

基礎講座 「呼吸モニタリング・制御装置の基礎」

アブチエスを用いた呼吸制御手法

エイペックスメディカル株式会社 川上 秀之

1. はじめに

肺や肝臓などでの PET-CT や CT 撮影診断、およびリニアックなどによる放射線治療では、患者呼吸による臓器の移動により画質の劣化や治療照射部位の照射精度と再現性劣化等の課題があり、その課題を解決するため従来より呼吸同期法や呼吸抑制などの手法が用いられている。アブチエス (Abches) は、呼吸レベルを患者自身に認識させ、患者自身が呼吸の深さとサイクルをコントロールできるようにしたことで、診断時の撮影や治療照射時の患者呼吸を安定的に制御可能としたものである。

2. アブチエスの原理と構成

アブチエスの呼吸センサ本体を図 1 に示す。センサ本体は仰臥位に伏した患者に装着し患者呼吸レベルを機械的に検出可能で、胸部と腹部に留置する 2 つの接触子と、その接触子の上下運動を機械的に合成（加算）するメカユニット部、及びその合成した機械的動きを左右回転目盛で表示する呼吸レベルメータ部（図 2）で構成される。アブチエスを使用している典型例を図 3 に示す。患者は呼吸レベルメータ部で表示された指針位置を確認するため患者ミラーを装着するか、寝台にセットされたワイヤレス携帯端末機（図 4）に表示された呼吸レベルを視覚的に確認することができる。これまでの呼吸検出用センサは、患者体表面の上下移動量や呼吸による体幹部の伸縮量を検

出し、診断装置やリニアックなどの放射線治療装置にフィードバックを行っていたが、患者自身が呼吸レベルを認識していないため呼気吸気のレベルや呼吸のサイクルが安定せず呼吸同期制御などの撮像・治療照射時間が長くなる課題があった。リニアックの呼吸同期照射にアブチエスを用いた場合と用いない場合の患者呼吸波形とリニアック治療照射のタイミングチャートを図 5 に示す。この図から明らかなようにアブチエスを用いたケースでは、患者呼吸のレベルと呼吸サイクル、および治療照射も安定していることを示している。

3. 呼吸検出とフィードバック手法**3.1 呼吸レベル検出**

アブチエス本体の呼吸レベル指針軸の構造図を図 6 に示す。呼吸レベル指針軸には、ロータリエンコーダーが装着され指針回転角度に比例したパルスが出力される。このパルスは患者体表面の動きを 0.67mm の分解能でカウントすることが可能で、アップダウンカウンターでデジタルの呼吸レベル値となる。アブチエスを含めた放射線治療システムの典型例を図 7 に示す。

3.2 アブチエスゲーティング制御

ゲーティングとは、一般的に装置の動作を開始/中断する制御動作のことで、開始/中断を決める閾値をゲーティングレベルと称している。放射線診断装置などで用いる呼吸同期制御でのゲーティングレ

基礎講座 「呼吸モニタリング・制御装置の基礎」

ベルは撮影開始/停止のレベルで、放射線治療装置では治療照射開始/停止のレベルとなる。従って、患者の呼吸レベルでゲーティングレベルを設けた場合、患者呼吸レベルで診断装置の撮影や治療装置の照射開始/停止を制御することになる。図8に呼吸同期制御のタイムチャート例を示す。

3.3 呼吸レベルフィードバック手法
 人の物理的動作や生理的現象を自身の行動や動作にフィードバックすることを一般的にバイオフィードバックというが、呼吸レベルを自身の呼吸動作に反映することもバイオフィードバックの一種となる。アブチエスでは、このフィードバック手法として既に前述した視覚的(Visual)フィードバック法と聴覚的(Audio)フィードバック法を用いることができる。Audio フィードバック法について以下に述べる。

Audio フィードバック手法は、アブチエスの呼吸レベルを終末呼気レベル、ゲーティングレベル、最大吸気レベルで3つの領域に分割し、患者の呼吸レベルがその3つの領域で変化した時に、呼吸レベルを3つの異なる音声で生成し、患者に呼吸レベルを音声で認識させ呼吸コントロールさせる手法である。図9にアブチエスの呼吸レベルメータと音声領域を示す。赤マーカーが終末呼気位置、青マーカーがゲーティングレベル位置、黄色マーカーが最大吸気位置を示しており、音声領域は、So、Sg、Siで示す。患者は、呼吸レベルを3種類の音声の変化で認識することができ術者から指示された領域で呼吸停止することが可能となる。アブチエ

スでは、Visual の Audio のいずれか、または両手法の同時使用が可能である。

4. アブチエス自己呼吸制御手法

アブチエスを用いた呼吸制御には、自己呼吸停止法と自己呼吸抑制法がある。自己呼吸停止法は、アブチエスマータ部分に設けられた3点マーカーで示されたレベルで呼吸を停止する方法で、吸気停止法では呼吸レベルが青マーカーと黄色マーカーの間に位置している時に呼吸停止を行い、呼気停止法では呼吸レベルが赤色マーカー位置に達した時に呼吸停止する手法である。呼吸停止手法を用いた時の治療対象部位の再現性は、5mm以下であることが報告されている。一方、自己呼吸抑制法は、アブチエスの2つのマーカーを用いて、終末呼気位置と最大吸気位置を狭くして患者に呼吸させ、診断撮影や治療照射を行う手法で、自由呼吸時と比較して臓器や患部の移動量を抑えることができる。

5. まとめ

放射線診断撮影や治療時にアブチエスを用いることで、患者自身による呼吸コントロールにより臓器の動きを抑えることができ、診断画像の画質向上および治療照射時の患部の動きを抑え照射マージンを抑えることが可能になった。アブチエスは2006年の誕生から現在まで、国内外の放射線治療施設を中心に230施設以上のサイトで導入され臨床使用が行われている。今後は、小形軽量化等を行い放射線・核医学診断分野等でのより広い分野での普及に努めていく。

基礎講座 「呼吸モニタリング・制御装置の基礎」

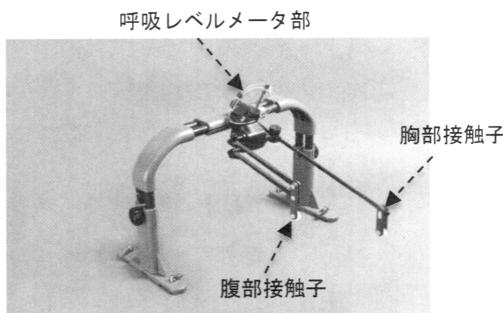


図1 アブチエス本体

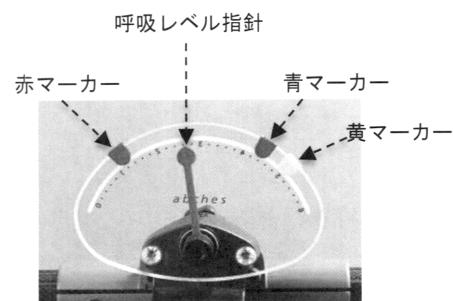


図2 呼吸レベルメータ部



図3 アブチエスを装着した被験者

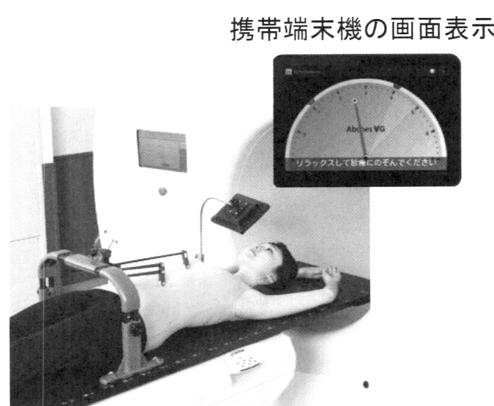


図4 携帯端末表示機を装着した被験者

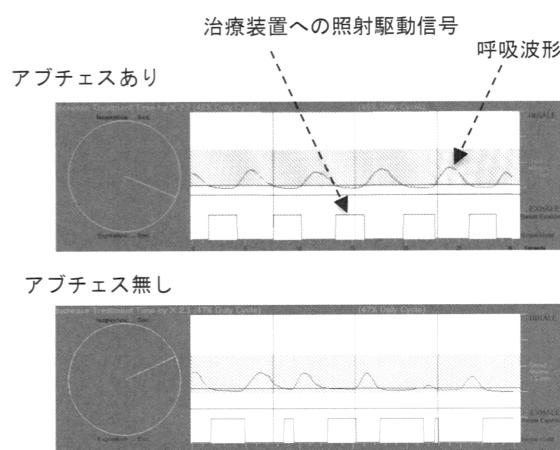


図5 アブチエス使用/未使用時のタイムチャート

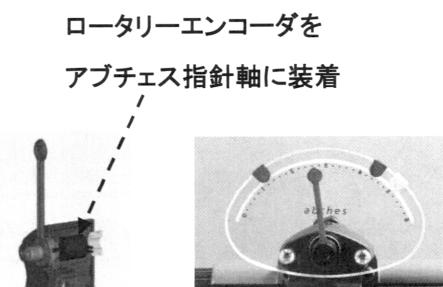


図6 アブチエス駆動部の構造

基礎講座 「呼吸モニタリング・制御装置の基礎」

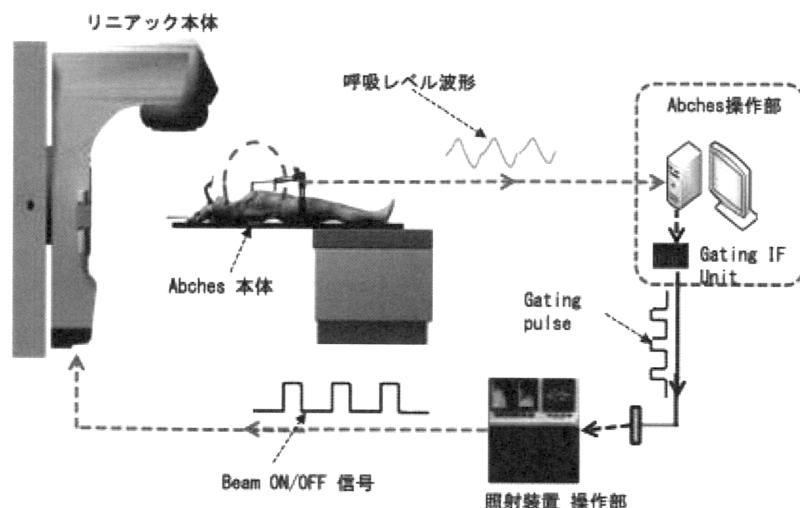


図7 アブチエスシステム構成図

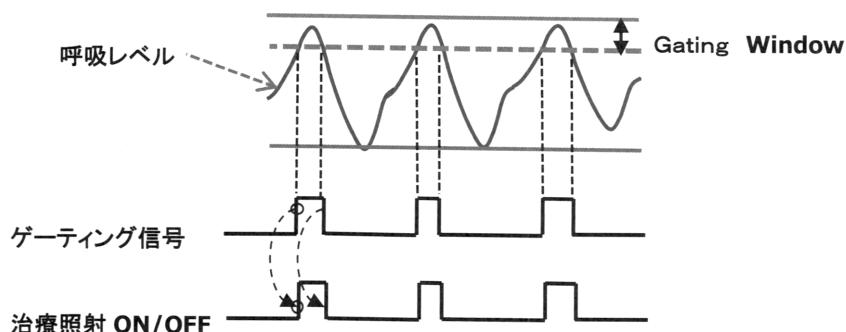


図8 ゲーティング動作タイムチャート

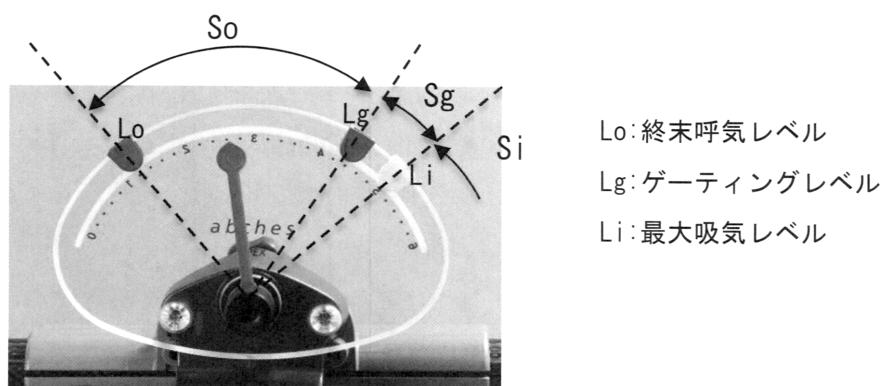


図9 呼吸レベルメータと音声領域