

従来法では医療従事者の経験と労力に大きく依存

脳低温療法は交通事故や脳梗塞、脳溢血などにより脳に重度の損傷を受けた時、脳温を数日から数週間にわたって三二〜三四℃に冷却し、神経細胞死を防ぐ治療法。同療法により従来の治療では脳死に至ったと思われる患者が後遺症もなく多数蘇生し、近年では心停止患者の治療にも応用されている。

しかし、脳低温療法は全身麻酔をかけながら、数週間にわたり脳を冷却するため、呼吸、血液循環、代謝、電解質、麻酔深度など全身の生理状態を治療終了時まで絶えず監視し、必要な処置を施さなければならぬ。このため、医師や看護師をはじめ多くの医療スタッフの豊富な経験と多大な労力に依存しているのが実情だ。

また、使用する装置や器具、薬剤も特殊で使用頻度・量が多く、これに人件費が加わるため、治療費は巨額になり、同療法の普及を妨げる原因となっている。

一方、ファジィ制御では、まず脳温を「ちよつと高い」などのように言葉で分類し、実際に脳温がその分類にどれくらい適合しているかを閾数に従って判断する。そして、その分類や判断からこれまでの経験や知識を参考にし、水温を「ちよつと下げる」のか「大きく下げる」のかを考え、脳温を制御するのに適切な水温を決定する。

この思考過程は医師がものを考える過程によく似ていて、きつちりとした数値ではなく、「すこし高い」といった曖昧（ファジィ）な分類から水温を計算する。これまでの経験や知識を参考にし、医師と同じような思考過程で制御するため、人間を対象とする治療の宿命というべき環境変化や患者の状態変化、個人差などを乗り越えて柔軟に対応することができる。

ファジィ制御は経験や知識を参考とするため、患者にとって苦痛となる水温変化を避けることができるのも強みだ。

若松教授は「救急車やICU、手術室などに全身管理

加速する  
先端医療  
技術開発

Vol.1 東京医科歯科大学

脳低温療法の自動化に成功  
脳梗塞などの治療に威力!

東京医科歯科大学大学院保健衛生学研究科・生体機能支援システム研究室の若松秀俊教授、若槻琢也院生、橋本智彦院生らはこのほど、脳低温療法を自動化した「全身管理システム」を開発、近く臨床試験をスタートする。同システムは数日から数週間、まったく人手をかけずに脳温を臨床的に望ましい温度に制御することができるのが最大の特徴。交通事故や脳梗塞、脳溢血などにより損傷を受けた脳の神経細胞死を防ぐ有力な手段として、早期の臨床応用が期待される。

撮影=関口宏紀



1 水冷式冷却ブランケットに包まれた実験用人体と、それを取り巻く各種装置  
2 人体は血液循環と代謝熱生産を表現するために特別に製作された  
3 実験の陣頭指揮をとる若松秀俊教授(中央)  
4 脳温制御モニターには刻一刻と変化する目標脳温、実験脳温などのデータが映し出され  
5 「自動管理システム」の開発中枢を担った若松教授(中央)と若槻琢也院生(左)、橋本智彦院生

そこで、若松教授らの研究グループは、こうした問題を解決するため、全身管理システムの開発に着手した。同システムは脳温、脳圧、呼吸状態、血液循環状態、麻酔状態といった生理状態を自動制御する「自動制御システム」と、その生理状態を集約し判断や警告などを行う「状態監視システム」から成る。

自動制御システムは、脳温の制御が中核を占め、室温や生理状態などの条件がいくらか変化しても、患者の個人差がどれだけ大きくても、きちんと制御することを数学的に保証する「適応制御」と「ファジィ制御」という二つのシステム制御理論に基づく。

そして、その理論のうえで、脳温を自動測定し、冷却水温の計算と調整を行い、医師が与えた目標値のプラスマイナス〇・1℃以内に脳温を制御する仕組み。この時、用意した温水と冷水の急速な混合により冷却水温を調整することで、十分な制御能力を保ちつつ、実用的なシステムの開発にこぎつけることができた。

システムを設置すれば、多くの患者さんが脳死ぎりぎりの状態から後遺症がほとんどなく生還できるようになる可能性が高まるはず」と同システムを用いた救急体制の充実を強調する。

国内外の医療機関と臨床試験をスタート

臨床試験は東京医科歯科大学内や国内外の医療機関で実施する予定。これに先立ち脳外科や救急医療の専門医、看護師ら二九人の医療従事者を対象に行ったアンケート調査では、二六人から「脳温自

水冷ブランケットに患者を包み脳温制御

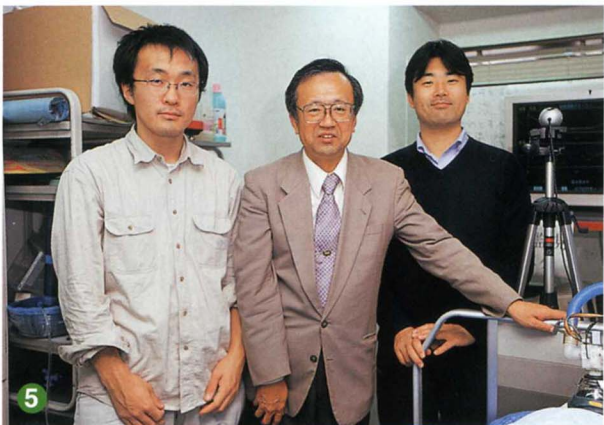
全身管理システムは、患者を包んだ水冷ブランケットの水温を調節し、脳温を制御する方式を採用しているため、水温の推移に対し、脳温がどのように変化するかという関係(熱特性)が重要となる。だが、患者の置かれている環境の変化や患者自身の状態変化などがあると、熱特性が変化し、水温を調節しても脳温が思うように制御できない状態が起こり得る。

こうした変化を考慮しながら脳温を制御する柔軟な制御システムが適応制御だ。適応制御では、まず熱特性の変化を検出し、その変化に合わせて、どのように制御したらよいかという規則(規則制御)を刻々と調整することで、常に脳温がきちんと制御できるようにシステムを維持する。

具体的には医学的に望ましい脳温(脳温管理曲線)と実際の脳温の差に対して、水温を何度に設定すればいいのかという制御則を熱特性の変化に応じて随時加減する。

「脳低温療法は交通事故で脳死となった若者や意識不明で生まれた新生児の蘇生などにも貢献してきました。いつでもどこでも使用できる全身管理システムを国内外に普及させるよう努力していく考えです」(若松教授)と、同システムの社会的な意義を訴えかける。

目下の課題は全身管理システムが一システムしかないため、複数の医療機関で同時に臨床試験が行えない点だ。「早期にもう一システムをつくりたい。これには産業界の協力が必要です」(同)と、医療関連メーカーとのアライアンスを模索している。



5 「自動管理システム」の開発中枢を担った若松教授(中央)と若槻琢也院生(左)、橋本智彦院生