CAPÍTULO 18

Regulación y control rápido de la presión arterial

El sistema nervioso controla la circulación casi totalmente a través del sistema nervioso autónomo.

Sistema Nervioso Simpático (SNS)🡪es la parte más importante del sistema nervioso autónomo para la regulación de la circulación.

Sistema Nervioso Parasimpático (SNP)🡪contribuye de manera importante a la regulación de la función cardíaca.

Sistema nervioso simpático

Las fibras nerviosas vasomotoras salen de la médula por los nervios de la columna torácica y de los primeros uno o dos nervios lumbares.

Inmediatamente después de salir de la médula pasan hacia las cadenas simpáticas, cada cadena recorre cada lado de la columna vertebral.

Después de llegar a las cadenas simpáticas siguen dos rutas hacia la circulación:

A través de nervios simpáticos específicos que inervan principalmente la vasculatura de las vísceras internas y del corazón.

Entrando casi inmediatamente en porciones periféricas de los nervios espinales que se distribuyen hacia la vasculatura de las zonas periféricas.

En la mayoría de tejidos están inervados todos los vasos excepto los capilares.

Los esfínteres precapilares y metaarteriolas están inervados en algunos tejidos, como los vasos sanguíneos mesentéricos.

LA INERVACIÓN DE PEQUEÑAS ARTERIAS Y ARTERIOLAS PERMITE QUE LA ESTIMULACIÓN SIMPÁTICA AUMENTE LA RESISTENCIA AL FLUJO SANGUÍNEO Y DISMINUYA LA VELOCIDAD DEL FLUJO SANGUÍNEO A TRAVÉS DE LOS TEJIDOS. (Es decir que el SNS genera vasoconstricción en arterias y arteriolas, lo cual hace que el flujo sanguíneo tenga menor velocidad).

LA INERVACIÓN DE VENAS HACE POSIBLE QUE LA ESTIMULACIÓN SIMPÁTICA DISMINUYA EL VOLUMEN DE ESTOS VASOS, LO QUE EMPUJA LA SANGRE HACIA EL CORAZÓN Y DESEMPEÑA UN PAPEL MUY IMPORTANTE EN LA REGULACIÓN DE LA FUNCIÓN DE BOMBA CARDÍACA.

Sistema nervioso parasimpático

SU EFECTO CIRCULATORIO MÁS IMPORTANTE ES EL CONTROL DE LA FC, mediante las fibras nerviosas parasimpáticas hacia el corazón en los nervios vagos.

La estimulación parasimpática provoca descenso de la FC y pequeño descenso de la contractilidad del músculo cardíaco.

Sistema vasoconstrictor simpático y su control por el sistema nervioso central

Nervios simpáticos transportan gran cantidad de fibras vasoconstrictoras y algunas vasodilatadoras.

Las fibras vasoconstrictoras se distribuyen hacia todos los segmentos de la circulación.

El efecto vasoconstrictor simpático es especialmente potente en los riñones, intestinos, bazo y piel. Es mucho menor en músculo esquelético y cerebro.

Centro vasomotor del cerebro y control del sistema vasoconstrictor

Centro vasomotor🡪situado bilateralmente en la sustancia reticular del bulbo raquídeo y en el tercio inferior de la protuberancia.

Transmite los impulsos parasimpáticos a través de los nervios vagos hacia el corazón y los impulsos simpáticos por medio de nervios simpáticos periféricos prácticamente hacia todas las arterias, arteriolas y venas.

El centro vasomotor tiene tres zonas:

* ZONA VASOCONSTRICTORA
  + Situada bilateralmente en porciones anterolaterales de PARTE SUPERIOR DEL BULBO.
  + Sus neuronas distribuyen fibras a todos los niveles de la médula espinal, donde excitan neuronas vasoconstrictoras preganglionares del sistema nervioso simpático.
* ZONA VASODILATADORA
  + Situada bilateralmente en porciones anterolaterales de PARTE INFERIOR DEL BULBO.
  + Sus fibras se proyectan hacia la zona vasoconstrictora e inhiben la actividad vasoconstrictora, provocando así vasodilatación.
* ZONA SENSITIVA
  + Situada bilateralmente en los tractos solitarios de porciones posterolaterales del bulbo y parte inferior de la protuberancia.
  + Sus neuronas reciben señales nerviosas sensitivas desde el sistema circulatorio, a través de nervios vagos y glosofaríngeos.
  + Esta zona emite señales eferentes que facilitan las actividades de control de las zonas tanto vasoconstrictoras como vasodilatadoras, para conseguir el control reflejo de muchas funciones circulatorias.

Tono vasoconstrictor simpático🡪es la descarga continuada de la zona vasoconstrictora del centro vasomotor hacia las fibras nerviosas vasoconstrictoras simpáticas en todo el cuerpo.

Tono vasomotor🡪es el estado parcial de contracción en los vasos sanguíneos provocado por el tono vasoconstrictor simpático.

NORADRENALINA ES LA PRINCIPAL HORMONA VASOCONSTRICTORA SEGREGADA POR LAS TERMINACIONES DE LAS FIBRAS NERVIOSAS SIMPÁTICAS DE TODO EL ORGANISMO. Actúa directamente en receptores α-adrenérgicos.

Control del centro vasomotor por centros nerviosos superiores

El centro vasomotor también regula la actividad cardíaca aumentándola o disminuyéndola.

PORCIONES LATERALES del centro vasomotor🡪transmiten IMPULSOS EXCITATORIOS a través de fibras simpáticas hacia el corazón cuando es necesario AUMENTAR LA FC Y LA CONTRACTILIDAD CARDÍACA.

PORCION MEDIAL del centro vasomotor🡪envía señales hacia núcleos dorsales motores adyacentes de los nervios vagos, que después transmiten los impulsos parasimpáticos a través de los nervios vagos hacia el corazón para DISMINUIR LA FC Y LA CONTRACTILIDAD CARDÍACA.

Gran número de neuronas pequeñas que están por toda la sustancia reticular de la protuberancia, el mesencéfalo y el diencéfalo excitan o inhiben el centro vasomotor.

Las neuronas de las PORCIONES LATERALES Y SUPERIORES DE SUSTANCIA RETICULAR PROVOCAN EXCITACIÓN, mientras que PORCIONES MEDIALES E INFERIORES PROVOCAN INHIBICIÓN.

El hipotálamo tiene papel especial en el control del sistema vasoconstrictor porque ejerce efectos potentes tanto excitadores como inhibidores sobre el centro vasomotor.

PORCIONES POSTEROLATERALES DEL HIPOTÁLAMO🡪EXCITACIÓN

PORCIÓN ANTERIOR DEL HIPOTÁLAMO🡪EXCITACIÓN O INHIBICIÓN LEVE

La estimulación de la CORTEZA MOTORA EXCITA EL CENTRO VASOMOTOR a través de impulsos transmitidos distalmente hacia el hipotálamo.

La estimulación de parte anterior del lóbulo temporal, zonas orbitarias de la corteza frontal, parte anterior de la circunvolución del cíngulo, amígdala, tabique e hipocampo excita o inhibe el centro vasomotor.

Los impulsos que llegan simultáneamente a la médula suprarrenal y a los vasos sanguíneos permiten que la médula suprarrenal segregue tanto adrenalina como noradrenalina hacia la sangre circulante y luego actúen directamente en todos los vasos sanguíneos provocando vasoconstricción.

Los nervios simpáticos que inervan los músculos esquléticos transportan fibras vasodilatadoras simpáticas y también fibras vasoconstrictoras. Este sistema vasodilatador está controlado por este sistema de la parte anterior del hipotálamo.

El sistema vasodilatador simpático en los músculos del ser humano es el que permite el aumento de flujo sanguíneo anticipado que se requiere cuando el músculo está en ejercicio.

Síncope vasovagal🡪se activa el sistema vasodilatador muscular y al mismo tiempo el centro vagal cardioinhibidor transmite señales potentes hacia el corazón para disminuir la FC, entonces la P/A cae con rapidez reduciendo así el flujo sanguíneo al cerebro y provocando la pérdida de conciencia. Esta reacción se produce en personas a las que las emociones intensas ocasionan alteraciones que provocan desvanecimientos.

Vía de transmisión nerviosa del síncope vagovagal

Empieza en:

* Corteza cerebral🡪con pensamientos perturbadores.

Se dirige hacia:

* Centro vasodilatador de la zona anterior del hipotálamo (cerca de centros vagales del bulbo)

Pasa a:

* Nervios vagos
* Nervios vasodilatadores simpáticos (ubicados en la médula espinal)

Termina en:

* Corazón

FUNCIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO EN EL CONTROL RÁPIDO DE LA PRESIÓN ARTERIAL

Se producen tres cambios simultáneos para aumentar la presión arterial

* LA MAYORÍA DE ARTERIOLAS DE LA CIRCULACIÓN SISTÉMICA SE CONTRAEN🡪esto eleva la resistencia periférica total y la presión arterial como consecuencia.
* LAS VENAS SE CONTRAEN CON FUERZA🡪esto desplaza la sangre desde los grandes vasos sanguíneos periféricos hacia el corazón, aumentando el volumen de sangre en las cámaras cardíacas. Al aumentar el volumen en el corazón el estiramiento provoca un latido más potente y por tanto el bombeo de mayores cantidades de sangre y aumento de la P/A.
* EL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO ESTIMULA DIRECTAMENTE EL CORAZÓN🡪esto aumenta la potencia de bomba cardíaca. La estimulación simpática aumenta la fuerza contráctil del músculo cardíaco, lo cual aumenta la capacidad de bombear sangre.

EL CONTROL NERVIOSO DE LA PRESIÓN ARTERIAL ES EL MÁS RÁPIDO DE TODOS NUESTROS MECANISMOS DE CONTROL DE LA PRESIÓN.

Aumento de la presión arterial durante el ejercicio muscular y otros tipos de estrés

Durante el ejercicio intenso los músculos necesitan una cantidad de flujo sanguíneo mayor. Este incremento del flujo sanguíneo es a causa del aumento del metabolismo en los músculos, lo que hace que aumente la vasodilatación local de la musculatura.

El aumento de la P/A durante el ejercicio es consecuencia de la activación simultánea de zonas motoras para iniciar el ejercicio y de la mayor parte del sistema reticular del tronco encefálico que provoca una estimulación mayor de las zonas vasoconstrictoras y cardioaceleradoras del centro vasomotor.

Otro tipo de estrés que aumenta la presión arterial es la reacción de alarma, ya que proporciona un exceso de presión arterial que puede aportar sangre inmediatamente a cualquiera o todos los músculos del organismo que requieran una respuesta instantánea para huir del peligro.

Mecanismos reflejos para mantener la presión arterial normal

Hay varios mecanismos de control especiales e inconscientes que actúan todo el tiempo para mantener la presión arterial en valores prácticamente normales, casi todos ellos se basan en mecanismos reflejos de retroalimentación negativa.

REFLEJO BARORRECEPTOR🡪se inicia en barorreceptores o presorreceptores, situados en puntos específicos de las paredes de varias arterias sistémicas de gran tamaño. EL AUMENTO DE LA PRESIÓN ARTERIAL ESTIRA LOS BARORRECEPTORES Y HACE QUE TRANSMITAN SEÑALES HACIA EL SNC, LUEGO SEÑALES DE RETROALIMENTACIÓN VIAJAN POR EL SNA HACIA LA CIRCULACIÓN PARA REDUCIR LA PRESIÓN ARTERIAL.

Los BARORRECEPTORES son terminaciones nerviosas que se localizan en las paredes de las arterias y se estimulan cuando dichas paredes se estiran. Éstos son MÁS ABUNDANTES EN LA PAREDED DE AMBAS ARTERIAS CARÓTIDAS INTERNAS Y EN LA PARED DEL CAYADO AÓRTICO.

BARORRECEPTORES CAROTÍDEOS🡪transmiten señales a través de NERVIOS DE HERING, hacia NERVIOS GLOSOFARÍNGEOS y después a TRACTO SOLITARIO. No se estimulan con presiones entre 0 y 50-60 mmHg, pero con valores mayores responden progresivamente y alcanzan los valores en torno a los 180 mmHg.

BARORRECEPTORES AÓRTICOS🡪transmiten señales a través de NERVIOS VAGOS hacia TRACTO SOLITARIO. Actúan con presiones arteriales unos 30 mmHg mayores que los barorreceptores carotídeos.

Los barorreceptores responden mucho más a una presión que cambia con gran rapidez que a una presión estacionaria.

Las señales de los barorreceptores que llegan al tracto solitario del bulbo hacen que se inhiba el centro vasoconstrictor del bulbo y se excite el centro parasimpático vagal. Los efectos que se producen son la vasodilatación de venas y arteriolas en todo el sistema circulatorio periférico y el descenso de la frecuencia y fuerza de contracción cardíaca.

La excitación de los barorreceptores por una presión elevada en las arterias provoca el descenso reflejo de la presión arterial. Por su parte la presión baja provoca el aumento reflejo de la presión hasta la normalidad.

Los barorreceptores cumplen una importante función en la regulación de la presión cuando una persona cambia de posición, específicamente cuando la persona se encuentra tumbada y se levanta. Esto se debe a que los barorreceptores mantienen constante la presión arterial en la parte superior del cuerpo, por eso cuando una persona se levanta su presión en la cabeza y parte superior del cuerpo cae y ese descenso es detectado por los barorreceptores que por medio de un reflejo inmediato dan lugar a una descarga del SNS para minimizar dicho descenso en la presión arterial.

El sistema de barorreceptores es un SISTEMA AMORTIGUADOR ya que se opone tanto al aumento como al descenso de la presión arterial. Uno de los objetivos de este sistema es reducir minuto a minuto la variación de la presión arterial hasta 1/3 de la que aparecería si no estuvieran presentes los barorreceptores y sus nervios amortiguadores.

El sistema de barorreceptores tiene escasa importancia en la regulación a largo plazo de la presión arterial debido a que tiende a reajustarse en 1 o 2 días a la presión a la cual está expuesto. Sin embargo como los barorreceptores no se reajustan completamente influyen en la regulación a largo plazo de la presión arterial por medio del descenso de la actividad simpática de los riñones.

El descenso de la actividad simpática de los riñones provocada por señales de los barorreceptores causa el aumento en la excreción de Na y agua, esto a su vez genera disminución gradual del volumen sanguíneo y por tanto al haber menos volumen el corazón tiende a reducir la fuerza y la cantidad de bombeo.

Control de la presión arterial por los quimiorreceptores carotídeos y aórticos: efecto de la falta de oxígeno sobre la presión arterial

Los quimiorreceptores están formados por células quimiosensibles a la ausencia de O2, exceso de CO2 y de iones Hidrógeno.

Existen dos cuerpos carotíadeos en la bifurcación de cada arteria carótida común y entre uno y tres cuerpos aórticos adyacentes a la aorta.

Los quimiorreceptores excitan fibras nerviosas que llegan por los nervios de Hering y vagos hacia el centro vasomotor del tronco encefálico, junto con las señales de los barorreceptores.

Los quimiorreceptorres funcionan con presiones arteriales bajas, ya que éstos se encuentran en estrecho contacto con la sangre y al disminuir la presión arterial existe una disminución de flujo sanguíneo que permite el descenso de O2 y la acumulación excesiva de CO2 e iones hidrógeno provocando que los quimiorreceptores exciten el centro vasomotor para elevar la presión arterial hasta la normalidad.

Reflejos auriculares y en la arteria pulmonar que regulan la presión arterial

Receptores de baja presión🡪se encuentran en las paredes de la aurícula y las arterias pulmonares. Son receptores de estiramiento y tienen papel importante para minimizar los cambios de presión arterial en respuesta a los cambios de volumen de sangre.

Los receptores de baja presión detectan los incrementos simultáneos de la presión en las zonas de baja presión de la circulación provocados por el aumento de volumen para conseguir que el sistema reflejo controle con mayor potencia la presión arterial.

El estiramiento de las aurículas puede provocar reflejos para controlar el volumen sanguíneo. Uno de los reflejos es la dilatación refleja de las arteriolas aferentes en los riñones, esto provoca aumento en la filtración glomerular en los riñones.

Otro de los reflejos que provoca el estiramiento de las aurículas es la transmisión de señales hacia el hipotálamo para disminuir la secreción de hormona antidiurética, lo que permite que se disminuya la reabsorción de agua desde los túbulos renales.

Por tanto el estiramiento de las aurículas hace que el aumento de la filtración glomerular y la disminución de la reabsorción de agua en el riñon conlleven al aumento en la pérdida de líquidos y a la reducción del volumen sanguíneo hasta la normalidad.

Reflejo de Bainbridge

AYUDA A PREVENIR EL ESTANCAMIENTO DE LA SANGRE EN LAS VENAS, AURÍCULAS Y CIRCULACIÓN PULMONAR.

Es provocado por los receptores de estiramiento en las aurículas.

Sus señales aferentes se dirigen por nervios vagos hacia el bulbo raquídeo.

Sus señales eferentes se dirigen también por nervios vagos hacia nervios vagales y simpáticos.

PERMITE AUMENTAR FERCUENCIA CARDÍACA Y REFORZAR LA CONTRACCIÓN CARDÍACA.

Respuesta isquémica del SNC: control de la presión arterial por el centro vasomotor del cerebro en respuesta a un descenso del flujo sanguíneo cerebral

La respuesta isqumica del sistema nervioso central se produce cuando el flujo sanguíneo que se dirige al centro vasomotor disminuye lo suficiente para provocar defecto nutricional (isquemia cerebral).

En el centro vasomotor existen neuronas vasoconstrictora y cardioaceleradoras, éstas se excitan con fuerza cuando existe isquemia en el centro vasomotor. Al excitarse dichas nuronas la presión arterial sistémica aumenta hasta niveles máximos que pueda bombear el corazón.

El efecto isquémico puede elevar drásticamente la presión arterial media incluso a los 250 mmHg (el valor normal de la presión arterial media sistémica es 100 mmHg). Por ello se dice que LA RESPUESTA ISQUÉMICA DEL SNC ES UNO DE LOS ACTIVADORES MÁS POTENTES DE TODOS LOS ACTIVADORES DEL SISTEMA VASOCONSTRICTOR SIMPÁTICO.

La respuesta del centro vasomotor a la isquemia se debe a que la disminución del flujo sanguíneo genera aumento de la concentración local de CO2, ácido láctico y otras sustancias ácidas en el centro vasomotor que tienen un efecto potente para estimular zonas de control vasomotor nervioso simpático en el bulbo raquídeo.

La respuesta isquémica del SNC alcanza su mayor grado de estimulación con una presión de 15 a 20 mmHg. Por eso actúa como un sistema de control de urgencia de la presión que actúa de forma rápida y potente para prevenir el descenso de la presión arterial siempre que el flujo sanguíneo hacia el cerebro disminuye peligrosamente cerca del nivel letal.

Reacción de Cushing

PROTEGE A LOS CENTROS VITALES DEL CERERO DE LA PÉRDIDA DE NUTRIENTES EN CASO DE QUE LA PRESIÓN DEL LCR SEA SUFICIENTEMENTE ALTA PARA COMPRIMIR LAS ARTERIAS CEREBRALES.

Es un tipo especial de respuesta isquémica del SNC que se produce como consecuencia del aumento de presión del LCR que rodea al cerebro en la bóveda craneal.

Esta reacción es debido a que cuando aumenta la presión en el LCR hasta igualar la presión arterial, comprime todo el cerebro y las arterias cerebrales e interrumpe el aporte sanguíneo cerebral, con lo que se inicia una respuesta isquémica del SNC para elevar la presión arterial.

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL CONTROL NERVIOSO DE LA PRESIÓN ARTERIAL

Reflejo de compresión abdominal🡪se produce cuando un reflejo de barorreceptores y quimiorreceptores envían señales simultáneamente a través de los nervios esqueléticos hacia los músculos esqueléticos, especialmente los músculos abdominales que comprimen todos los reservorios venosos del abdomen, ayudando a trasladar la sangre desde los reservorios vasculares abdominales hacia el corazón. En consecuencia el corazón dispone de mayor cantidad de sangre para bombear

El reflejo de compresión abdominal permite el aumento del gasto cardíaco y de la presión arterial.

El ejercicio hace que aumente el gasto cardíaco y al aumentar este último aumenta la presión arterial. Esto se da debido a que los músculos esqueléticos se contraen durante el ejercicio y comprimen los vasos sanguíneos, lo cual permite el traslado de la sangre desde los vasos periféricos hacia el corazón y los pulmones aumentando así el gasto cardíaco.

ONDAS RESPIRATORIAS EN LA PRESIÓN ARTERIAL

Con cada ciclo de respiración la presión arterial aumenta y cae 4-6 mmHg, provocando ondas respiratorias.

Durante la respiración normal se produce AUMENTO DE LA PRESIÓN ARTERIAL DURANTE LA ESPIRACIÓN Y DESCENSO DE LA PRESIÓN DURANTE EL RESTO DEL CICLO RESPIRATORIO.

Durante la respiración profunda de la presión sanguínea aumenta y disminuye hasta 20 mmHg con cada ciclo respiratorio.

Las ondas respiratorias son consecuencia de varios efectors de origen reflejo como:

* Señales respiratorias que surgen en el centro de la respiración en el bulbo y se desbordan hacia el centro vasomotor con cada ciclo respiratorio.
* Al inspirar la presión de la cavidad torácica se vuelve más negativa provocando la expansión de los vasos sanguíneos torácicos y reduciendo la cantidad de sangre que vuelve hacia el corazón izquierdo y disminuyendo momentáneamente el gasto cardíaco y la presión arterial.
* Cambios de presión provocados en los vasos torácicos por la respiración excitan los receptores de estiramiento vasculares y auriculares.

Ondas vasomotoras o de Mayer

CAUSADAS POR LA OSCILACIÓN REFLEJA DE UNO O MÁS MECANISMOS DE CONTROL NERVIOSO DE LA PRESIÓN.

Duran 7-10 seg en un ser humano no anestesiado. Sus valores oscilan entre 10-40 mmHg.

Se pueden producir por la oscilación de los reflejos barorreceptores y quimiorreceptores o por la oscilación de la respuesta isquémica.

La oscilación del reflejo barorreceptor provoca que una presión alta excite los barorreceptores, lo que inhibe a continuación el SNS y reduce la presión unos segundos más tarde. El descenso de la presión reduce a su vez la estimulación de los barorreceptore y permite que el centro vasomotor se active una vez más, elevando la presión.

La oscilación del reflejo quimiorreceptor se da simultáneamente con el reflejo barorreceptor, pero es probable que cause ondas vasomotoras cuando la presión está en un intervalo de 40-80 mmHg.

La oscilación de la respuesta isquémica del SNC consiste en que al aumentar la presión arterial se alivia la isquemia y el SNS se inactiva. En consecuencia la presión arterial cae rápidamente y provoca nuevamente isquemia, manteniendo así la oscilación.

CUALQUIER MECANISMO DE CONTROL REFLEJO DE LA PRESIÓN OSCILA SI LA INTENSIDAD DE LA RETROALIMENTACIÓN ES SUFICIENTE Y SI HAY UN RETARDO ENTRE LA EXCITACIÓN DEL RECEPTOR DE PRESIÓN Y LA RESPUESTA CONSECUENTE DE LA PRESIÓN.