التغذية فتُبرَز بواسطة الاعضاء المبرزة ولا سيما الكليتين والجلد . واما فائدة الكريات الحمراء فقد تقدم الكلام على شراهة الهيموكلوبين للاكسجين بحيث يظهر ان اخص فوائدها امتصاص الاكسجين في الرئتين بواسطة الجوهر المذكور وحملهُ الى الانسجة ولا سيما العصبي والعضلي . واما فائدتها في التغذية فمجهولة . وقد سبق القول في ان وظيفة الكريات البيضاء انها تتولد منها الحمراء وقد ظهر حديثًا انها تنفذ من جدران الاوعية الدموية الى الانسجة ولذلك ربما كان لها دخل في تغذيتها

الفصل السادس

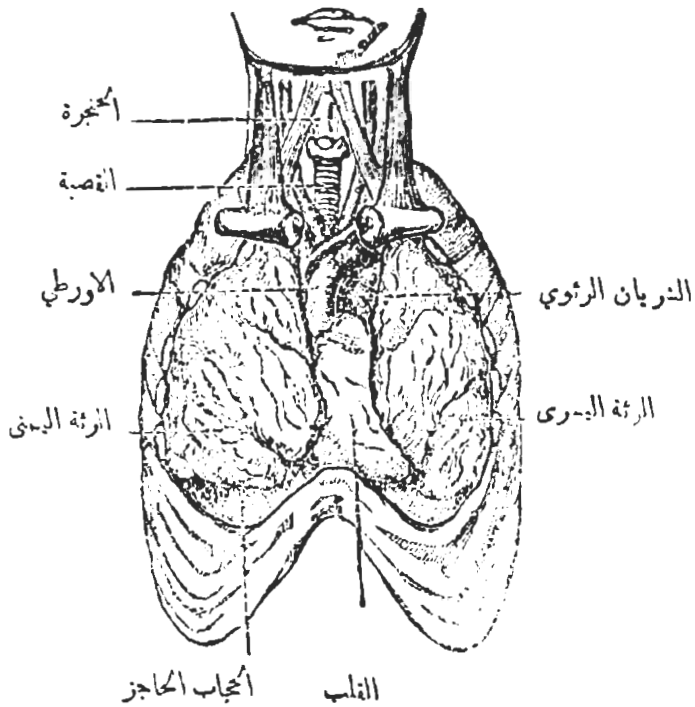
في دورة الدم

الجسد مقسوم الى تجويفين رئيسين الصدر والبطن بواسطة فاصل عضلي منحنٍ يقال لهُ الحجاب الحاجز (شكل ٢١) . اما الصدر فتكاد تملأهُ الرئتان الموضوع بينهما القلب . وكلٌّ من هذه الاعضاء مضمَّن في كيس خاص بهِ فهي البلورتان للرئتين والتامور للقلب وقد فُرِض نزعها في شكل ٢١ . وتدخل الصدر من اعلى انبوبة هوائية كبيرة طويلة يقال لها القصبة وهي مقسومة الى فرعين فرع لكلٍّ من الرئتين يسير فيهما الهواء مدة التنفس دخولاً وخروجًا . ويشاهد عند القسم العلوي من القلب اي عند قاعدتهِ الشرايين والاوردة التي تحمل الدم منهُ او اليهِ

وللقلب والرئتين مدَّة الحيوة حركة دائمة منتظمة ينشأ منها سيل من الهواء يدخل الرئتين ويخرج منهما بواسطة القصبة على التوالي بلا انقطاع وسيل آخر

من الدم يدخل القلب ويخرج منهُ . وموضوع هذا الفصل الوسائط التي بها يُدفَع الدم من القلب الى الجسد ثم يعود اليهِ بحيث يتكوَّن من ذلك ما يقال لهُ الدورة الدموية

شكل ٢١



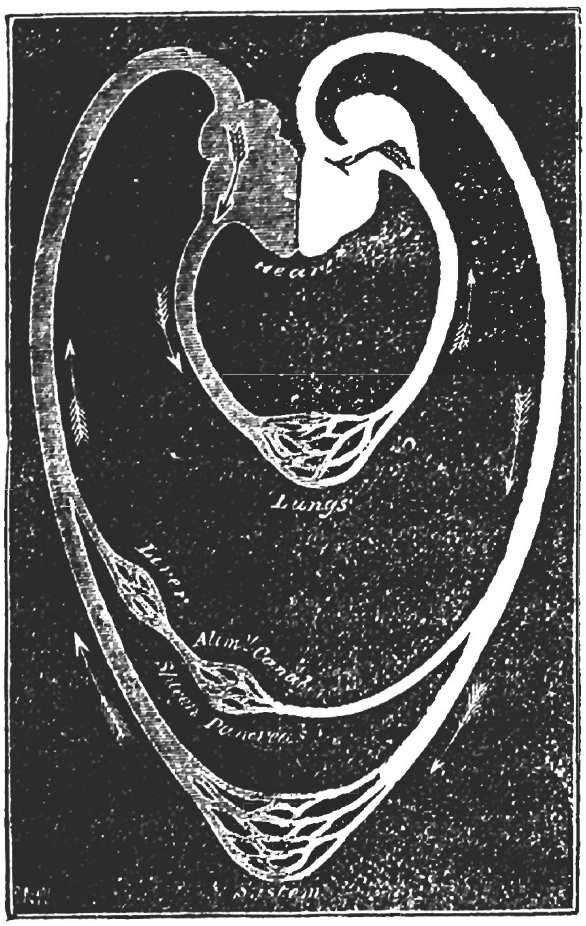
يُحمَل الدم من القلب بواسطة الشرايين ويعود اليهِ بواسطة الاوردة وتتصل الشرايين والاوردة بعضها ببعض من الطرف الواحد بواسطة القلب ومن الطرف الآخر بواسطة شبكة دقيقة من الاوعية يقال لها الاوعية الشعرية. وعلى هذا اذا خرج الدم من القلب سار اولاً في الشرايين ثم في الاوعية الشعرية ثم في الاوردة فيعود فيها الى القلب ويكمّل دورة واحدة

جرت عادة الفيسيولوجيين ان يصفوا دورتين احداها قصيرة تسير من القلب الى الرئتين ثم تعود اليهِ والثانية طويلة تسير من القلب الى كل اقسام الجسد ثم تعود اليهِ غير انهُ في الحقيقة لا يوجد الاَّ دورة واحدة تامة كما يشاهد من التأمُّل بشكل ٢٢ المرسومة فيهِ الدورة على هيئة عروتين . فاننا اذا تتبعنا

ش ٢١. نُزِع في هذا الشكل مقدم الجدار الصدري والطبقة الجدارية من البلورتين والتامور

اتجاه السهام الذي يشير الى سير الدم رأينا دائرتين صغرى وكبرى تخترقان القلب الاَّ انهما لا تتميزان الواحدة عن الاخرى بل يكوّنهما سبل واحد متصل لابد من ان جميعهُ يمرُّ في الرئتين مدة سيرهِ . وما عدا هاتين الدورتين اللتين يقال لهما الرئوية والعامة يشاهد في الرسم دورة اخرى يتفرَّق الدم فيها اولاً في القناة الهضمية واعضاء اخر ثم يجتمع في سبل واحد ويمرُّ في الكبد ويتفرَّق فيهِ قبل وصولهِ الى القلب واكمالهِ دورة واحدة . ويقال لهذه الدورة الثانوية الدورة البابية

شكل ٢٢



واما القوة الدافعة للدم في السير المذكور فهي انقباض القلب العضلي . ويضاف اليها قوات اخر هي اولاً مرونة جدران الشرايين . ثانيًا ضغط العضلات التي تسير بينها بعض الاوردة . ثالثًا حركة جدران الصدر في التنفس . رابعًا تبادل النسبة بين الدم والانسجة الذي يقع في المجموع الشعري مدَّة العمل الغذائي . ويُجبَر توجيه الدم على المنوال المذكور في الدورة بواسطة صمامات موضوعة بين الاذين والبطين في كلٍّ من شطري القلب وعند الفتحة

ش ٢٢ . رسم وهمي للدورة . *Heart* القلب . *Lungs* الرئتان . *Alimy Canal* القناة الهضمية *Pancreas* البنكرياس . *Spleen* الطحال . *Liver* الكبد . *System* مجموع الجسد

الاستطراقية الكائنة بين كلٍّ من الشريانين الرئوي والاورطي وبطيني القلب . فان هذه الصمامات تنفتح لاجل حركة الدم في سيرهِ المعهود وتنطبق اذا دفعتهُ قوة الى الناحية المخالفة

لما كان جهاز الدورة القلب والشرايين والاوعية الشعرية والاوردة فيُذكَر كلٌّ منها على حدتهِ بالتفصيل

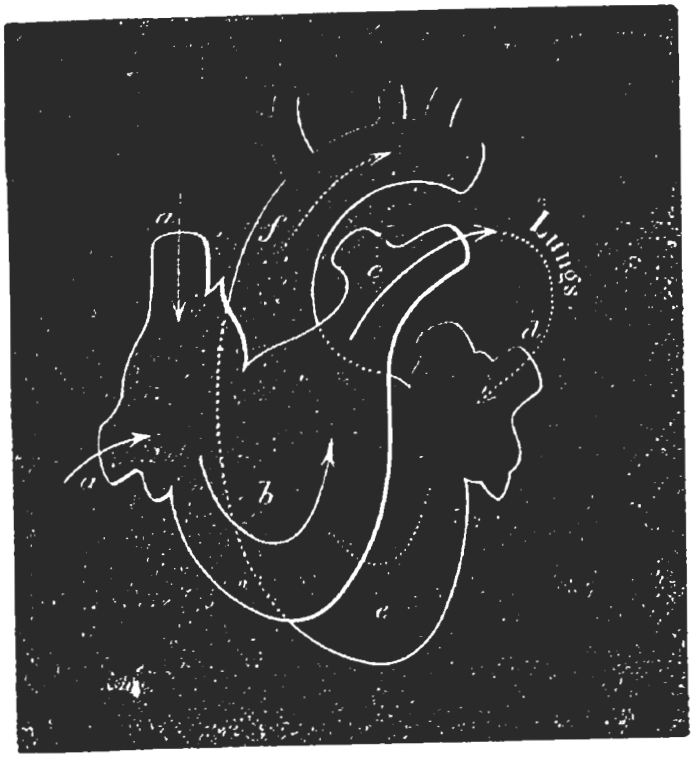
القلب

القلب عضو عضلي اجوف مقسوم بواسطة حاجز الى تجويفين ايمن وايسر. وكلٌّ من التجويفين المذكورين مقسوم الى قسم علوي يقال لهُ الاذين وقسم سفلي يقال لهُ البطين . ويستطرق الاذين الى البطين بواسطة فتحة واقعة بينهما غير ان للفتحة صمامًا يجيز سير الدم من الاذين الى البطين ويمنع سيرهُ في الجهة المخالفة . وعلى ذلك يكون في القلب اربعة تجاويف اذينان وبطينان على شكل ان اذين الشطر الواحد وبطينهُ منفصلان بالكلية عن اذين الشطر الآخر وبطينهِ . وتتصل الاذين اليمنى من الجهة الواحدة باوردة المجموع العام ومن الاخرى بالبطين الايمن الذي يستطرق الى الشريان الرئوي بواسطة فتحة لها صمام خاص بها . وتتصل الاذين اليسرى من الجهة الواحدة بالاوردة الرئوية ومن الاخرى بالبطين الايسر الذي يستطرق الى الاورطي بواسطة فتحة لها صمام كالشريان الرئوي . والاورطي المذكور يتفرّع ويحمل الدم الى جميع اجزاء الجسد

ومن كيفية وضع الصمامات لا يتأتّى للدم ان يسير الاَّ في جهة واحدة معلومة وهي على ما ياتي (شكل ٣٣) . يمرُّ الدم من الاذين اليمنى الى البطين الايمن ومن ثمَّ الى الشريان الرئوي الذي يحملهُ الى اوعية الرئتين الشعرية فيتطهَّر هناك ويتغير لونهُ ثم تجمعهُ الاوردة الرئوية وتصبهُ في الاذين اليسرى . ثم يسير من الاذين اليسرى الى البطين الايسر ومن ثمَّ الى الاورطي الذي ينقلهُ ويفرّقهُ في اوعية جميع الجسد الشعرية فيتكدَّر ويفقد لونهُ هناك ثم تجمعهُ الاوردة وتنتهي

فيهِ الى جذعين عظيمين يقال لها الاجوفان العلوي والسفلي يصبانهِ في الاذين اليمنى من حيث نتبعنا مسيرهُ (شكل ٣٣)

شكل ٣٣



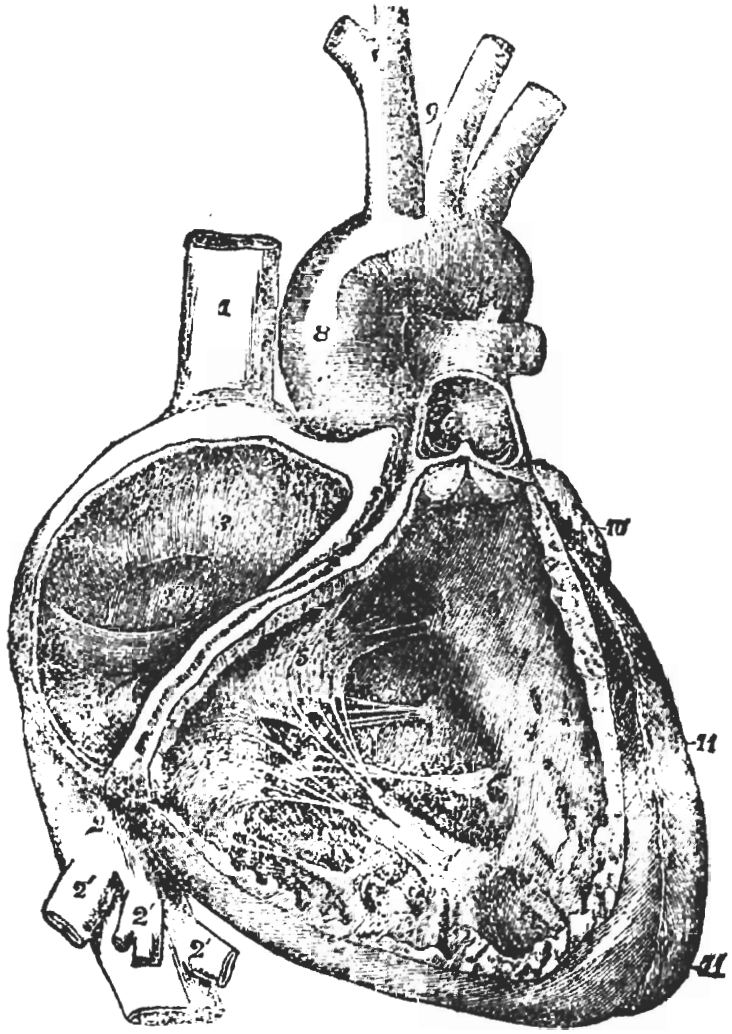
بناء صمامات القلب

يقال للصمام الواقع بين الاذين والبطين في الشطر الايمن من القلب الثلاثي الرؤوس لانهُ مؤلف من ثلاث قطع مستدقة (شكل ٣٤) والواقع بين الاذين والبطين في الشطر الايسر ذو الراسين او التاجي (شكل ٣٥). غير انهُ في كلٍّ من الصمامين قطعة صغيرة بين قطعتين كبيرتين وعلى هذا يكون الثلاثي الرؤوس مؤلفًا من ست قطع وذو الراسين من اربع. كل قطعة منها مثلثة الشكل راسها وجوانبها سائبة في تجويف البطين وقاعدتها متصلة بقاعدة القطعتين المجاورتين فيتكوَّن من ذلك غشاء حلقي داخل الفتحة الاذينية البطينية مرتبط

ش ٣٣. رسم الدورة في القلب. a الاذين ايمن. b البطين الايمن. c الشريان الرئوي. d الاذين اليسرى والخط المنقط المنحني بين الشريان الرئوي والاذين اليسرى عبارة عن الرئتين. e البطين الايسر. f الاورطي. السهام تدل على جهة سير الدم

مجلفة وترية موضوعة عند محيط الفتحة المذكورة تندغم بها الياف الاذين والبطين العضلية . ويتميّز في كلٍّ من قطع الصمام الرئيسة قطعة مركزية ممتدّة من قاعدتها الى راسها وهي امتن واشد مما بقي عند الحافات المرتخية

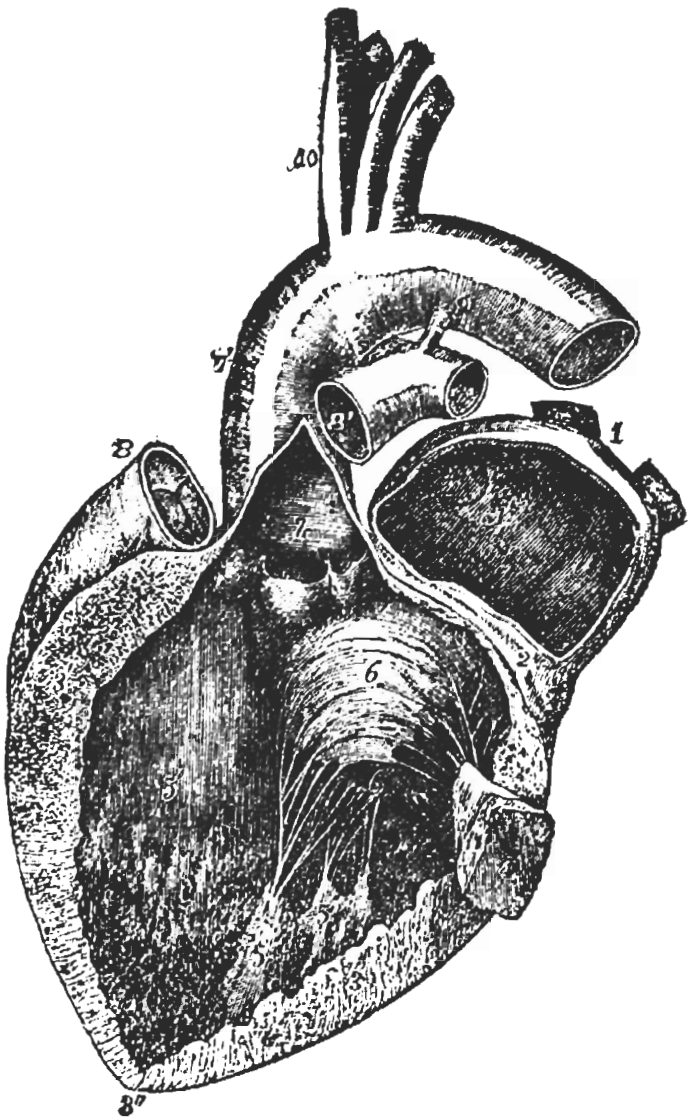
شكل ٢٤



ش ٢٤. فتح الاذين والبطين الايمنين ونزع قسم من جدارهما المقدم لاجل اظهار باطنهما .
1 الاجوف العلوي . 2 الاجوف السفلي . 2' الاوردة الكبدية مقطوعة . 3 الاذين اليمنى .
4 الحفرة البيضية واسفلها صمام اوستاكيوس . 5 صمام الوريد الاكليلي . ++ الميزاب الاذيني البطيني . 6 و 6 تجويف البطين الايمن . 7 عمود لحمي . 8 و 8 و 8 الصمام الثلاثي الرؤوس . 9 باطن الشريان الرئوي . 9 القوس الاورطي عند اتصال القناة الشريانية به .
8 قسمة الصاعد . 9 الشريان اللاامسة والسباتي الايسر . 10 زائدة الاذين اليسرى .
11 ظاهر البطين الايسر

نقدم ان القطع الصمامية مرتبطة من قواعدها بحلقة وترية واما وجوهها

شكل ٣٥



ش ٣٥. فتح الاذين والبطين الايسرين ونزع بعض جدارهما المقدم والايسر لاجل اظهار باطنهما . 1 الوريدان الرئويان الايمنان مقطوعين . 1' باطن الاذين والى يسار الرقم الحمرة البيضية . 2 قطعة من جدار الاذين والبطين الى ظاهر الفتحة الاذينية البطينية . 3 و 3' سطح جدران البطين المقطوعة ويشاهد انها رقيقة عند 3' اي عند راس القلب . 4 قسم صغير من الجدار المقدم للبطين الايسر . 5 و 5' عضلتان حلميتان . 5' الجانب الايسر من حاجز القلب بين البطينين . 6 و 6' الصمام الناجي . 7 الاورطي اعلى الصمامات الهلالية . 7' قسمة الصاعد . 8 جذر الشريان الرئوي . 8' قطعة منهُ متصلة عند 9 بالاورطي بواسطة القناة الشريانية . 10 الشرايين الناشئة من اعلى قوس الاورطي

السفلى المشرفة نحو البطين وحافاتها مرتبطة بواسطة الياف وترية دقيقة يقال لها الحبال الوترية بجدران البطين التي يبرز منها الياف عضلية على هيئة حزم اوعمد يقال لها العمد اللحمية . والعمد المذكورة على ثلاثة انواع الاوّل ما هو ملتصق بالجدران على جميع طولهِ الى طرفيهِ والثاني ما التصق من طرفيهِ فقط والثالث ما التصق من الطرف الواحد فقط وبرز الآخر كالحلمة في تجويف البطين (ص ش ٣٥) وارتبطت بهِ الحبال الوترية فيقال لهُ العضلات الحلمية . وما عدا الحبال الوترية التي تسير من جدران البطين والعضلات الحلمية هناك حبال قوية تسير من الاجزاء المذكورة وترتبط بحافات القطع المركزية الواقعة في منتصف القطع الرئيسة من الصمام . وتنتشر اطراف الحبال المذكورة في جوهر الصمام فتزيد قطعهُ المركزية قوةً ومتانةً . ثم ان العضلات الحلمية موضوعة على شكل انهُ تسير الحبال الوترية من قممها الى النصفين المتجاورين من اقسام الصمام الرئيسة والى القطعة المتوسطة بينهما

سبق القول ان البطينان يستطرقان من الجهة الواحدة الى الاذينين ومن الجهة الاخرى الى الشريانين العظيمين اللذين ينقلان الدم من القلب فيستطرق البطين الايمن الى الشريان الرئوي (٦ ش ٣٤) الذي يحمل الدم الى الرئتين ويستطرق البطين الابسر الى الاورطي الذي يوزّعهُ في مجموع البنية (٧ ش ٣٥) . وكما ان للفتحة الاذينية البطينية صماماً كذلك الفتحة الواقعة عند قاعدة الشريان الرئوي والاورطي (ش ٣٤ و٣٥) وهي ثلاث صمامات لكلٍّ من الشريانين المذكورين يقال لها الصمامات الهلالية . ولا تختلف صمامات الاورطي عن الرئوي الاّ بكونها اغلظ وامتن وهي مؤلفة كالصمام الثلاثي الرؤوس والتاجي من ثنية من بطانة القلب مع شيء من النسيج الليفي لاجل تقويتها . شكل الواحد منها هلالي تتصل حافتهُ المحدّبة بجلقة ليفية موضوعة عند ملتقى الشريان بالبطين واما حافتهُ المقعرة التي تقرب من الاستقامة فسائبة (ش ٣٥) . ويشاهد في مركز الحافة السائبة التي تتضمن خيطاً من النسيج العضلي عقدة ليفية صغيرة

يقال لها جسم ارنتيوس تمتد منهُ ومن الحافة المتصلة الياف دقيقة في جوهر الصمام الاَّ قطعة صغيرة الى كلٍّ من جانبي جسم ارنتيوس داخل الحافة السائبة وهي ارقّ اجزاء الصمام يكاد لا يدخل في تكوينها الاَّ بطانة القلب . ثم ان هذه الصمامات الهلالية الثلاثة موضوعة الواحد بجانب الآخر عند الفتحة الشريانية البطينية بحيث انهُ يتكوَّن منها ثلاثة جيوب صغيرة تندفع الى الخلف نحو جدار الشريان اذا كان الدم خارجًا من البطين وتنتشر وتُسَدّ الفتحة اذا تقهقر (٦ ش ٣٤) . وسيأتي الكلام على ذلك

تختلف الياف القلب العضلية عن معظم العضلات غير الخاضعة للارادة بانها حسب الظاهر مخطَّطة عند مشاهدتها بالمكرسكوب (انظر الفصل السابع عشر)

عمل القلب

يقوم عمل القلب في دفعهِ للدم بانقباضات وانبساطات جدرانهِ العضلية على التعاقب وذلك على شكل ان الاذنين ينقبضان في زمن واحد وينقبض البطينان في زمن واحد ايضًا وكذلك الانبساط الاَّ ان انقباض الاذينين يتم مدة انبساط البطينين والعكس بالعكس

يبدأ بوصف عمل القلب في المدة التي تسبق لطم القلب لجدار الصدر والنبض الكعبري . فان المدَّة المذكورة هي الفترة الحاصلة بين صوتي القلب وحينئذٍ تكون جدران القلب مرتخية وتجاويفهُ منبسطة والدم جارٍ من الاوردة الى الاذينين وبعضهُ الى البطينين بواسطة الفتحتين الاذينيتين البطينيتين. غير انهُ لما كان الاذينان يقبلان من الدم مقدارًا اوفر مما يجري منهما الى البطينين امتلأا عند نهاية الفترة المذكورة فينقبضان ويفرغان ما فيهما من الدم الى البطينين . والانقباض المذكور فجائي سريع جدًّا يبدأ عند مصب الاوردة الكبيرة فيهما ثم يمتد نحو الفتحة الاذينية البطينية والجزء الاخير الذي ينقبض هو الزائدة الاذينية . والنتيجة الحاصلة من انقباض الاذينين دفع الدم الذي فيهما

الى البطينين ويمتنع تقهقر الدم الى الاوردة الكبيرة بواسطة انقباض الطبقة العضلية التي لها عند مدخلها في الاذينين وهذا الانقباض يتم في نفس الزمن الذي ينقبض فيهِ الاذينان الاَّ انهُ غير تام فتتقهقر كمية صغيرة من الدم الى الاوردة عند انقباض الاذينين . وانما يمنع الصمام الموضوع عند اتحاد الوريد تحت الترقوة بالوداجي الباطن تجاوز الدم الى اعلى ذلك وكذلك الصمام الموضوع عند مصب الوريد الاكليلي

ويتم انبساط البطينين بواسطة الدم الهابط اليهما عند انبساط الاذينين ثم انقباضهما . وحالما يمتلئ البطينان ينقبضان بحيث يتراءى ان انقباضهما ممتد من انقباض الاذينين فكأن انقباض جميع اقسام القلب يتم في زمن واحد على ان انقباض الاذينين وانقباض البطينين يتعاقبان تعاقبًا سريعًا . غير ان انقباض البطينين بطيء بالنسبة الى انقباض الاذينين ولعلهُ يدفع جميع الدم الذي فيهما خلافًا للاذينين فانهُ تبقى فيهما كمية صغيرة . ويظهر من شكل ووضع العمد اللحمية الكائنة في الوجه الباطن لجدران البطين انها في غاية الموافقة لاحكام طبق التجويف مدَّة الانقباض وكثيرًا ما يشاهد في قطع القلب قطعًا مستعرضًا مدة التيبس الموتي انهُ لم يبقَ من التجويف الاَّ شقٌ مركزي

وعند انقباض جدران البطينين تنقبض العمد اللحمية ايضًا ولا سيما العضلات الحلمية وتعين في تقريب حوافي الصمامات الاذينية البطينية بحيث تنسد الفتحة الواقعة بين الاذين والبطين ويُمنَع تقهقر الدم الى الاذين . وعلى ذلك تتجه جميع قوة انقباض البطينين الى دفع الدم في الفتحتين الشريانيتين . وفي الفترة التي تبدأ عند نهاية انقباض البطينين وبداءة انقباض آخر تنسد الفتحتان المستطرقتان منهما الى الشريان الرئوي والاورطي بواسطة الصمامات الهلالية فاذا دُفع الدم اليهما عند انقباض البطينين تفرقت الصمامات المذكورة بواسطة القوة الدافعة وانضغطت على جدران الشريان فيتكوَّن من ذلك مسلك للسيل الدموي . ثم عند منتهى الانقباض البطيني تعود جدران الشريان

المتمددة الى هيئتها الاصلية فتضغط الدم وراء الصمامات وتدفعها الى الاسفل نحو مركز الوعاء فتنتشر الصمامات بحيث تنسد الفتحة ويمتنع رجوع الدم الى البطينين

وعند منتهى انقباض الاذينين ياخذان حالاً في الانبساط لقبول الدم الذي يجري اليهما على شكل سيل متصل من الاجذاع الوريدية الكبيرة . وبينما يكونان منبسطين والدم جارٍ اليهما يكون البطينان منقبضين دافعين الدم الى الشريانين فاذا تمّ انقباضهما انبسطا لقبول الدم الذي يجري اليهما من الاذينين ثم عند ما يمتلئ ثلثها او ثلثاها يكون الاذينان قد تمددا بالامتلاء فينقبضان سريعًا ويملآن البطينين كما تقدّم

اذا فُرِض انقسام المدة التي تشغلها جميع اعمال القلب الى ثمانية اقسام وكان عدد النبض ستين مرة في الدقيقة اتضح من الجدول الآتي نظام الاعمال المذكورة وموافقتها لصوتي القلب واندفاعهِ وذلك على شكل ان كل قسم يشغل ثمن ثانية

الجزء الاخير من السكون — الاذينان منقبضان : البطينان متمددان من الامتلاء	١
الصوت الاول واندفاع القلب — البطينان منقبضان : الاذينان منبسطان	٤
الصوت الثاني — — — البطينان منبسطان : الاذينان منبسطان	
الجزء الاول من السكون — البطينان منبسطان : الاذينان متمددان من الامتلاء	٣

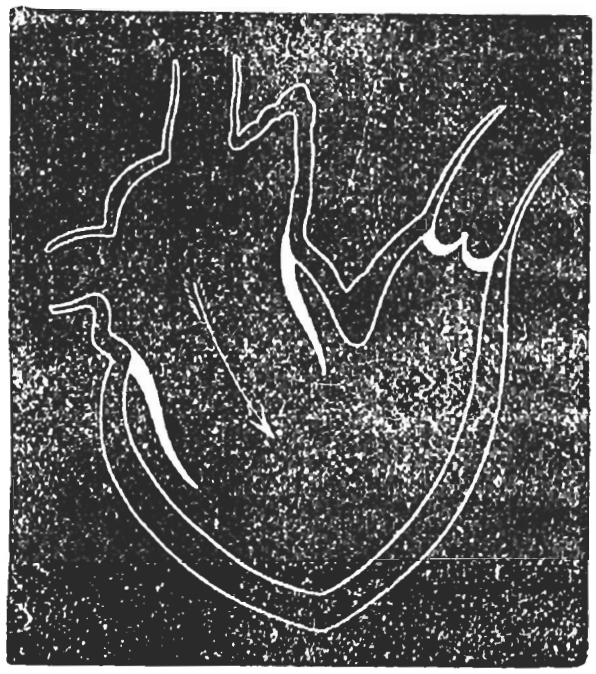
عمل صمامات القلب

تتعلق الازمنة التي تعمل فيها صمامات القلب بالجدول السابق فان الصمامات الاذينية البطينية تكون مغلقة والصمامات الشريانية مفتوحة في جميع مدة الانقباض البطيني واما في مدة انبساط البطينين وامتلائهما فتكون الصمامات الشريانية مغلقة والصمامات الاذينية البطينية مفتوحة

اما عمل الصمامات الشريانية ويقال لها ايضًا الهلالية والسينية فيتم بواسطة ضغط الدم الشرياني الذي يندفع الى الوراء نحو البطينين عند رجوع الجدران الشريانية المرنة الى هيئتها الاولى بعد تمددها بالدم المندفع اليها من الانقباض البطيني السابق . وكيفية ذلك ان الحوافي السفلى للصمامات المذكورة ملتصقة

بالوجه الباطن لحلقة وترية موضوعة عند فتحة الشريان بين الياف البطين العضلية والالياف المرنة لجدران الشريان . ثم ان نسيج الحلقة الوترية متين لا يقبل التمدد من الضغط الدموي وكذلك الصمامات المؤلفة من نسيج متين ليفي حشك وحبال قوية متقاطعة الوضع في جوهر النسيج . فاذا دفع البطين الدم من الفتحة الى قناة الشريان لم يتمدد من الاجزاء المذكورة الا جدران الشريان التي تنتفخ على هيئة ثلاثة جيوب وراء الصمامات وتملأ الصمامات فتتقارب وتتماس حوافيها السائبة فتنسد الفتحة ويمتنع تقهقر الدم الى البطين . والتقاء الحوافي المذكور على هيئة ثلاثة خطوط متشععة من المركز الى المحيط واما احكام السد فعائد الى كيفية بناء الحوافي وذلك ان بين الحبال المنسوجة في

شكل ٢٦



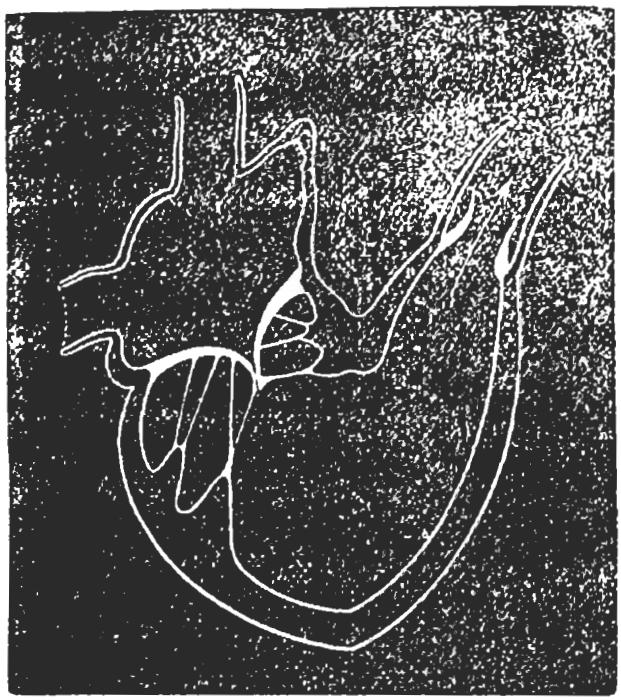
جوهر الصمامات حبلين اقوى واظهر من البقية يمتد احدهما على الحافة السائبة لكلٍّ من الصمامات ويمتد الثاني اسفل الحافة المذكورة وكلٌّ من هذين الحبلين مرتبط من طرفيهِ بزاويتي الصمام الوحشيتين ومن منتصفهِ بجسم ارنتيوس وهو

ش ٢٦ . رسم احد شطريّ القلب لاجل اظهار انطباق الصمامات الهلالية وانفتاح الصمام الاذيني البطيني

كتلة صغيرة من نسيج ليفي موضوعة عند مركز حافة الصمام . فاذا انضغطت الصمامات نحو الاسفل تماست السطوح والاجزاء المذكورة والتفت اجسام ارنتيوس في مركز الفتحة وسدتها سدًّا محكمًا غير ان ليس وجود اجسام ارنتيوس ضروريًّا اذ لا نشاهد احيانًا في صمامات الشريان الرئوي

وعمل الصمامات الاذينية البطينية انها تسد الفتحتين الاذينيتين البطينيتين بواسطة ماسة حوافيها . وكيفية ذلك انهُ عند الانقباض الاذيني يندفع الدم الى البطين فيمددهُ غير انهُ لا يرفع الصمامات الهلالية لضعف القوة الدافعة ولكنهُ يرفع ويطبق الصمامات الاذينية البطينية حتى اذا امتلأ البطين صارت حاجزًا

شكل ٢٧

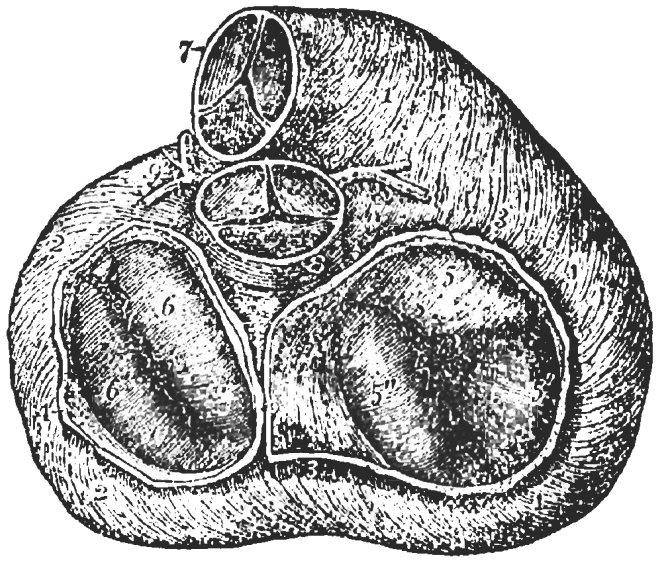


تامًّا بينهُ وبين الاذين. ومما يعين في رفع الصمامات المذكورة النسيج المرن الذي يدخل في بنائها ولاسيما في وجوهها السفلى على ما اظهرهُ المعلم مركهام . ثم عند انقباض البطينين تتماس حوافي الصمامات بواسطة انقباض العمد اللحمية التي

ش ٢٧. رسم احد شطري القلب لاجل اظهار انطباق الصمام الاذيني البطيني وانفتاح الصمامات الهلالية

ترتبط بها الحبال الوترية وتثبت في وضعها الافقي بحيث لا تنثني نحو التجويف الاذيني وعلى ذلك تسد الفتحة الاذينية البطينية سدًّا محكمًا مدة الانقباض البطيني. غير انهُ في بعض الاحوال لا يكون السد تامًّا في الصمام الثلاثي الرؤوس فتتقهقر كمية من الدم الى الاذين اليمنى وربما كان ذلك مفيدًا في منع زيادة امتلاء الاوعية الرئوية كما يحدث في بعض الامراض الصدرية والحركة العنيفة

شكل ٢٨



والمجهود الشديد. ولعلهُ في الاحوال المذكورة لا يستطيع ان ينقبض البطين انقباضًا سريعًا او تامًّا كما ينبغي فلا ينطبق الصمام الثلاثي الرؤوس انطباقًا محكمًا ولذلك يتقهقر الدم كما يظهر من نبض الوريد بن الوداجيين مجاريًا نبض السباتيين في زمن واحد. وربما منع ذلك انفجار البطين الايمن الذي جدرانهُ ارق جدًّا من جدران البطين الايسر

ش ٢٨. قطع القلب عرضًا عند قاعدة قسمهِ البطيني وقد قُطع الاورطي والشريان الرئوي اعلى الصمامات الهلالية والاذينان اعلى الفتحتين الاذينيتين البطينيتين وقد رُسمت الصمامات منطبقة. 1 قاعدة البطين الايمن. 2 قاعدة البطين الايسر. 3 جدار الاذين اليمنى مقطوعًا. 4 اليسرى. 5 الصمام الثلاثي الرؤوس. 6 الناجي. 7 الشريان الرئوي. 8 جذر الاورطي. 9 الشريان الاكليلي الايمن. 10 الايسر

صوتا القلب وانقباضه

اذا وُضِعَت الاذن على القسم القلبي من اقسام الصدر سُمِع صوتان لكل نبضة من نبضات القلب يتبع احدهما الآخر سريعًا ثم يعقبهما سكون او دور سكوت . فالصوت الاوّل اصم طويل بداءته تقابل اندفاع القلب وتسبق النبض الكعبري بلحظة . والصوت الثاني قصير حاد بالنسبة الى الاوّل يعقب النبض الشرياني بلحظة . والمدة التي يشغلها الصوتان ومدة السكون متساويتان تقريبًا . واما طول المدة النسبي التي يشغلها كلٌّ من الصوتين فغير معلوم بالتحقيق الاّ انهُ يدرك الفرق بينهما من هذا القبيل بواسطة النظر الى القوات الفاعلة للصوتين فان الصوت الاوّل موقوف على انقباض كتلة عظيمة من الالياف العضلية انقباضًا بطيئًا بالنسبة الى انقباض الاذينين لاجل دفع الدم ضد مقاومة عظيمة والثاني موقوف على عود طبقة الشريانين المرنة الى هيئتها الاصلية بعد تمددها بالدم المندفع اليهما من البطينين وهو قصير لانهُ لا يوجد مقاومة لغلق الصمامات الهلالية كما كان لفتحها . وقد شبَّه المعلم وليمس الصوتين بلفظتي لَبّ دَبّ

واما الحوادث التي تصاحب الصوت الاوّل من حيث الزمن فهي انقباض البطينين وبداءة انبساط الاذينين وغلق الصمامات الاذينية البطينية وفتح الصمامات الهلالية ودفع الدم الى الشريان الرئوي والاورطي . ونبض الشريان الوجهي يعقب هذا الصوت بنحو $\frac{1}{20}$ جزءًا من الثانية والنبض الرسغي بنحو $\frac{1}{6}$ ثانية . واما الصوت الثاني فيعقب حالاً نهاية انقباض البطينين ويصاحب سدّ الصمامات الهلالية ودوام انبساط الاذينين وبداءة انبساط البطينين وفتح الصمامات الاذينية البطينية (كما يظهر من الجدول السابق) . والسكون يعقب حالاً الصوت الثاني ويقابل اولهُ امتلاء الاذينين التام وآخرهُ انقباضهما وامتلاء البطينين وتكون في كل مدتهِ الصمامات الاذينية البطينية مفتوحة والصمامات الشريانية مغلقة

اختلف الفيسيولوجيون على الاسباب التي يحدث منها الصوت الاول والمرجَّح عند عامتهم ان السبب الاعظم هو الاهتزاز الحاصل في الصمامات الاذينية البطينية وايضًا الجدران البطينية وطبقات الشريان الاورطي والرئوي مدة الانقباض البطيني . وقد امتحن ذلك المعلم ڤلتين بان اخذ قطعة معى فرس وربطها من الطرف الواحد وملاها ماء ملاء معتدلاً لم يخالطهُ هواء ثم ربط بطرفها الآخر محقنة مملوءة ماء واحكم الربط ودفع ماء المحقنة الى المعى فحدث صوت كامل المشابهة لصوت القلب الاوّل ناشئٌ عن توتر جدران المعى توترًا فجائيًا . ويضاف الى السبب المذكور اسباب اخر ضعيفة هي اولاً الصوت الناشئ عن الانقباض الفجائي الاغتصابي الذي يحدث في كتلة جدران القلب المؤلفة من الياف عضلية . ثانيًا اهتزاز الدم نفسهِ عندما ينضغط ضغطًا سريعًا ويندفع من القلب الى الشرايين وانفتاح الصمامات الهلالية . ثالثًا لطم القلب جدران الصدر

واما سبب الصوت الثاني فبسيط بالنسبة الى الاوّل ويظهر انهُ موقوف بالكلية على التوتر الفجائي الذي يحدث في الصمامات الهلالية عندما تنضغط الى الاسفل فتقاطع فتحة الاورطي والشريان الرئوي والدليل على ذلك انهُ بين جميع الحوادث التي تصاحب الصوت الثاني لا شيء منها يحدث صوتًا الاّ السبب المذكور . وقد امتحنوا الامر في الحيوانات الحية كالعجول فادخلوا ابرتين منحنيتين في قاعدة الشريان الرئوي والاورطي بحيث تبطل وظيفة احد الصمامات الهلالية فلم يسمع الصوت الثاني عند الاستقصا بالاذن . ومما يثبت ذلك ايضًا ان امراض الصمامات الهلالية التي تعارض اجراء وظيفتها تغيّر كيفية الصوت الثاني او تبطلهُ . ومن جملة الاسباب التي تُؤدّي الى كون الصوت الثاني اوضح واحدّ من الاوّل ان الصمامات الاذينية مكتنفة بطبقة غليظة من الالياف العضلية التي تتكوّن منها جدران القلب والصمامات الشريانية خالية منها فاذا وقع فيها الاهتزاز الحادث من توترها كان صوتها اقرب الى الجدران الصدرية

واضحًا للاذن عند الاستقصاء . — ولا يدوم الصوت الثاني جميع المدّة التي تكون فيها الصمامات الهلالية مغلقة لانهُ حادث على الارجح من توترها واهتزازها السريع الزوال

ولانقباض الاذينين الذي يحدث عند نهاية السكون صوت لا يسمع خارج الصدر فاذا كُشِف القلب ووُضِعت المستقصية عليهِ سمع صوت خفيف يسبق صوت الانقباض البطيني الذي هو اقوى منهُ ويختلط بهِ

في اندفاع القلب . عند بداءة الانقباض البطيني يُشعَر بان القلب قد اندفع نحو الجدران الصدرية واطمها لطمة خفيفة ويُشعَر بهذا الاندفاع في الخلاء الواقع بين الضلع الخامس والسادس الى يسار القص بنحو قيراط ونصف . وتختلف قوة الاندفاع والمساحة التي يمتد اليها تبعًا للاشخاص وللكيفيات التي يوجد فيها الشخص الواحد فاذا كان الشخص مهزولاً كان الاندفاع واضحًا ممتدًّا الى مساحة متسعة خلافًا للسمان واصحاب البنية القوية الذين طبقتهم الدهنية او العضلية سميكة حاجزة بين القلب وسطح الصدر . وكذلك يتوضح الاندفاع عند الزفير المغتصب اكثر من الشهيق الغائر لان انتفاخ الرئة التي تتجاوز على القلب وتغطيهِ يمانع انتقال اللطمة الى السطح . واذا تهيج عمل القلب او كان البطينان متضخّمين زاد الاندفاع واذا كان ضعيف العمل او كانت الجدران البطينية مهزولة نقص

ويظهر ان سبب اندفاع القلب اولاً انحناء راسهِ نحو المقدم بحيث يلطم جدار الصدر ويظن ان الانحناء المذكور ناشئٌ عن انقباض الالياف العضلية المغزلية الشكل الداخلة في تكوين البطينين . والسبب الثاني لذلك وهو الاثبت والافعل تغيير شكل القلب فانهُ عند انقباض البطينين تتقارب قاعدة القلب وراسهُ ويصير شكلهُ كرويًّا بارزًا فاذا وضع الاصبع على مقدم الصدر او تحت الحجاب الحاجز على القسم البارز يشعر باندفاع واضح . ومما يعين في احداث الاندفاع ان الاورطي يميل الى الاستقامة وقلة الانحناء عند تمددهِ بالدم المندفع

اليه من البطين. وقد اظهر المعلم كورشز من بحثهِ في هذا الامران الاجزاء التي عند قاعدة القلب تتمدد نحو الاسفل والخلف بواسطة الدم الجاري الى الاذينين والبطينين مدة انبساط البطينين ثم تعود الى شكلها الاصلي عند انقباض البطينين

تواتر عمل القلب وقوته

يُعلَم تواتر عمل القلب من عدد النبضات الشريانية التي تقابل الانقباضات البطينية . وبناء على ذلك يكون عمل قلب الرجل البالغ في الصحة من سبعين الى خمس وسبعين مرة في الدقيقة . وهذا التواتر يتناقص تدريجًا من بداءة الحيوة الى منتهاها كما يظهر من الجدول الآتي

في الجنين معدّل عدد النبض في الدقيقة		١٥٠
عند الولادة	من ١٤٠	الى ١٣٠
في السنة الاولى	من ١٣٠	الى ١١٥
في السنة الثانية	من ١١٥	الى ١٠٠
في السنة الثالثة	من ١٠٠	الى ٩٠
نحو السنة السابعة	من ٩٠	الى ٨٥
نحو السنة الرابعة عشرة	من ٨٥	الى ٨٠
في الكهولة	من ٨٠	الى ٧٠
في الشيخوخة	من ٧٠	الى ٦٠

عمل القلب اسرع قليلاً في الذين مزاجهم دموي منهُ في المزاج البلغمي وفي الاناث من الذكور. ويزيد تواترهُ بعد الطعام واكثر من ذلك مدة الاجهاد الجسدي والتهيج العقلي وينقص مدة النوم . وللمرض فعل ظاهر في زيادة ونقصان النبض . واما في الصحة فيظهر ان النبض اسرع في الصباح منهُ في المساء وفي الانتصاب منهُ في الجلوس ولاسيما في الذكور وفي الجلوس منهُ في الاستلقاء واكثر هذا الفرق بين الانتصاب والجلوس . وقال المعلم پروت ان النبض يزيد كلما زاد العلو عن مساحة البحر وامتحن المعلم فرنكلاند ذلك بانهُ

صعد الى قمة جبل بلانك وبات هناك ليلة فكان نبضهُ في الصباح ١٢٠ ثم اخذ في الهبوط فكان يتنازل النبض تدريجًا الى انهُ صار ٦٠ وهو عدد نبضهِ الطبيعي

ويشاهد في الصحة نسبة متساوية بين تواتر النبض والتنفس. فلكل تنفس واحد ثلاث او اربع نبضات وتدوم النسبة المذكورة ولو اسرع النبض اسراعًا طبيعيًا كما يكون بعد الطعام او الرياضة الجسدية. واما في المرض فتبطل غالبًا فانهُ في بعض الامراض التي يشتد فيها تواتر النبض يشتد ايضًا تواتر التنفس غير ان النسبة بينهما لا تكون محدودة وفي بعض الامراض يشتد تواتر النبض ولا يشتد تواتر التنفس او قد يتواتر التنفس من غير ان تصاحبهُ سرعة مقابلة لهُ في النبض بل قد يهبط عن القياس الصحي

قوة انقباض البطين الايسر ضعفا ما للايمن تقريبًا وقال المعلم ڤلنتين انها تساوي $\frac{1}{50}$ جزءًا من ثقل كل الجسد وان قوة البطين الايمن الانقباضية تساوي $\frac{1}{100}$ فقط. وهذا الاختلاف ناشئٌ عن ان جدران البطين الايسر اغلظ من جدران البطين الايمن بنحو ضعفين وذلك لان البطين الايسر يدفع الدم الى كل اجزاء الجسد والايمن لا يدفعهُ الاَّ الى الرئتين فقط. واما مقدار قوة الاذينين الانقباضية فلم نعلم الى الآن وكذلك القوة الباسطة للاذينين والبطينين الاَّ انهُ يظهر ان الانبساط لا يتوقف على هبوط الدم وتمديدهِ لجدران القلب لانهُ اذا أُخرِج القلب من الجسد قد يدوم عملهُ فغاية ما يقال في هذا الشان ان الانبساط لا يقاوم جري الدم الى باطن القلب

ويظهر ان سعة البطينين واحدة بحيث ان كلاً منهما يسع نحو ثلاث اواق. وتندفع جميع هذه الكمية الى الشريان الناشئ من البطين عند الانقباض. واما سعة الاذينين فتقارب سعة البطينين الاَّ انها اقل وجدرانهما ارق جدًا والحكمة في قلة السعة ان بعض الدم يكون قد هبط الى البطينين قبل انقباض الاذينين وفي رقة الجدران انهُ لا يحتاج الى قوة عظيمة في دفع الدم من الاذينين الى البطينين المجاورين لها

سبب نظام عمل القلب

ذهب الفيسيولوجيون مذاهب مختلفة في التعليل عن سبب حركات القلب المنتظمة التي تميّزهُ عن بقية العضلات . فقال بعضهم ان ملامسة الدم الشرياني للغشاء المبطن تجويفي الشطر الايسر والدم الوريدي للتجويفين الايمنين تهيج جدران التجاويف المذكورة فتنقبض . وقد ابطلت الامتحانات هذا القول فان عمل قلوب بعض الحيوانات ولاسيما التي تعيش في الماء والهواء والاسماك يدوم بعد اخراجها من الجسد فتنقبض وتنبسط على ترتيبها المنتظم بدون ان يكون فيها شيء من الدم ولو وُضِعَت في خلاء بحيث لايمسها الهواء الجوي ولا يفعل فيها

ويظهر من تاثير العقل وبعض عال الدماغ والنخاع الشوكي في عمل القلب ان للمجموع الدماغي الشوكي العصبي دخلاً في ذلك . غير ان الامتحانات الكثيرة التي أُجرِيت من هذا القبيل لم تأتِ ببرهان واضح على ان عمل القلب موقوف راسًا على قسم من الدماغ او الحبل الشوكي بل كانت نتائجها متناقضة ولكنها تؤدّي في الجملة الى انهُ اذا تهيج احد هذين المركزين لم يحدث من ذلك تغيير ثابت واضح في عمل القلب . نعم ان اهلاك الدماغ او الحبل الشوكي او اهلاكهما معًا سريعًا يبطل حركة القلب ولكن ذلك ناتج بحسب الظاهر من الصدمة القوية لحيوة الحيوان لان القلب قد يعود الى عملهِ بواسطة التنفس الاصطناعي ثم يبطل اذا حصلت صدمة اخرى للعدة . ولذلك اذ نسلّم بان للدماغ والحبل الشوكي نوعًا من التاثير في حركة القلب لا يصح ان ننسب لهذين المركزين العصبيين النظام المرتب في عمل القلب

وانما يتضح من دوام حركة القلب على ترتيبها المنظوم بعد اخراجهِ من الجسد وقبولها للتهيج بعد انقطاعها ان سبب هذه الحركة مستقر في القلب نفسهِ . ويظهر من بحث ومشاهدات ريماك وفولكمان ولي وغيرهم ان السبب متعلق بوجود عقد كثيرة دقيقة من المجموع السيمباتوي العصبي متوزعة في جوهر القلب ومتصلة بعضها ببعض بواسطة الياف عصبية . والظاهر ان هذه العقد

بمنزلة مراكز او اعضاء لاحداث الحركة وان الالياف العصبية تضمها بعضها الى بعض بحيث تصير مجموعًا واحدًا وتتوافق على احداث انقباضات عضلات القلب الواحد بعد الآخر على نسقها المعلوم. وسياتي الكلام على كيفية عمل العقد المذكورة في باب المجموع العصبي وسيظهر حينئذٍ ان الخاصة المميزة للقلب من هذا القبيل موقوفة على عدد عقده وعلى القوة المتساوية التي لكلٍّ من هذه العقد بحيث ان عمل جزء من القلب لا يكون سببًا لعمل جزء آخر. فاذا أُخرِج مثلاً قلب احد الحيوانات الزحافة وقُسِم الى شطريه دام عمل الاذنين والبطين في كلٍّ من الشطرين المنفصلين فلا يقال اذًا ان عمل الشطر الايمن مستولٍ على عمل الشطر الايسر او الايسر على الايمن بل يُحكَم بان توافقهما على العمل في القلب الحي ناشئٌ عن قوة واحدة مستولية عليهما جميعًا. ولا يقال ايضًا ان عمل الاذنين مستولٍ على عمل البطينين لانهما اذا انفصلا دام عملهما من حيث الانبساط والانقباض بدون ان يكون اتصال بينهما

وقد اظهر المعلم باجت ان سبب نظام العمل لا يستقر على حدٍّ سوى في جميع اجزاء القلب لانهُ اخرج قلب سلحفاة وقطعهُ قطعتين احداهما مشتملة على الاذنين وقاعدة البطين والثانية على ما بقي من البطين فكانت تعمل الاولى عملاً منتظمًا خلافًا للثانية. فيظهر من ذلك ومن امتحانات اخرى من هذا القبيل ان مجلس القوة الناظمة للعمل في البطين ولعلهُ في الاذنين ايضًا موضوع نحو الحلقة المتوسطة بين الاذنين والبطين لاننا نرى ان القسم الذي يبقى متصلاً بها يعمل عملاً منتظمًا واما القسم المنفصل عنها فيعمل عملاً غير منتظم. ويظهر منها ايضًا ان النظام لا يتوقف على النسيج العضلي بل هو ناشئٌ من العقد العصبية الموضوعة عند الحلقة المذكورة فهي المراكز الحقيقية للعمل النظامي. غير انهُ لم يعلم الى الآن لماذا تعمل هذه المراكز العصبية عملاً متقطعًا منتظمًا لا عملاً دائمًا ولعل التعليل الذي قدّمهُ المعلم باجت المذكور هو الاقرب الى الصواب وهو ان جميع الاعمال المنتظمة موقوفة على انتظام تغذيتها اي ان الاجزاء العاملة ترتقي في التغذية الى

درجة لا تمكّنها من الثبات في التركيب الكيماوي فينتهي الامر باجراء وظائفها اي بدفع القوة العصبية من العقد المذكورة الى الجدران العضلية التي تنقبض حينئذٍ

فالنتيجة التي نتوصل اليها مما تقدم هي ان العقد العصبية الموجودة في جوهر القلب هي الفاعل الاصلي لحركات القلب الموقونة غير ان العقد نفسها قابلة للانفعال من الخارج بواسطة فروع من العصب الرئوي المعدي والعصب السيمباتوي

وذهب عامة الفيسيولوجيين الى انهُ يُحمَل بواسطة العصبين الرئويين المعديين تاثير يحجز عمل القلب وذلك بناء على انهما اذا قُطِعا ازدادت نبضاتهُ عددًا وقوةً واذا تهيجا بواسطة سيل كهربائي تناقصت النبضات وربما بطلت بالكلية . ولكن اذا تهيج العصبان السيمباتويان ازداد عمل القلب سرعةً وقوةً . ولكنهم لم يتفقوا على التعليل من جهة هذه النتائج ويظهر انهُ لا بد من زيادة البحث في هذا الامر قبل ان يُحكَم فيهِ حكمًا ثابتًا

واما علاقة عمل القلب بالاعضاء الاخر والتاثيرات التي تحدث فيهِ بواسطتها فعائدة الى اتصال مجموعهِ العصبي ببقية عقد العصب السيمباتوي وبالدماغ والحبل الشوكي بواسطة العصبين الرئويين المعديين . غير ان ظهور التاثيرات المذكورة يكون خاصةً في المرض وقلما نشاهد في غيرهِ فان توقف او تغير عمل القلب بواسطة صدمة وبطوء حركتهِ عند انضغاط الدماغ او اذى القسم العنقي من الحبل الشوكي وخفقانهُ وعدم انتظامهِ في سوء الهضم والايستيريا هي دلائل واضحة على علاقة القلب بالاعضاء الاخر بل هي اوضح مما يتوصل اليهِ بواسطة الامتحانات الفيسيولوجية

نتيجة عمل القلب

قد ظهر من تجارب كثيرة ان القوة الدافعة الناشئة من انقباضات القلب هي وحدها كافية لدورة الدم . فمن جملتها ان المعلم شاربي حقن دم ثور في

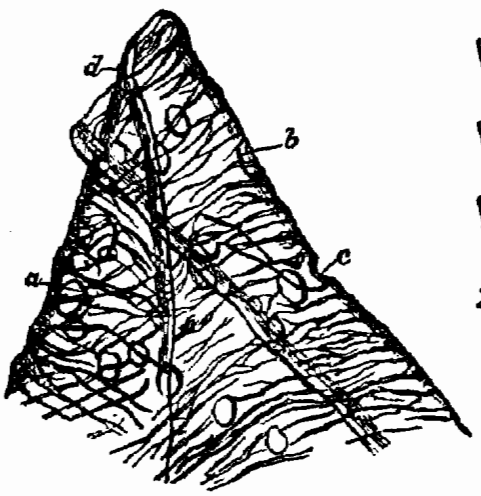
الاورطي الصدري لكلب قُتِل حديثًا بعد ان ربط الاورطي البطني اعلى منشأ الشريانين الكلويين فرأى ان الدم الذي حقنهُ في الاورطي خارجًا من الاجوف السفلي على هيئة سيل متصل وكانت القوة التي دفع بها الدم تساوي قوة انقباض البطين في الكلب . وبناء على ذلك يكون قد جرى الدم في الاوعية الشعرية العامة والكبدية . ثم اعاد الامتحان بانهُ حقن الدم بالقوة السابقة من غير ان يربط الاورطي اعلى الشريانين الكلويين فجرى الدم من اوعية الطرف السفلي . ثم امتحن الامر في الدورة الرئوية فوجد ان الضغط الذي يساوي ضغط قيراط ونصف او قيراطين من الزئبق كافٍ لدفع الدم في الاوعية الرئوية

غير انهُ ولو ترجح ان عمل القلب وحدهُ كافٍ لاحداث الدورة يظهر انهُ توجد قوات اخر اضافية ومعينة لهُ ذكرناها على الجملة في ما مضى وسنذكرها الآن بالتفصيل

في الشرايين

جدران الشرايين مؤلفة من ثلاث طبقات ظاهرة ومتوسطة وباطنة . فالطبقة الظاهرة مبنية من النسيج الليفي الخلوي معظم اليافهِ موضوع وضعًا طوليًا ولها فائدتان الاولى انها غلاف متين يقوّي جدران الشريان ويحفظها من الاذى اذا تمددت تمددًا مفرطًا بواسطة قوة القلب الدافعة والثانية انها نسيج مناسب لتفرع اوعية الاوعية فيهِ التي تحمل الدم لاجل تغذية الجدران الشريانية . والطبقة الباطنة

شكل ٣٩



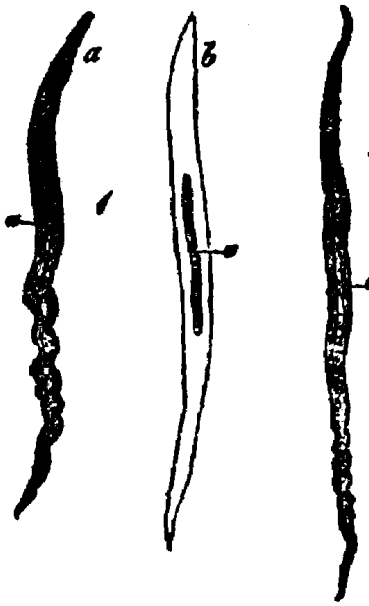
مكوّنة من طبقتين ظاهرة ليفية البناء (هي الطبقة المخططة او الكويّة للمعلم هنلي)

ش ٣٩. قطعة من الطبقة الكوية للمعلم هنلي من الشريان الفخذي . مكبرة ٣٠٠ قطر. a و b و c ثقوب

وباطنة مكوّنة من غشاء رقيق جدًّا قصم وهي قليلة المرونة تجعد عند انقباض الشريان . وتغشي وجهها الباطن طبقة لطيفة من الابيثيليوم فيصير املس مصقولاً كثيفًا بحيث يجري عليهِ الدم باقل ما يمكن من مقاومة الاحتكاك

واما الطبقة المتوسطة فهي مجلس الخاصة التي بها تؤثر الشرايين في الدورة. وكان يُظَن سابقًا انها طبقة واحدة وقد ظهر من البحث الحديث انها طبقتان الظاهرة منها مكوّنة من الياف النسيج الاصفر المرن فهي الطبقة المرنة . والباطنة مكوّنة من الياف باهتة اللون مسطحة حلقية الوضع (هي الكريات الليفية للمعلم كوليكر) لاتختلف اختلافًا جوهريًّا من حيث البناء والتركيب الكيماوي عن الالياف العضلية غير المخططة التي تتكوّن منها الطبقة العضلية للمعدة والامعا وغيرها فهي الطبقة العضلية كما سماها اولاً المعلم هنتر

شكل ٤٠



وتختلف نسبة هاتين الطبقتين احداهما الى الاخرى اي المرنة والعضلية من حيث السماكة بحسب اختلاف الشرايين وهي متعاكسة غالبًا فان الشرايين التي نسيجها المرن كثير يقل فيها النسيج العضلي والعكس بالعكس . ففي الشرايين العظيمة كالاورطي وفروعهِ الكبرى يكاد لايشاهد اثر من الطبقة العضلية وانما معظم جدرانها مكوّن من النسيج المرن . واما الشرايين البعيدة من القلب الصغيرة الجرم فتنقص طبقتها المرنة وتزيد غالبًا طبقتها العضلية

فيظهر مما تقدم ان خاصة الانقباض في الشرايين موقوفة على الطبقة العضلية بحيث لاينقبض شريان كانقباض العضلات اذا كان خاليًا من

ش ٤٠ . كريات ليفية عضلية من الشريان البشري مكبّرة ٣٥٠ قطرًا . a حالتها الطبيعية . b بعد معاملتها بالحامض الخليك لاجل الشفوف واظهار النواة

الطبقة المذكورة. واما خاصة المرونة فلا تقتصر بالكلية على الطبقة المرنة على ان هذه الطبقة هي مجلسها الخاص فان جميع الطبقات فيها اكثر او اقل من ذلك فتعود الى هيئتها الاولى بعد تمددها بالدم وتعينها في ذلك مرونة الانسجة المحيطة بها

الفوائد الناتجة عن مرونة الشرايين كثيرة وهي اولاً ان هذه الخاصة تقيها من الانفجار عند الضغط الفجائي الذي يحدث فيها كلما انقبض البطينان. فانهُ عند الانقباض المذكور يندفع الدم من البطينين الى الشرايين اندفاعًا اسرع مما يمكن تفريقهُ الى الاوعية الشعرية ولما حصل من ذلك مقاومة قصيرة لسير الدم نحو المقدم اتجهت بعض القوة الدافعة الى الجدران الشريانية التي لولا مرونتها وتمددها لقبول الدم لكانت تنفجر. وهذه المرونة مفيدة في جميع الشرايين ولاسيما ما كان منها بقرب القلب التي سبق القول ان معظم جدرانها مكوّن من النسيج المرن توفيقًا لقوة البطين الايسر العظيمة التي تفعل اولاً فيها ولزيادة ضغط الدم الشرياني عند الزفير الاغتصابي

ثانيًا تظهر فائدة مرونة الشرايين عند انتهاء الضغط المذكور آنفًا اي عند انتهاء انقباض البطينين فان الشرايين تعود حينئذٍ الى قطرها الاوّل نظرًا الى مرونتها فتضغط الدم الذي فيها مدّة سكون وانبساط البطينين ضغطًا متصلاً ومن جرى ذلك يحدث اتصال سيل الدم من غير انقطاع. فلولا التجهيز المذكور اي لو كانت الشرايين مثلاً انابيب صلبة خالية من المرونة لما كان جري الدم على هيئة سيل متصل بل كان منقطعًا يجري تارةً ويسكن اخرى تبعًا لانقباض البطينين وسكونهما. والحال ان قوة البطينين الانقباضية يتجه بعضها الى دفع الدم وبعضها الى تمديد الشرايين المرنة فاذا حدثت الفترة بين انقباضات البطينين كانت القوة الناشئة من رجوع وانقباض الشرايين بعد تمددها متجهة الى دوام دفع الدم على مجراهُ المعلوم. فان قيل ان الضغط الحاصل من انقباض الشرايين يدفع الدم الى كل جهة اي الى الوراء كما الى

الامام فيجاب ان تقهقر الدم الى الوراء ممنوع بواسطة الصمامات الشريانية التي تنطبق عند بداءة انقباض الجدران الشريانية . غير ان الفائدة الناشئة من مرونة الشرايين لا تزيد القوة الدافعة بل تقبلها مدّة انقباض البطينين وتذخرها ثم ترسلها مدّة انبساطها فيتكوّن من ذلك اتصال القوة الدافعة واتصال السيل الدموي على شكل مجرى مستمر غير منقطع في الاوعية الدموية

والفائدة الثالثة للطبقة المرنة هي انهُ يعاد بها قطر الشريان الى حجمهِ الاصلي بعد انقباض طبقتهِ العضلية او وضع قوة ضاغطة من الخارج

ويضاف الى ما ذُكِر من فوائد مرونة الشرايين فائدتان اخريان وهما اولاً سعة الشرايين لقبول مقدار اوفر من الدم مما يكون فيها عادةً كما يحدث عند انقباض البطينين او اذا كثرت كمية الدم في جميع الجسد او في جزءٍ منهُ ففي الاحوال المذكورة تتسع الشرايين بواسطة زيادة في غلظها وطولها. ثانيًا مطابقة الشرايين لحركات الجسد بواسطة مرونتها

سبق القول ان الطبقة الشريانية المتوسطة قد يمكن فصلها الى طبقتين احداها ظاهرة وهي المرنة التي سبق ذكرها والاخرى باطنة عضلية نستوفي الكلام عليها الآن. اوّل من قال بوجودها في جميع الشرايين الاّ الكبيرة منها المعلم هنتر ثم تابعهُ المعلم هنلي وقال انها شبيهة البناء بالعضل الآلي من كل جهة الاّ من حيث اختلاطها بخيوط مرنة دقيقة . وقد ظهر من البحث في عمل الشرايين من هذا القبيل امران الاوّل ان خاصة الانقباض في الشرايين تختلف اختلافًا جوهريًّا عن مرونتها والثاني ان الانقباض الشرياني والانقباض العضلي شيءٌ واحد . واما الادلّة التي تثبت ذلك فهي

١ . اذا عُرِّض شريان صغير في الجسد الحي للهواء او البرد انقبض تدريجًا انقباضًا ظاهرًا. فان المعلم هنتر كشف الشريان القصبي الخلفي في كلب فانقبض في وقت قصير الى ان كاد الدم لا يجد سبيلاً للمرور فيهِ . وقد أُعيدت التجربة المذكورة مرارًا كثيرة فكان الحاصل على ما سبق

٢ . اذا قُطع شريان عرضًا انقبض الطرفان المقطوعان وربما انسدت الفتحتان بالكلية . وتختلف سرعة الانقباض ودرجتهُ بحسب اختلاف الحيوانات فهما اشد غالبًا في الحيوانات الصغيرة السن منهما في الكبيرة ويظهر انهما اقل في الانسان مما في الحيوانات . وهذا الانقباض عائد بعضهُ الى المرونة وبعضهُ الى العمل العضلي ايضًا لانهُ يزيد عند التعرض للبرد او للجواهر المهيجة البسيطة او بتهييج طرفي الشريان المقطوعين تهييجًا ميكانيكيًا كالوخس والفتل . وهذه النتائج لا تتبع التهييج لو لم يكن للشرايين قوة اخرى للانقباض ما عدا ما يحصل من المرونة

٣ . تدوم خاصة الشرايين الانقباضية ساعات كثيرة بعد الموت فتتميز بذلك عن المرونة . فانهُ اذا كُشِف قسم من شريان كالطحالي مثلاً في حيوان قُتِل حديثًا ينقبض تدريجًا الى انهُ قد تنسد قنانهُ بالكلية ويبقى منقبضًا من بضع ساعات الى يومين ثم ينبسط ويستمر هكذا . وحقن المعلم هنتر رحم بقرة بعد اخراجهِ منها باربع وعشرين ساعة فشاهد بعد يوم واحد ان الشرايين الصغيرة قد انقبضت ودفعت ما كان فيها من المادة المحتقنة الى الشرايين الكبيرة بحيث غلظ جرمها فظهر لهُ من ذلك ان قوة الشرايين الانقباضية تدوم مدة بعد الموت وانها اشد في الشرايين الصغيرة منها في الكبيرة لما تقدم من تغلب الطبقة العضلية فيها . واعاد التجربة في قطع شرياني الحبل السري فرأى ان الاطراف المقطوعة تنقبض انقباضًا تامًا وكانت كيفية ذلك ان امرأة ولدت يوم الخميس بعد الظهر فربط الحبل السري في موضعين وقطع بينهما بحيث بقي الدم محصورًا في الحبل والمشيمة . ثم في صباح اليوم التالي ربط الحبل من اسفل على بعد نحو قيراط من الرباط الآخر بحيث يبقى الدم محصورًا في الحبل والمشيمة وقطع بين الرباطين فجرى كل الدم من اوعية القطعة المفصولة ثم تأمل بجرم اطراف الشريانين المقطوعين مما ادّت اليهِ المرونة وتركها ليشاهد قوة اوعيتها الانقباضية . وفي صباح السبت اعاد النظر اليها فرأى ان افواه الشريانين قد انسدّت بالكلية . ثم اعاد التجربة في ذلك اليوم

نفسهُ في قطعة اخرى من الحبل فكانت النتيجة صباح الاحد كما كانت صباح السبت. ثم اعادها مرة ثالثة يوم الاحد ونظر الى الشرايين صباح الاثنين فوجد ان الشرايين قد فقدت قوتها الانقباضية لانهُ رأى افواهها مفتوحة. ولم يشاهد الاَّ قليلاً من التغيير في فوهات الاوردة في التجارب المذكورة

٤. قد سبقت الاشارة الى زيادة انقباض شريان مقطوع بواسطة البرد. واثبت ذلك ايضًا المعلم شوان بواسطة التجربة الآتية في ماسارِيقا ضفدعة حية وهي انهُ مدَّد الماسارِيقا تحت المكرسكوب ووضع عليها بعض نقطات ماء درجة حرارتهِ اخفض من الهواء الجوّي فاخذت الاوعية حالاً في الانقباض الى انهُ بعد عشر او خمس عشرة دقيقة نقص من قطر القنوات الشريانية اكثر من النصف ثم اخذت في الانبساط وبعد نصف ساعة عادت الى حجمها الاصلي. ثم كرَّر العمل مرارًا فكانت النتيجة كما سبق واما الاوردة فلم يشاهد فيها انقباضًا. فاتضح من ذلك ان البرد يهيج الانقباض في الشرايين الصغيرة وهو منبِّه للالياف العضلية الآلية في اجزاء اخر كثيرة ما عدا الطبقة الشريانية كالجلد والمنسلخ وجدران الشعب الرئوية

٥. انكر المعلم موللر الجوهر العضلي في الشرايين بناء على انهُ لا يحدث فيها الانقباض بواسطة التنبيه الكلواني والكهربائي خلافًا لما يحدث في جميع الابنية العضلية. وقد ردَّ عليهِ المعلم قبر وغيرهُ بان تجاربهُ كانت متجهة الى الاورطي والسباتي وغيرهما من الشرايين الكبيرة وجميعها خالٍ من النسيج العضلي الاَّ ما قلَّ وانهم قد جرَّبوا التنبيه المذكور في الشرايين الماسارِيقية الصغيرة في الضفادع فصغر قطرها شيئًا فشيئًا الى انهُ لم تَعُدْ تعبر فيها الكريات الدموية الاَّ واحدة فواحدة ثم انسدت بالكلية وتوقف المجرى الدموي

فممَّا تقدم يظهر جليًا ان للشرايين الاَّ الكبيرة جدًّا منها طبقة عضلية بناؤُها وتركيبها الكيماوي كالعضل الآلي وهي مثلهُ ايضًا من حيث الانقباض عند الكشف والقطع والتنبيه الميكانيكي وبعد الموت بنوع من التيبُّس الموتي وعند

التعرُّض للبرد والتنبيه الكهربائي . فانها في جميع الانقباضات المذكورة ينقص حجمها الى اقل ما يحدث من مجرَّد مرونتها ثم بعد مدَّة تعود بواسطة مرونتها الى حجمها الاصلي

واما الفوائد الناتجة عن الطبقة العضلية فلا يظهر انها تعين في دفع السيل الدموي نحو المقدم الاَّ بما لا يُذكَر . ولكن معظم وظيفتها تعيين كمية الدم التي يحتاج اليها كل جزء على حدتهِ بحسب مقتضى الحال ولاسيما ما تقتضيهِ وظائف الاعضاء باعتبار كمية العمل وزمنهِ . فان كمية الوظيفة التي تجريها الاعضاء تختلف بحسب الزمن وقد يتعاقب الاختلاف تعاقبًا سريعًا بحيث قد يكون العضو عاملاً وغير عامل في الساعة الواحدة كالدماغ مثلاً في مدتي النوم واليقظة . ويحتاج العضو مدَّة قيام وظيفتهِ كمية اوفر من الدم ما يحتاج اليهِ في غير ذلك . فالقوة التي تعيِّن الكمية اللازمة للعضو مستقرة في طبقة الشرايين العضلية التي اذا انقبضت نقَّصت كمية الدم واذا انبسطت زادت الكمية وذلك تبعًا لاحتياج العضو . وعلى ذلك تكون وظيفة البطينين من هذا القبيل تعيين جميع كمية الدم التي تندفع عند كل مرة من انقباضها وكمية القوة الدافعة ووظيفة الشرايين الكبيرة المرنة توزيع السيل الدموي وجعلهُ سويًّا متواصلاً ووظيفة الشرايين الصغيرة ذات الطبقة العضلية تعديل وتعيين كمية الدم التي يحتاج اليها العضو باعتبار حالتهِ من حيث العمل وعدمهِ

غير ان القوة المذكورة من حيث تعديل كمية الدم بواسطة الطبقة العضلية عائدة الى عمل المجموع العصبي . وذلك ان للطبقة المذكورة اعصابًا معظمها وربما كان جميعها من المجموع السيمباتوي ويقال لها الاعصاب محركة الاوعية . وهذه الاعصاب متصلة بواسطة عقد بالاعصاب التي تنشأ من المجموع السيمباتوي وتتوزَّع في الاعضاء التي تغذيتها من هذه الشرايين نفسها . فاذا حدثت حالة في هذه الاعضاء تستدعي اختلافًا في كمية الدم التي تحتاج اليها من حيث الكثرة والقلة حصل من ذلك تاثير في اعصابها الخاصة فيحمل هذا

التاثير الى العقد ثم ينعكس من العقد الى اعصاب الشرايين فتنقبض طبقتها العضلية او تنبسط بحسب التاثير المنقول اليها وتتعين كمية الدم بحسب مقتضى حالة العضو

ومن وظائف الطبقة العضلية انها تعين الطبقة المرنة في تحكيم قطر الاوعية لكمية الدم التي تكون فيها. فان كمية الدم في الاوعية لا تلبث على حال واحد بل تختلف كثيرًا من ساعة الى اخرى فلو لم يكن الاَّ الطبقة المرنة فقط لكان ضغط جدران الاوعية على الدم تارةً قليلاً جدًّا وتارةً كثيرًا جدًّا. وانما يحدث من وجود الجوهر العضلي تسوية في كمية الضغط بحيث تكون قوة الاوعية الدموية موقوفة على الانقباض العضلي المتساوي اللطيف فاذا نقصت هذه القوة كان النبض لينًا واذا زادت كان صلبًا متوترًا

ومن فوائدها ايضًا انه اذا انقطع شريان خفَّفت النزيف الدموي ثم وقَّفته. ولولا انقباض الطبقة العضلية لكانت الجروح تؤدّي الى الهلاك مهما كانت طفيفة لان الاعمال الطبيعية التي يتم بها انقطاع الدم انقطاعًا دائمًا آمنًا لا تحدث الاَّ بعد انسداد الشريان بواسطة الانقباض العضلي

فما تقدم يظهر ان وظيفة الشرايين في الدورة هي اولاً نقل الدم وتوزيعه في جميع اجزاء الجسد. ثانيًا تسوية جريه الدم بحيث تتحوَّل الحركة النبضية الوثبية اي المتقطعة السارية الى الدم من البطينين الى مجرى مستمر متساوٍ. ثالثًا تعيين كمية الدم لكل جزء بحسب حاجته

في النبض

سبب النبض هو حركة الدم الوثبية التي تحولها الشرايين الى سيل متساوٍ متصل. وقد سبق القول انه لما كان الدم لا يستطيع النفوذ من الشرايين بالسرعة التي بها يندفع من البطينين اليها لسبب المقاومة التي تحدث في الاوعية الشعرية اتجهت بعض قوة القلب الدافعة الى جدران الشرايين ومدَّدتها وهذا التمديد يزيد الشريان طولاً وقطرًا. واذا استطالت الشرايين تغير شكلها فان

المستقيمة منها تنحني والمنحنية تزيد انحناء ولكنها تعود الى شكلها وقطرها الاصليين عند انتهاء الانقباض البطيني ورجوع جدرانها المرنة الى حالتها الاولى. وتشاهد هذه الزيادة في الانحناء التي تصاحب تمدد الشرايين ثم رجوعها الى حالتها الاولى في الشريان الصدغي زمن الشيخوخة . وربما يستثنى من ذلك الاورطي الذي يُظَن ان انحناءهُ الطبيعي ينقص عند استطالتهِ

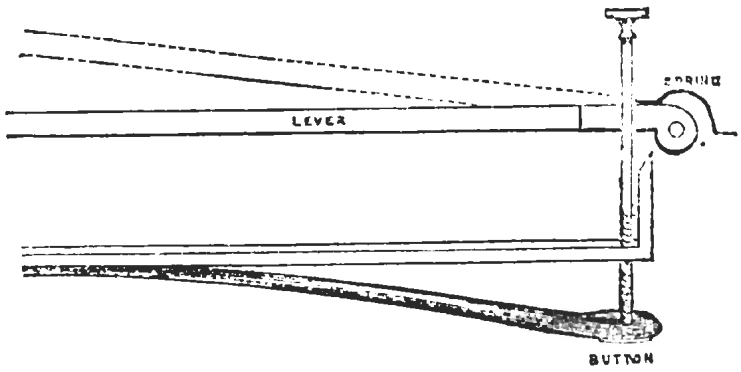
واما انبساط الشريان اي زيادة قطرهِ فيشاهد في بعض الحيوانات الزحافة بالعين المجردة قرب القلب وبزجاجة مكبَّرة بسيطة في اورطي الضفدعة. ولكنهُ لا يشاهد في ذوات الثدي لانهُ خفيف سريع في الشرايين الصغيرة فاحتاجوا الى عمل التجارب لاجل اثباتهِ فكشف المعلم بواسول السباتي الاصلي في فرس حي الى مسافة اثني عشر قيراطًا وادخل تحتهُ آلةً عرف منها ان في النبض تزيد سعة الشريان جزءًا في ثلاثة وعشرين . والمعلم فلورنس احاط شريانًا غليظًا بحلقة معدنية رقيقة مرنة مشرومة فرأى الثرم يتسع عند كل نبضة ويُشعَر بانبساط الشريان واستطالتهِ عند جس النبض بواسطة الانامل. على ان العقل لا يميِّز الحس بالانبساط عن الحس بالاستطالة والانحناء بل ما يدركهُ جليًّا هو الانبساط

ولا يشعر بالنبض الذي هو عبارة عن نبضة من نبضات القلب في جميع شرايين الجسد في لحظة واحدة من الزمن . فانهُ يشعر مثلاً بنبض السباتي هنيهةً قبل الشريين الكعبري وبنبض الكعبري قبل الشريان الظهري للقدم وهكذا في بقية الشرايين بحسب بعدها عن القلب غير ان الفرق بين اقرب الشرايين وابعدها لا يتجاوز سدس او ثمن ثانية . وقد اظهر المعلم ماري ان الانبساط والاستطالة يبدآن في جميع الشرايين في زمن واحد فاذا بلغا غايتهما حدث النبض الآن الباوغ المذكور يكون اسرع كلما كان الشريان قريبًا من القلب

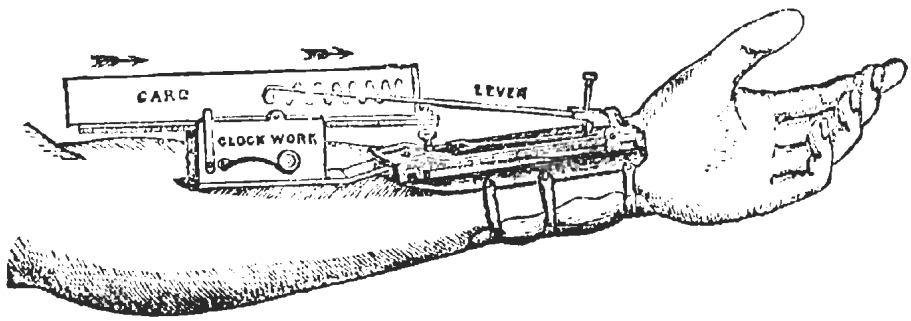
واستنبط حديثًا المعلم فيروردت آلةً يقال لها سفيكموكراف وحسَّنها المعلم ماري فادَّت الى تقدُّم المعرفة باحوال النبض. والآلة المذكورة بسيطة التركيب

جدًّا مؤلفة من زرّ صغير ينوب عن الانامل في جس النبض ويوضع على الشريان الذي يُراد البحث عن نبضاتهِ بحيث يستقر عليهِ استقرارًا خفيفًا. فاذا تحرك الزر حركة الصعود والنزول وصلت هذه الحركة الى مخل يتصل بطرفهِ الخلفي زُنبُرك خفيف يمكّن المخل من الحركة نحو الاعلى ولكن فيهِ من القوة ما

شكل ٤١



شكل ٤٢



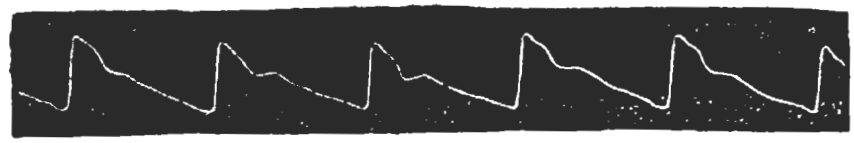
يكفي لمنعهِ من الوثبات الفجائية ثم يأتي بهِ مدة الفترة بين النبضات الى وضعهِ الاصلي. وتربط الآلة غالبًا على الرسغ (ش ٤٢). ويتضح من تاليفها المذكوران من ضربة النبض وعمل الزنبرك تحدث حركة صعود ونزول في المخل بحيث اذا تحبَّر طرفهُ كتب ما يكون على قطعة ورق تحركها آلة دولابية بحسب اتجاه السهم كما يرى في شكل ٤١ وشكل ٤٢. ويقال لهذه الكتابة رسم النبض وبها نتوصل الى نتائج ادق جدًّا مما نتوصل اليهِ بواسطة الاصابع

ش ٤١. رسم كيفية عمل السفيكموكراف. BUTTON زرّ. LEVER مخل. SPRING زنبرك

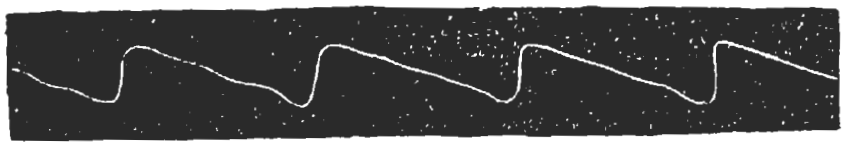
ش ٤٢. السفيكموكراف مربوط على الرسغ لاجل استعلام النبض الكعبري. LEVER مخل. CLOCK WORK آلة دولابية. CARD ورقة لرسم النبض

شكل ٤٣ رسم النبض الكعبري في الصحة الاَّ انهُ غير خالٍ من الضعف . فاذا امعنا النظر فيهِ رأينا ان الخط الصاعد الذي هو رسم ضربة النبض يكاد يكون عموديًّا وان الخط النازل كثير الانحراف ويعارضهُ صعود ثانٍ خفيف فكلما كان النبض قويًّا في الصحة كان الصعود الثاني قليلاً والعكس بالعكس. وشكل ٤٤ رسم النبض الصحي اذا كانت قوة الشريان اشد ممَّا سبق ولذلك يشاهد ان معارضة الخط النازل اقل . واذا تناقصت جدًّا قوة الشريان ولا سيما اذا أُخِذ الرسم من وعاء كبير بجوار القلب كالسباتي يكون احيانًا للخط الصاعد راسان كما يشاهد في شكل ٤٥

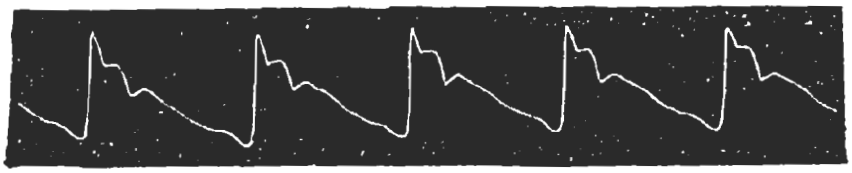
شكل ٤٣



٤٤



٤٥



غير انهُ قبل الكلام على تكوين النبض بحسب ما يظهر من الرسم المذكور لابد من النظر اولاً الى الاسباب التي تشترك في احداثهِ . وهي ان القلب آلة دافعة تدفع في ازمنة معينة كميةً معلومة من الدم الى انبوبة مرنة الجدران ملآنة دمًا ولكن دون البلوغ الى الغاية القصوى من التمدد . فاذا دخلتها الكمية

ش ٤٣ . رسم النبض الكعبري ناقص القوة
ش ٤٤ . رسم النبض في الصحة
ش ٤٥ . رسم النبض الكعبري . يشاهد في الخط الصاعد راسان

الجديدة المندفعة من القلب فانما يكون ذلك من زيادة اتساع الشرايين المسببة عن مرونة جدرانها ثم عند فراغ القوة الدافعة يمتنع الدم من الرجوع الى البطين من حيث اتى بواسطة انطباق الصمامات الهلالية على ما تقدّم ذكرهُ

وكان يُظَن سابقًا ان النبض مسبب لا من عمل البطين راسًا بل من انتشار موجة حادثة من رجوع جدران الشرايين الكبيرة المرنة الى حالتها الاولى بعد تمددها من الامتلاء وكان يظن ايضًا ان تمدد الجدران ورجوعها المتعاقبين المنتشرين في الشرايين بحسب اتجاه الدورة يعللان عن تاخر ظهور النبض في الاوعية البعيدة عن القلب. وقد ظهر حديثًا من بحث المعلم كولت في هذا الامر اعتراض عظيم على ذلك وهو انهُ يشعر بالنبض في كل جزء من المجموع الشرياني قبل حدوث صوت القلب الثاني اي قبل انطباق الصمامات الاورطية فلوكان النبض ناشئًا عن موجة منتشرة بواسطة تعاقب تمدد المجموع الشرياني وانقباضهِ الجزء بعد الجزء لكان يجب ان يعقب او يصاحب صوت القلب الثاني في جميع الشرايين الاَّ القريبة من القلب ولا يمكن ان يسبقهُ ابدًا لان النتيجة الاولى التي تحدث من رجوع جدران الشرايين المرنة التي تتمدد اولاً انما هي انطباق الصمامات الاورطية والانطباق المذكور هو الذي يحدث الصوت الثاني

واما مذهب المعلم كولت الذي يظهر منهُ اتفاق الامرين المتضادين اي سبق النبض لصوت القلب الثاني دائمًا مع ان ظهورهُ في الشرايين البعيدة من القلب يتاخر عن زمن ظهورهِ في القريبة منهُ فهو على ما ياتي : ان الدم المندفع نحو الامام من البطين الايسر لا يضغط الدم الموجود في الشرايين على نوع ان جميع المجموع الشرياني يتمدد دفعة واحدة بل عند دخولهِ الشرايين يدفع الدم الذي فيها فيحدث من ذلك سيلان الحديث منهما اسرع من القديم والبطيء منهما يقاوم سرعة الحديث الى ان تتعادل سرعتهما . ولسبب هذه المقاومة تتجه بعض قوة السيل السريع المندفع من البطين اتجاهًا جانبيًا فتتمدد

الشرايين التي بقرب القلب وتستطيل ولا ترجع الى حالها الاصلي ما دام الدم داخلاً اليها من البطين . واما الموجة التي تتكوّن عند طرف السيل السريع فتبقى مندفعة بواسطة دوام انقباض البطين وتمدد في سيرها جميع المجموع الشرياني جزءًا بعد جزء وهكذا تحدث النبض في جميع الشرايين فاذا وصلت الى الشرايين الصغيرة صار جميع المجموع الشرياني متمددًا في زمن واحد ثم ياخذ في الانقباض ويبدأ كما بدأ التمدد من القلب ذاهبًا شيئًا فشيئًا الى الشرايين الصغيرة فيُحدِث انقباض الجزء الاوّل من المجموع الشرياني انطباق الصمامات الهلالية وصوت القلب الثاني وهذا الانقباض مع ما يعقبهُ من انقباض بقية الاجزاء يضغط الدم مدّة سكون البطين بحيث ان الدم المندفع منهُ على شكل متقطّع يصير سيلاً متصلاً فاذا وصل الى الاوعية الشعرية صار مستويًا

وما عدا الحركة الموجية قد سبق القول ان النبض يبدأ في جميع الشرايين في زمن واحد الاّ ان بلوغ معظم التمدد وهو ما يشعر بهِ بالانامل لا يحدث في وقت واحد بل يتأخّر شيئًا فشيئًا بحسب بعد الوعاء من القلب . فينتج من ذلك جليًّا ان قوة البطين القابضة تكاد تنتشر في زمن واحد في جميع المجموع الشرياني لانهُ لما كان الدم غير قابل للانضغاط الاّ بدرجة طفيفة جدًّا اشبه شجرة مجسّمة تنشأ من القلب وتتفرّع في جميع اجزاء الجسد فاذا صدمت قوةٌ جذعها انتشر ذلك في الحال الى جميع الفروع وان كانت الصدمة قوية احدثت حركة في جميع الاجزاء . وعلى ذلك اذا اندفع دم حديث من البطين الايسر الى الاورطي انتشر تاثير الاندفاع في جميع عمد الدم في الشرايين غير انهُ لما كانت هذه الاوعية مرنة ذهب بعض قوة البطين في انتشار الدفع وبعضها في تمديد الاوعية التي يسير فيها الدم على هيئة موجة لكي يكمل النبض الذي كان قد بدأ في جميع الشرايين في زمن واحد

ولنرجع الآن الى الكلام في الرسم النبضي فنقول ان الخط الصاعد يقابل مدة انقباض البطين والخط النازل يقابل الفترة الواقعة بين انقباض وانقباض

آخراي مدة رجوع الشرايين المرنة الى حالتها الاصلية بعد تمددها . ثم ان الخط الصاعد مزدوج اذا أُخِذ الرسم من الشرايين الكبيرة ولا سيما عند ضعف قوتها كما يشاهد في شكل ٤٥ ومفرد اذا اخذ من الشريان الكعبري (شكل ٤٤) وقد يكون مزدوجًا في الشريان الكعبري ايضًا اذا كان التوتر الشرياني ضعيفًا

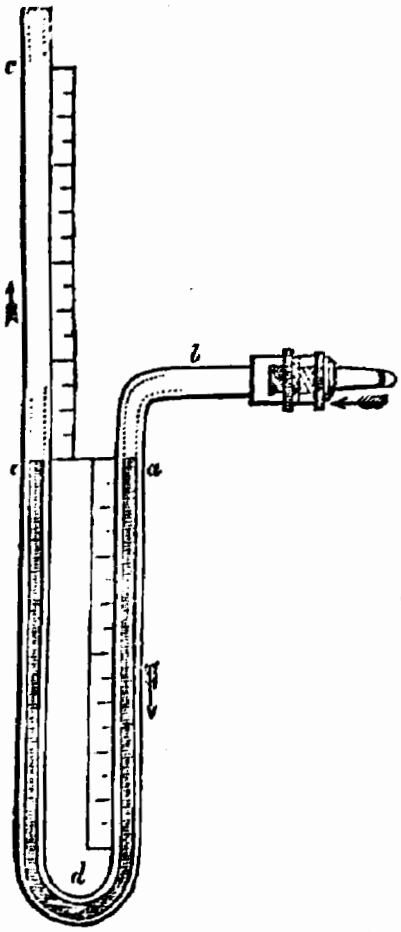
واما الخط النازل في الرسم النبضي (شكل ٤٣) فيشاهد فيهِ شرم وهو عبارة عن صعود خفيف يعارض النزول . وفي بعض الامراض يكون هذا الصعود الثاني عظيمًا بحيث يشعر بهِ بواسطة الاصبع فيقال لهذه الضربة المضاعفة النبض المزدوج . وكان يعرف النبض المذكور في الازمنة السالفة في حالة المرض الاَّ انهُ لم يعلم انهُ يظهر في الصحة الاَّ بعد اختراع السفيكموكراف . وقد اختلفت الظنون من حيث سببهِ وترجَّح عند عامة الفيسيولوجيين انهُ عائد الى الصمامات الاورطية التي عند انطباقها فجأةً تمنع تقهقر الدم الى البطين فيحدث من ذلك اندفاع عام في المجموع الشرياني . ولذلك اذا كانت قوة الشريان جيّدة كان الازدواج قليل الظهور وكثيرًا ما تنوب عنهُ اهتزازات خفيفة . ويظن ايضًا ان بداءة الخط النازل اي الجزء الواقع بين نهاية الخط الصاعد وبداءة الصعود الثاني الخفيف تقابل بداءة رجوع الشريان الى حالتهِ الاصلية بعد مرور الموجة الناشئة من انقباض البطين

قوة اندفاع الدم في الشرايين

تقدَّم الكلام في قوة القلب الدافعة عند انقباض البطينين وفي الاسباب التي تحمل الى الظن ان هذه القوة وحدها كافية للدورة الدموية . وقد ظهر من الحساب والتجربة ان المقدار الذي يُنفَق منها في الشرايين يسير جدًّا . فان المعلم يون حسب ان نقص القوة الناتج عن مقاومة الصد وغيرهِ ممَّا يعيق الدورة في الشرايين قليل جدًّا بحيث اذا ادخلنا انبوبة في الاورطي وانبوبة اخرى في شريان آخر منها كان صغيرًا صعد الدم في الانبوبة المتصلة بالشريان الصغير

الى نقطة اخفض من نقطة صعود الدم في انبوبة الشريان الكبير بنحو قيراطين. وتجارب المعلم بواسول اثبتت الحساب المذكور فانهُ اخترع آلة لمعرفة كمية قوة الدم الضاغطة على جدران الشرايين وهي

شكل ٤٦



مكوَّنة من انبوبة زجاج طويلة منعكفة لها قسم افقي (ه من شكل ٤٦) وفرع نازل منهُ على زاوية قائمة (d) ثم فرع صاعد طويل (c) فاذا سكب زئبق في الفرع الصاعد والنازل كان بالضرورة على مساحة واحدة في الفرعين وان كان وضع الآلة عموديًّا كان علو العمود الزئبقي واحدًا في الفرعين (ه و ء) . ثم اذا وضع في الآلة محلول كربونات البوتاسا لاجل منع تجمد الدم وأُدخِل القسم الافقي في شريان جرى الدم الى الفرع النازل وضغط الزئبق ضغطًا يساوي القوة الدافعة للدم في الشرايين فيهبط الزئبق في الفرع المذكور ويصعد في الفرع الآخر . فاذا جمعنا طول العمود في الفرع الواحد الى طولهِ في الفرع الآخر كان المجموع مساويًا لجميع ارتفاع عمود الزئبق وكان هذا الارتفاع معادلاً لكمية ضغط الدم غير انهُ يُطرَح من ذلك ثقل الدم الذي ياخذ مكان الزئبق في الفرع النازل وهو تقريبا عشر ثقل كميتهِ من الزئبق . وعلى ذلك حسب المعلم بواسول القوة التي يندفع بها الدم في الشرايين بحسب نواميس السائلات الراكدة باعتبار قطر الشريان وارتفاع العمود الزئبقي فوجد ان القوة الدافعة متساوية في جميع الشرايين سواء كانت كبيرة او صغيرة قريبة او بعيدة من القلب وان القوة التي تدفع الدم الى الاورطي البشري تساوي اربعة ارطال واربع اواقٍ ونحو نصف

ش ٤٦ . آلة للمعلم بواسول سماها ميزان قوة الدم الدافعة

ذلك للقوة التي تدفعهُ الى الرئتين على ما سبق من ان قوة البطين الايمن العضلية تساوي نصف قوة البطين الايسر

غير ان كمية القوة الدافعة للدم في المجموع الشرياني المذكورة آنفًا هي ما يكون مدة الانقباض البطيني واما مدة الانبساط فتضعف قليلاً فان المعلم هالس شاهد عمود الدم في الانبوبة النافذة في الشريان يهبط نحو قيراط او اكثر بعد كل نبضة واعاد المعلم لودويك التجربة فكانت كما سبق . وتختلف هذه القوة ايضًا بحسب اختلاف الاسباب التي تفعل في عمل القلب فتضعف او تشتد بحسب ما يكون عملهُ ضعيفًا او قويًا . وقد ثبت ايضًا من تجارب هالر وماجندي وبواسول ولدويك ان قوة اندفاع الدم في الشرايين تزيد مدَّة الزفير وذلك لان الصدر حينئذٍ ينقبض فتنضغط الاوعية الكبيرة كما سياتي الكلام في دورة الدم في الاوردة

سرعة الدم في الشرايين

سرعة السيل الدموي اعظم في الشرايين منها في غيرها من جهاز الدورة الدموية وهي اعظم فيها عند جوار القلب ومدة الانقباض البطيني . وتنقص سرعة الدم فيها مدة الانبساط البطيني وفي الشرايين البعيدة عن القلب . وقد ظهر من تجارب فلكمان بالميزان الذي سبق ذكرهُ ان الدم يسير في الشرايين الكبيرة قرب القلب نحو عشرة اواثني عشر قيراطًا في الثانية . وحسب فيرورد ت سرعة السيل بجوار القلب مثل ذلك وفي شرايين القدم قيراطين وربع في الثانية

الاوعية الشعرية

في جميع الانسجة الآلية الاَّ بعض اجزاء الجسمين الاجوفين في القضيب والمشيمة الرحمية والطحال ينتقل الدم من فروع الشرايين الدقيقة الى فروع الاوردة الدقيقة بواسطة اوعية مكرسكوبية الحجم شبكية الشكل موضوع بين خلاياها الجوهر الخاص للنسيج ويقال للاوعية المذكورة الاوعية الشعرية .

ويشاهد كل ذلك بواسطة المكرسكوب في الاستحضارات المحفونة وفي بعض الاجزاء الحية الشفافة كقدم الضفدعة ورئتها ولسانها وجناح الخفاش وماساريقا ذوات الفقرات

شكل ٤٧

وطريقة الاتصال ان فروع الشرايين الدقيقة تنضم بعضها ببعض ثم ترسل الاوعية الشعرية التي تكوّن من تضامها بعضها ببعض شبكة دقيقة تنشأ منها الاصول الوريدية . وتسمّى الاوعية الشبكية بالشعرية نظرًا الى دقتها وتُسمّى بالاوعية المتوسطة لسبب وضعها. ولا يمكن معرفة منتهى الشرايين ومبدأ الاوردة لان الانتقال تدريجي غير ان للاوعية الشعرية خاصة مميزة لها من هذا القبيل وهي ان قطرها واحد لا يتغيّر من بدايتها الى نهايتها خلافًا للشرايين والاوردة التي يصغر قطرها من احد طرفيها وكذلك خلايا شبكتها اكثر مساواة من حيث الشكل والحجم ممّا يشاهد في الخلايا المكونة من تضم الشرايين والاوردة الدقيقة

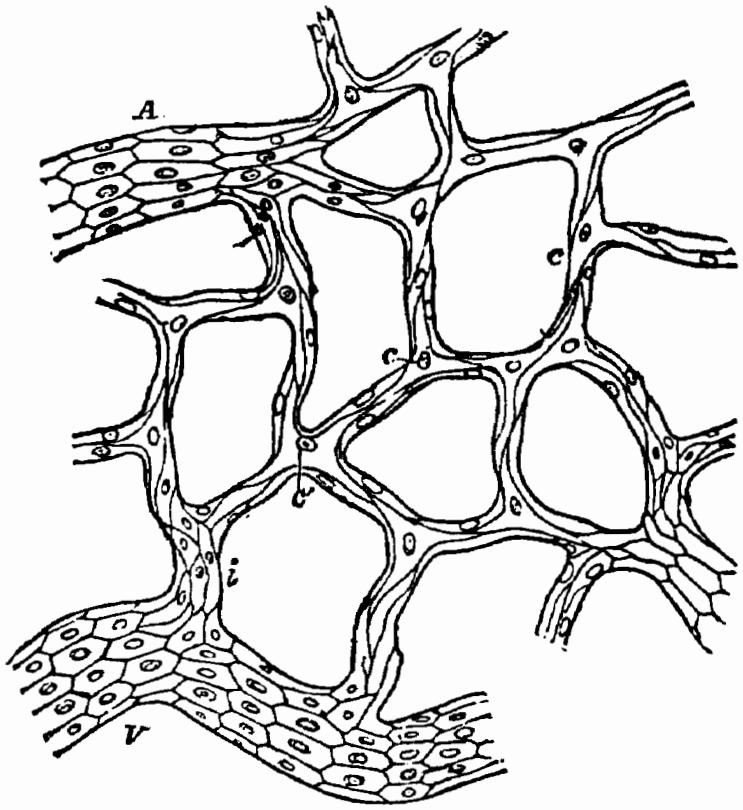
يختلف قطر الاوعية الشعرية قليلاً بحسب الانسجة الواقعة هي فيها ولكنه غالبًا نحو $\frac{1}{3000}$ جزء من القيراط . من اصغرها ما يشاهد في الدماغ واجربة غشاء الامعا المخاطي ومن اكبرها اوعية الجلد ونخاع العظام

ويختلف ايضًا شكل الشبكة الشعرية بحسب الانسجة فتكون الخلايا احيانًا مستديرة واحيانًا مستطيلة . فالخلايا المستديرة اكثرها وجودًا وهي واقعة في الاجزاء التي الشبكة الشعرية فيها خشنة كالرئتين واكثر الغدد والاغشية المخاطية وادمة الجلد وليس شكلها مستديرًا استدارة تامة بل لها زوايا

ش ٤٧ . اوعية دموية في باطن الخمل المعوي . يشاهد في الشكل وضع الاوعية الشعرية بين الفروع الانتهائية للشرايين والاوردة . a و a شريانان . b وريد

وقد تكون مربعة او كثيرة الجوانب او غير منتظمة . والخلايا المستطيلة تشاهد في الاجزاء التي تكون الاوعية موضوعة فيها بين حزم الياف كالعضلات

شكل ٤٨



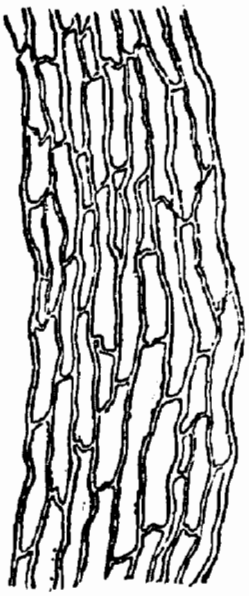
والاعصاب وهي غالبًا على هيئة مربع مستطيل طولهُ موازٍ لمحور الليفة او الانبوبة الموضوع هو بجانبها . وفي بعض الاجزاء البارزة كحليمات اللسان والجلد يرتفع اليها احد الاوعية الشعرية ويكوّن عروة او اثنتين ثم يعود الى المجموع الشبكي الذي خرج منهُ

ويختلف عدد الاوعية الشعرية وحجم الخلايا بحسب الجزء الواقعة هي فيهِ. فتكون الخلايا صغيرة والشبكة الشعرية حشكة في الاجزاء الوعائية اي التي اوعيتها كثيرة واكثرها حشكًا الرئتان والطبقة المشيمية في العين . والخلايا عريضة ولكنها صغيرة جدًّا في القزحية والجسم الهدبي وهي كحجم الاوعية او اصغر

ش٤٨. اوعية شعرية مكبرة من مثانة القط. A و V شريان ووريد. i وعاء متوسط. c و c اوعية شعرية . حُذفت الطبقة العضلية في الاوعية الكبيرة لاجل اظهار الايثيليوم . c كرية ايثيلية

منها في الكبد . والدماغ يقبل كمية عظيمة من الدم غير ان الاوعية الشعرية التي تحملها اليهِ دقيقة جدًّا . وفي الاغشية المخاطية كالملتحم وفي الادمة الاوعية الشعرية اكبر من اوعية الدماغ وخلاياها اضيق . وفي السمحاق الخلايا كبيرة وفي الطبقة الخلوية للشرايين الخلايا اعرض من الاوعية بنحو عشرة اضعاف

شكل ٤٩



شكل ٥٠

والقاعدة الغالبة في ذلك انهُ كلما كان العضو نشيط الوظيفة كثرت اوعيتهُ الشعرية اي حشكت الشبكة الشعرية وزادت الكمية الآتية اليهِ من الدم. ولذلك يشاهد ضيق الخلايا في جميع الاعضاء الغدّية والاغشية المخاطية وفي الاجزاء النامية وانساعها في العظام والاربطة وغيرها من الانسجة المتينة التي عملها قليل وعدم وجود الاوعية على الاطلاق في الغضاريف والاوتار الكثيفة في البالغين التي قلما يحدث فيها تغيير آلي بعد تكوينها. غير انهُ يستثنى من القاعدة المذكورة بعض اعضاء كالدماغ الذي اوعيتهُ دقيقة وقليلة الحشك على انهُ يقبل مقدارًا عظيمًا من الدم لسبب سرعة حركتهِ فيها . فان العضو الذي لهُ اجذاع شريانية عظيمة واوعيتهُ الشعرية قليلة يقبل دمًا جديدًا كالجزء الوعائي الذي اجذاعهُ

ش٤٩ . اوعية محفونة من العضل . مكبَّرة تكبيرًا خفيفًا

ش٥٠ . شبكة اوعية شعرية من رئة الفرس . a و a اوعية شعرية ناشئة من الفروع الانتهائية للشريان الرئوي وهي b و b

صغيرة لان حركة الدم فيهِ اسرع على انهُ في وقت مفروض قد يكون الدم في العضو الذي اوعيتهُ قليلة اقل مما هو في العضو الوعائي

وقد اظهرت المشاهدة المكرسكوبية والحقن الدقيق ان الاوعية الشعرية انابيب تحمل الدم من الشرايين الى الاوردة لا ينشأ منها نوع آخر من الاوعية اي ان الشرايين الدقيقة لا تنتهي الاَّ على وجه الاستطراق الى الاوردة بواسطة الاوعية الشعرية وانهُ لا توجد اوعية تنتهي باطراف مفتوحة يُعلَّل بها عن الافراز والنمو والتغذية وغيرها من الوظائف . فان جميع ما تطلبهُ الوظائف من الاوعية انما هو تقريب الدم الى الاصول الفاعلة في كلٍّ من الانسجة بحيث تمتص منهُ ما تحتاج اليهِ . وقد تكون المسافة التي يتم بها الامتصاص بعيدة كالدماغ مثلاً والعظم حيث تكون المسافة بين الاوعية الشعرية عظيمة بالنسبة الى اجزاء اخر . وعلى نوع ابلغ من ذلك الاجزاء التي يقال لها الغير الوعائية التي لا تدخل جوهرها اوعية دموية وانما تغتذي من الدم الممتص من اوعية الاجزاء المجاورة لها كالقرنية التي تغتذي من اوعية الملتحم والعدسة البلورية من اوعية الطبقة الخلفية لمحفظتها والغضروف المفصلي من اوعية العظم المجاور لهُ . وعلى ذلك يكون الاختلاف بين تغذية الانسجة الوعائية وغير الوعائية من حيث الدرجة فقط لان الابنية الاصلية موضوعة في كل حال الى ظاهر الاوعية فتتناول مواد جديدة من الدم بواسطة الامتصاص غير ان هذا الامتصاص يتم على مسافة ابعد في الاجزاء التي اوعيتها قليلة مما يكون في الاجزاء الوعائية

ثم ان بناء الاوعية الشعرية قليل المعارضة للامتصاص المذكور فان جدرانها مكوَّنة من غشاء على غاية ما يكون من الرقة والشفوف ويظهر انهُ منجانس البناء وتنتشر فيهِ جسيمات دقيقة بيضية الشكل ربما كانت نوى الكريات التي تكوَّنت منها الاوعية في الاصل . ولا يشاهد اثر للابيثيليوم الاَّ في اكبرها

واما الدورة في الاوعية الشعرية فتشاهد بالمكرسكوب في الاجزاء الشفافة

في حيوان حي بالغ ويشاهد سير الدم فيها على هيئة سيل متصل متساوٍ . واما في الحيوانات الحديثة السن فالسيل متصل الاَّ انهُ يزداد سرعةً في المدة التي تقابل نبض الشرايين الكبيرة وهذا ما يشاهد ايضًا في الاوعية الشعرية في الحيوانات البالغة اذا كانت ضعيفة . واذا كانت في حالة الاعياء العظيم وعمل القلب ضعيفًا جدًّا شوهد ان الكريات الحمراء لا تتحرَّك الاَّ عند حركة القلب ثم تسكن مدة سكونهِ واذا كان ضعف الحيوان الى الدرجة القصوى شوهد انها ترجع الى الوراء عقيب القوة الدافعة ويظهر ان سبب ذلك هو مرونة الاوعية الشعرية والانسجة المحيطة بها . وهذه المشاهدة مما يؤيد ما ذكر سابقًا من ان قوة القلب وحدها كافية لدفع الدم في الاوعية الشعرية ولو كان في حالة الضعف العظيم

شكل ٥١

اكثر المعارضة لسير الدم انما يحدث في الاوعية الشعرية وذلك لان احتكاك الدم فيها يزداد جدًّا لسبب زيادة اتساع المساحة التي يمرّ عليها . وكذلك تتناقص سرعة حركة الدم فيها الى ادنى درجة لسبب اتساع المجرى . وفي هذا الشان يقول المعلم موللر لو كان مجموع مساحة قطع الفروع الناشئة من وعاء كمساحة ذلك الوعاء دائمًا ولو كان مجموع مساحة قطع الاوعية الشعرية مساويًا لمساحة قطع الاورطي لكان معدل سرعة حركة الدم في الاوعية الشعرية وفي الاورطي والشرايين الكبيرة واحدًا ولو كانت سعة الاوردة والشرايين متساوية لكانت سرعة الدورة فيها متساوية ايضًا . ولكن لما كان مجموع مساحة قطع الفروع اعظم من مساحة قطع الجذع الذي تنشأ منهُ ازدادت بالضرورة سرعة حركة الدم في الجذع وتناقصت في الفروع كما ان سرعة النهر تتناقص كلما ازداد اتساعًا

ش ٥١ . اوعية شعرية في الغشاء الممتد بين اصابع قدم الضفدعة . مكبرة

وقد ظهر من بحث المعلم هالس والمعلم ڤبر والمعلم ڤلنتين ان الدم يندفع في الدورة الشعرية العامة في الضفادع قيراطًا في الدقيقة وقال المعلم هالس ان حركة الدم في الدورة الشعرية الرئوية اسرع من ذلك بخمسة اضعاف. واما في الحيوانات ذوات الدم الحار فالسرعة اشد مما ذكر على ان قدرها لم يعرف الى الآن بالتحقيق. وقد فرضها البعض اسرع بثلاث مرات ويظهر ان هذا الحساب دون الصحيح لانهُ مخالف للمشاهدات التي تحمل الى الظن ان جميع الدورة يتم في نحو دقيقة واحدة . غير انهُ ربما كان جميع طول الاوعية الشعرية التي تمر فيها كمية مفروضة من الدم لا يتجاوز جزءًا من ثلاثين جزءًا من القيراط ولذلك تكون المدة التي تقتضيها كل كمية من الدم لمرورها في اوعيتها الشعرية الخاصة بها اقل من ثانية واما في الاوعية الشعرية الرئوية فهي اقل من ذلك جدًّا

والحساب السابق مبني على مشاهدة سير كريات الدم الحمراء في مركز السيل واما عند المحيط اي عند جدران الوعاء فيشاهد ان السائل الدموي ملتصق بالجدران المذكورة ويظهر انهُ عديم الحركة فيقال لهُ الطبقة الراكدة . ويستدل على وجود الطبقة الراكدة في الاوعية الشعرية من وجودها دائمًا حيثما تمر السائلات في انابيب دقيقة ومن مراقبة حركة الكريات الدموية . فان الكريات الحمراء تشغل مركز السيل وهي سريعة السير والكريات الليمفاوية البيضاء تجري جريًا بطيئًا بجانب جدران الوعاء وكثيرًا ما يشاهد بينها وبين الجدران خلاء شفاف يظهر فيهِ ان السائل راكد لانهُ اذا اتفق اندفاع بعض الكريات اليهِ صارت حركتها ابطأ وربما التصقت بجدار الوعاء. واذا كان سيل الدم ضعيفًا ربما اجتمعت الكريات البيضاء في وعاء شعري ومنعت مرور الكريات الحمراء مدة من الزمان . وعلى ذلك كان من المحقق ان قسمًا من السائل الدموي راكد بجانب جدران الاوعية وانهُ يحصل بين الطبقة الراكدة المذكورة والانسجة المحيطة بالاوعية تبادل في الدقائق تحدث منهُ التغذية والافراز والامتصاص بواسطة الاوعية الدموية وربما اعان ركود السائل في

التبادل المذكور الذي يحدث بينها

وقد ظهر حديثًا من تجارب العلّامة كوهنهيم ان الجسيمات الدموية تنفذ من جدران الاوعية الى الانسجة المحيطة بها. وكيفية ذلك انهُ حقن ضفدعة تحت الجلد بالسم المعروف بالكوراري لاجل احداث الفالج فيها ثم شق البطن وجذب قطعة من المعى الدقيق وبسط الماساريقا تحت المكرسكوب فشاهد بعد مدّة ان الجسيمات الدموية الحمراء والبيضاء تنفذ من جدران الاوعية الشعرية والاوردة الدقيقة. وعلّل عن ذلك الدكتور سندرسن بانهُ لما كان الوعاء الشعري انبوبة من البروتوبلاسما الحيَّة لاقناة ميتة عُرِف امكان انفتاح جدارهِ لاجل خروج الجسيمات ثم انطباقهِ بعد نفوذها لانهُ من خصائص الاجسام التي تقبل الانقباض انهُ اذا فُصِل قسمان من الكتلة الواحدة ثم جُمِعا اتصلا كما كانا سابقًا فكانهما لم ينفصلا

وقد جرت هذه المشاهدات من حيث نفوذ الجسيمات من باطن الاوعية الدموية الى الانسجة المجاورة خصوصًا في الاحوال المرضية. وربما كان في ذلك تعليل عظيم الاهمية عن كيفية تغذية الانسجة في حال الصحة

اختلف الفيسيولوجيون زمنًا طويلاً في انهُ هل للاوعية الشعرية قوة لدفع الدم في دورتهِ المألوفة. والصحيح في ذلك انها خالية من القوة المذكورة وان التاثير الحادث منها بحسب الظاهر في الدم الذي تتضمنهُ يعود بعضهُ الى عمل الشرايين الصغيرة وبعضهُ الى النتائج الحاصلة من النسبة الكائنة بين الانسجة التي الى خارج الاوعية الشعرية والدم الذي في باطنها. فان الاوعية الشعرية تنقبض مثلاً عند التعرض للبرد الاّ ان هذا الانقباض قد لا يكون عائدًا الى انقباض شبيه بما يحدث في النسيج العضلي بل الى مرونتها ومرونة الانسجة المحيطة بها التي تتقلّص عند انقباض الشرايين بواسطة البرد كما سبق فيتناقص جري الدم الى الاوعية الشعرية. وكذلك انقباض الاوعية الشعرية عند التعرض لبعض المواد المنبّهة وعند الخوف وانبساطها عند احمرار الخجل فانما هو بحسب

الظاهر فقط لانهُ عائد بالحقيقة الى عمل الشرايين الصغيرة لا الى عمل الاوعية الشعرية نفسها

ومع ذلك لا يستبعد ان المجموع الشعري لا يخلو من تاثير خفيف في اسعاف الدورة العامة فان نتائج العمل المرضي وظواهر الصحة تؤدي الى ذلك . لانهُ اذا عورض وصول الاكسجين الى الرئتين مثلاً ابطأت الدورة في الاوعية الشعرية الرئوية واجتمعت الكريات الحمراء بعضها الى بعض الى ان يتوقف سيرها ولو دام عمل القلب . وكذلك في الالتهاب تتعاظم الاوعية الشعرية الخاصة بالجزء الملتهب وتمتلئ دمًا يسير سيرًا بطيئًا او يسكن بالكلية . ففي الحالين المذكورين الظواهر موضعية غير متعلقة بعمل القلب وربما كانت ناتجة من تغيير حادث في الدم يزيد كرياتهِ التصاقًا بعضها الى بعض ويجدران الاوعية بحيث لا تبقى قوة القلب الدافعة كافية لدفعهِ

فينتج مما تقدَّم انهُ لما كانت الاوعية الشعرية مكوَّنة من غشاء واحد متجانس البناء وخالية من القوة الانقباضية الاَّ ما يحدث من مرونتها فلا يكون لها في نفسها تاثير في سير الدم . على ان التبادل الدائم في النسبة الكائنة بين الدم والانسجة المحيطة بالاوعية يعين سير الدم في المجموع الشعري فيكون من جملة القوات الاضافية المسببة للدورة الدموية

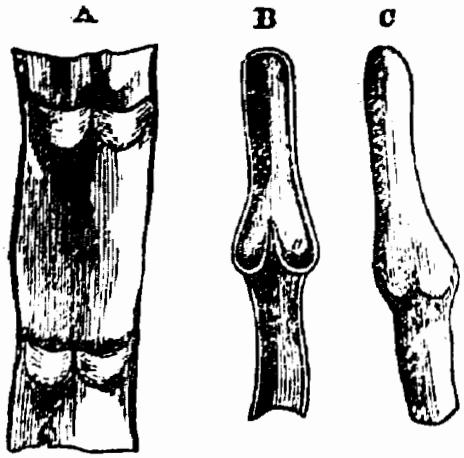
الاوردة

بناء طبقات الاوردة العام كبناء طبقات الشرايين . وهي ثلاث ظاهرة ومتوسطة وباطنة . اما الظاهرة فمكوَّنة من نسيج خلوي كالشرايين الاَّ انها اسمك وتتضمن في بعض الاوردة الياقًا عضلية . والمتوسطة ارق جدًّا مما هي في الشرايين تتضمن بعض الياف عضلية ممزوجة بكمية عظيمة من النسيج الليفي الاصفر المرن والابيض . وفي الاوردة الكبيرة التي بجوار القلب وهي الاجوفان والاوردة الرئوية لا يشاهد من هذه الطبقة الاَّ الياف عضلية مخطَّطة حلقية الوضع ممتدَّة من الياف الاذينين الى بعد يسير عن القلب . والباطنة اقل

قصمًا ممَّا يقابلها في الشرايين وشديدة المشابهة لها من باقي الوجوه

يتمُّ معظم تاثير الاوردة في الدورة بواسطة الصمامات الموضوعة في جميع الاوردة القابلة للانضغاط الموضعي من العضلات التي تسير بينها او قربها . وبناء هذه الصمامات العام كبناء الصمامات الهلالية الموضوعة عند قاعدة الاورطي والشريان الرئوي التي سبق وصفها (صفحة ٧٠) الاَّ ان حوافيها السائبة متجهة نحو الجهة المخالفة اي نحو القلب بحيث تمنع سير الدم الى الوراء في الاوردة . وهي غالبًا ازواج وتختلف مسافتها بعضها عن بعض بحسب اختلاف الاوردة ولكنها تكاد تكون متساوية في الوريد الواحد . وكثيرًا ما تكون مفردة في الاوردة الصغيرة وقد تكون ثلاثة او اربعة موضوعة معًا او قريبة بعضها من بعض في الكبيرة كالوريدين تحت الترقوة وعند اتحادهما بالوداجيين . ثم ان الصمامات هلالية الشكل وحوافيها السائبة اي غير المتصلة بجدار الوريد تارةً مقعرة وتارةً مستقيمة وهي مؤلفة من نسيج ليفي غير قابل للتمدد مغطى بالابيثيليوم كالابيثيليوم الذي يبطن الاوردة . فاذا كان الدم سائرًا مسراهُ الاعتيادي نحو القلب كانت غير عاملة فتكون ملفاة على جوانب الاوردة واذا كانت عاملة قَرُبَ بعضها الى بعض كالصمامات الشريانية الهلالية وكوَّنت حاجزًا تامًّا لمنع تقهقر الدم (ش ٥٣ و ٥٤)

شكل ٥٣



واما عدد الصمامات فغير متساوٍ في جميع الاوردة فيكون كثيرًا او قليلاً وكثير من الاوردة خالٍ منها بالكلية . واكثرها عددًا في اوردة الاطراف ولاسيما

ش ٥٣ . رسوم تدل على صمامات الاوردة . A قطعة وريد مشقوق مبسوط فيبو زوجان من الصمامات . B قطع وريد طولاً يظهر فيبو محاذاة حوافي الصمامات وهي منطبقة . C قطعة وريد متمدد يظهر عليبو انتفاخ عند وضع زوج من الصمامات

في الطرفين السفليين وهي غالبًا مفقودة في الاوردة التي قطرها اقل من خط وقليلة او مفقودة في الاوردة التي لا تتمكن العضلات من ضغطها. واشهر الاوردة التي لا صمامات لها الاجوفان العلوي والسفلي وجذع الوريد البابي وفروعهُ والاوردة الكبدية والوريدان الكلويان والاوردة الرئوية واوردة باطن الخوذة والعمود الفقري واوردة العظام وجذع الوريد السري وفروعهُ

العائق الرئيسي للدورة انما يكون في الاوعية الشعرية فاذا تجاوزها الدم بقي من قوة القلب ما يكفي لدفعهِ في الاوردة التي لا تعيق سيرهُ فيها الاَّ قليلاً جدًّا. واما القول بان ناموس الثقل عائق عظيم لسير الدم في الاوردة فوهم محض لان ضغط عمود الدم في الشرايين كافٍ لحمل عمود مثلهُ يساويهِ في العلو من الدم الوريدي على شكل ان العمودين يتوازنان توازنًا متبادلاً. بل ما دام العمودان في الشرايين والاوردة متصلين لا يكون لناموس الثقل كيفما كان وضع الجسد ادنى قوة لتحريك الدم او لمقاومة حركتهِ لاية ناحية كانت. غير ان الاوعية السفلى تحمل المقدار الاكبر من الضغط بناء على ان مقدار الضغط في جزء معلوم هو بنسبة ارتفاع عمود الدم الذي يعلوهُ ولذلك كانت مائلة للتمدد. وانما الضغط المذكور فاعل سواء في الشرايين والاوردة ولا يستطيع ان يحرك الدم الذي فيها او يقاوم حركتهُ مادام علو العمودين متساويًا ومادامًا متصلين. فتشبه حالتهما من هذا القبيل انبوبة منعكفة على نفسها ملآنة سائلاً وموضوعة وضعًا عموديًّا فانهُ مهما كان ارتفاع العمودين وثقلهما لا يستطيع احدهما ان يتحرك من ثقل نفسهِ لان الواحد منهما يحمل الآخر فاذا حصل ضغط على احد العمودين رفع الآخر. وعلى ذلك اذا كان الجسد منتصبًا وحدث ضغط على عمود الدم الشرياني يرتفع الدم الوريدي وكان الضغط على العمود الوريدي يرفع العمود الشرياني لولا الصمامات الوريدية

وقد ظهر من تجارب المعلم ڤلنتين بشان الكمية الباقية من قوة البطين الايسر لدفع الدم في الاوردة ان ضغط الدم في وداجي الكلب كنسبة ١ الى ١١

او ١٢ في شريانهِ السباتي . واعادها المعلم موك في شرايين اخرى والاوردة المقابلة لها فكان الامر كما ذكر . ولم يشاهد المعلم ڤلنتين شيئًا من الضغط في القسم العلوي من الوريد الاجوف الصاعد فكأن جميع قوة القلب كادت تفنى مدَّة مرور الدم في الاوعية الشعرية . ثم اذا صار الدم الى القلب دخلهُ عند انبساط الاذينين والبطينين من غير ممانعة

وتنال الدورة الوريدية شيئًا من الاسعاف من عمل العضلات التي تضغط الاوردة التي لها صمامات ومن حركات الصدر التنفسية

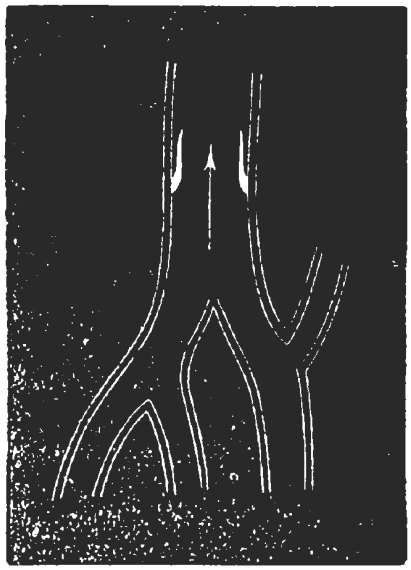
اما الاسعاف الذي يحصل للدورة الوريدية من الضغط العضلي فعلى الكيفية الآتية : اذا ضُغِط جزء من وريد وعورض فيهِ مجرى الدم انتفخ القسم الذي وراء الجزء المضغوط وتمدد الى زوج الصمامات التي تليهِ . ولما كانت هذه الصمامات كالصمامات الشريانية غير قابلة للتمدد لم تتبع الوريد في تمددهِ بل انجذبت نحو محور القناة . ثم اذا دام الضغط على الوريد ضغط الدم المحصور الصمامات فتتماس حوافيها السائبة وتسد الوريد وتمنع تقهقر الدم . وعلى ذلك يتوزَّع بعض القوة الناشئة من ضغط العضلات على الاوردة في دفع الدم الى المقدم نحو القلب وبعضها في دفعهِ الى الوراء بحيث تنطبق الصمامات

فيرى مما تقدم ان الدورة كانت تخسر من انضغاط الاوردة بقدر ما تربح لولا التفمات الكثيرة المستطرقة بينها . لان الدم المحصور بين القسم المنضغط والصمامات المنطبقة ينفذ من بعض الفروع التفمية ويجد سبيلاً الى القلب بواسطة وريد آخر . ولذلك تكون نتيجة الضغط العضلي على الاوردة التي لها صمامات مفيدة للدورة فان بعض الدم يندفع الى المقدم والبعض الآخر يندفع الى الخلف ولكنهُ عند معارضة الصمامات لهُ ينفذ من الفروع التفمية الى وريد آخر غير منضغط

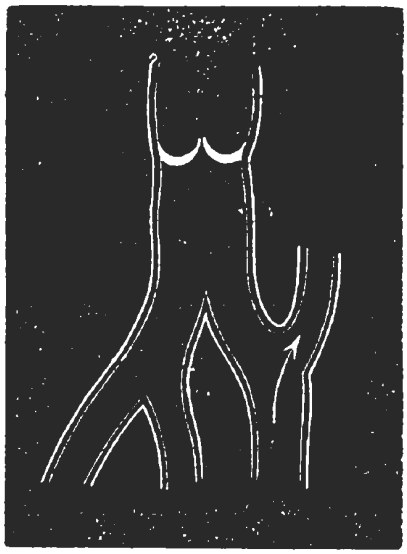
ونشاهد نتائج الضغط العضلي المذكور في سرعة سير الدم عند الفصد من الذراع اذا عملت عضلات الساعد وفي السرعة العامة للدورة عند الرياضة

النشيطة. فلا بد من ان تكون حركات الجسد الكثيرة مدّة اليقظة معينة للدورة الوريدية على انها غير ضرورية لان الدورة الوريدية تبقى سليمة مدّة الراحة وفي الاطراف المفلوجة وفي الاجزاء التي تكون فيها الاوردة غير قابلة للانضغاط العضلي

شكل ٥٣



شكل ٥٤



وما عدا الاسعاف المذكور من الضغط العضلي للدورة في الاوردة التي لها صمامات قد شاهد المعلم جونس انقباضًا وانبساطًا منتظمين في اوردة جناح الخفاش وذلك نحو عشر مرات في الدقيقة ولما كان لهذه الاوردة صمامات تمنع تقهقر الدم كانت الانقباضات معينة لسير الدم نحو المتدم. وشاهد ذلك ايضًا المعلم شِفّ في اذن الارنب فلا يستبعد انها تكون عامة في جميع الاوردة التي لها صمامات

واما حركات الصدر التنفسية فمعينة للدورة العامة . وذلك ان الزفير يزيد ضغط الدم في الشرايين فان عملهُ كعمل ضغط الانقباض العضلي في

ش ٥٣ . وريد صماماتهُ منفتحة

ش ٥٤. وريد صماماتهُ منطبقة. ويشاهد سيل الدم عند السهم سائرًا في مجرى جانبي

الاوردة فيزيد سرعة الدم الشرياني عند انطباق الصمامات الاورطية لان الضغط الى الوراء في تلك المدّة لا يمنع منعًا تامًّا فائدة الضغط نحو المقدم. وتنتشر زيادة ضغط الدم في الشرايين الى الاوردة ايضًا فتعين الدورة فيها وقد اظهر المعلم ماجندي ان مجرى الدم الوريدي الخارج من وريد مقطوع يشتد عند كل زفرة

غير ان الزفير المغتصب يعارض الدورة في الاوردة وتظهر هذه المعارضة في انتفاخ اوردة الراس والعنق وكمودة الوجه عند السعال والزحير وغيرها من اجهاد الزفير الشديد فان النتائج المذكورة ناشئة عن بعض تقهقر الدم في الاوردة الكبيرة واجتماع الدم في اوردة الراس والعنق التي يتزايد امتلاؤها على الدوام من السيل الآتي من الشرايين بينما انها لا تستطيع ان تفرغ ما فيها الى الوريد الاجوف العلوي . غير ان التقهقر يتوقف او يتلطف كثيرًا بواسطة الصمامات الموضوعة عند اتحاد الوداجيين بالوريدين تحت الترقوة

واما الشهيق فمعين للدورة الوريدية لانه يجذب الدم الوريدي نحو التجويف الصدري اكثر مما يجذب الدم الشرياني . وطريقة ذلك انه عند اتساع الصدر تدخل كمية جديدة من الهواء بواسطة الشهيق الى الرئتين لتشغل الفراغ الحادث عن الاتساع المذكور ولما كان الدم كالهواء قابلاً للانضغاط الجوي انضغط بعضهُ نحو التجويف الصدري المنتشر وهكذا نحو القلب . والصمامات الاورطية تمانع النتيجة المذكورة من حيث الدم الشرياني عند ما تكون منطبقة ويمانعها ايضًا اندفاع الدم من البطينين ولا شيء يمانعها من حيث الدم الوريدي وكذلك يتمكن الضغط من الدم الوريدي اكثر من الشرياني لان نسبة فتحة الاورطي اقل من مجموع فتحتي الوريدين الاجوفين

وكان المعلم بري اوّل من اظهر جليًّا عمل الشهيق في الدورة الوريدية وذلك بانهُ ادخل طرف انبوبة زجاج منعكفة في وداجي حيوان حي وربط الوريد اعلى مدخل الانبوبة وغمس طرفها السفلي في سائل ملوّن . فشاهد

السائل يصعد في الانبوبة عند كل شهقة ويبقى كما كان او يهبط عند الزفير. واثبت المعلم بواسول صحة هذه المشاهدة على نوع دقيق بواسطة ميزان قوة الدم المنسوب اليهِ. ثم زاد الامر ثباتًا بواسطة تجارب المعلم ڤلنتين والمعلم لودويك

غير ان عمل الشهيق في الاوردة لا يشاهد الاَّ في الكبيرة منها التي قرب الصدر فان المعلم بواسول لم يستطع مشاهدتهُ بواسطة ميزانهِ في الاوردة البعيدة كاوردة الاطراف. ولولا الصمامات لبطلت هذه النتيجة المفيدة لانهُ لما اعاد المعلم المذكور تجارب بري وادخل الانبوبة الى ان تجاوزت الصمامات القريبة من القلب شاهد ان كمية الدم الهابطة في الانبوبة عند الزفير تعادل الكمية الصاعدة فيها عند الشهيق. وقد اثبتت تجارب المعلم سندرسون الحديثة اثباتًا قطعيًا ان الشهيق مفيد للدورة لانهُ عند ذلك يزيد توتر المجموع الشرياني وانهُ لا يعمل عملاً معاكسًا اي ينقص التوتر الشرياني الاَّ اذا حدث اجهاد الشهيق عند سدّ القصبة الهوائية

سرعة الدم في الاوردة اشد منها في الاوعية الشعرية واخف مما هي في الشرايين. ويطابق ذلك الاتساع النسبي للمجموعين الشرياني والوريدي لانهُ لما كان لا بد للاوردة من ترجيع جميع الدم الى القلب من حيث اتاها في وقت معلوم بواسطة الشرايين كان كبر حجمها وكثرة عددها بالنسبة الى الشرايين يعوضان عن بطوء حركة الدم فيها. فانهُ لو امكننا ان نحسب كلاً من مساحتي الشرايين والاوردة التي تقابلها حسابًا صحيحًا امكنا ايضًا ان نعرف سرعة الدم الوريدي من معرفة سرعة الدم الشرياني. وربما كان الحساب الاقرب الى الصواب من هذا القبيل هو ان سعة الاوردة اكثر من سعة المجموع الشرياني بنحو ثلاثة اضعاف وان سرعة الدم الوريدي نحو ثلث سرعة الدم الشرياني. وليست هذه الحركة بطيئة لاننا اذا وقّفنا الدورة عند بداءة وريد سطحي بواسطة الاصبع وافرغنا الدم من قسمهِ العلوي ثم رفعنا الاصبع سار الدم حالاً في الوريد بسرعة لا تستطيع العين ان تتبعها

سرعة الدورة الدموية

لما انهينا الكلام في ما يختص بكلٍّ من اعضاء الدورة من حيث اندفاع الدم بقي ان نتكلم على مجموع عملها ولا سيما على المدَّة التي تتم فيها جميع الدورة فنقول . انهُ لا يسوغ ان نحسب سرعة حركة الدم في الاوعية بحسب سرعتهِ وهو خارج من وعاء مقطوع لان سرعة حركتهِ حينئذٍ تكون ناشئة عن جميع الضغط الذي يحتملهُ مجموع الدم في الجهاز الوعائي وهو لا يصادف عند الجزء المقطوع شيئًا من المقاومة . واما في الاوعية السليمة فالامر بالعكس لانهُ لا يندفع فيها قسم من الدم الاَّ اذا اندفع الجميع وغلب مقاومة الاحتكاك في الاوعية الصغيرة . فغاية ما نتوصل اليهِ من النظر الى الدم وهو خارج من الاوعية المقطوعة انما هو ان حركة الدم اجمالاً اسرع في الشرايين مما هي في الاوردة وفيهما ممَّا هي في الاوعية الشعرية كما سبق

وقد توصلوا الى نتائج اصح وادق مما ذكر بواسطة سرعة انتقال السموم من قسم واحد من المجموع الوعائي الى قسم آخر . فامتحن المعلم هربن ذلك ثماني عشرة مرة في الخيل وكان من جملة تجاربهِ انهُ مزج محلول سيانيد البوتاسيوم الحديدي في دم الوريد الوداجي الواحد فوجدهُ في الآخر بعد نحو نصف دقيقة اي بعد مرورهِ من الجانب الايمن للقلب والدورة الرئوية والجانب الايسر للقلب تم الدورة العامة . وفي تجربة اخرى نُقِل المحلول المذكور من الوداجي الى الصافن الطويل في عشرين ثانية . ومن الوداجي الى الشريان المضغي بين عشرين وثلاثين ثانية . والى الشريان الوجهي بين عشر ثوانٍ وخمس عشرة ثانية وفي تجربة ثانية بين عشرين وخمس وعشرين ثانية . والى الشريان المشطي بين عشرين وثلاثين ثانية وفي تجربة اخرى في اكثر من اربعين ثانية . وكادت تكون النتيجة واحدة مهما كانت سرعة عمل القلب

واما تجارب بواسول فقد ادَّت الى النتائج المذكورة اعلاهُ واظهرت زيادةً على ذلك انهُ اذا مزج السيانيد الحديدي بالدم مع جواهر اخرى كحلات

النشادر او نيترات البوتاسا التي ثبت من التجارب انها سريعة السير في الانابيب الشعرية كانت مدّة الانتقال من الوريد الوداجي الواحد الى الآخر من ثماني عشرة ثانية الى اربع وعشرين فاذا أُبدِلت الجواهر المذكورة بالكحول لم تكن المدة اقل من اربعين او خمس واربعين ثانية بعد الحقن. وشاهد بلايك الانتقال على اسرع من ذلك بانهُ حقن نيترات الباريتا في وداجي فرس فوجدهُ في دم الشريان السباتي من الجانب المخالف بعد خمس عشرة او عشرين ثانية. وظهر عمل الاستركنيا السام في المجموع العصبي بعد اثنتي عشرة ثانية من حقن الوريد الوداجي في الكلب وبعد ست ثوانٍ ونصف في الديك وبعد اربع ثوانٍ ونصف في الارنب

وقد فُرِض في جميع هذه التجارب ان المادة المحقونة تسير مع الدم بسرعة كسرعتهِ اي انها لا تنتقل بواسطة الانتشار في السائل الدموي على نوع اسرع من حركة الدم نفسهِ. والظاهر ان هذا الفرض صحيح وان المدّة التي كانت تنتقل فيها المواد المحقونة هي المدة التي انتقل فيها الدم من قسم الى آخر من المجموع الوعائي. فيظهر اذًا ان قسمًا من الدم يقطع جميع مسافة الدورة في الفرس في نصف دقيقة على ان المدة التي يقتضيها لاجل قطع اوعية الاجزاء البعيدة في الاطراف لابد من ان تكون اطول من المدة التي يقتضيها لاجل سيرهِ في اوعية العنق غير انهُ اذا اخذنا تعديل طول الاوعية التي يسير فيها الدم وفرضنا ما لا يبعد عن الصواب ان حركة الدم في الانسان ليست ابطأ من حركتهِ في الفرس تكون المدة التي يدور فيها الدم جميع دورتهِ في الانسان اقل من دقيقة لا اكثر وهي معدل المدّة التي اتفق عليها عامة الفيسيولوجيين

وحسبوا ايضًا مدّة الدورة من كمية الدم التي في الجسد ومن الكمية التي تندفع من القلب عند كل نبضة من نبضاتهِ. غير ان النتائج التي توصلوا اليها بهذه الطريقة لم تكن شافية كالحساب السابق لان معرفتنا بجميع كمية الدم وبسعة تجاويف القلب لم تكن الى الآن الاَّ على وجه الرجحان. وقد حسب ڤلنتين على

الطريقة المذكورة ان جميع الدم يسير في القلب من اربعين ثانية الى ستين وهو مطابق للحساب السابق

وهذا الحساب على وجه التعديل الاجمالي فقط لان الزمن الذي يسير فيهِ قسم معلوم من الدم من جانب القلب الواحد الى الجانب الآخر يختلف كثيرًا بحسب العضو الذي يقطعهُ . فان الدم الذي يذهب من البطين الايسر الى الاوعية الاكليلية ثم يعود الى الجانب الايمن من القلب يحتاج في دورتهِ الى مدَّة اقصر جدًّا مما يحتاج اليهِ الدم الذي يجري من البطين الايسر الى القدمين ثم يعود الى الجانب الايمن لان الدورة التي تبدأ من الجانب الايسر للقلب وتنتهي في الايمن تُفرَض على هيئة اقواس كثيرة مختلفة الحجم يقطعها الدم في ازمنة مختلفة واصغر هذه الاقواس ما يتكوَّن من دورتهِ في الاوعية الاكليلية الخاصة بالقلب نفسهِ . والقوس المكوَّن من سير الدم من الجانب الايمن للقلب الى الرئتين ثم الى الجانب الايسر اقصر من معظم الاقواس التي تكوِّنها الدورة العامة فيجري فيها ضرورةً باشد سرعة مما يجري في اكثر الاوعية الخاصة بالدورة الاورطية . لانهُ ولئن كانت كمية الدم السائرة في الدورة العامة الكبرى في اي وقت كان اكثر جدًّا من الكمية السائرة في الدورة الرئوية الصغرى فلا بد من ان الكمية التي تسير في الرئتين في وقت مفروض تساوي الكمية التي تسير في الدورة العامة . وان كانت كمية الدم التي تتضمنها الاوعية العامة اكثر من الكمية التي في الاوعية الرئوية بخمسة اضعاف كما هو المقرَّر فتكون حركتها ابطأ بخمسة اضعاف ايضًا والاَّ كان الجانب الايمن من القلب اما دافقًا من الامتلاء او ناقصًا

الصفات المميزة للدورة وهي في اجزاء مختلفة

اشهر الصفات المميزة للدورة بينما يكون الدم سائرًا في اعضاء مختلفة هو ما يظهر في الرئتين والكبد والدماغ والاعضاء الانتصابية . وقد سبقت الاشارة الى الدورة الرئوية والدورة البابية وسنعود اليهما في الكلام على وظائف الرئتين والكبد

اما الدورة الدماغية فالظروف الرئيسة التي ينبغي الانتباه اليها من هذا القبيل هي ترتيب اوعية الدماغ وتوزيعها والشروط التي تتعلق بكمية الدم التي تتضمنها الخوذة عادةً

يظهر ان وظائف الدماغ تحتاج الى كمية عظيمة من الدم لان لهُ اربعة شرايين كبيرة الحجم هي السباتيان الباطنان والفقريان . ويظهر ايضًا ان هذه الوظائف تقتضي كون القوة التي يندفع بها الدم الى الدماغ قليلة القبول للتغيير الذي يحدث فيها في اجزاء اخر من العوارض الخارجة . وقد تجهزت لاجل هذه الغاية جملة كيفيات ككثرة تعرج الشرايين الكبيرة واتساع تفمها في دائرة والليس بحيث تصير كمية الدم الداخلة الى الدماغ متساوية ولو حصلت افة لشريان او اكثر من الشرايين الرئيسة . ومرور الشرايين الكبيرة في باطن عظم ولا سيما في القناة السباتية من العظم الصدغي يمنع الامتلاء المفرط . وتتم مساواة الكمية بواسطة ترتيب الاوعية في الام الحنونة فانها لا تدخل الدماغ الاَّ بعد انقسام الشرايين الكبيرة الى فريعات واوعية شعرية لا تحصى كثيرة التفهم بعضها ببعض فيجعل منها مجاري متساوية من الدم الى كل جزء من جوهر الدماغ

وللاوردة في باطن الخوذة صفة خاصة بها وهي ان الاجذاع الوريدية الكبيرة اي الجيوب مكوَّنة على نوع ان حجمها يكاد لا يتغيَّر فانها لما كانت مكونة من نسيج الام الجافية المتين وكانت الخوذة العظمية تحد بعضها من احد جوانبها لم يمكن انضغاطها من جوهر الدماغ بواسطة امتلاء الشرايين . وكذلك لا تقبل التمدد اذا عورض جري الدم الوريدي من الدماغ

فبناء على ما تقدم تكون كمية الدم الذاهبة الى الدماغ متساوية وهذه التسوية موافقة لوظائفهِ ولكونهِ كتلة مؤلفة من جوهر يكاد يكون غير قابل الانضغاط موضوعة في تجويف عظمي صلب الجدران . ولما كان الدماغ والجمجمة على ما ذكر ذهب البعض الى ان كمية الدم في الدماغ واحدة لا تتغيَّر

ابدًا وان الكمية الداخلة الى الدماغ بواسطة الشرايين في وقت مفروض هي نفس الكمية الخارجة منهُ بواسطة الاوردة في الوقت المذكور ومن ثمَّ عللوا عن الاعراض التي تنسب غالبًا الى زيادة او نقصان الدم في الدماغ بانها عائدة الى عدم الموازنة بين كمية الدم الشرياني وكمية الدم الوريدي . وظهر من تجارب المعلم كلي ان هذا المذهب صحيح غير ان المعلم باروس اعادها واضاف اليها تجارب اخرى جديدة فكانت النتائج مختلفة عما سبق . فانهُ شاهد الدماغ باهت اللون خاليًا من الدم كبقية الاجزاء في الحيوانات المقتولة بالفصد بدون ان يكون هناك فتحة في الجمجمة . وشاهد احتقان الاوعية الدماغية في الارانب المقتولة بالخنق والغرق واما في المقتولة بواسطة حامض بروسيك فرأى ان كمية الدم في التجويف الجمجمي عائدة الى كيفية وضع الحيوان بعد الموت فكانت الاوعية الدماغية محتقنة عند تعليق الحيوان وراسهُ مدلىً الى الاسفل وفارغة اذا تعلق باذنيهِ . فاستنتج من ذلك انهُ مع ان جميع جرم ما في باطن الخوذة ربما لا يتغير فكمية الدم قابلة للتغيير وانما يصاحب زيادتهُ نقصان السائل الدماغي الشوكي ونقصانهُ زيادة السائل المذكور ولما كان هذا السائل سهل الانتقال من بعض اجزاء الدماغ والحبل الشوكي الى غيرها سريع الامتصاص والانسكاب كانت فائدتهُ انهُ يجعل امتلاء الخوذة متساويًا عند الاختلاف الذي يحدث في كمية الدم وغيرهِ ما في باطنها . ولا ريب في ان ترتيب الاوعية على ما سبق يجعل كمية الدم الذاهبة الى الدماغ متساوية تقريبًا وان العوارض الخارجة تحدث فيها تاثيرًا اقل مما يحدث في معظم الاجزاء الباقية غير انهُ لما كان نبض القلب والشهيق وغير ذلك من العوامل العارضة تغير كمية الدم في باطن الخوذة كان لا بد من الميل الى احدى حالتين وهما السبات من زيادة الضغط والاغماء من نقصانهِ لولا وجود تجهيز خاص لمنع زيادة الضغط ونقصانهِ . ولذلك كانت للسائل الدماغي الشوكي فائدتان احداها املاء التجاويف الفارغة في الدماغ والحبل الشوكي وهي كفائدة الدهن في اجزاء اخرى والثانية انهُ لما كان

سهل الانتقال من تجويف الى اخر وسريع الامتصاص والانفراز كان واسطة عظمى لمقاومة زيادة الضغط ونقصانهِ

الابنية الانتصابية. اكثر التغيير الذي يحدث في كمية الدم باعتبار العضو الواحد والازمنة المختلفة انما يكون في ابنية معلومة حالتها الاعتيادية الليونة والارتخاء فاذا انتهاكمية عظيمة من الدم امتلأت وانتفخت وانتقلت الى حالة الانتصاب. وهي الجسمان الاجوفان والجسم الاسفنجي في قضيب الذكور والبظر في الانثى وعلى درجة ادنى منها حلمة الغدة الثديية في الجنسين . واحسن مثال لهذه الابنية هو الجسم الاجوف في القضيب وهو مؤلف من غلاف ليفي ظاهر تمتد من وجههِ الباطن صفائح كثيرة دقيقة فتقسم تجويفهُ الى خلايا صغيرة تستقر فيها الضفائر الوريدية التي معظم الخاصة الانتصابية في العضو موقوف عليها. وهذه الضفائر مكونة من اوردة قصيرة كثيرة التضفر والتفهم بعضها مع بعض وقابلة لتغيير عظيم في الحجم فتهبط في حالة ارتخاء العضو وتتمدد اكثر من الشرايين والاوردة التي تحمل الدم اليها ومنها بما لايقاس في حالة الانتصاب. واما الصفائح الليفية المتينة الفاصلة بين الضفائر والغلاف الليفي الظاهر الممتدّة هي منهُ فتحجز امتلاء الاوعية بحيث اذا انتصب القضيب صار متوترًا صلبًا . ويعود الدم الوريدي من الضفائر بواسطة اوردة صغيرة فالتي تعود من الحشفة ومقدم المجرى البولي تصب في الوريد الظهري للقضيب والتي تعود من الجسم الاجوف تصب في اوردة غائرة تنفذ من الجسم الاجوف عند ساق القضيب وما بقي من اوردة المجرى والبصلة تصب في الضفيرة الوريدية الموضوعة حول البروستاتا. واما العضلات التي تضغط الاوردة بحيث يحتبس الدم فيها ويحدث الانتصاب فهي الناصبتان للقضيب والمجلة للبول

الانتصاب يحدث من امتلاء الضفائر الوريدية بالدم والسبب الرئيسي المهيج لانتصاب القضيب هو تنبيه عصبي ناشئٌ من العضو نفسه او من الدماغ والحبل الشوكي وينتقل التنبيه المذكور الى القضيب بواسطة العصبين الاستحيائيين

اللذين يتفرعان في نسيجهِ الوعائي وجرب كونثير قطعها في الفرس فلم ينتصب القضيب بعد ذلك . والانتصاب مثال جيد على خضوع الدورة في عضو مفرد لتاثير الاعصاب غير انهُ لم يعلم بالتحقيق الى الآن كيفية عملها في تكثير جري الدم الى العضو المنتصب . ولعل ما ذهب اليهِ كوليكر هو الاقرب الى الصواب وهو ان امتلاء الضفائر الوريدية عائد الى عمل الالياف العضلية الآلية الكثيرة الوجود في الاعضاء الانتصابية . فاذا كانت هذه الاعضاء مرتخية ساكنة ضغطت الالياف المذكورة الضفائر الوريدية ضغطاً كافياً ليمنع امتلاءها المفرط . واذا تهيجت بواسطة اعصابها توقف عمل الالياف العضلية فتمتلئ الضفائر من الدم الوارد اليها من الشرايين وينتصب العضو ويبقى كذلك الى ان يسكن التهيج فتنقبض الالياف العضلية وتضغط الاوعية بحيث ينطرد الدم الزائد فيها الى الاوردة ويعود العضو الى حالة الارتخاء الاصلية . وكان من جملة ادلة المعلم المذكور على ما ذهب اليهِ عمل البرد والحرارة في الاعضاء الانتصابية فانها تنقبض وتنكمش في الحالة الاولى وتمتلئ وتتمدد في الثانية

وقد ظهر من التشريح الدقيق والتجارب التي اجراها كوبلت وكلارك وكراوس ان توارد الدم هو الشرط الاوّل الضروري للانتصاب وانهُ كافٍ لتسبيب تعاظم القضيب وانتفاخهِ . غير ان الانتصاب ربما لا يكون تامّاً ولا يدوم زمناً طويلاً الاّ اذا صاحب توارد الدم انقباض العضلات التي سبق ذكرها بحيث اذا ضغطت الاوردة وقفت خروج الدم منها او ما نعتهُ على شكل ان الدم الداخل الى العضو يكون اكثر من الخارج

وانما لا يحتاج الانتصاب الى اسعاف العضلات الاّ اذا كان من النوع التام لانهُ لا دخل لها في انتصاب الحالة وفي امتلاء الطحال وغيرهِ الذي لا يبعد عن الحالة الانتصابية . والظاهر انهُ يكفي لحدوث الامتلاء المذكور تفرع الاوردة على هيئة ضفائر حشكة وشرايين كبيرة تزيد كمية الدم الداخل عند الاقتضاء

واما تاثير المجموع العصبي في الدورة الدموية في الاوعية فسياتي الكلام عليهِ