

Anatomie

1. La vascularisation cutanée s'organise en deux réseaux

- le plexus profond ou plexus du derme réticulaire, à l'interface dermohypodermique, composé d'un plexus artériel et d'un plexus veineux. Ce plexus est lui-même issu (coté artériel) et rejoint (coté veineux) un plexus sous-jacent hypodermique.
- le plexus superficiel ou plexus du derme papillaire comprenant un plexus artériel papillaire d'où s'élèvent les anses capillaires et un double plexus veineux.

Les deux plexus sont reliés par des vaisseaux arborisés qui forment des capillaires autour des follicules pilosébacés et des glandes sudoripares du derme.

2. Les anses capillaires

Au niveau du derme papillaire, chaque artériole donne naissance à plusieurs métaartérioles dotées d'un sphincter métaartériolaire. La métaartériole se poursuit par le canal préférentiel puis la veinule post capillaire. Les anses capillaires naissent du canal préférentiel. Le segment artériel ou anse ascendante, muni d'un sphincter précapillaire, monte au sommet de la papille, s'incurve en épousant la convexité de la papille et se poursuit par le segment veineux descendant qui rejoint la veinule post capillaire. Le calibre de l'anse ascendante et descendante mesure autour de 10 microns. Cette invagination des boucles capillaires dans le derme papillaire permet de réduire les distances de diffusion vers les cellules épidermiques dont la demande nutritionnelle est la plus importante.

Il y a un généralement un seul capillaire par papille et 30 à 40 papilles par mm².

Les capillaires sont perpendiculaires à la surface cutanée sauf au niveau du lit unguéal où ils sont quasi parallèles à la surface cutanée, et bien visibles en capillaroscopie péri unguéale.

La paroi capillaire est constituée de l'endothélium avec les cellules endothéliales, de la membrane basale et des péricytes.

Le drainage du tissu interstitiel est assuré par le système lymphatique cutané qui s'organise aussi en un plexus lymphatique superficiel et profond.

Il existe des anastomoses artério veineuses qui connectent directement des branches artérielles et veineuses et ont un rôle essentiel dans le régulation thermique. Ces anastomoses sont plus nombreuses au niveau des extrémités (mains, pieds)

Zweifach a introduit le concept d'unité microcirculatoire constitué de la métaartériole, du canal préférentiel, des anses capillaires, des anastomoses artérioveineuses, de la veinule post capillaire, des canalicules lymphatiques et des tissus interstitiel entourant cette unité. Cette unité de microcirculation a une certaine autonomie. [Schéma 1](#)

 Schéma 1

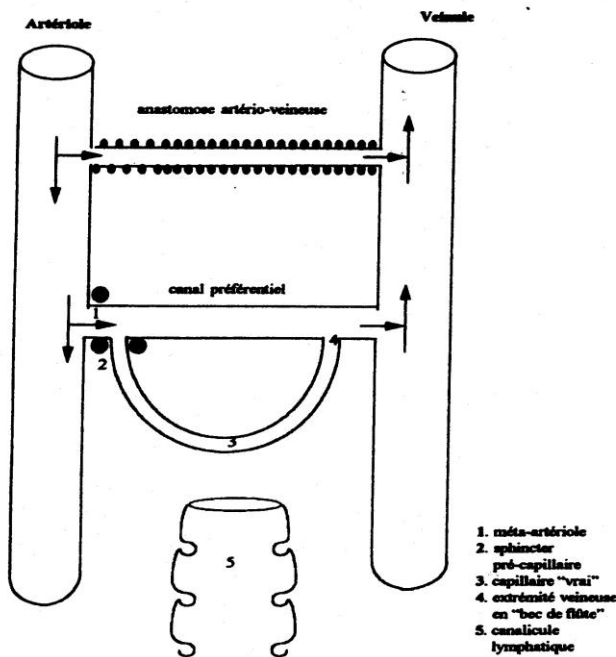


FIG. 1-1. — Schéma de l'organisation de « l'unité fonctionnelle capillaire » (d'après Chambers et Zweifach).

Physiologie

1. Régulation de la circulation cutanée

Les artérioles par leurs cellules musculaires lisses expriment la propriété de vasomotricité et font varier le calibre de leur lumière. La régulation de la circulation cutanée est principalement neurohormonale orthosympathique et endothéliale. L'activation des récepteurs alpha adrénergiques provoque une vasoconstriction. La vasodilatation est un mécanisme souvent non spécifique (absence de vasoconstriction) ou est induite par des kinines vasodilatatrices libérées par ex lors de la sudation. L'existence de récepteur B vasodilatateur cutané est discutée.

Au niveau de l'unité microcirculatoire existe aussi une autorégulation : métabolique (ex : PCO₂ et métabolites vasodilatateurs relargués lors de l'hypoxie), myogénique (constriction de la paroi si la pression intraluminale augmente).

2. La circulation cutanée assure un rôle de thermorégulation et de nutrition. Elle intervient dans la régulation des résistances périphériques et de la pression artérielle

80% du débit sanguin cutané est dévolu à la thermorégulation, assuré par les anastomoses, les artérioles du plexus superficiel et le canal préférentiel ou sont branchés les capillaires.

Deux mécanismes sont impliqués : la convection de chaleur par le sang (mécanisme principal) et sa régulation par les sphincters (vasoconstriction), et la conduction proportionnelle à la conductance des tissus. Interviennent aussi les échanges de chaleur entre artères et veines cheminant côte à côte.

Protection contre le froid : la vasoconstriction cutanée artériolaire s'effectue par le renforcement du tonus sympathique. En surface cutanée, les échanges caloriques entre le sang et le milieu extérieurs se trouvent ainsi limités. En cas de forte vasoconstriction prolongée, la peau peut souffrir de la diminution de l'apport d'oxygène par le sang, aboutissant parfois à des gelures.

Protection contre la chaleur : 2 mécanismes interviennent au niveau microcirculatoire : 1) la sudation qui un rôle important dans le refroidissement par l'intermédiaire de kinines vasodilatatrices libérées 2) La vasodilatation qui permet au sang de circuler près de la surface cutanée, accentuant ainsi la déperdition de chaleur par convection.

Le flux nutritionnel ne représente que 20% du débit sanguin cutané.

L'endothélium joue un rôle clé dans l'autonomie vasomotrice des microvaisseaux. La cellule endothéliale a une action antithrombotique, de vasorégulation par libération d'endothéline vasoconstrictive et de prostacyclines (PGI₂) et monoxyde d'azote, vasodilatatrices et une action antiadhésive. En cas d'activation (hypoxie, ischémie, inflammation) les propriétés s'inversent avec action coagulantes et d'adhésion

leucocytaire et production de nombreuses cytokines.

Méthodes d'exploration de la circulation cutanée

1. Mesure du débit sanguin cutané par élimination d'indicateurs isotopiques.

Le principe de la clearance isotopique est qu'une substance librement diffusible, non métabolisée, administrée par injection intradermique, sera drainée par le flux circulatoire. Le ¹³³Xénon est le plus utilisé. Un scintillateur permet d'enregistrer la décroissance locale de la radioactivité.

Mesure du débit local par Thermoconductivité (peu utilisé)

2. Thermographie

La température cutanée dépend du flux sanguin, de la production de chaleur des tissus sous jacents et de la température extérieure.

La peau émet des rayons infrarouges. La téléthermographie détecte et enregistre ce rayonnement à distance par caméra à infrarouges et obtient une carte des températures de la zone explorée. Des plaques de thermographie sensibles au dégagement calorique peuvent aussi être utilisées.

3. La capillaroscopie péri unguéale

Technique de visualisation de la microcirculation cutanée dans sa partie superficielle in vivo par transillumination avec une lumière froide. On utilise un microscope optique avec un grossissement de GRX10 à 200. Le principal site d'application est la zone cutanée peri unguéale. La vidéocapillaroscopie peut être un outil de recherche clinique, couplée à des techniques d'analyse de vitesse circulatoire, de pression capillaire, d'étude de diffusion de marqueur fluorescent.

En pratique clinique, on utilise la (vidéo)capillaroscopie simple pour l'analyse morphologique du réseau capillaire peri unguéal permettant l'étude des acrosyndromes (ex : phénomène de Raynaud) et le dépistage des microangiopathies en particulier de la sclérodermie systémique.

► L'examen permet de :

- ✓ quantifier le nombre de capillaires (ex : recherche d'une diminution du nombre d'anses),
- ✓ étudier la taille et la morphologie des anses (ex : recherche de capillaires anormalement dilatés ou géants: le mégacapillaire qui mesure au moins 50 microns de diamètre soit 5 fois le calibre normal),
- ✓ étudier les espaces péri capillaires (ex : hémorragies)
- ✓ réaliser des tests (pression digitale, chaud, froid)

4. La capillaroscopie « en pleine peau »

Les nouveaux vidéomicroscopes plus maniables, permettent de réaliser la capillaroscopie sur toute la surface cutanée. Elle est réalisée, plus en recherche clinique qu'en routine, en bas de jambe pour

l'insuffisance veineuse et au dos du pied pour l'insuffisance artérielle et en cosmétologie. Les capillaires sont perpendiculaires à la surface cutanée et seul le sommet de l'anse est visible donnant un aspect en point ou en virgule.

5. Le laser Doppler

La technique utilise l'effet Doppler qui mesure ici la vitesse des particules sanguines en déplacement. L'effet doppler peut être obtenu ici à partir du laser adapté à l'étude des faibles vitesses. Le faisceau laser utilisé a une pénétration tissulaire est de 1 à 3 mm. Les hématies vont réfléchir le faisceau en modifiant sa longueur d'onde en fonction de leur vitesse. Les résultats ne sont pas exprimés en débit mais en index de perfusion tissulaire. Il est possible de réaliser une cartographie de la perfusion laser Doppler comme pour la thermographie.

Applications

La variabilité du signal est très importante et la technique très sensible. Elle est surtout utilisée en recherche clinique. Une application clinique est la surveillance de perfusion de lambeaux en chirurgie plastique.

La seule utilisation de routine est la mesure de la pression artérielle systolique digitale (qui peut se faire aussi par la phléthysmographie ou par doppler ultra son). Le capteur est placé au niveau de la pulpe d'un doigt ou d'un orteil et le manchon de compression placé en amont immédiat.

1. Mesure de la pression partielle transcutanée en oxygène, TcPO₂

L'examen mesure la PO₂ à la surface cutanée par une sonde posée sur la peau contenant une électrode polarographique de Clark. La sonde est chauffée entre 43 et 45°C ce qui permet une augmentation du débit et une « artérialisation » du sang capillaire dont la PaO₂ se rapproche de celle des artères (artéριοles) sous jacents. La première application dans les années 1980 a été l'estimation des gaz du sang en néonatalogie.

L'application principale actuelle est d'apprécier la perfusion locale et de quantifier le degré d'ischémie chez le patient atteint d'artériopathie. La mesure de base est réalisée au dos du pied en regard du premier espace interosseux et si possible au niveau de la face interne haute de la jambe 10cm sous le genou. La mesure simultanée dans une zone non atteinte par l'artériopathie (thorax ou bras), permet d'avoir une valeur de référence et d'interpréter des baisses de TcPO₂ qui seraient dues à une insuffisance cardiaque ou respiratoire. Des tests de sensibilisation peuvent être réalisés : test postural avec passage à la position jambes pendantes qui augmente la TcPO₂, test d'inhalation d'oxygène en cas d'artériopathie sévère et d'ischémie critique. Un test de marche sur tapis roulant qui s'accompagne d'une baisse de la TcPO₂ peut aider au diagnostic de claudication artérielle (rarement nécessaire). Des tests d'hyperhémie post occlusive peuvent aussi être réalisés après levée d'un brassard occlusif artériel mis à la cheville.

La valeur normale de la TcPO₂ est, au dos du pied, > 65mmHg . La diminution de la TcPO₂ est bien corrélée à la gravité de l'artériopathie. L'ischémie d'effort a une TcPO₂ de 35-65 mmHg. L'artériopathie sévère (ischémie permanente) s'accompagne d'une TcPO₂ <35mmHg. Une TcPO₂ <10mmHg (ischémie critique) non

améliorée par la position jambes pendantes ou sous inhalation d'O₂ signe un risque majeur d'amputation. On estime autour de 30 mmHg la TcPO₂ nécessaire pour cicatriser une plaie.

2. La pléthysmographie

Les différentes techniques de pléthysmographie mesurent des variations de volume, sanguins ici. La photopléthysmographie utilise un faisceau infrarouge réfléchi par les éléments figurés du sang dans un volume correspondant à 2,5 mm de profondeur sous la surface cutanée. Elle donne une information très indirecte qualitative sur le flux sanguin dans la zone testée. Elle est peu utilisée dans cette indication mais est plus utilisée de même que la pléthysmographie à jauge de mercure pour l'étude du pouls digital (acrosyndromes, artériopathie).

3. Pression systolique digitale

La mesure de la pression systolique digitale (étude macro et microcirculation) est réalisée par un manchon de compression (brassard) relié à un manomètre et un capteur distal (sonde Doppler, laser Doppler, pléthysmographie). Des tests au froid peuvent être réalisés. Un gradient humérodigital de plus de 30% est évocateur d'une artérite digitale.

► Les principales indications sont :

- ✓ le phénomène de Raynaud atypique ; l'ischémie digitale ; une suspicion de maladie de Buerger (artérite juvénile) ; une suspicion de sclérodermie.

4. Méthodes d'exploration de la circulation lymphatique

La circulation lymphatique est difficile à explorer. Les techniques utilisent des indicateurs colorés ou isotopiques. L'examen par lymphographie directe avec injection de produit de contraste dans un canal lymphatique cathétérisé est traumatique et n'est quasiment plus utilisé, remplacé par la tomodensitométrie en ce qui concerne l'étude des ganglions lors des lymphomes.

La lymphographie indirecte par test au bleu (injection d'un colorant dans le derme qui se draine par le système lymphatique) donne des résultats insuffisants et parfois des allergies et n'est aussi quasiment plus utilisé. L'examen le plus utilisé est la lymphoscintigraphie isotopique indirecte après injection hypodermique d'une substance marquée au technetium qui donne à sa phase précoce la clearance locale du produit. Elle permet de faire la part entre les atteintes organiques ou fonctionnelles. La microlymphographie à fluorescence est utilisée en recherche clinique. Après injection intradermique du traceur, elle visualise les canaux précollecteurs et collecteurs et la diffusion à travers les capillaires