

脳のゴミ処理機構(glymphatic system)と睡眠

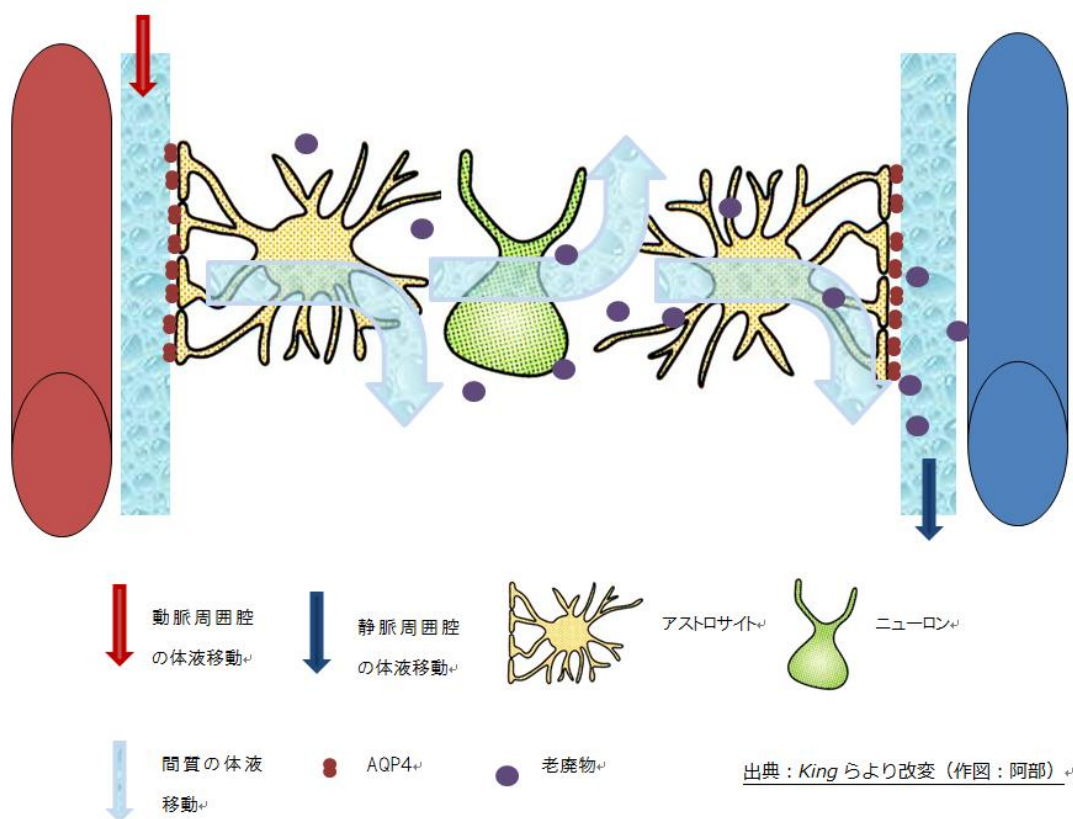
ヒトの循環系は、血液を循環させるため、ポンプの働きを担う心臓、流通路としての動脈、毛細血管、静脈によって形成されている。これら脈管系の他に、忘れてならないのがリンパ管である。「リンパの流れが悪くて足が浮腫んだ」とか「風邪をひいてノドが痛く、リンパ腺(リンパ節のこと)が腫れた」といった会話を耳にしたことがあると思う。リンパ管は、毛細血管から漏出した間質液を回収してリンパとして運び、静脈に戻す回収路であるとともに、異物を認識し活性化した免疫細胞や抗原を末梢組織からリンパ節へ輸送し、免疫を開始させる重要な役割も担っている。

毛細血管と周囲の間質との間では、絶えず液の出入りが行われている。血圧と膠質浸透圧という2つの力によって毛細血管から液の出し入れが起こるが、ごくわずかに漏出する液の方が多い。余分な間質液は毛細血管の周囲に分布するリンパ管の末端に入ってリンパとなり、リンパ管を流れて最終的に血液に回収される。脳以外の場所では、細胞周囲の間質に存在する老廃物は体液の移動に伴ってリンパ管に流入し、最終的には静脈系へ移動する。

脳には古典的なリンパ管がない。脳の実質は他の臓器と異なり、毛細血管の周囲に液を含む間質腔の広がりがない。ところで、アストロサイト(グリア細胞の一つ)の足突起は、脳脊髄の動脈・静脈・毛細血管を取り囲んでいる。血管壁とアストロサイトから伸びた足突起から形成される壁構造に囲まれた空間を**血管周囲腔**と呼ぶ。脳内の動脈の拍動やくも膜下腔の内圧などの力によって、脳脊髄液はくも膜下腔から血管周囲腔に流入する。アストロサイトには水輸送を担う水チャンネル(アクアポリン)があり、これによって動脈周囲の液は脳の実質内に拡散し、さらに脳の実質内から静脈周囲へと移行する。アストロサイトの足突起にある**アクアポリン4**が水移動を促進し、脳組織の細胞外環境を清掃する役割を担っている。脳において老廃物を排出する構造である血管周囲腔が脳脊髄液を流す導管であり、脳のリンパ系ともいえる役割を果たす。そのことを示したロチェスター大学のネーデルガードらは、この血管周囲腔を介する老廃物の処理システムを「**glymphatic system**」と名付けた。

睡眠中に脳細胞(グリア細胞であると推測されている)の体積が縮小して間質腔が拡張する。そうすると脳脊髄液が脳組織を通過しやすくなり、睡眠中に脳の間質に存在する老廃物が効率的に除去される。多くの人は睡眠不足のときに集中力の低下や記憶力の低下を経験していると思われるが、glymphatic系の機能低下による老廃物の蓄積がその一因かもしれない。

(注) 脳細胞とは、神経細胞(ニューロン)、グリア細胞(アストロサイト、オリゴデンドロサイト、ミクログリア)である。



文献

1. 坂井建雄. 脳の血管系・リンパ系の解剖. CLINICAL NEUROSCIENCE vol. 37 no. 1 (2019-1): 20-22.
2. 勝元敦子, 田中章景, 山村隆. 免疫と glymphatic system. CLINICAL NEUROSCIENCE vol. 37 no. 1 (2019-1): 29-32.
3. 林悠, 中井彩加. 睡眠の役割の研究の最前線-記憶学習老廃物の除去デルタ波. CLINICAL NEUROSCIENCE vol. 37 no. 1 (2019-1): 33-36.
4. 挾間章博. 脳の清掃を担う glymphatic 系とアクアポリン. CLINICAL NEUROSCIENCE vol. 37 no. 1 (2019-1): 42-45.
5. 長縄慎二. 脳の老廃物排泄機構. 放射線科学: 149-151.
6. Jessen NA, Munk AS, Lundgaard I, et al. The glymphatic system: a Beginner's guide. Neurochem Res. 2015; 40: 2583-99.
7. King LS, Kozono D, Agre P. From structure to disease: the evolving tale of aquaporin biology. Nat Rev Mol Cell Biol. 2004; 9: 687-98.
8. Nedergaard M. Garbage truck of the brain. Science. 2013; 340: 1529-30.