

TEMA 32: CIRCULACIÓN

1. SISTEMA VASCULAR

- **ARTERIAS:** grandes vasos que transportan sangre a gran presión a los tejidos.
- **ARTERIOLAS:** ramas más pequeñas del sistema arterial. Son de gran importancia porque funcionarían como válvulas que regulan el paso de sangre hacia los capilares. Esto es debido a que tienen una gran capacidad de relajación y contracción. Responden a sustancias vasoconstrictoras o relajadoras.
- **CAPILARES:** son importantes porque en ellos se lleva a cabo el intercambio de sustancias entre la sangre y los tejidos. Pasan nutrientes, catabolitos, hormonas, gases,...
- **VENULAS:** vasos pequeños que recogen la sangre procedente de los capilares y se van a ir fusionando para dar lugar a las venas.
- **VENAS:** serán las encargadas de llevar la sangre desde los tejidos al corazón. La sangre circula con menor presión que en las arterias. Tienen capacidad para contraerse o relajarse, de forma que les permite el poder almacenar una mayor o menor cantidad de sangre. Las venas actúan como reservorios de sangre en función de las necesidades del organismo. La sangre fluye gracias a las contracciones de los músculos esqueléticos que rodean a las venas. También es importante recordar que el sistema de válvulas que evitan el reflujo de sangre.

2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA VASCULAR

1) VOLUMEN DE SANGRE:

No en todas las zonas hay el mismo volumen de sangre. Más de la mitad están en las venas, mientras que en las arterias encontramos entre el 18 y el 20%. En las venas hay más porque actúan de reservorio.

2) VELOCIDAD DE LA SANGRE:

No será la misma en todas las zonas. En los capilares es donde hay menor velocidad, mientras que en arterias y venas es bastante parecida. Esto es debido al área transversal de cada uno de los vasos. Es un error pensar en una vena, arteria o capilar de forma individual. Tenemos que juntarlos todos para ver que el área total de los capilares es 100 veces mayor que la de las arterias o venas. La sangre que fluye por arterias o venas va a mayor velocidad porque hay área menor..

La velocidad de la sangre es inversamente proporcional a cada una de las áreas de sus territorios. A mayor área menor velocidad.

3) PRESIÓN SANGUÍNEA Y RESISTENCIA VASCULAR:

Fuerza que la sangre ejerce sobre las paredes del vaso. Esto es fundamental para conseguir que la sangre fluya de forma continua.

La mayor presión sanguínea la encontramos a nivel de la Aorta, a la salida del corazón. Posteriormente esta presión irá desapareciendo hasta hacerse prácticamente 0 a nivel de la vena cava y la aurícula derecha.

Esta presión a su salida de la arteria no siempre es constante, sino que oscila entre 2 valores:

- **P. Sistólica:** cuando el corazón bombea sangre (P. Alta)
- **P. diastólica:** en la arteria hay una presión ligeramente menor (P. Baja)

La disminución de la presión se produce como consecuencia de la resistencia vascular que está causada por la fricción de la sangre cuando se desliza por la superficie de los vasos. La sangre se desliza de forma laminar,

por tanto dentro de los grandes vasos no existe fricción, sólo la de los hematíes que están rozando las paredes.

En las arteriolas se produce un descenso brusco del diámetro y por tanto encontraremos con que la mayoría de los hematíes están rozando las paredes del vaso, por lo que se está produciendo una gran resistencia la cual disminuye la presión. Cuando se pasa a las vénulas y después a las venas la presión se hace más paulatina y por eso cuando llega a la aurícula llega con una presión prácticamente 0.

- La **resistencia** es inversamente proporcional a la 4ª potencia del diámetro de los vasos.

$A > \text{"} < \text{resistencia}$

3. ARTERIAS

Función:

1. Conductoras de la sangre de baja resistencia para lograr que esta llegue con mayor rapidez hasta los tejidos.
2. También van a actuar como pequeños reservorios sanguíneos y saber que estas arterias se van a adaptar a la llegada de la sangre desde el corazón. Para poderse adaptar precisan de una determinada elasticidad de forma que cuando llega la sangre se relajan y cuando el corazón no bombea sangre las arterias se van a contraer, es decir, las arterias se contraen entre cada latido cardíaco. Esta adaptación es fundamental para que las variaciones de presión que existen en esos vasos sean relativamente pequeños comparando los momentos de sístole y diástole.

A consecuencia de evitar los cambios de presión esta elasticidad es la que permite que la sangre fluya de manera continua, de no ser así fluiría a golpes cada vez que el corazón bombea. Estos momentos de vacío no se pueden permitir porque se provocarían colapsos.

En las arterias se crean los pulsos de presión, es decir, cuando se observa una arteria se ve:

La onda de presión se va a transmitir a lo largo de toda la aorta y todas las venas. Se transmite de una forma muy rápida. Esto nos va a permitir medir el pulso y de esta manera conocer la frecuencia cardíaca.

4. CAPILARES

Serán muy importantes porque en ellos se produce el intercambio de agua y sustancias que pueden estar disueltas o en los espacios intersticiales. Debemos hablar del **territorio o lecho capilar**, constituido por una serie de pequeños vasos, con una función determinada que dará lugar a la función de los diferentes vasos.

Comenzará siempre en la parte final de una arteriola y al comienzo del lecho, donde disminuye el diámetro, se convierte en metaarteriolas, que poseen una capa muscular discontinua. A partir de esta formarán los capilares en los que no existe capa muscular, sólo un endotelio muscular, por tanto ni se contraen ni se dilatan. Después se irán al corazón y darán lugar a las vénulas donde de nuevo aparecerá una capa muscular.

Un hecho importante es la presencia de **esfínteres capilares** que son los que regulan que haya un mayor o menor paso de sangre hacia esos capilares.

En su estructura vemos una monocapa de células endoteliales y una capa basal. Lo que sí es importante es que en estos capilares encontramos una serie de poros a través de los cuales se produce un paso de sustancias por 2 mecanismos:

- **Hendiduras intercelulares:** paso de pequeñas sustancias.

- **Vesículas y conductos pinocíticos:** transporte de grandes moléculas o incluso de partículas sólidas.

De esta forma en algunos territorios capilares nos podemos encontrar con ciertas características para favorecer el paso de algunas moléculas, nutrientes,...

P/ej: para evitar el paso de sustancias o cuerpos extraños al líquido cefalorraquídeo .

En el hígado si que se requieren que pasen sustancias y por eso encontramos poros de mayor tamaño. A los hepatocitos pueden pasar incluso proteínas plasmáticas. A nivel del riñón también hay hendiduras específicas conocidas como fenestras que van a permitir el paso de un gran nº de sustancias. Para ello se ha de permitir el paso de algunas sustancias de la sangre.

5. EQUILIBRIO DE STARLING

La cantidad de líquido filtrado será igual a la cantidad de

Si no existe ese equilibrio se producirán edemas. Es un equilibrio teórico porque fisiológicamente es así ya que hay un desequilibrio de 0'3 mmHg que favorece una mayor filtración. Estos líquidos filtrados en mayor cantidad serán recogidos por el sistema linfático.

1

Extremo arterial: FILTRACIÓN (ligemente mayor que la resorción (0'3 mmHg)

Extremo venoso: RESORCIÓN

6. SISTEMA LINFÁTICO

Constituidos por conductos de pared muy fina y que se forman a partir de los capilares linfáticos, los cuales los encontramos en todos los tejidos animales. Se unirán estos capilares formando unos capilares mayores que desembocan en las venas yugular y subclavia.

Permite recoger líquidos y llevarlos a la circulación sanguínea. Recoge el exceso de líquidos y recupera las proteínas que puedan escapar de los capilares. Estas proteínas tienen que ser a por los vasos, ya que aumenta la presión oncótica y aumenta el proceso de filtración por lo que habría un exceso de líquidos en los tejidos.

El líquido que fluye por ellos es la linfa (= liq intersticial). Los vasos linfáticos atraviesan los ganglios linfáticos que van a tener la función de filtración. El flujo de linfa por los vasos es parecido al de la sangre por las venas. La linfa avanza gracias a contracciones musculares y también por propias contracciones de sus paredes. Estos vasos le ayudan también por un sistema de válvulas parecidas las venosas, que impiden el retroceso de la linfa.

Otro factor importante es la entrada progresiva del líquido en los capilares linfáticos, que depende de la presión hidrostática del líquido intersticial (PIF). El aumento de esta presión favorece el flujo de líquido.

T E M A 33: CONTROL DEL RIEGO

Es fundamental que tengamos un aporte correcto de O₂, nutrientes, hormona, eliminación de CO₂,.... el exceso o el déficit de sangre no serán favorables.

1. CONTROL LOCAL DEL RIEGO SANGUÍNEO TISULAR

AUTORREGULACIÓN

- **A CORTO PLAZO (AGUDA) O₂:** Son mecanismos que responden a las necesidades. Se deben a una dilatación o contracción arteriolas. Estos mecanismos se explican por:
 - **Teoría de la demanda de O₂:** todo cuerpo para trabajar necesita un aporte de O₂. Las células musculares de las arteriolas no funcionan bien y hay una dilatación arteriolar produciéndose una mayor entrada de sangre. Así, al entrar sangre entra O₂ y estas células se recuperan.
 - ◊ **Teoría vasodilatadora:** cuando un tejido sufre falta de O₂ (hipoxia), este produce y libera una serie de sustancias dilatadoras (histamina, ac. láctico, CO₂ iones K⁺); sustancias vasodilatadoras que actúan sobre las arteriolas para que se dilaten.
 - **A LARGO PLAZO:** se produce en los casos de necesidades prolongadas de O₂. Consiste en la formación de nuevos vasos o de aumentar el tamaño de los ya existentes, para llevar más sangre y O₂ a esos territorios.

Son debidos a que el tejido produce y libera factores de **angiogénesis**: factor que favorece la formación de nuevos vasos que se dirigen a los territorios faltos de O₂. Este proceso de angiogénesis es un proceso reversible, o sea que cuando se forman pueden luego desaparecer.

P/ej: se puede dar en oclusiones coronarias cuando se vive en grandes altitudes, por lo que hay un descenso de la concentración de O₂. el organismo suple esta pérdida creando más vasos.

REGULACIÓN NERVIOSA

Va a depender fundamentalmente del sistema nervioso simpático (SNSimp). Va a ser el responsable de mantener el tono vasomotor, es decir, constantemente va a haber un cierto grado de contracción. No hay prácticamente terminaciones parasimpáticas en los vasos.

- ◆ vasodilatación: disminuye los impulsos simpáticos
- ◆ vasoconstricción: aumenta los impulsos simpáticos

Las fibras nerviosas simpáticas van a actuar fundamentalmente a nivel de las arterias. Sus efectos sobre las grandes venas y arterias es muy pequeño. Ya que en las arteriolas es donde hay mayor innervación simpática.

*la innervación parasimpática está implicada en la contracción del corazón.

- Ejercicio: durante el ejercicio la zona muscular esquelética necesita a un aumento del aporte sanguíneo. Habrá una estimulación simpática que provoque la vasoconstricción en otras zonas que no son fundamentales.
- Termorregulación: cuando hay un aumento de temperatura ambiental el organismo va disminuyendo los impulsos simpáticos.
- Hemorragias: se debe asegurar el riego a órganos fundamentales (corazón, cerebro,...) Provoca una vasoconstricción en otras zonas menos importantes para la supervivencia (riñón, piel, intestino,...) mediante una estimulación simpática en esas zonas.

2. REGULACIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL: $PA = GC \times RP$

La presión es la fuerza que está moviendo la sangre. La PA depende del **gasto cardíaco** y de la **resistencia periférica**. Si aumenta el gasto cardíaco. Si aumenta el GC o la RP también aumenta la PA ya que aumenta la cantidad de sangre bombeada por el corazón (GC).

La RP es la resistencia que van a oponer los vasos sanguíneos al paso de esa sangre. Si aumenta la RP se impide que la sangre pase, y al ser la sangre igualmente bombeada se aumenta la presión que se ejerce sobre las paredes. Sistemas de control:

I. CONTROL NERVIOSO:

Mediado por un centro localizado en el bulbo raquídeo = **centro vasomotor**. Este centro va a tener una serie de núcleos dedicados a controlar el GC y la RP. Cuando el centro vasomotor se estimula se produce una acción coordinada de impulsos simpáticos y parasimpáticos: aumenta el simpático y disminuye el parasimpático.

♦ **efectos de la activación simpática:**

◇ **Sobre el corazón:**

- frecuencia cardíaca
- fuerza de contracción

◇ **Sobre las arterias:**

Provoca vasoconstricción arteriolar: $RP : PA$

◇ **sobre las venas:**

Provoca una vasoconstricción venosa, toda la sangre de estas venas va a ser enviada con > potencia hacia el corazón, por tanto aumenta el volumen del retorno venoso: frecuencia cardíaca.

A causa del reflejo de Bainbridge y de Frank-Starling aumenta la fuerza de contracción.

♦ **efectos de la activación parasimpática:**

Únicamente vamos a tener efectos sobre el corazón. Si disminuyen los estímulos aumenta la frecuencia cardíaca y aumenta la fuerza de contracción (no habrá efectos relevantes sobre los vasos).

Estos efectos simpáticos y parasimpáticos son inducidos por el centro vasomotor. Se van a poner en marcha sólo cuando los necesite el organismo. Como lo sabe:

- **Barorreceptores:** detectores de presión localizados en el catado de la aorta y en los senos carotídeos. Miden la presión arterial.
- **PA :** los Barorreceptores lo detectan y envían un P.A. hasta el centro vasomotor. Provocan una inhibición de este, provocando así una disminución de los estímulos simpáticos. Efectos: vasodilatación y disminución de la frecuencia cardíaca y de la fuerza de contracción (GC y $RP = PA$)
- **PA:** se estimulan los Barorreceptores que envían señales que estimulan el centro vasomotor. Habrá una estimulación simpática y una inhibición parasimpática.

$$GC + RP = PA$$

- **Isquemia del centro vasomotor (flujo sangre) :** provoca una estimulación de forma refleja de este centro. El sistema simpático empieza a enviar fuertes señales por el de GC y RP para aumentar la PA y que no falte O_2 al organismo, para que la sangre tenga más fuerza para poder circular.

II. SISTEMA CAPILAR:

El control nervioso actúa muy rápidamente pero también se agota pronto, por eso también existen otros mecanismos de control más lentos pero que van a actuar durante mucho más tiempo.

Se va a poner en marcha cuando haya una alteración del volumen sanguíneo dentro de los propios capilares, que suelen ser consecuencia de aumentos o disminución de la PA.

a) **PA:** aumenta el volumen de sangre hacia los capilares. Hay una > distensión de esos capilares, por tanto hay > presión y va a provocar un aumento de la fibrilación capilar. Va a provocar que se pierda líquido de los capilares y disminuya el volumen sanguíneo y por tanto el GC: PA

b) **PA:** disminuye el volumen el sangre, por tanto produce una < filtración en los capilares, provocando que aumente el volumen de líquido sanguíneo GC: PA

III. REGULACIÓN RENAL

- **MACANISMO HEMODINÁMICO:** depende de los volúmenes sanguíneos. Regula el volumen sanguíneo.

PA: el volumen de sangre que llega a lo capilares de las nefronas: aumenta la filtración renal, se va a perder líquido plasmático, por lo tanto disminuye el volumen sanguíneo (aquí se puede perder mucho más líquido plasmático que en los otros capilares) : GC : PA

- **SISTEMA RENINA-ANGIOTESINA:** hormona

PA: la disminución del flujo sanguíneo es detectado por unas células específicas del riñón. Estas células van a sintetizar y liberar **renina**. Esta renina va a pasar a la sangre y va a ser la responsable de que a partir de una proteína plasmática (**angiotensinógeno**) se pase a **angiotensina I**, que va a circular por el plasma, y a su paso por los capilares pulmonares se va a encontrar con una enzima que la va a transformar en **angiotensina II**. Esta es la que va a ejercer acciones.

– riñones: disminuyen la excreción de sal y agua. Provoca relación de agua y NaCl. Si se retienen líquidos en el organismo finalmente, de forma osmótica, acaban pasando al líquido plasmático: la bolemia: GC: PA

– vasoconstricción: que induce a RP: PA

IV. REGULACIÓN HORMONAL: CORTEZA ADRENAL

En la corteza adrenal se sintetiza la hormona **aldosterona**, que liberada en respuesta a la disminución de PA. Esta liberación es también favorecida por la propia angiotensina II. Efectos:

PA: disminuye la excreción de agua y Na^+ por la orina. Va a facilitar que el riñón no pierda líquido (la reabsorción renal). Se retienen líquidos en el intestino y por tanto aumenta el volumen intersticial que provoca un aumento de volumen plasmático: GC: PA

* las comidas ricas en sal tienden a aumentar la PA porque la ingestión excesiva de NaCl hace que los iones se absorban a nivel intestinal, hace aumentar el volumen plasmático. Produce una retención de líquidos (evitando sudoración,...) normalmente en el intestino, haciendo que aumente el volumen intersticial. Se equiparará con el volumen plasmático: bolemia: GC: PA

TEMA 34: CIRCULACIONES ESPECIALES

1.CIRCULACIÓN CEREBRAL

Es esencial para la vida porque es un órgano muy sensible a la isquemia ya que las células cerebrales utilizan como única fuente de energía la glucosa y prácticamente no la almacenan, por lo que necesitan un aporte constante de nutrientes, una constante irrigación).

– Sueño: flujo. Fase del ciclo en que la activación nerviosa disminuye al mínimo y no necesita tanto aporte.

– Anestesia: flujo: PA

- ♦ **Barrera hematoencefálica:** separa el tejido nervioso de la sangre, compuesto por capilares. Son muy restrictivos a la hora de permitir el paso de cualquier sustancia. Esto tiene una misión protectora, la de impedir que sustancias extrañas puedan pasar al cerebro.

- ♦ **Líquido cefalorraquídeo:** se forma en 2 lugares:

Plexos carotídeos del 3° y 4° ventrículo: se forma a partir de 3 o 4 filtrados de los capilares sanguíneos y de la secreción de sustancias por parte de células especializadas. Se parece en su comportamiento al líquido plasmático, pero la diferencia está en la baja concentración de proteínas que tiene. Esta baja concentración es utilizada como una característica diagnóstica de patologías a nivel cerebral o del lugar de formación. Esta barrera supone un grave problema a la hora de utilizar diferentes terapias farmacológicas, porque la mayoría no son capaces de superar dicha barrera.

*para facilitar el paso de estas se podrían hacer liposolubles (ya que tienen > facilidad de paso).

2. CIRCULACIÓN CORONARIA

Tiene una gran influencia de control simpático. Van a ser arterias que rápidamente se van a contraer o dilatar en función de las necesidades metabólicas. Poseen un sistema de autorregulación bastante bien desarrollado, es decir, las propias fibras musculares de los vasos coronarios son muy sensibles, produciendo rápidamente vasoconstricción o vasodilatación.

3. CIRCULACIÓN ESPLÁCNICA

Va a irrigar los diferentes órganos abdominales. Es muy sensible al control simpático, de manera que en ella se puede producir una fuerte vasoconstricción. Constituye una buena reserva sanguínea porque los órganos que irriga no son esenciales al 100% y siempre se les puede dejar en un mínimo, para así llevar la > parte de la sangre a otras zonas.

- ♦ circulación intestinal: en serie
- ♦ circulación renal: en paralelo

De la aorta van a salir una serie de ramas arteriales que van a llevar sangre a dichos órganos, pero hay una particularidad: el hígado recibe sangre por 2 lados (ar. hepática y v. porta). La ar. Hepática es la que le va a suministrar O₂ y nutrientes, y la v. porta lleva la sangre que previamente lleva la sangre que previamente ha pasado por otros órganos, de manera que lleva sustancias absorbidas a nivel intestinal, y que antes de pasar por la circulación general van a pasar por el hígado.

Este sistema se ve complicado por un pequeño circuito que se cierra gracias a la bilis y a los conductos biliares que parten del hígado. La bilis va a desembocar a nivel del duodeno, de manera que van a haber sustancias que sufran la **circulación enterohepática**: sustancias sintetizadas en el hígado y eliminadas a través de la bilis al intestino. Serán absorbidas por el intestino, y por la ar. hepática llegan de nuevo al hígado para ser eliminados.

También se producen la vasodilataciones cuando el intestino se encuentra en ingestión y digestión de alimentos. Nos encontramos en una fuerte hiperemia:

- ♦ porque sus células se encuentra a máximo rendimiento y necesitan un > aporte de nutrientes y O₂.
- ♦ Porque la toma de sustancias desde el intestino hasta la circulación sanguínea necesita aporte

de sangre.

* Corte de digestión: cuando un órgano entra en contacto de forma brusca con un líquido que esta relativamente frío, el órgano necesita llevar sangre a la superficie corporal para evitar que se enfríe (= TERMORREGULACIÓN), pero como en ese momento hay una hiperemia, al producirse la vasoconstricción a nivel intestinal, se paraliza la digestión, incluso se puede ver comprometida la irrigación del SN general = pérdida de consciencia.

4. CIRCULACIÓN CUTÁNEA

Es especial en algunas zonas a causa de la termorregulación. La función de termorregulación de los vasos cutáneos es muy importante en las especies que no poseen pelo.

- Frío ambiental: se produce una vasoconstricción cutánea (para no perder calor)
- Calor ambiental: vasodilatación

Dos sistemas termorreguladores:

1. RED SUPERFICIAL DE ARTERIOLAS, CAPILAR Y VÉNULA:

suele ir acompañado de un plexo venoso de tipo subcutáneo y en el cual el flujo sanguíneo es más lento. Permite cambiar un poco la circulación en función de si necesita perder o guardar más calor. Se encuentra fundamentalmente en las extremidades. Permite que haya una transferencia de calor desde las arterias hasta las venas, de forma que cuando la sangre arterial llega a los capilares, llega más fría y se pierde menos calor.

2.SISTEMA ESPECÍFICO DE LA CARA Y PALMAS DE LAS MANOS:

Se debe a que existe una red subcutánea que forma anastomosis entre las arteriolas y las vénulas evitando pasar a los capilares. Cuando o se quiere perder calor se abren las anastomosis haciendo que la sangre pase directamente de las arteriolas a las vénulas, produciendo una isquemia.

5. CIRCULACIÓN PULMONAR

Hay membranas muy especiales donde se produce el intercambio con el medio externo (CO₂ y agua).

6. CIRCULACIÓN RENAL

Es compleja y muy importante a la hora de eliminar una serie de sustancias y líquidos fuera del organismo. Este sistema de excreción renal se va a producir porque dentro del riñón se van a realizar 2 mecanismos en relación con los capilares:

- **FILTRACIÓN**: se va a producir fundamentalmente a nivel de los capilares. Estos poseen oberturas especiales (**fenestras**) haciendo la permeabilidad muy elevada.
- **REABSORCIÓN**: (de parte del líquido filtrado). Se suele producir en los capilares peritubulares (a lo largo de los túbulos renales). Cada uno tiene una permeabilidad diferente. Estos capilares son muy sensibles a la vasoconstricción, a los cambios de PA, porque el riñón es un órgano que posee diferentes sistemas para permitir el flujo sanguíneo que constantemente está llegando sea siempre constante, ya que así se eliminan mejor las sustancias.

7.CIRCULACIÓN FETAL Y NEONATAL

Durante la época fetal va a ser importante todo el intercambio de sustancias que se produce a nivel de

la placenta, entre la sangre fetal y la placenta. (vasos umbilicales del feto – vasos uterinos de la madre).

Permiten el paso de:

- nutrientes: madre feto
- catabolitos: feto madre

También se produce el cierre de una serie de comunicaciones que existen durante la época fetal:

- ♦ **forámen oval:** conducto que comunica las dos aurículas
- ♦ **conducto arterioso:** comunica la aorta con la arteria pulmonar

Estas dos comunicaciones existen porque al feto no le interesa que lleguen grandes cantidades de sangre a los pulmones, ya que no realizan el intercambio de gases, ya que estos están llenos de líquido amniótico.

T E M A 35: respiración: ventilación pulmonar

1. MECÁNICA DE LA RESPIRACIÓN

Conlleva la existencia de un ciclo respiratorio que va a estar constituido por dos grandes fases:

a) **FASE INSPIRATORIA (ACTIVA; energía):** fase en la cual se produce la entrada de aire y por tanto provoca un aumento de volumen; expansión de los pulmones. Se va a poder realizar gracias a que s mecanismos:

- ♦ **Diafragma:** cuando se contrae desciende hacia el abdomen. Aumenta el volumen del tórax permitiendo que los pulmones se expandan.
- ♦ **Ms intercostales externos:** cuando se contraen van a producir que las costillas se desplacen hacia delante y hacia fuera, haciendo que aumente el diámetro transversal de la caja torácica, permitiendo a los pulmones expandirse todavía más.

b) **FASE ESPIRATORIA (PASIVA):** se produce la salida de aire de los pulmones hacia el exterior. Disminuye el volumen de los pulmones porque se retraen. Este proceso es pasivo en la mayoría de las especies, no conlleva gasto de energía. Se va a producir por la simple relajación del diafragma y de los músculos intercostales.

- ♦ **Respiración forzada:** va a ser activa. Aquí actuarán otros mecanismos:
- ♦ **Ms intercostales internos:** cuando se contraen desplazan las costillas hacia atrás y hacia dentro. Reducen el volumen de la caja torácica comprimiendo los pulmones.
- ♦ **Ms abdominales:** empujan el diafragma hacia arriba.

P/ej: cuando el caballo realiza ejercicios hay una perfecta coordinación entre los movimientos y el ritmo respiratorio:

- ♦ inspiración: extensión patas delanteras
- ♦ espiración: apoyo patas delanteras

2. PRESIONES DURANTE EL CICLO RESPIRATORIO

Todos estos procesos van a depender fundamentalmente del juego de presiones. Veremos:

1) PRESIÓN ALVEOLAR: (pulmonar o intrapulmonar): es la presión existente dentro de los pulmones. Se mide siempre en comparación con la P atmosférica. Cuando la glotis está abierta y no hay entrada ni salida de aire es porque $PA = 0$.

$PA < Patm$: el aire entra

$PA > Patm$: el aire sale

$PA = Patm$: no entra ni sale

2) PRESIÓN PLEURAL: la pleura se encuentra recubriendo los pulmones. Está compuesta por 2 movimientos (parietal, visceral). Entre las 2 encontramos el líquido pleural. Esta presión es la que existe dentro del espacio pleural. Tiende siempre a ser negativa. Esta presión es suficiente para que los pulmones estén siempre abiertos, por eso el neumotórax (enfermedad) es muy grave, porque al introducirse aire en la pleura se pierde la negatividad y ya no se tira de los pulmones hacia fuera, y acaban colapsándose.

3) PRESIÓN TRANSPULMONAR: es la diferencia entre las presiones alveolar y pleural. Nos indica la fuerza necesaria para mantener abiertos los pulmones en cada momento, en oposición a las fuerzas elásticas que los tienden a cerrar. Permite, de forma indirecta, conocer el valor de las fuerzas.

- ♦ es máxima al final de la inspiración porque los ms están en su máxima extensión, y es cuando más tienden a cerrarse.
- ♦ Es mínima al final de la espiración, porque los pulmones han reducido su expansión y no tienden a cerrarse.

OPOSICIÓN A LAS FUERZAS ELÁSTICAS:

1. El propio tj pulmonar: es elástico porque en él podemos encontrar elastina, colágeno,... cuanto más expandido esté más fuerza elástica.

2. Tensión superficial de los líquidos en los alveolos: en los alveolos hay una mezcla de líquidos y gases. Las moléculas de agua tienden a juntarse constantemente debido a la tensión superficial. Si esto ocurriera, el aire del alveolo sería expulsado y éste se colapsaría. Por tanto, lo que se intenta para que esto no ocurra, es que disminuya la tensión superficial y que el agua se mantenga repartida por todo el alveolo. Esto se consigue gracias a una sustancia llamada **SULFACTANTE**. Es un compuesto sintetizado en células epiteliales alveolares de tipo II. Es el encargado de reducir la tensión superficial y lo hará gracias a su comportamiento:

- ♦ dipamitol lecitina: es un fosfolípido. Imposibilita que las moléculas de agua se unan, porque la cabeza hidrófoba repele el agua.
- ♦ Proteínas + iones Ca^{++} : permiten que el dipamitol se reparta por toda la superficie del alveolo.

* En nacimientos prematuros las células epiteliales alveolares II no están maduras, por lo que no van a producir surfactante y los pulmones se van a colapsar. Por lo tanto es necesario aplicar una respiración forzada.

El cortisol hace que estas maduren antes.

3. VOLÚMENES Y CAPACIDADES PULMONARES

ESPIROMETRÍA

♦ **Volúmenes:**

Técnica que permite medir los diferentes volúmenes de aire en los pulmones. Para ello utilizamos el espirómetro. Por este sistema distinguiremos 4 volúmenes:

1. VOL. DE VENTILACIÓN PULMONAR (VVP): vol de aire espirado o inspirado en la respiración normal (+– 500 ml)

2. VOL. DE RESERVA INSPIRATORIA (VRI): vol que podemos inspirar después de haber realizado una inspiración normal si en ese momento realizamos una inspiración forzada al máximo (+– 3000 ml)

3. VOL. DE RESERVA ESPIRATORIA (VRE): vol de aire que se podrá espirar después de haber realizado una espiración normal si se realiza una espiración forzada (+– 110 ml)

4. VOL RESIDUAL (VR): vol de aire que va a quedar en los pulmones después de haber realizado una espiración forzada (+– 1200 ml)

En animales sólo podremos medir el VVP. A partir de estos volúmenes podremos medir una serie de capacidades pulmonares. Podremos definir 4 capacidades:

♦ **Capacidades:**

1. CAPACIDAD INSPIRATORIA (CI): vol de aire que podremos inspirar después de haber realizado una inspiración normal. (+– 3500 ml)

2. CAPACIDAD FUNCIONAL RESIDUAL (CFR): vol de aire que queda en los pulmones después de haber realizado una espiración normal. (+– 2300 ml)

3. CAPACIDAD VITAL (CV): vol de aire que un individuo puede expulsar después de haber realizado una inspiración forzada al máximo de sus pulmones. (+– 4600 ml)

4. CAPACIDAD PULMONAR TOTAL (CT): vol máximo de aire que pueden albergar los pulmones después de haber realizado una inspiración forzada al máximo (+– 5800 ml)

Estos volúmenes no son iguales para todos, variarán en función del sexo. En machos será un 25% mayor que en hembras. Esto se debe a la estructura de la cavidad torácica.

Los volúmenes de la gente que realiza ejercicio serán también mayores.

	VOLÚMENES PULMONARES		CAPACIDADES PULMONARES	
VVP	Vol de ventilación pulmonar (500 ml)	CI	Cap inspiratoria (3500 ml)	VVP + VRI
VRI	Vol de reserva inspiratoria (300 ml)	CFR	Cap funcional residual (2300 ml)	VR + VRE
VRE	Vol de reserva espiratoria (1100 ml)	CV	Cap vital (4600 ml)	VVP+VRI+VRE
VR	Vol residual (1200ml)	CT	Cap pulmonar total (5800 ml)	VVP+VRI+VRE+VR

FISIOLOGIA

11

↑
GC : ↑
PA

Bilis

Hígado intestino

v. porta

$$VI = VVP + VRI$$

$$CFR = VR + VRE$$

$$CV = VVP + VRI + VRE$$

$$CT = VVP + VRI + VRE + VR$$