26

الدورة الدموية

Circulation

يقـوم التنفس الخلوي بعمل أغلب التفاعلات الأيضية للحيوانات حيث تمتص الأكسـجين والغذاء ثم تُخرج نفايات المنتجات الأيضية. أما داخل جسـم الإنسـان فتتحرك المواد بين الخلايا وبيئتها عبر أوعية دموية أو أي شبكات نقل أخرى وهو ما يعرف بالجهاز الدوري.

ينشئ الجسم ثلاثي الأبعاد تحديًا فسيولوجيًّا، يُفسَر بدقة عن طريق تأمل صحيفة فقاعات ملفوفة، عندما تفردها يمكن بسـهولة أن تفجر أي فقاعة بصرف النظر عن حجم الورقة لكن إذا برمت اللفة لشكل أسطواني يصبح أكثر صعوبة أن تصل إلى الخلايا المركزية. في هذا التشبيه المجازي يمثل تفجير الفقاعات معدل الانتشـار وتتركز حركة الجزيئات تدريجيًّا بالأسفل (من أعلى إلى أسـفل). ويعتبر الانتشـار ملائمًا لتحريك الأيضات عبر سطح صحيفة متعددة الخلايا ولكـن ليس من خلال جسـم ثلاثـي الأبعاد. ومع وجـود خلايا أكثر يـزداد الحجم أسرع من مسـاحة السطح ويصبح من المستحيل تلبية طلبات الخلايا الأيضية عن طريق الانتشار وحده.

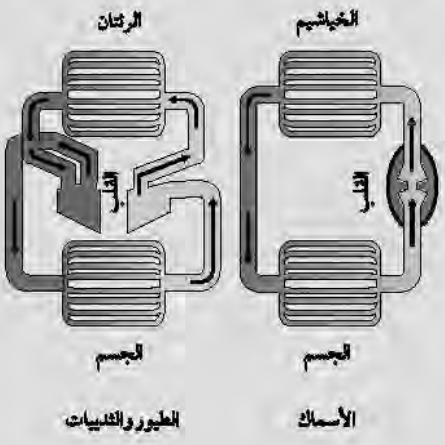
الخط الزمني

200م	1543م	1559م
وضـع جالينـوس Galen الكبد في مركز نظـام الأوعية الدموية.	اكتشـف فيزاليـوس Vesalius أن قلب الإنسـان به جانبان منفصلان.	ادعى كولومبـو colombo أن القلب يوزّع الدم عبر الرئتين.

أحد الحلول هو أن نرفع النسبة بين المساحة إلى الحجم عن طريق الطي، وعلى سبيل المثال، يقوم قنديل البحر بعمل ذلك عن طريق خلق جسم مجوف ليس داخل جسمه لكنه متواصل مع بيئته المائية. وبالرغم من صلابة الجسم ثلاثي الأبعاد، فإنه يحتاج لدورة دموية تنقل الأيضات.

جهاز القلب والأوعية الدموية للفقاريات

يعتمد الجهاز الدوري سواء الأحادي أو الثنائي على ما إذا كان القلب مقسمًا. فمثلًا يتكون قلب السمكة من أُذين واحد يؤدي إلى بُطين واحد، لذلك يُضخ الدم في اتجاه الجسم عبر الأعضاء الناقلة للغازات وهي الخياشيم. أما الطيور والثدييات فلها جهاز دوري مزدوج، يقسم القلب إلى جانبين أيسر وأيمن يفصلان الدم غير المؤكسج (الذي لا يحتوي على الأكسجين) متجهًا إلى الرئتين ـ فيما يُعرف بالدورة الدموية الصغرى (الرئوية) ـ عن الدم المؤكسج قاصدًا الجسم فيما يعرف بالجهاز الدوري. أما الفقاريات الأخرى فلديها جهاز جزئي يفصل الجانب الأيمن عن الأيسر.



الأجهزة المفتوحة والمغلقة

تستخدم الدورة الدموية أوعية متصلة داخليًا تسمى «جهاز القلب والأوعية الدموية» التي تضخ الدم المنقول عبر الجسم. في الجهاز الدوري المغلق، يبقى الدم في الأوعية بينما

1603م	1628م	1661م
اكتشف فبريسوس Fabricius صمامًا باتجاه واحد في الأوعية الدموية.	وضع هارفي Harvey القلب في وسط الجهاز الدوري المغلق.	استنتج ملبيغي Malpighi أجهزة تبادل الغازات والشعيرات الدموية.

تسبح الخلايا بالكامل في «السائل الخِلَالِيّ». ويتم تبادل الأيضات عن طريق الانتشار عبر طبقة تسمى «البطانة الغشائية»، وغالبًا ما يُصرف السائل الخِلَالِيّ في الجهاز اللمفاوي الذي يكوّن اللمفاويات قبل أن يُعاد تدويرها رجوعًا للدم. في الجهاز المفتوح يُفرغ الدم في تجويف الجسم أو في تجويف دموي haemocoel بين الأعضاء والعضلات، ولا تبطن الأوعية ببطانة غشائية، لأنه لا يوجد تمييز بين السوائل الثلاثة المعروفة باسم اللمف الدموي أو الهيمولمف haemolymph أو ببساطة الدم. وتستخدم كل الفقاريات جهازًا دوريًّا مغلقًا، بينما تستخدم اللافقاريات أي شيء آخر يتناسب أكثر مع أنماط حياتها المتنوعة. كما تستخدم أغلب الرخويات والقشريات والمفصليات (بما فيها الحشرات) الأجهزة المفتوحة، لكن تعتبر الرخويات أكثرها إثارة للإعجاب جنبًا إلى جنب مع ذوات الصدفتين مثل المحار، وبطنيات القدم مثل القواقع ورأسيات القدم مثل الأخطبوط والمحار لأنها تستخدم الجهاز المغلق بقلب قوي وتتكيف مع نمط حياة نشط يضم السباحة وسلوك الافتراس.

جهاز القلب والأوعية الدموية

جميعنا يعرف اليوم أن جهاز القلب والأوعية الدموية هو القلب. لكن لما يقرب من 1400 سنة هيمن على التشريح فكر رجل واحد وهو الطبيب اليوناني جالينوس galen الذي ولد حوالي 130م. فبدلًا من الدورة الدموية قال جالينوس إن الدم يُنتج من الكبد باستخدام الغذاء من الأمعاء ثم يُستهلك عن طريق الأنسجة بمعنى أن الأجهزة المفتوحة لا تعيد تدوير السائل. إذًا، كان الكبد هو الجهاز المركزي بالنسبة لهذا التصور وكان الدم مملوءًا «بأرواح حيوية» أي خليط بين الهواء من الرئتين وحرارة من القلب، والقلب أيضًا ليس مضخة والحاجز الذي يفصل حجراته اليمنى عن اليسرى به مسام.

إلى حد كبير لم تُواجه أفكار جالينوس حتى القرن السادس عشر، عندما ألقى عالم التشريح الإيطالي أَندرياس فيزاليوس Andreas Vesalius في جامعة بادوا Padua الضوء على أخطاء جالينوس. حيث أثبت أن الدم لا يمر من خلال حاجز القلب، بينما ادعى ريالدو كولومبو Realdo Colombo أن الدم يتدفق من خلال الرئتين في دورة دموية (رئوية). وفي عام 1603، اكتشف هيرونيموس فبريسوس Hieronymus Fabricius أن الأوردة لها صمامات باتجاه واحد تمنع الدم من التدفق للخلف. ثم جاء تلميذه الطبيب الإنجليزي ويليام هارفي William Harvey الذي دحض أخيرًا أفكار جالينوس. حيث قام هارفي بقياس حجم الدم المتصرف من ثدييات متنوعة وحسب أنها أبعد من أن تكون جاءت من الغذاء. ومن هنا، استنتج أن الدم في جسم الحيوان يندفع في دائرة، وهو في حالة غير منقطعة أبدًا. وفي عام 1616، بدأ هارفي يلقي

النباتات الوعائية

نشأت الأجسام ثلاثية الأبعاد مرتين هما: الحيوانات متعددة الخلايا التي نشأت منذ حوالي 700 مليون سنة بينما تعتبر النباتات أول مستعمرة بيئات أرضية نشأت منذ 450 مليون سنة. فعبر التطور المتقارب، وجدت تربة النباتات نفس الحلول للعيش مع خلايا متعددة ومتنوعة متضمنة محور البراعم-الجذور المتناظرة مع مورفولوجي رأس وذيل الحيوانات والنسيج النباتي القمي القابل للتكاثر أي الخلايا الجذعية عند نمو أطراف الأنسجة. وتفتقد النباتات للجهاز الدوري لكنها تحمل جهازًا وعائيًا ناقلًا يحمل السائل عبر نوعين من الأوعية هما اللحاء phloem (النسيج المسؤول عن توصيل الغذاء داخل النبات) والزيلم xylem (أحد الأوعية الخشبية الناقلة في النبات). حيث تمتلئ أنابيب اللحاء بعصارة وتبطن بخلايا حية تدفع بنشاط السكر المصنوع عن طريق عملية البناء الضوئي إلى العصارة حيث تنتشر في الخلايا. ويحتوي الزيلم على خلايا ميتة تمتص المياه بشكل سلبي وتحلل الغذاء الزائد. بعد الانتشار عبر التناضح الغشائي osmosis من التربة إلى الجذور، يتغلب السائل على الجاذبية من خلال ما تفعله الشعيرات وتستخدم لاستبدال المياه المفقودة عن طريق النتح خارج مسام الورقة (الجسم stoma) أو عن طريق التبخر من الأسطح. تحتوي جدران الخلايا النباتية على سليولوز وليغنين lignin مقاوم للانضغاط والضغوطات الأخرى موفرًا دعمًا بنيويًا يسمح للنباتات بأن تنمو أطول.

محاضرات في كلية الطب عارضًا نظريته للدورة الدموية على حيوانات مختلفة، كما كشف عن اتجاه تدفق الدم باستخدام المرقأة (العاصبة البدائية) على ذراع الإنسان لوقف النزف من الأوعية الدموية واتضح أن الشرايين تأتي من القلب بينما تتجه الأوردة نحوه.

«قلب الحيوانات هو المؤسس لحياتها وهو المهيمن على كل شيء بداخلها بمثابة الشمس لعالمها المصغر. فبالرغم من النمو الذي يعتمد عليها، إلا أن القوة تنبثق منها».

ويليام هارفي William Harvey

في عام 1628، أصدر هارفي كتابًا تحت عنوان «الممارسة التشريحية» على حركة القلب والدم في الحيوانات، وشمله بإهداء وكأنه إلى الملك ينص على «كل القوة تنبثق من القلب». لكن هارفي كان لديه نصف فقط صحيح وهو أن أغلب الحيوانات لها عضو وحيد، لكن بعض الحيوانات تملك قلوب متعددة. فالأخطبوط مثلًا، لديه قلب جهازي أو قلب أيسر لضخ الدم إلى الجسم بالإضافة إلى قلوب ملحقة تغذي الخياشيم. أما بالنسبة لدودة الأرض والديدان الحلقيّة فلا تحتوي على عضو واحد، لكن يندفع الدم من خلال جهازها الدوري المغلق عن طريق عصر جسمها كموجات متناسقة من الانقباضات أو انقباضات عضلية تشبه حركة الغذاء في جهازنا الهضمي.

أجهزة تبادل الغازات

فشل هارفي أن يجد جزءًا واحدًا من الجهاز الوعائي هو الأوعية الدموية التي تغذي الخلايا. لكنه اقترح أنها موجودة، لم تُلحظ الشعيرات الدموية حتى عام 1661 عندما رآها عالم الأحياء الإيطالي مارشيلو ملبيغي Marcello Malpighi أثناء دراسته لرئتَيْ ضفدع تحت المجهر. كما اقترح أن سطح الرئة هو المكان الذي يحدث فيه تبادل بين الهواء والدم؛ ذلك الشيء الذي نعرف اليوم أنه يحدث عن طريق الانتشار عبر جدران الشعيرات الدموية. وتستخدم عملية التنفس الأكسجين وتخرج ثاني أكسيد الكربون، تلك هي الغازات التي ترتبط عادة بأصباغ الجهاز التنفسي مثل «هِيم ـ haem» في الهيموجلوبين الذي غالبًا ما تحمله خلايا الدم.

اكتشف ملبيغي أن الحشرات لا تنقل الغازات في الدم لكنها تستخدم جهاز القصبة الهوائية الذي يفتح في مسام الهيكل الخارجي (الفتحات التنفسية) ويؤدي إلى تشعب ترتيب الأنابيب، جالبة الهواء بالقرب بما يسمح بالانتشار في الدم الذي تسبح فيه الخلايا. وتستخدم الزواحف والثدييات والطيور أنابيب متفرعة من القصبة الهوائية والشُّعب الهوائية التي تؤدي إلى حويصلات هوائية قابلة للنفخ، بينما تدفع الأسماك المياه عبر الخياشيم وتعتمد بعض البرمائيات بشكل تام على انتشار الغازات عبر الجلد. وغالبًا ما يُوصف التنفس الفسيولوجي كعملية مميزة تنتهي بتبادل الغازات، لكن من الأفضل أن نفكر في أن الجهازين التنفسي والوعائي عبارة عن حلقة متصلة.

الفكرة الرئيسة

تتغلب أجهزة النقل على عوائق الانتشار