicio, os docentes farán unha pequena presentación sobre a dinámica da actividade e recordarán varios aspectos teóricos do tema a tratar, destacando o papel que estes mecanismos teñen na formación do humor acuoso.

Completadas as actividades o simulador realiza unha serie de cuestións tipo test e preguntas abertas para que o estudiantado desenvolva de maneira razoada os coñecementos adquiridos. Estas cuestións así como os resultados obtidos ó longo do experimento simulado serán entregados para ser avaliados segundo os criterios descritos no apartado avaliación. O obxectivo é que o estudiantado aprenda unhas primeiras pautas para redactar un informe científico. A actividade práctica desenvolverase en liña de maneira síncrona ou na aula de informática de maneira presencial. Dada a natureza desta práctica, o estudiantado pode acceder novamente á actividade cantas veces precise e refacer o experimento e o corresponde informe se así o considera.

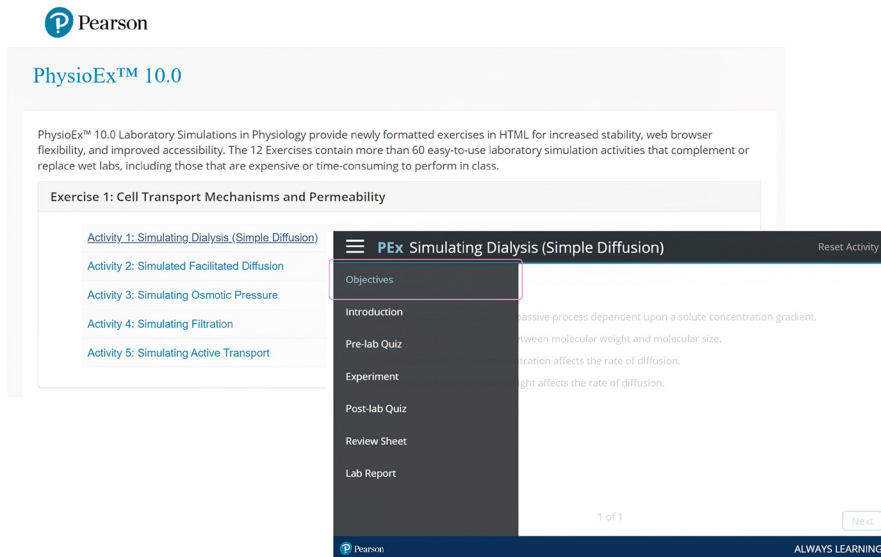


Figura 4. Imaxe representativa do simulador PhysioEx™ 10.0 (Pearson).

## Titorías

Levaranse a cabo reunións periódicas individualizadas co estudiantado co fin de orientalo no seguimento e aproveitamento da materia, así como resolver posibles dúbidas xurdidas durante o desenvolvemento desta unidade didáctica. O sistema e dinámica das titorías será acordado de maneira específica entre cada docente/discente. As

titorías aínda que de carácter voluntario, serán clave para detectar dificultades, necesidades especiais ou algunhas lagoas académicas que deban ser dirimidas, polo que é recomendado que o profesorado faga fincapé na súa importancia.

As titorías presenciais poden ser reforzadas polo uso do Campus Virtual como método de titorización complementario ou mediante a realización de titorías de carácter virtual a través de plataformas como Microsoft Teams.

### Contorno virtual de apoio á docencia: Campus Virtual

No curso virtual da materia de Fisioloxía Ocular e, en concreto desta unidade didáctica, empregaranse diferentes ferramentas que ofrece o Campus Virtual, fundamentalmente como complemento á metodoloxía de carácter presencial. De maneira específica o estudantado poderá:

- Descargar material didáctico do curso para a súa consulta e estudo.
- Intercambiar ideas a través de foros de debate ou de preguntas e respostas propostos polos docentes ou polo propio estudantado.
- Realizar calquera tipo de consultas en relación á materia.
- Facer cuestionarios/actividades de auto-avaliación.

### ACTIVIDADES PROPOSTAS

---

A modo de exemplo descríbense a continuación tres actividades que se poden levar a cabo no contexto desta unidade didáctica.

- Seleccionar unha nova no xornal relacionada con investigacións recentes sobre temas abordados da unidade didáctica. Unha vez seleccionada poderase recomendar ó estudantado que consulten a fonte orixinal. Comentarase no seminario os aspectos máis importantes.

## A USC e o IDIS avanza no estudo dunha doenza que causa cegueira a 70 millóns de persoas

● Por Redacción - 01/06/2017



A **síndrome de exfoliación (SXF)** é o factor de risco máis común de glaucoma secundario e a maior causa de **cegueira** no mundo, xa que afecta a **70 millóns de persoas**. Ten unha orixe hereditaria, e caracterízase pola acumulación anormal de material extracelular en varios tecidos. Os investigadores galegos **Antonio Salas** e **Federico Martinón** acaban de publicar un artigo na revista *Nature Genetics*, a máis importante na área da xenética, onde amosan os resultados dun estudo realizado xunto a laboratorios de 24 países. Nel participaron, entre outros especialistas, xenetistas, biólogos, médicos ou bioinformáticos.



Published in final edited form as:  
*Nat Genet.* 2017 July ; 49(7): 993–1004. doi:10.1038/ng.3875.

### Genetic association study of exfoliation syndrome identifies a protective rare variant at *LOXL1* and five new susceptibility loci

A full list of authors and affiliations appears at the end of the article.

#### Abstract

Exfoliation syndrome (XFS) is the commonest known risk factor for secondary glaucoma and a significant cause of blindness worldwide. Variants in two genes, *LOXL1* and *CACNA1A* have been previously associated with XFS. To further elucidate the genetic basis of XFS, we collected a global sample of XFS cases to refine the association at *LOXL1*, which previously showed inconsistent results between populations, and to identify new variants associated with XFS. We identified a rare, protective allele at *LOXL1* (p.407Phe, OR = 25,  $P=2.9 \times 10^{-14}$ ) through deep resequencing of XFS cases and controls from 9 countries. This variant results in increased cellular adhesion strength compared to the wild-type (p.407Tyr) allele. A genome-wide association study (GWAS) of XFS cases and controls from 24 countries followed by replication in 18 countries identified seven genome-wide significant loci ( $P < 5 \times 10^{-8}$ ). Index variants at the new loci map to chromosomes 13q12 (*POMP1*), 11q23.3 (*TMEM136*), 6p21 (*AGPAT1*), 3p24 (*RBMS3*) and 5q23

**Figura 5.** Captura de pantalla da nova do xornal *GCiencia* e do artigo orixinal en *Nature Genetics* (consultado 17 xuño 2021)

- Propor ó estudantado a busca de artigos científicos con temática relativa á unidade didáctica a través de diferentes buscadores académicos especializados (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>, <https://dialnet.unirioja.es/>, <https://scielo.org/es/>, <https://www.redalyc.org/home.oa>, entre outros) para aprender a traballar con eles.
- Facer unha pregunta ó estudantado ó inicio da unidade didáctica e volver facer a mesma pregunta unha vez rematadas todas ás actividades. Comentar se as respostas obtidas cambiaron ou non, e por que houbo ese cambio de parecer.

Exemplo: *o glaucoma é resultado do aumento da presión intraocular?*

A poboación xeral, sen coñecementos especializados, soe ter a crenza de que hipertensión ocular e glaucoma son a mesma patoloxía, polo que se espera que os estudantes cambien a súa resposta baseándose nos contidos adquiridos nesta unidade.

## 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. Tanto os contidos das clases expositivas como os conceptos fisiolóxicos que se traballan no seminario e nas clases prácticas serán susceptibles de ser avaliados. Como parte da avaliación continua (30 % da nota final), valorarase se o estudantado adquiriu correctamente as competencias desta unidade mediante un cuestionario

tipo test a través do Campus Virtual ó rematar a exposición e realización de tódalas actividades propostas. Para un mellor aproveitamento desta avaliación, os resultados obtidos polos estudantes neste cuestionario serán comentados e debatidos con posterioridade. Tódolos cuestionarios de avaliación continua suporán o 20 % da nota final da materia. As prácticas constituirán o 10 % restante.

Un aspecto importante a ter en conta é que a realización e superación da parte práctica desta unidade didáctica é obrigatoria para que a materia sexa avaliada. Esta avaliación levarase a cabo segundo a rúbrica que se detalla a continuación.

Aspectos que se van avaliar	Excelente (3 puntos)	Bo (2 puntos)	Regular (1 punto)	Puntuación
Desenvolvemento	Asistiu a toda a actividade práctica e participou activamente no seu desenvolvemento.	Asistiu a toda a actividade práctica, pero non participou activamente durante o seu desenvolvemento.	Asistiu parcialmente á actividade práctica e non participou no seu desenvolvemento.	
Entrega do reporte	Cumpriu coa entrega do reporte en día e hora acordados. O reporte entregado está debidamente cumprimentado en formato e forma. Non hai erros ortográficos nin gramaticais e a linguaxe empregada é unha lingua científica formal.	Cumpriu coa entrega do reporte en día e hora acordados. O reporte entregado está debidamente cumprimentado en formato e forma. Hai erros ortográficos e gramaticais e a linguaxe empregada non se corresponde cunha lingua científica formal.	Cumpriu coa entrega do reporte en día e hora acordados. O reporte entregado non está debidamente cumprimentado nin en formato nin en forma. Hai erros ortográficos e gramaticais e a linguaxe empregada non se corresponde cunha lingua científica formal.	
Marco teórico e procedementos	O reporte presenta un preciso e minucioso entendemento dos conceptos científicos esenciais tratados nas prácticas.	O reporte presenta un preciso entendemento da maioría dos conceptos científicos tratados nas prácticas.	O reporte presenta un entendemento limitado dos conceptos científicos tratados nas prácticas.	

## BIBLIOGRAFÍA

### 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).
- Khurana A.K. Cromptensive Ophthalmology. Publicado por New Age International Publishers (2007).

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

Crawley L., Zamir S.M., Cordeiro M.F. and Guo L. *Clinical Options for the Reduction of Elevated Intraocular Pressure*. *Ophthalmology and Eye Diseases*. 2012;4, 43-64. <http://dx.doi.org/10.4137/OED.S4909>

Sacco R., Guidobani G., Jerome J.W., Bonifazi G., Marazzi N. M., Verticchio Vercellin A. C., Lang M. S. and Harris A. *A Theoretical Approach for the Electrochemical Characterization of Ciliary Epithelium*. *Life*. 2020;10, 8. <https://doi.org/10.3390/life10020008>.



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