



1. 基礎

2) 治療

超音波治療の最新動向

立花 克郎 福岡大学医学部解剖学講座

超音波診断技術の目覚ましい進歩とともに、超音波画像から得られる情報量は年々増加し、一般診療の場では必要不可欠な診断手法となった。一方、超音波の温熱効果を利用した治療は、50年以上の長い歴史を持ちながら、診断領域ほどの脚光を浴びてこなかった。しかし、この数年の間に画期的な治療方法や治療装置が次々と登場し、これまでとはまったく異なった超音波治療分野が生まれつつある。

強力集束超音波治療

超音波の治療への応用は、大きく温熱または非温熱効果を利用する方法に分類できるが、現在は超音波エネルギーを熱源としたがんの治療の研究が非常に盛んである。超音波エネルギーを集束し、生体局所の組織を焼灼する方法は、1950年代に脳腫瘍の超音波温熱治療として初めて臨床応用された。しかし、当時の診断技術は限られており、現在のように超音波 (US)、CT、MRIなどの精度の高い画像診断技術を用いて、リアルタイムに体内を観察しながら組織を焼灼することはできなかった。このため、超音波の本来の特徴を十分に発揮できずに、長い間封印されていた。

現在、超音波を体外からミリ単位の正確さで、さまざまな患部に照射可能となっている。一般に、この治療法は強力集束超音波治療と呼ばれ、high intensity focused ultrasound (HIFU) therapyとして知られている。全世界で前立腺がん、子宮筋腫、乳がん、肝臓がん、膵がんの治療に臨床応用され、多

くの臨床試験が進行中である。皮膚表面から超音波照射を行う非侵襲的なこの治療方法は、現在はMRIとの組み合わせが主流で、まだまだ大がかりな装置であるが、今後は小型化へと研究開発が進められると予想される。組織を焼灼するために、高い強度の超音波エネルギーがどうしても必要であるが、超音波プローブの改良や照射タイミングの工夫で、より効率的に患部に照射することが可能である。また、超音波造影剤を投与することで、超音波による熱発生は容易になることも近年、報告されている。後述のインテリジェントな超音波造影剤 (マイクロバブル) が使えば、がんなどを低レベルの超音波エネルギーで焼灼可能と思われる。一方、2013年、世界で初めて米国にてパーキンソン症候群患者の振戦に対してHIFUが施行され、脳の局所焼灼に成功した。まだ臨床試験中であるが、その中間報告では非常に良好な結果が得られている¹⁾。脳疾患への超音波応用も今後、注目される分野である。

カテーテル型超音波発振装置による血栓溶解

超音波による組織の焼灼とは別に、1990年代に超音波の非温熱効果 (機械振動作用) と薬剤を併用する、まったく新しい“超音波薬物効果促進作用”が発見され、超音波治療のさらなる可能性が注目されるようになった。近年、非常に弱いエネルギーの超音波と、さまざまな薬剤を併用することで、新たな治療応用が可能となった。その中でも、超

音を併用した血栓溶解剤の促進効果が早くから報告され、すでに欧米で超音波治療カテーテル装置として、脳梗塞、肺塞栓症、深部静脈血栓症に利用されている。このように、超音波エネルギーは、さまざまな生体組織で薬剤の吸収・浸透を促進する働きがあることから、血栓溶解療法をはじめ、血管治療、再生医療、がん化学療法など、多くの分野へと広く利用される可能性を秘めている。

これまでに、超音波を利用した血管治療、血栓破碎、血栓溶解の治療装置の開発はいくつかなされてきたが、1980年代後半にカテーテル型の超音波血管治療装置が初めて登場した。最初に実用化されたのは、金属ワイヤ式超音波発振カテーテルによる血管壁や血栓の破碎である。20~50kHzのピストン運動をするガイドワイヤの先端で、血栓や石灰化した血管狭窄部位を機械的に破壊・削る“ultrasound angioplasty”として米国で商品化された。主に冠動脈の狭窄部位に適応されたが、ステントの登場で狭窄部位に対する治療としてのメリットはなくなり、広くは普及しなかった²⁾。

一方、血栓溶解剤と超音波の併用療法の研究は、まったく別の歴史的背景の下で発展した。1950年代に血栓線溶のメカニズムが明らかにされ、ウロキナーゼが開発された。その毒性の低さや血栓溶解剤としての優れた特性を応用し、脳梗塞の治療に使われた。その後、急性心筋梗塞に対する冠動脈内血栓溶解剤の投与が有力な治療法として登場し、1985年にはThrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) グループによる