Гемодинамика. Показатели гемодинамики (15.04.20)

Сосудистая система представляет набор, соединенных между собой, замкнутых сосудистых трубок различного диаметра, обеспечивающих кругооборот крови в последовательно подключенных и движение крови в параллельно подключенных сосудах. Непрерывное движение крови по сосудам обеспечивает основные функции системы кровообращения: транспорт [газов](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkSgjIiOwCLY9g-J5m5y9p6JXBwY4LyK6*W6vgCLAlFncbQRKn0nl*KxyPSQI*yiOFMEtL1mF5oe*93wd2l8ZlMxU6oSqRvtdP292tWVYqlDhvOXkvkxa9JyzLOCGRHVPv438olBRqIm4YxrKNquk96tQzdXai4fz6C196usU83yk4JTxsSI3nXOi-ZYJ5JOeFuKpLhD3C-Aq0pZ3O9aCg8m-HkQvWEStkJ0hKUTMXz8jm-dOeFa4EQlGtR2ijlkqboXhykuv*7REgzafqjsaOBtQbToRSiRvTYufBsIYzhKN7L3nx3nDbn4jHqfzTDIWxiuAiEjVn*OaLhiUK0S1tNr3BDKow-wu4Ygd*vfZ0QEzkeAiZGNJqikrJCAsprK2c8-8z0sBF8B0eZeq4liVmgGMjFb0Xq9aTBZ6h6ZOUYBvLOQDDes9trRhcGo0H1G3RYUQZqDzzLi1N9w4yR1EHW4&eurl%5B%5D=8erDkTY3Njcz5W7PoBu4oWmCw8xFdCgg3*LQCv0bIriyVDJo) и веществ к тканям, удаление метаболитов и поврежденных клеток, а также обмен тепла в организме.

В сосудистой системе выделяют три главных взаимосвязанных звена: артериальное (сосуды, идущие от сердца), венозное (сосуды, возвращающие кровь в сердце) и, связующее их, капиллярное.

По калибру сосудистую систему разделяют на зоны: макроциркуляции (включает крупные сосуды: аорту, артерии, вены) и микроциркуляции (включает мелкие сосуды: артериолы, капилляры и венулы).

По уровню давления сосудистая система разделяется на два отдела: сосуды высокого давления (артерии различных калибров, артериолы) и сосуды низкого давления (все венозные сосуды, начиная от посткапиллярных венул; малый круг кровообращения; капилляры).

Стенки кровеносных сосудов состоят из трех основных слоев: внутреннего (эндотелиального); среднего, представленного гладкомышечными клетками, коллагеновыми и эластическими волокнами; наружного, образованного рыхлой соединительной тканью, содержащей сосуды и нервы.

Сосуды, помимо диаметра, отличаются между собой строением среднего слоя:

1. В аорте и крупных артериях преобладают эластические и коллагеновые волокна (сосуды эластического типа), что обеспечивает их упругость и растяжимость.

2. В артериях среднего и мелкого калибра, а также в артериолах, прекапиллярах и венулах преобладают гладкомышечные элементы, обладающие высокой сократимостью (сосуды мышечного типа).

3. В средних и крупных венах содержатся мышцы с низкой сократительной активностью. Мелкие, средние и некоторые крупные вены имеют клапаны (больше всего их в венах нижних конечностей).

Не имеют клапанов вены головы, шеи, почек, легких, воротная вена. Между протоками крупных вен имеются венозные анастомозы, по которым кровь может оттекать в обход основного пути

4. Капилляры лишены гладкомышечных клеток, а их стенка имеет один слой эндотелия, расположенный на базальной мембране.

Функциональная классификация сосудов выделяет ряд последовательно включенных звеньев:

1. Буферные сосуды или сосуды «котла» (амортизирующие сосуды) включают сосуды эластического типа, к которым относятся аорта и крупные артерии (сонная, подвздошные).

Они запасают энергию, переданную сердцем во время систолы, в форме упругой энергии растянутой стенки и обеспечивают непрерывное движение крови во время диастолы желудочков.

2. Резистивные сосуды или сосуды сопротивления представлены сосудами мышечного типа, к которым относятся концевые артерии (средние и мелкие), а также артериолы.

Они оказывают сопротивление кровотоку, обеспечивая непрерывность движения крови по сосудам.

Просвет артериол может меняться за счет симпатических или парасимпатических влияний (увеличение просвета улучшает местное кровообращение).

Прекапиллярным сосудам сопротивления свойственна высокая степень внутреннего (миогенного) базального тонуса, который постоянно изменяется под влиянием местных физических и химических факторов.

За счет этого резистивные сосуды регулируют системное артериальное давление и местное (органное) кровообращение.

3. Обменные сосуды (капилляры) обеспечивают обмен веществ между кровью и тканями за счет механизмов [фильтрации](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkfjp6OnnYPTsUiOoSk1sdnOG1tfp-vNrKExLn-JFCnD2IiMXBIoQVa1Ord6EyeEI3ePUmyBiIryiDJ7oPjct6Sk7mh9uGkbdoXBQiiHwZqrT9cLfJg3HmkTe2uePbBQNZAhAe5CMRwfNezfQckMPemDwYNEFJp95n-1w1s9rBhAoiwWD8Z1KUGEUierMX3SH*Mj81b4LMpCuXIcR5xOiO9fORhiz4**Z-EQJSgBcGEVIyj-uCahpuiOfrlirkJwjFv1uck5K4-RWfNJ18tlRgdKqHVjtZdcImzyh4JntFSjkTJ5SNvy6RoU04s-ZErFVV0L7QLpvVbUJMB4moZdicGgEvJGPMxIsu*LogpL-DTxO1HVWANZT6BK5DwsFi53aOVFVhgrAP-nQBBW6nO2e*E4WpPQWxoiR0pDN1MTzb6G8YojtEnfpPFqFjWoeufl0lEsne0Jh0NWZ*AziUATkBCzKbb-g3RA0yuOY5RGaIR-i68ms5KsQqzbR-ysQff35iXyawscL-3OmDquLdYJiRE6EaWWbxNE0P47CbYu00CBdZpMdCTjaXk0oa7JTKiTm93qMgzqjpjZiD17Iy1sFkTLrJ97chwq8jQJL*s6ZdxjXTx3GcsYCwCdMRKsWPBZLMxXgJm93onh0dpKkX22lB2DBlsTPtDfhskRKSIISPPaqOJaughX888fz296ADbt*cEoP3f7bnihq&eurl%5B%5D=8erDkTc2NzYcX7oDbNd0baVODwBUofWUGi32NVGFXigVUotk) (20 л/сут) и реабсорбции (обратное всасывание - 18 л/сут).

Эти функции обеспечивают:

· однослойное строение стенки капилляров;

· малый диаметр капилляров, который ~ диаметру эритроцитов (что улучшает газообмен);

· большая сеть капилляров (общая длина капиллярного [русла](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkTE6OzoQkyU7hfR-nZq7oaRRAQA*KSS8-9O0PwuoD6dljfoJz4ES*sFb2sqn0NwypSvZND-lhSZZKYDoW2AeS8hs3KXgEcd00GBx*DZHhLRgLPexlVm8jE4A*dS7nchD6Y*PSF0h1j-rgY0F3-CfSkqxpKhFF9Ni8heGGvvJnkwuincNFMhQAwdFS1gNgTnMWrMWS58LYphDtFmNd3agkFwYRlk*ljgydsXeRyJH9TTUl3EQgl7HgrcKHz4X2DpYoH5nUGhcIVycNZVxXToUFd6b1kaY-I6DoxGB1EgkgCXxYm3u8u10aCzYPwuuNCUB6RJSXRMHTCCGU7ukOBADFLBRC5*4DiOwToH*OwgaClKOXDa-oyEUMeVYo9i975mCLS-cIDmy8Wm8TrjSNTO2MUXINehrfdd-jCfKROZbivXpqvR1LKAkhgUVfD0HrpmV*TKNVuaYpYXCyOPHBzltKKc&eurl%5B%5D=8erDkTU0NTTcXkTfsAuosXmS09wNr-9kHsnev2fvqOGy7NUL) 100 тыс. км);

· маленькая линейная скорость движения крови (эритроцит находится в капилляре около 1 с)

4. Ёмкостные сосуды объединяют все венозное ложе и играют незначительную роль в создании общего сопротивления сосудов.

Но, обладая большой растяжимостью и эластичностью стенок, эти сосуды могут значительно изменять свою конфигурацию и диаметр и вмещать до [70](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkczHxscfzs9I9ocM7unI0tcicnNNWlfPjOVEUlAVykg6fjVZEOy943wVqe6b*rrZRgogJba7VRn3VmrOv5rQG0PGLsHAzxvnI6npNyDoUIJbHmtzErh9qgXfWBZn5ydoch95VHJzu4R20bwjv0l-gxn4o2b0sPmz0c72S8g5FE7xSvyFKibVt1mnTu-BtWbBpJhPey9IWF8QGnElXe5hGANyWKvFWqtIBEWG1YkR737Pg6hXkfWDRG2I0OOY2Faems5J2eScSZgmiW69gn8n6EX0C0XRk9oTalhhfECxoPMwk8M1KOtMGCTMU16KDqY-J-*euV4220rvTC9ga32NGfyJVxisahVRpj1WCE6KRbr1aOfbgEhdT7KtFxVVCL39eh23XDWhlqD4iUlmzXi6Sq4Owy69asNwcS-AIL7dcXpgC74Lvr6pcK6NvQc-p8M4bnndmtoygDkR&eurl%5B%5D=8erDkTY3NjfhNNlAL5Q3LuYNTEP9z2Qj5mkOwowH0PKg47-h)-80% крови (за исключением венозной системы мозга, которые не выполняют емкостную функцию).

В органах-депо (в печени, селезенке, легких, подкожной клетчатке) кровь находится, в основном, в венах, образующих синусы и лакуны.

Необходимость и целесообразность доставки крови к органам и тканям быстро и по кратчайшим путям отразилась на строении транспортирующей (артериальной) системы, которая организована проще, чем венозная.

При этом число венозных сосудов на единицу площади большинства органов значительно превышает количество артериальных ветвей.

Гемодинамика – это закономерности движения крови по сосудистой системе.

Движение крови в последовательно соединенных сосудах, обеспечивающее ее кругооборот называют системной гемодинамикой.

Движение крови в параллельно подключенных к аорте и полым венам сосудистых руслах, благодаря которому органы получают необходимый объем крови, называют регионарной (органной) гемодинамикой.

В соответствии с законами гидродинамики движение крови определяется двумя силами:

1. Разностью давлений в начале и конце сосуда, что способствует продвижению жидкости (крови) по сосуду.

2. Гидравлическим сопротивлением, которое препятствует току жидкости.

Отношение разности давления к сопротивлению определяет объемную скорость тока жидкости и выражается уравнением: Q = (P1-P2)/R.

Отсюда следует, что количество крови, протекающей в единицу времени через кровеносную систему, тем больше, чем больше разность давлений в ее артериальном и венозном концах и чем меньше сопротивление току крови.

Давление в сосудистой системе создается работой сердца, которое выбрасывает определенный объем крови в единицу времени.

Поэтому в артериях давление максимальное.

Так как давление в месте впадения полых вен в сердце близко к 0, то уравнение гидродинамики относительно системного кровотока можно записать в виде: Q = P/R, или Р = Q.R, т.е. давление в устье аорты прямо пропорционально минутному объему крови и величине периферического сопротивления.

Периферическое сопротивление сосудистой системы складывается из множества отдельных сопротивлений каждого сосуда. Любой из таких сосудов можно сравнить с трубкой, сопротивление которой определяется по формуле: R = 8ln/pr4, т.е. сопротивление сосуда прямо пропорционально его длине и вязкости, протекающей в нем жидкости (крови) и обратно пропорционально радиусу трубки (p - отношение окружности к диаметру).

Отсюда следует, что наибольшей величиной сопротивления должен обладать капилляр, диаметр которого самый маленький. Однако огромное количество капилляров включено в ток крови параллельно, поэтому их суммарное сопротивление меньше, чем суммарное сопротивление артериол. Пульсирующий ток крови, создаваемый работой сердца, выравнивается в кровеносных сосудах, благодаря их эластичности. Поэтому ток крови носит непрерывный характер. Для выравнивания пульсирующего тока крови большое значение имеют упругие свойства аорты и крупных артерий.

Во время систолы часть кинетической энергии, сообщенной сердцем крови, переходит в кинетическую энергию движущейся крови. Другая ее часть переходит в потенциальную энергию растянутой стенки аорты. Потенциальная энергия, накопленная стенкой сосуда во время систолы, переходит при его спадении в кинетическую энергию движущейся крови во время диастолы, создавая непрерывный кровоток.

Основными гемодинамическими показателями движения крови по сосудам являются объемная скорость, линейная скорость и скорость кругооборота.

**Объемная скорость** определяется количеством крови, проходящей через поперечное сечение сосуда за единицу времени.

Так как отток крови от сердца соответствует ее притоку к сердцу, то объем крови, протекающий за единицу времени через суммарное поперечное сечение сосудов любого участка кровеносной систем, одинаков. Объемную скорость кровотока отражает минутный объем кровообращения. Это то количество крови, которое выбрасывается сердцем за 1 минуту. Минутный объем кровообращения в покое составляет 4,5-5 л и является интегративным показателем. Он зависит от систолического объема (то количество крови, которое выбрасывается сердцем за одну систолу, от 40 до [70](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkczHxscfzs9I9ocM7unI0tcicnNNWlfPjOVEUlAVykg6fjVZEOy943wVqe6b*rrZRgogJba7VRn3VmrOv5rQG0PGLsHAzxvnI6npNyDoUIJbHmtzErh9qgXfWBZn5ydoch95VHJzu4R20bwjv0l-gxn4o2b0sPmz0c72S8g5FE7xSvyFKibVt1mnTu-BtWbBpJhPey9IWF8QGnElXe5hGANyWKvFWqtIBEWG1YkR737Pg6hXkfWDRG2I0OOY2Faems5J2eScSZgmiW69gn8n6EX0C0XRk9oTalhhfECxoPMwk8M1KOtMGCTMU16KDqY-J-*euV4220rvTC9ga32NGfyJVxisahVRpj1WCE6KRbr1aOfbgEhdT7KtFxVVCL39eh23XDWhlqD4iUlmzXi6Sq4Owy69asNwcS-AIL7dcXpgC74Lvr6pcK6NvQc-p8M4bnndmtoygDkR&eurl%5B%5D=8erDkTY3NjfhNNlAL5Q3LuYNTEP9z2Qj5mkOwowH0PKg47-h" \t "_blank) мл) и от частоты сердечных сокращений ([70](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkczHxscfzs9I9ocM7unI0tcicnNNWlfPjOVEUlAVykg6fjVZEOy943wVqe6b*rrZRgogJba7VRn3VmrOv5rQG0PGLsHAzxvnI6npNyDoUIJbHmtzErh9qgXfWBZn5ydoch95VHJzu4R20bwjv0l-gxn4o2b0sPmz0c72S8g5FE7xSvyFKibVt1mnTu-BtWbBpJhPey9IWF8QGnElXe5hGANyWKvFWqtIBEWG1YkR737Pg6hXkfWDRG2I0OOY2Faems5J2eScSZgmiW69gn8n6EX0C0XRk9oTalhhfECxoPMwk8M1KOtMGCTMU16KDqY-J-*euV4220rvTC9ga32NGfyJVxisahVRpj1WCE6KRbr1aOfbgEhdT7KtFxVVCL39eh23XDWhlqD4iUlmzXi6Sq4Owy69asNwcS-AIL7dcXpgC74Lvr6pcK6NvQc-p8M4bnndmtoygDkR&eurl%5B%5D=8erDkTY3NjfhNNlAL5Q3LuYNTEP9z2Qj5mkOwowH0PKg47-h" \t "_blank)-80 в минуту).

Линейная скорость кровотока – это расстояние, которое проходит частица крови за единицу времени, т.е. это скорость перемещения частиц вдоль сосуда при ламинарном потоке. Кровоток в сосудистой системе в основном носит ламинарный (слоистый) характер. При этом кровь движется отдельными слоями. Параллельно оси сосуда. Линейная скорость различна для частиц крови, продвигающихся в центре потока и у сосудистой стенки. В центре она максимальная, а около стенки – минимальная. Это связано с тем, что на периферии особенно велико трение частиц крови о стенку сосуда. При переходе одного калибра сосуда к другому диаметр сосуда меняется, что приводит к изменению скорости течения крови и возникновению турбулентных (вихревых) движений. Переход от ламинарного типа движения к турбулентному ведет к значительному росту сопротивления.

Линейная скорость также различна для отдельных участков сосудистой системы и зависит от суммарного поперечного сечения сосудов данного калибра. Она прямо пропорциональна объемной скорости кровотока и обратно пропорциональна площади сечения кровеносных сосудов: V = Q/pr2. Поэтому линейная скорость меняется по ходу сосудистой системы.

Так, в аорте она равна 50-40 см/c; в артериях – 40-20; артериолах – 10-0,1; капиллярах – 0,05; венулах – 0,3; венах – 0,3-5,0; в полых венах – 10-20 см/с.

В венах линейная скорость кровотока возрастает, так как при слиянии вен друг с другом суммарный просвет кровеносного [русла](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkTE6OzoQkyU7hfR-nZq7oaRRAQA*KSS8-9O0PwuoD6dljfoJz4ES*sFb2sqn0NwypSvZND-lhSZZKYDoW2AeS8hs3KXgEcd00GBx*DZHhLRgLPexlVm8jE4A*dS7nchD6Y*PSF0h1j-rgY0F3-CfSkqxpKhFF9Ni8heGGvvJnkwuincNFMhQAwdFS1gNgTnMWrMWS58LYphDtFmNd3agkFwYRlk*ljgydsXeRyJH9TTUl3EQgl7HgrcKHz4X2DpYoH5nUGhcIVycNZVxXToUFd6b1kaY-I6DoxGB1EgkgCXxYm3u8u10aCzYPwuuNCUB6RJSXRMHTCCGU7ukOBADFLBRC5*4DiOwToH*OwgaClKOXDa-oyEUMeVYo9i975mCLS-cIDmy8Wm8TrjSNTO2MUXINehrfdd-jCfKROZbivXpqvR1LKAkhgUVfD0HrpmV*TKNVuaYpYXCyOPHBzltKKc&eurl%5B%5D=8erDkTU0NTTcXkTfsAuosXmS09wNr-9kHsnev2fvqOGy7NUL" \t "_blank) суживается.

Скорость кругооборота крови характеризуется временем, в течение которого частица крови пройдет большой и малый круги кровообращения. В среднем, это происходит за 20-25 с.

Кровяное давление - это давление крови на стенки сосудов.

Артериальное давление - это давление крови в артериях.

На величину кровяного давления влияют несколько факторов.

1. Количество крови, поступающее в единицу времени в сосудистую систему.

2. Интенсивность оттока крови на периферию.

3. Ёмкость артериального отрезка сосудистого [русла](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkSArKity5u8DvcxHpaKDmZxpOTgGERyEx*uMBzOQN59dtcIx97kqwvlj4vKf6OQKnRPhDAfdvR5hEbjQY1gmc-BU5J3YKf9M6FhJwA5-vIxYFM*JrWGEtHZ5ouCcd*40chQU08a6TaRwGhaeRGsE0dEqPzPejEj5aYwdgWBSBde1EeyWj1PLmJyaq1xGYZ5gR2*ZB-E08qFFWwLWwsxLHS4g9tD3sMkq7r3pDHzeXNrN2KZppptLn6avnahvJB9-0SEm6NreIvSWK6b9-S4qRrW15qoe01PhpbqGAKzZV2FbK8NlqPClddH*xGwTl9qEHegM9ko-DwvHTVsmS5g6rj*fF*llp6*aTLZ4iNOt02iYh0Z47D16fMlww-UbQ4jByBrzB4DufAIXYb1Q8oNOB9Koyb1gUagVv2Hv09KL3EURadNdE2yFvau9R5n5EUW7Xt1nIwjfvkoE52cUec0UbZU&eurl%5B%5D=8erDkQ8ODw7WLpL*kSqJkFiz8v0wmaQotygLa3n8VQA*4OLh).

4. Упругое сопротивление стенок сосудистого [русла](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkSArKity5u8DvcxHpaKDmZxpOTgGERyEx*uMBzOQN59dtcIx97kqwvlj4vKf6OQKnRPhDAfdvR5hEbjQY1gmc-BU5J3YKf9M6FhJwA5-vIxYFM*JrWGEtHZ5ouCcd*40chQU08a6TaRwGhaeRGsE0dEqPzPejEj5aYwdgWBSBde1EeyWj1PLmJyaq1xGYZ5gR2*ZB-E08qFFWwLWwsxLHS4g9tD3sMkq7r3pDHzeXNrN2KZppptLn6avnahvJB9-0SEm6NreIvSWK6b9-S4qRrW15qoe01PhpbqGAKzZV2FbK8NlqPClddH*xGwTl9qEHegM9ko-DwvHTVsmS5g6rj*fF*llp6*aTLZ4iNOt02iYh0Z47D16fMlww-UbQ4jByBrzB4DufAIXYb1Q8oNOB9Koyb1gUagVv2Hv09KL3EURadNdE2yFvau9R5n5EUW7Xt1nIwjfvkoE52cUec0UbZU&eurl%5B%5D=8erDkQ8ODw7WLpL*kSqJkFiz8v0wmaQotygLa3n8VQA*4OLh).

5. Скорость поступления крови в период сердечной систолы.

6. Вязкость крови

7. Соотношение времени систолы и диастолы.

8. Частота сердечных сокращений.

Таким образом, величина кровяного давления, в основном, определяется работой сердца и тонусом сосудов (главным образом, артериальных). В аорте, куда кровь с силой выбрасывается из сердца, создается самое высокое давление (от 115 до 140 мм рт. ст.).

По мере удаления от сердца давление падает, так как энергия, создающая давление, расходуется на преодоление сопротивления току крови. Чем выше сосудистое сопротивление, тем большая сила затрачивается на продвижение крови и тем больше степень падения давления на протяжении данного сосуда. Так, в крупных и средних артериях давление падает всего на 10%, достигая 90 мм рт.ст.; в артериолах оно составляет 55 мм, а в капиллярах – падает уже на 85%, достигая 25 мм. В венозном отделе сосудистой системы давление самое низкое. В венулах оно равно 12, в венах – 5 и в полой вене – 3 мм рт.ст.

В малом круге кровообращения общее сопротивление току крови в 5-6 раз меньше, чем в большом круге. Поэтому давление в легочном стволе в 5-6 раз ниже, чем в аорте и составляет 20-30 мм рт.ст. Однако и в малом круге кровообращения наибольшее сопротивление току крови оказывают мельчайшие артерии перед своим разветвлением на капилляры. Давление в артериях не является постоянным: оно непрерывно колеблется от некоторого среднего уровня.

Период этих колебаний различный и зависит от нескольких факторов.

1. Сокращения сердца, которые определяют самые частые волны, или волны первого порядка. Во время систолы желудочков приток крови в аорту и легочную артерию больше оттока, и давлением в них повышается.

В аорте оно составляет 110-125, а в крупных артериях конечностей 105-120 мм рт.ст.

Подъем давления в артериях в результате систолы характеризует систолическое или максимальное давлениеи отражает сердечный компонент артериального давления.

Во время диастолы поступление крови из желудочков в артерии прекращается и происходит только отток крови на периферию, растяжение стенок уменьшается и давление снижается до 60-80 мм рт.ст.

Спад давления во время диастолы характеризует диастолическое или минимальное давлениеи отражает сосудистый компонент артериального давления.

Для комплексной оценки, как сердечного, так и сосудистого компонентов артериального давления используют показатель пульсового давления.

Пульсовое давление – это разность между систолическим и диастолическим давлением, которое в среднем составляет 35-50 мм рт.ст.

Более постоянную величину в одной и той же артерии представляет среднее давление, которое выражает энергию непрерывного движения крови.

Так как продолжительность диастолического понижения давления больше, чем его систолического повышения, то среднее давление ближе к величине диастолического давления и вычисляется по формуле: СГД = ДД + ПД/3.

У здоровых людей оно составляет 80-95 мм рт.ст. и его изменение является одним из ранних признаков нарушения кровообращения.

2. Фаз дыхательного цикла, которые определяют волны второго порядка. Эти колебания менее частые, они охватывают несколько сердечных циклов и совпадают с дыхательными движениями (дыхательные волны): вдох сопровождается понижением кровяного давления, выдох – повышением.

3. Тонуса сосудодвигательных центров, определяющие волны третьего порядка.

Это еще более медленные повышения и понижения давления, каждое из которых охватывает несколько дыхательных волн.

Колебания вызываются периодическим изменением тонуса сосудодвигательных центров, что чаще наблюдается при недостаточном снабжении мозга кислородом (при пониженном атмосферном давлении, после кровопотери, при [отравлениях](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkdzQ0dA0bu-uUCGqSE9udHGE1NXr-PFpKtgK1trBbHmfwgkGvkw4hncewVVgQ7Y0NdE2Tmo9qC0eP89zfbTMA2T1IMnYF*YKmmWtMEwXwt4gAb3i9M6IX7-w53IUSKfewVBpYbKS-ykI-C7IgE7c0z7hCOsDDL4nadWHc7Cj6zddpjsjLH1xBR7bixwdQqUq8vxlW7A4ejBKOCAAXT4Vefl04ExjM0aywCOE8ClbH36SxevhmI*uuQ8lnpS2R94sbDTCADQKdOkiZ9mLxJmEaRhFsadQE6QlGfzUqdWNxLNnzqnxUXS4IE8ZW6XYOMcOJr6FwjWsvCS2okGs0vyD2--I2OHzclkVkp*0oEgXN9GNBSAnCatrCQxjD-Ppeb59HvxzV-UcZkoAAbyDA-3BiNyhWfOw1n8LVIz3VX23nmj8AS-uQcBrJp46ZIE8QZDdflehvO9NXVLjlCPy8mXJHpiM87yLhDvO-u0VRxvHiI8L9ShDevR6ZmkvDXZZavEcwUsyukM9nFmN*xTsgYjty19Dz9cBsW6pvDZeZdXiB3IVxrsJH3iID3HmQDjZKxriCDWiZdMcOZOv&eurl%5B%5D=8erDkTAxMDFFWwEyXeZFXJR-PjHUhMeEjuFfG7TxISWPaN1d) некоторыми ядами).

**Сосудистый тонус – это некоторое постоянное напряжение сосудистых стенок, определяющее просвет сосуда.**

Регуляция сосудистого тонуса осуществляется местными и системными нервными и гуморальными механизмами.

Благодаря автоматии некоторых гладкомышечных клеток стенок сосудов, кровеносные сосуды, даже в условиях их денервации, имеют исходный (базальный) тонус, для которого характерна саморегуляция.

Так, при увеличении степени растяжения гладкомышечных клеток базальный тонус увеличивается (особенно выражено в артериолах).

На базальный тонус наслаивается тонус, который обеспечивается нервными и гуморальными механизмами регуляции.

Основная роль принадлежит нервным механизмам, которые рефлекторно регулируют просвет кровеносных сосудов.

Усиливает базальный тонус постоянный тонус симпатических центров.

Нервная регуляция осуществляется вазомоторами, т.е. нервными волокнами, которые оканчиваются в мышечных сосудах (за исключением обменных капилляров, где нет мышечных клеток). Вазомоторы относятся к вегетативной нервной системе и подразделяются на вазоконстрикторы (суживают сосуды) и вазодилататоры (расширяют).

Чаще вазоконстрикторами являются симпатические нервы, поскольку их перерезка сопровождается расширением сосудов.

Симпатическую вазоконстрикцию относят к системным механизмам регуляции просвета сосудов, т.к. она сопровождается повышением АД.

Сосудосуживающее [влияние](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkayhoKH75d9S7J0W9PPSyM04aGlXQE3VlkzdfU4MnhvGMCxJ*HGVjdZ6B0N9QikHogLPipreBo3t77zeX6*ZRiFVKGm2JgIfaVEUUn3Oy0Z-lRbq4hCXPzJsvZVaD1Gm4Ee4rY5bVkFfZUBi12UKIoAIPsU4dqPembBWgOQjdLYX8wnz1MFhtawxgApq5QfJTSgAL*6EB7p9OoYLlSyeC0g168u5tPMsNNSxXRfsleA8s13OET8k97HcT5nrv*GIdWZ6hOQ*0V64a6-j3Jqrt4IuhJQf7x64rQi*2farZukqafg9*srm*KSZ3UrfCLOkQyXtZl47a6FCP*iw8kW1E4YsKyLxwQSar22*LmRaVX913GEuRUVgXXZJwbMzjCE2VqXh3d9c9O*LyYu1AMezhuFnz5zM1SlSNRSkPsGwh4ClZQa2hFhEnoAAJ6ZDDyHhG1RqoqW02TzOjHKjlDyJrTlwqnpxO2OHykA4cz408mTsL-F6nEnAas8K2VZKdGdOwYYoVKyPj*louz4UbAVhbNE&eurl%5B%5D=8erDkTY3Nje384-OoRq5oGiDws2PROe0*J8a6wdb3IL-9q2D) не распространяется на сосуды головного мозга, легких, сердца и работающих мышц.

При возбуждении симпатических нервов сосуды этих органов и тканей расширяются.

К вазоконстрикторам относятся:

1. Симпатические адренергические нервные волокна, иннервирующие сосуды кожи, органов брюшной полости, части скелетных мышц (при взаимодействии норадреналина с α-адренорецепторами). Их центры располагаются во всех грудных и трех верхних поясничных сегментах спинного мозга.

2. Парасимпатические холинергические нервные волокна, идущие к сосудам сердца. Сосудорасширяющие нервы чаще входят в состав парасимпатических нервов. Однако сосудорасширяющие нервные волокна обнаружены и в составе симпатических нервов, а также задних корешков спинного мозга.

К вазодилататорам (их меньше, чем вазоконстрикторов) относятся:

1. Адренергические симпатические нервные волокна, иннервирующие сосуды.

- части скелетных мышц (при взаимодействии норадреналина с β-адpеноpецептоpами);

- сердца (при взаимодействии норадреналина с β1-адpеноpецептоpами).

2. Холинергические симпатические нервные волокна, иннервирующие сосуды некоторых скелетных мышц.

3. Холинергические парасимпатические волокна сосудов слюнных желез (подчелюстных, подъязычных, околоушных), языка, половых желез.

4. Метасимпатические нервные волокна, иннервирующие сосуды половых органов.

5. Гистаминергические нервные волокна (относят к регионарным или местным механизмам регуляции).

Вазомоторный центр – это совокупность структур различных уровней ЦНС, обеспечивающих регуляцию кровоснабжения.

Спинальный уровень регуляции предусматривает замыкание рефлексов, регулирующих сосудистый тонус, с афферентных спинальных нервов на преганглионарные спинальные нейроны (на уровне спинного мозга).

Так если перерезать спинной мозг под продолговатым, то уровень артериального давления сохраняется.

Это означает, что спинной мозг, независимо от вышележащих отделов ЦНС, может осуществлять регионарные вазомоторные рефлексы, поддерживающие сосудистый тонус.

Тонус симпатических центров спинного мозга находится под контролем сосудодвигательного центрапродолговатого мозга, который состоит из трех отделов: прессорного, депрессорного и кардиоингибирующего. вазомоторный центр продолговатого мозга выполняет роль автоматического саморегулирующего центра, обеспечивающего нормальный уровень давления в крупных магистральных сосудах.

Ему также отводится роль в осуществлении рефлекторных реакций при поступлении афферентной информации от рецепторов легких, аортальной и каротидной зон.

Он отвечает за формирование «срочных» ответов сердечно-сосудистой системы, связанных с гипоксией, гиперкапнией и усиленной мышечной работой.

Свои влияния на тонус сосудов бульбарный центр осуществляет через ядра черепно-мозговых нервов или через симпатические нейроны спинного мозга.

Гипоталамический уровень регуляции обеспечивает адаптивные реакции сердечно-сосудистой системы.

Он подключается к регуляции стабилизации давления крови при снижении тонуса бульбарного вазомоторного центра, выполняя функцию «дублера».

В гипоталамусе есть прессорные и депрессорные зоны, а также «защитная» зона, которая оказывает [влияние](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkayhoKH75d9S7J0W9PPSyM04aGlXQE3VlkzdfU4MnhvGMCxJ*HGVjdZ6B0N9QikHogLPipreBo3t77zeX6*ZRiFVKGm2JgIfaVEUUn3Oy0Z-lRbq4hCXPzJsvZVaD1Gm4Ee4rY5bVkFfZUBi12UKIoAIPsU4dqPembBWgOQjdLYX8wnz1MFhtawxgApq5QfJTSgAL*6EB7p9OoYLlSyeC0g168u5tPMsNNSxXRfsleA8s13OET8k97HcT5nrv*GIdWZ6hOQ*0V64a6-j3Jqrt4IuhJQf7x64rQi*2farZukqafg9*srm*KSZ3UrfCLOkQyXtZl47a6FCP*iw8kW1E4YsKyLxwQSar22*LmRaVX913GEuRUVgXXZJwbMzjCE2VqXh3d9c9O*LyYu1AMezhuFnz5zM1SlSNRSkPsGwh4ClZQa2hFhEnoAAJ6ZDDyHhG1RqoqW02TzOjHKjlDyJrTlwqnpxO2OHykA4cz408mTsL-F6nEnAas8K2VZKdGdOwYYoVKyPj*louz4UbAVhbNE&eurl%5B%5D=8erDkTY3Nje384-OoRq5oGiDws2PROe0*J8a6wdb3IL-9q2D) на различные вегетативные реакции, в том числе и на кровообращение. Корковый уровень регуляции предусматривает модулирующее [влияние](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkayhoKH75d9S7J0W9PPSyM04aGlXQE3VlkzdfU4MnhvGMCxJ*HGVjdZ6B0N9QikHogLPipreBo3t77zeX6*ZRiFVKGm2JgIfaVEUUn3Oy0Z-lRbq4hCXPzJsvZVaD1Gm4Ee4rY5bVkFfZUBi12UKIoAIPsU4dqPembBWgOQjdLYX8wnz1MFhtawxgApq5QfJTSgAL*6EB7p9OoYLlSyeC0g168u5tPMsNNSxXRfsleA8s13OET8k97HcT5nrv*GIdWZ6hOQ*0V64a6-j3Jqrt4IuhJQf7x64rQi*2farZukqafg9*srm*KSZ3UrfCLOkQyXtZl47a6FCP*iw8kW1E4YsKyLxwQSar22*LmRaVX913GEuRUVgXXZJwbMzjCE2VqXh3d9c9O*LyYu1AMezhuFnz5zM1SlSNRSkPsGwh4ClZQa2hFhEnoAAJ6ZDDyHhG1RqoqW02TzOjHKjlDyJrTlwqnpxO2OHykA4cz408mTsL-F6nEnAas8K2VZKdGdOwYYoVKyPj*louz4UbAVhbNE&eurl%5B%5D=8erDkTY3Nje384-OoRq5oGiDws2PROe0*J8a6wdb3IL-9q2D) на подкорковые вазомоторные центры и подтверждается кардиоваскулярными условными рефлексами, изменением сосудистого тонуса при эмоциональных состояниях, возможностью произвольного изменения частоты пульса и артериального давления, наличием зон коры, принимающих участие в формировании вазомоторных реакций.

Рефлексы регуляции тонуса сосудов делятся на собственные и сопряженные.

Собственные рефлексы начинаются от рецепторов сердечно-сосудистой системы и через сосудодвигательный центр продолговатого мозга изменяют сосудистый тонус и АД.

Все рефлексы с барорецепторов являются депрессорными, так как приводят к снижению артериального давления (рефлекс с барорецепторов дуги аорты, вазомоторный рефлекс Бейнбриджа с барорецепторов каротидной зоны, рефлекс Парина с барорецепторов легочных артерий, направленный на устранение застоя крови).

Рефлексы с хеморецепторов сосудистых рефлексогенных зон (возникают при увеличении содержания H+ и СО2 и снижении О2) активируют прессорный отдел сосудодвигательного центра продолговатого мозга и тормозят его кардиоингибирующий отдел.

Прессорный отдел активирует симпатические центры, что приводит к активации деятельности сердца, повышению тонуса сосудов и артериального давления.

Рефлексы с хеморецепторов являются прессорными.

Сопряженные рефлексы начинаются с механо- и хеморецепторов верхних дыхательных путей, с раздражения ноцицепторов и сопровождаются повышением тонуса сосудов и артериального давления.

Гуморальная регуляция сосудов осуществляется химическими веществами, циркулирующими в крови или образующимися в тканях при раздражении.

Эти вещества либо суживают сосуды (прессорное действие), либо расширяют (депрессорное действие).

К сосудосуживающим веществам относятся: адреналин, норадреналин, вазопрессин, ангиотензин II, серотонин и др.

Адреналин является гормоном мозгового слоя надпочечников. Норадреналин выделяется окончаниями постганглионарных симпатических волокон, выполняя роль медиатора - передатчика возбуждения.

Адреналин и норадреналин суживают артерии и артериолы кожи, органов брюшной полости и легких.

Вследствие сильного сужения сосудов повышается АД.

В малых дозах адреналин расширяет сосуды сердца, головного мозга и работающих скелетных мышц.

Количество поступающего в кровь адреналина увеличивается во время эмоций и мышечной работы, что способствует увеличению кровотока в мышцах, сердце, в головном мозге.

Вазопрессин, или антидиуретический гормон, выделяется в кровь задней долей гипофиза и вызывает сужение артериол и капилляров всех органов. Он также участвует в регуляции диуреза.

Серотонин образуется в слизистой оболочке кишечника и некоторых областях мозга.

Он также освобождается кровяными пластинками и благодаря сосудосуживающему действию способствует остановке кровотечения.

Ренин образуется в почках. Его количество возрастает при снижении кровотока в почках. Поступая в кровь, он действует на глобулин плазмы ангиотензиноген, превращая его в ангиотензин I, который переходит в активное сосудосуживающее вещество ангиотензин II.

К сосудорасширяющим веществам относятся: ацетилхолин, гистамин, некоторые продукты метаболизма, хинины.

Ацетилхолин образуется в окончаниях парасимпатических нервов. Он расширяет артериолы и более крупные сосуды, в результате чего понижается артериальное давление.

Поскольку он быстро разрушается холинэстеразой, его действие местное.

Гистамин - тканевой гормон, расширяющий артериолы и капилляры.

При его значительном количестве может наступить резкое падение артериального давления, поскольку большой объем крови при этом сосредотачивается в расширенных капиллярах. Гистамин образуется во многих органах, в частности, при болевых, температурных, лучевых раздражениях, при воспалительных процессах.

К сосудорасширяющим метаболитам относятся: молочная и угольная кислота, АТФ, ионы К+.

При этом важная роль в вазодилятации принадлежит местной гипоксии и изменениям осмотического давления.

Почечные простогландины и кинины участвуют в [саморегуляции](http://click01.begun.ru/click.jsp?url=8erDkQEMDQx2CVi2CHnyEBc2LCncjI2zpKkxcphloQjaWzLNgHg539n5x62xfqF6ZgZ6nEoYLIeZuLHp1NDY9yFpQvt6q387VrqNFKxvVNQf0i-g2Q4G6UpgN*7jHr5cnQFYrURIgdSyh*khSPHMEcWz5iIdw5acAHM89rveDMIRPvLrOieWghSnwSTQdpsne*bv8BpMb-68gUz3*4GbDbP8V8jvUjbXUUkIm-HzGMYak8bwkk4dlgBy6HCzUJrOBZl-KpG1g1JneTgyXWzmEY7Zb6AmJ3S*Sklx2ZP2edvkPClnfXMUYSiVhAHCuJXr2ANSx3DRZ2IhVFx2ecSXxo0113l0l43vC8gbO8blG3Yr*EUFcxFhXaLSUdmD5uUvsv9QoykzpnYvEli7JefE1NK8cpb2Ll0J-z38452NwWVLWa3FGsUwxlaQuvJfFaziJKPvXIzKNCzURPm9JZ-nmtPlZPBHbjs1aswNGSZfUy963aPyCFgycyT--S1xAeQbxyngkj1RC8pWcjQCnwHntyIMF27D5S0dPkdF-WCI7JMPXAx4&eurl%5B%5D=8erDkQ8ODw4fKTB9EqkKE9swcX6XctGE8ESxzyGIFVEBVXrP) почечного кровотока. К ним относятся:

- брадикинин –стимулирует освобождение простогландина Е2, который приводит к снижению артериального давления;

- калликреин – участвует в образовании кининов путем расщепления больших молекул пептидов крови;

- медуллин – сосудорасширяющее вещество липидной природы, которое образуется в мозговом слое почек;

- кинины крови, в отличие от кининов почек обладают генерализованным сосудорасширяющим действием.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |