レーザー・光による生体観測と診断小特集に寄せて

會沢 勝夫

東京医科大学生理学第二講座 (〒160 東京都新宿区新宿 6-1-1)

Topical Papers on Optical Monitoring and Diagnostics for Biomedical Applications

Katsuo AIZAWA

Department of Physiology, Tokyo Medical College, 6-1-1 Shinjuku Shinjuku-ku Tokyo 160

(Received January 14, 1997)

可視から赤外光を中心とした電磁波領域での生体観測技術は最近急速に展開し始めている。これはレーザー技術の発展に多分に依存している。今回、レーザー・光による生体観測と診断について小特集としてとりあげてみた。

生体自体は光エネルギーに依存して存在し、多種多様の反応を介してその営みを行っている。この機能を行う際に余分なエネルギーは熱として放出して体温の維持(機能を行う最適環境を保つため)に努めている。同時に、それぞれ特有の波長を放出して生体構成分子は安定な基底状態に戻っていく。

一般に、種々の機能は必要最小限のエネルギーを取り入れて有効に活用しているため体外にまで光を放出できない。しかし、人為的に多分のエネルギーを供給すると機能を構成する物質特有の光の吸収状態や光放出状態を観測できる。これらの観測を介して生体構成物質の存在量を把握する事ができる。

生体構成物質のテトラピロール環はピロール環が4個でリングを形成している分子である。生体の中では植物のクロロフィルや動物のヘモグロビン、チトクローム酵素等の分子構造の骨格を担っている。これら分子の基本的な機能はクロロフィルでは青と赤(450nm, 650nm)の光を吸収し、そのエネルギーを用いて水を分解して H^+ と O_2 にしている。血液中の赤血球内に存在するヘモグロビンでは O_2 の運搬に関与し細胞内呼吸に必要な O_2 を供給している。細胞内のミトコンドリアの内膜に存在しているチトクローム酵素では物質代謝により産生した H^+ を O_2 と結合させ水にすると同時に生体の熱源であるATPをチトクローム酵素の酸化に伴うエネルギーを利用して産生している。この様に、テトラピロール環は光エネルギーや分子結合エネルギーを介して生体内に存在する酸素との反応に関与

している。

人の体においてヘモグロビンは種々の組織内で行われている呼吸に欠かせない酸素を供給するキャリアーとして大切な機能を持っている。このヘモグロビンの分光的特徴を用いて血管内の動態の画像解析により病態が把握出来るようになってきた。

20世紀の初頭に癌組織内にヘモグロビンの分産物が集積する現象が観測された。以後、癌組織に集積する光感受性物質の研究が進められてきた。

光感受性物質フォトフリン(ポルフィリン分子)を初期癌の患者に静脈投与した後にこの吸収波長で癌部位をレーザー照射する治療法が厚生省より1994年10月に認可された。

この治療機構は光感受性物質がレーザーを吸収する事により二次的に産生される活性酸素の強い酸化作用による癌細胞の崩壊によって説明できる。

この様に、レーザー癌治療は光感受性物質の吸収波長の励起によるため、励起波長が生体構成分子(ヘモグロビン等)の吸収帯と同じ場合には効果を減少させる。そこで、光感受性物質をヘム構造から葉緑素のクロリン構造に変えヘモグロビンよりも長波長に大きな吸収帯を持つ波長(664nm)で励起して治療効果を増大させる事ができた。同時に、この光感受性物質の波長670nmにピークを持つ蛍光スペクトル及び画像を観測でき、癌の存在部位が明確に確認出来るようになった。又、この光感受性物質により粥状動脈硬化部位の観測も可能になってきた。

この様に、可視から赤外波長領域におけるレーザーを用いての分光学的手段により病態部位の状況が観測できるように成ってきた。これから先も、より情報量の多い観測手段が開発され病態解析のために有効なデータを提供していくと思われる。