

第5回から8回まで、細胞、臓器、生体への照射について解説をいただきました。今回は、超音波の照射が生体に影響する可能性のある効果を生み出したとして、それをどのように定量するかのお話です。超音波の非熱作用の代表的なものがフリーラジカルの産生です。化学的には酸素種以外でもフリーラジカルは発生しますが、医学的に問題となるフリーラジカルはほとんど酸素種のラジカルすなわち活性酸素です。

地球上の生物のほとんどは酸素を利用して生存していますが、酸素を利用して生きていく以上避けることのできない宿命とも言える困った産物がこの活性酸素です。近年、活性酸素は老化やいくつかの疾患の原因となる悪者として脚光を浴びています。しかし私たちの体にとっては、活性酸素には侵入してきた細菌を攻撃する銃弾としての役割もあり、もし白血球が活性酸素という銃弾を発射することができなければ、入ってきた細菌に対処できず非常に重い病気にかかることになります。

さて、超音波がキャビテーションによりフリーラジカルを産生して生体に作用を及ぼすプロセスを研究する場合、フリーラジカルの量を直接・間接に計測して相当する超音波のエネルギー量を知ろうとする計画になります。フリーラジカルを直接計測することが容易であればよいのですが、その存在時間は短い種ではマイクロ秒のオーダーです。またラジカルの量が計測されたとして、それと超音波エネルギー量を直接関係付けることは容易ではありません。今回のお話では、ESR法を始め4つの方法について解説されていますが、これらの知識は最初の一歩であり、さらに知識を深めていく必要があります。

日本超音波医学会機器と安全に関する委員会
名取 道也

—その9— 超音波による音響化学作用の定量方法

近藤 隆¹ 工藤 信樹²

1. はじめに

超音波の照射が生体の一分子に与えるエネルギーは電離放射線に比べると桁も低いのですが、キャビテーションが起きるとフリーラジカルの発生を伴う音響化学効果を生じます。これは、負音圧下での膨張時に気泡がため込んだ音響エネルギーを、その後の収縮時に短時間に狭い空間に“濃縮”して放出することにより、気泡内に高圧・高温状態が作られるためです。これにより一分子が受け取るエネルギーが増大し、水分子の熱分解が起きてOHやHラジカルが生じます。

発生するラジカルの量は、照射溶液全体が吸収す

るエネルギーを反映します。特に、キャビテーション発生の有無の明確な指標となるので、音圧のしきい値を調べるのに有用です。一方、放射線ではG値(100 eVの放射線が照射されたときに発生するラジカルの個数)という指標があり、ラジカルの発生量から吸収された放射線のエネルギーを定量することができますが、超音波ではそのような直接的な指標がありません。これは、キャビテーションの発生量がエネルギー以外の照射条件(周波数やパルス条件)にも依存し¹⁾、さらに照射容器の特性や定在波の発生などの雑多なパラメータにも強い影響を受けるためです。このように、ラジカルの発生量から超音波照射量の間関係が一意に決めることが難し

Takashi KONDO¹, Nobuki KUDO²

Prat 9. How to quantify sonochemical effect

¹富山大学大学院医学薬学研究部(医学), ²北海道大学大学院情報科学研究科

¹Graduate School of Medicine and Pharmaceutical Sciences, University of Toyama, Sugitani 2630, Toyama 930-0194, Japan, ²Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University, N14W9, Kita-ku, Sapporo 060-0814, Japan

Received on October 3, 2017; Accepted on October 10, 2017 J-STAGE. Advanced published. date: November 2, 2017