

volume (85 micromètres cubes) et leur surface (135 micromètres carrés) varient très peu d'un globule à l'autre ; aujourd'hui, personne ne sait obtenir une suspension de microparticules déformables aussi bien calibrées.

Grâce à ce stratagème, les globules rouges se faufilent aisément à travers la plupart des vaisseaux, et assurent la respiration de toutes les cellules de l'organisme. Afin d'atteindre les recoins les plus inaccessibles du réseau sans frottement excessif contre les parois des vaisseaux, les globules rouges mettent en œuvre une autre stratégie.

Dans les artérioles et dans les veinules dont le diamètre est compris entre 20 et 300 micromètres, c'est-à-dire supérieur à la taille des globules rouges, les écoulements sont relativement lents et n'empêchent pas l'association des érythrocytes sous la forme de « piles d'assiettes ». Les empilements se regroupent au centre des vaisseaux, laissant la place à une couche lubrifiante de plasma, en contact avec la paroi : cette couche, dite plasmaticque, réduit la résistance à l'écoulement du sang.

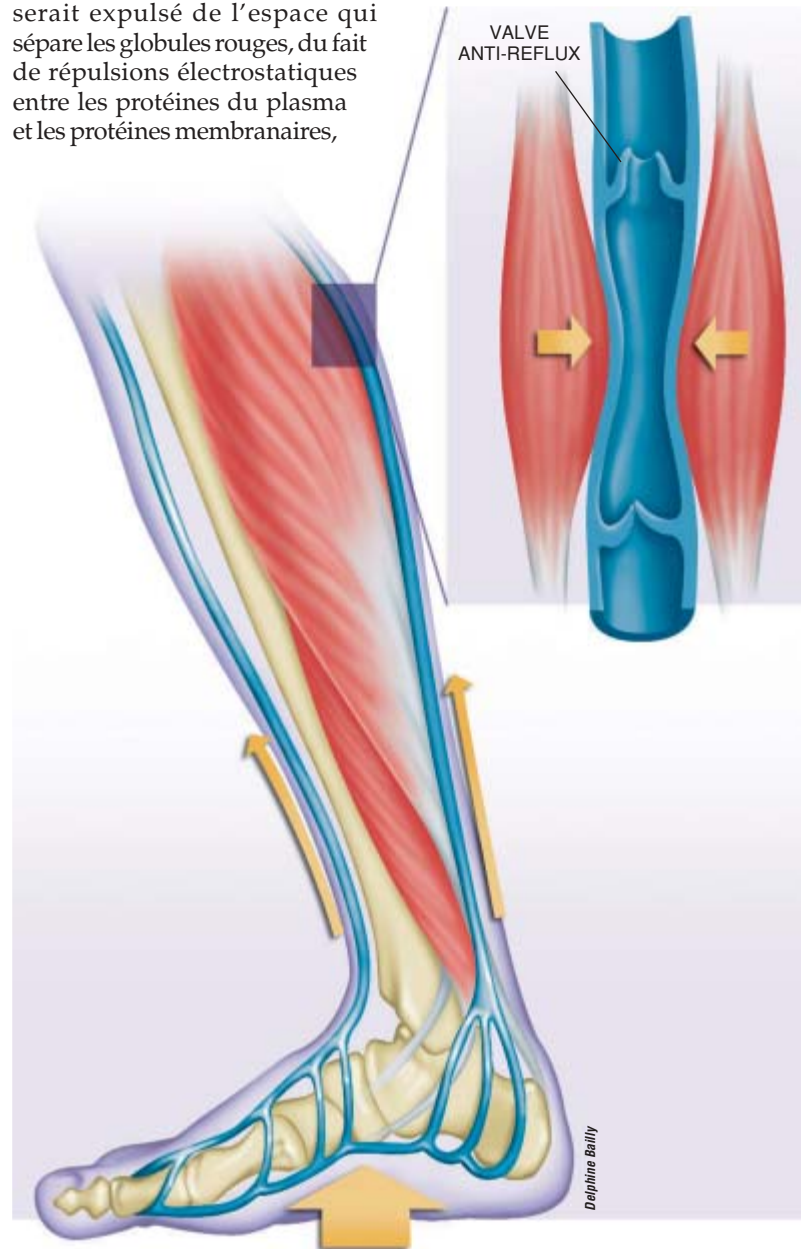
Des piles d'érythrocytes

Pour comprendre la formation de la couche plasmaticque, suivons un érythrocyte à son départ du cœur. Il circule d'abord dans une grosse artère, au milieu de ses semblables dans un désordre complet. Ses congénères se déplacent lentement près des parois du vaisseau et plus vite au centre de l'artère, avec une vitesse proportionnelle au carré de la distance à la paroi vasculaire (selon la loi de Poiseuille). La vitesse du fluide s'annule sur les parois, en raison des frottements, et augmente au centre. Ainsi, dans une grosse artère, le bord d'un globule rouge proche du centre est davantage entraîné que le bord proche de la paroi. De ce fait, les globules rouges, soumis à un courant rapide au centre et à un courant plus lent en périphérie, subissent une force dite de cisaillement et tournoient sur eux-mêmes. De surcroît, les collisions, plus nombreuses près des parois, repoussent les globules rouges vers le centre des vaisseaux. Lorsqu'ils atteignent les territoires plus calmes des artérioles, puis des veinules, la vitesse est plus homogène, et les globules rouges cessent de tourner sur eux-mêmes : ils forment des agrégats, s'ordonnent et serpentent en bloc dans la partie centrale des vaisseaux.

L'espace libéré entre un agrégat et la paroi se remplit de plasma ; cette couche plasmaticque joue le rôle d'un lubrifiant qui diminue les frottements des globules rouges contre les parois, facilitant la circulation du sang. Dans les veinules, la couche plasmaticque peut atteindre une dizaine de micromètres d'épaisseur, le faible débit sanguin favorisant l'agrégation des globules rouges et les écoulements, à condition que les agrégats ne grossissent pas au point d'obstruer les vaisseaux. Dans les capillaires de diamètre inférieur à celui des globules rouges, la couche plasmaticque est réduite à l'extrême. Les globules doivent cependant franchir ce cap pour atteindre les tissus les plus reculés de l'organisme. Dans les microvaisseaux, les érythrocytes se déforment et adoptent une forme de corolle, évoquant la voile gonflée d'un parachute (voir la figure 5). Une minuscule couche de plasma subsiste alors entre la membrane des érythrocytes et la paroi des capillaires, laquelle suffit à permettre aux globules déformés de glisser sans difficulté dans les capillaires. Le temps de passage des érythrocytes dans un capillaire dépend de la capa-

cité de la membrane à se déformer et de la viscosité du contenu des globules.

Pourquoi les globules rouges forment-ils ces agrégats facilitant la circulation sanguine ? On a longtemps pensé que les protéines du plasma, notamment le fibrinogène, étaient responsables des interactions réversibles entre les érythrocytes : les molécules de fibrinogène se fixeraient sur certaines protéines membranaires des globules rouges, provoquant leur agrégation par « pontage ». Toutefois, la fixation du fibrinogène sur les glycophorines portées par les globules rouges perturberait la reconnaissance des agents infectieux éventuellement en circulation dans le sang. Selon une autre hypothèse, le fibrinogène serait expulsé de l'espace qui sépare les globules rouges, du fait de répulsions électrostatiques entre les protéines du plasma et les protéines membranaires,



4. AU COURS DE LA MARCHÉ, la pompe du mollet et l'écrasement de la voûte plantaire aident au retour du sang vers le cœur. Avant que le pied se pose, les artères et les veines sont relâchées et le sang s'accumule dans la plante des pieds. Quand le talon touche le sol, le réseau de la plante des pieds est comprimé et le sang est refoulé vers le haut, telle l'eau que l'on expulse d'une éponge imbibée en la pressant. Lorsque le mollet est contracté, il écrase les veines, ce qui propulse le sang vers le haut, le retour du sang vers le bas étant évité par la présence de valves anti-reflux.