

血管抵抗変化を考慮した脳組織生理状態モデルの構築

梶木智彦, 若槻琢也, 若松秀俊

東京医科歯科大学保健衛生学研究科

Physiological brain model including flow resistance of cerebral blood vessel

Tomohiko Utsuki, Takuya Wakatsuki, Hidetoshi Wakamatsu

Graduate School of Health Sciences, Tokyo Medical and Dental University

1. 背景と目的

近年、頭部外傷、脳卒中、新生児仮死、脳炎などによる重症脳損傷に対し、一定期間、脳を軽度の低温に維持することによって脳神経細胞死を抑制する脳低温療法が注目されている。しかし、この療法は全身麻酔下で行うため、脳温や体温以外にも呼吸、循環、代謝、電解質、免疫、血液凝固など数多くの管理項目があり、熟練と多大な労力を要する。

特に脳圧と脳灌流圧は、脳温と同様に神経細胞の生死に直接関わるので、重症頭部外傷管理ガイドラインの管理目的項目にも挙げられている。したがって、脳温、脳圧、脳灌流圧、脳血流量といった脳組織の生理状態の制御には、脳低温療法における労力の削減と治療成績の向上が期待できる。

これまで本研究者らは、温熱生理モデル¹⁾、脳内水力学モデル、及び脳内薬物動態モデル²⁾を構築し、脳温制御システム³⁾、脳圧制御システム⁴⁾それぞれ開発してきた。しかし、脳温、脳圧、脳灌流圧、脳血流量は、脳毛細血管透過性と脳血管抵抗変化を介して相互に影響を及ぼしあう。したがって、脳組織生理状態制御システムの構築にあたって、これらの影響を表現する脳組織生理状態モデルが望まれる。

なお、現在、脳温の脳圧への影響を表現した数値モデル⁵⁾が発表されているが、脳温・脳圧変化による脳血管抵抗変化と、これによる脳温・脳圧への影響は、本研究者らが知る限り解析されていない。そこで本稿では、それらの影響を考慮した脳組織生理状態モデルを構築し、今後開発を目指す脳温・脳圧制御システムの基礎とする。

2. モデルの概念と構造

構築する脳組織生理状態モデルは、温熱生理モデル、脳内水力学モデル、脳内薬物動態モデル、脳内腫瘍モデル、及び脳循環局所調節モデルからなる。

温熱生理モデルは、全身の代謝産熱、体内の熱移動、及び体内外間の熱移動を表すモデルである。また、脳内水力学モデルは脳血管と脳組織との間の水の移動を表すモデルであり、薬物動態モデルは脳血管と脳組織における浸透圧利尿剤などの薬物の移動や濃度変化を表すモデルである。一方、脳内腫瘍モデルは頭蓋内血腫などの脳圧への関与を表現するモデルであり、脳循環局所調節モデルは脳循環の神経調節や化学調節を表すモデルである。

これらのモデルを組み合わせると、脳血管抵抗変化を考慮しながら体表温度、浸透圧利尿剤血中濃

度、及び平均動脈圧、脳温、脳圧、脳灌流圧、脳血流量の関係を表現する脳組織生理状態モデルが構築できる。その概略を図1に示す。

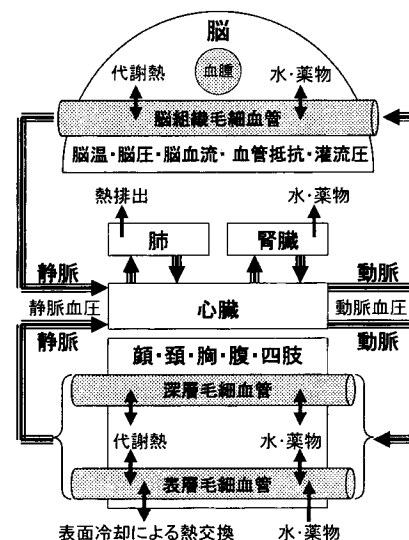


図1 脳組織生理状態モデル構造

Fig.1 Schematic description of physiological state of brain including circulatory system

文 献

- 1) 若松秀俊, 陸高華: 脳低温療法のための患者温熱モデル. 電気学会論文誌 C, 123(9): 1537-1546, 2003.
- 2) 若松秀俊, 季楠: マニトールの頭蓋内圧降下作用に関する理論的検討. 日本臨床生理学会雑誌, 34(3): 145-152, 2004.
- 3) 若松秀俊, 梶木智彦: 脳低温療法のための自動制御システムとその性能. 日本臨床生理学会雑誌, 34(4): 229-238, 2004.
- 4) 若槻琢也, 梶木智彦, 若松秀俊: 脳低温療法のためのファジィ制御による脳温管理—小児モデルにおける検討—. 日本臨床生理学会雑誌, 35(5): 269-275, 2005.
- 5) 季楠, 若松秀俊: 最適制御によるマニトールの効果的な投与と頭蓋内圧動特性. 日本臨床生理学会雑誌, 34(5・6): 255-261, 2004.
- 6) Lu Gaohua, Hidenori Kimura: A mathematical model of intracranial pressure dynamics for brain hypothermia treatment. Journal of Theoretical Biology, in press.