J. of the Korean Sensors Society
Vol. 13, No. 5 (2004) pp. 329 – 334

O_2/CO_2 분석기를 사용하여 폐의 기능적 잔기용량을 계측하는 질소세척법 개발

김군진 · 김경아* · 이재헌* · 이태수** · 차은종**,†

Nitrogen Wash-Out Technique to Measure Functional Residual Capacity Based on Expired O_2/CO_2 Analysis

Goon Jin Kim, Kyung Ah Kim*, Jae Hun Lee*, Tae Soo Lee, and Eun Jong Cha**,†**

Abstract

Functional residual capacity (FRC) is an important diagnostic parameter measured using N_2 analyzer. Since N_2 analyzer is expensive as well as cumbersome for use of noisy vacuum pump, the FRC measurement becomes possible only in large well-equipped hospitals. The present study introduced a new N_2 wash-out technique to measure FRC by O_2/CO_2 analysis, which is relatively cheaper and much simpler to apply. Slower O_2 response was compensated for high frequency to be coincided with CO_2 response, thereby enabled indirect, but accurate N_2 concentration measurement. FRC was estimated by continuous integration of expired N_2 volume obtained with air flow signal. Experiment with 3 L syringe, a standard calibration device recommended by the American Thoracic Society, demonstrated less than 1% error at 0, 1, and 2 L. Correlation coefficient was almost ideal, guaranteeing linear estimation of FRC. The present technique is inexpensive and simple to apply, thus should be of great convenience.

Key Words : Functional residual capacity, N_2 wash-out technique, Respiratory gas analysis, Dynamic characteristic compensation

1. 서 론

기능적 잔기용량(FRC, functional residual capacity)과 같은 절대폐용적(absolute lung volume)은 만성 호흡기 질환의 진단시 호흡기능 평가를 위하여 중요하게 사용되는 매개변수이다[1]. FRC는 평상호식이 끝나는 (end-tidal) 시점에 폐 내에 남아있는 공기의 용적(부피)으로 정상치는 대략 1~2 L의 범위 내에 있다. FRC는 전신체적기록법(whole-body plethysmography)으로 측정하는 것이 가장 정확하지만 복강 내 공기용적이 측정값에 포함되고, 또한 피검자 전신이 대형 상자 안에 들어가서 폐쇄된 기도 상태에서 호흡 노력을 행해야 하므로 폐쇄공포증 환자나 호흡곤란 환자에게는 적용하기 어렵다[2]. 따라서 전신체적기록법은 임상진단보다는 연구 용도로 주로 사용된다. 임상적으로 널리 사용되는 FRC 계측기법으로는 질소세척법(N_2 wash-out test)이 있는데 질소가 폐 모세혈관으로 확산되지 않는다는 성질을 이용한다. 공기로 호흡하는 피검자가 FRC 상태일 때, 즉 폐 내의 질소용적이 0.79 × FRC일 때, 100%O_2를 흡식하면 폐 내로 들어간 산소가 폐 내 공기를 희석시킨다. 피검자가 희석된 공기를 호식하면 호식되는 공기중의 질소 농도는 기존의 79%보다 다소 낮아진다. 흡식경로와 호식경로를 분리하여 이 과정을 반복하면 궁극적으로 호식기체중의 질소농도는 0%가 된다. 이 과정에서 호식되는 공기를 통해 폐로부터 나오는 질소의 총 용적을 산출하면 이는 100%O_2로 호흡하기 직전 즉, FRC 상태에서 폐 내에 있던 질소용적과 같아야하므로 피검자가 호식한 총 질소용적을 0.79로 나누면 FRC가 얻어진다. 이 방법은 피검자가 평상호흡을 수분간 반복하면 되므로 임상검사의 한 종목으로 사용된다. 그러나 질소세척 검사시 질소 분석기를 사용

청주기능대학(Cheongju Polytechnic College)
*(주)씨케이인터내셔널(CKInternational Co., Ltd.)
**충북대학교 의과대학 의공학교실(Biomedical Engineering Department, School of Medicine, Chungbuk National University)
†Corresponding author: ejcha@chungbuk.ac.kr
(Received : April 9, 2004, Accepted : June 30, 2004)

하여 질소 농도를 측정해야 하는데 고가이며 소음과 부피가 큰 진공펌프를 사용해야 하는 등 매우 번거럽다[3,4]. 따라서 대형 종합병원 이외에는 FRC 검사를 시행하지 못하는 것이 일반적이다. 반면 호흡기체 중의 산소와 이산화탄소 농도를 측정하는 O_2/CO_2 분석기는 상대적으로 저렴하고 휴대도 가능한 형태로 제조된다. 또한 운동기능 평가나 대사량 측정검사, 그리고 환자 모니터링 등의 목적으로 병원 뿐 아니라 헬스센터에서도 널리 사용되는 범용 계측기기의 성격을 가진다. 호흡기체는 N_2, O_2, CO_2 만으로 구성되므로 범용 계측기기의 성격을 가지는 O_2/CO_2 분석기로 O_2 및 CO_2 농도를 측정함으로써 간접적으로 N_2 농도를 산출할 수 있음은 자명하다. 통상 종합병원에서의 호흡기능검사는 종합 폐기능 검사실에서 행하는데 폐활량검사, CO 확산 검사, N_2 검사를 수행한다. 이를 위하여 사용되는 기체농도 분석기들은 CO, He, N_2 분석기들이다. O_2/CO_2 분석기는 운동부하검사, 대사량 검사, 중환자 모니터링에 주로 사용되며 환자의 산소포화 상태를 판정하기 위함이다. 즉, 종합병원의 폐기능 검사실에서는 O_2/CO_2 분석기에 익숙치 않으며, 번거로운 N_2 분석기를 전통적으로 사용해 오고 있다. 따라서 본 연구에서는 호흡기체가 N_2, O_2, CO_2 만으로 구성된다는 점에 착안하여 O_2/CO_2 분석기로부터 N_2 농도를 간접적으로 측정하고 이로부터 FRC를 정확하게 산출하는 간편하고도 저렴한 새로운 질소세척법을 제안하고자 하였다.

2. O_2/CO_2 분석기를 사용하는 FRC 계측 원리

2.1. 질소세척법의 기본원리

피검자의 흡식경로와 호식경로를 단방향 밸브(one-way valve)로 분리하고 흡식경로를 통해 100%O_2를 공급한다. 호식경로에는 공기 주머니를 연결하여 호식기체를 모을 수 있도록 한다(그림 1 참조).

단방향 밸브 2개를 사용하여 흡식과 호식경로를 분리하고 3-way valve를 피검자 측에 연결하여 FRC 시점에서부터 100%O_2를 흡식하게 한다. 호식경로 말단에는 공기 주머니를 달아서 호식기체를 누적시킨다. 피검자가 공기로 호흡하던 중 호식말기 즉, 폐 용적이 FRC에 이르렀을 때 3-way valve의 연결방향을 전환하여 100%O_2를 흡식하게 한다. 100%O_2를 흡식하기 직전에 폐는 공기로 차 있고 공기중의 질소농도는 79%이므로 폐 내의 질소 총용적(V_{N_2})은

$$V_{N_2} = 0.79FRC \tag{1}$$

이다. 100%O_2 호흡을 반복하면 폐 내는 궁극적으로

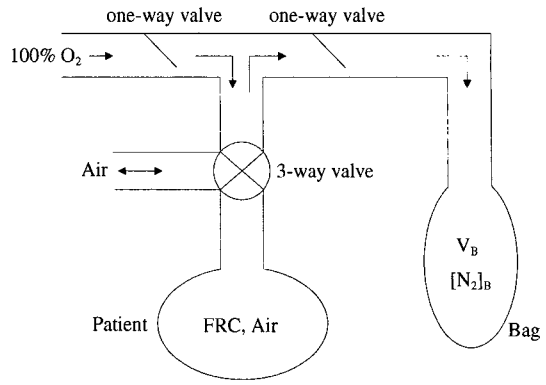


그림 1. 질소세척법에 의한 FRC 계측 원리도
Fig. 1. Principle of FRC measurement by N_2 wash-out.

O_2로 가득 차게 되고 이 과정에서 호식되는 공기를 모두 공기주머니에 모으면 폐 내에 있던 N_2가 모두 공기주머니로 이동한 것이 된다. 즉, O_2에 의해 폐로부터 N_2를 세척해 내어 공기주머니에 담는 것이다. 공기주머니의 부피(V_B)와 주머니 내 기체의 질소농도 비율(F_{N_2})로부터 공기주머니에 들어있는 질소의 용적을 계산하면

$$V_{N_2} = F_{N_2} V_B \tag{2}$$

가 되는데 이는 폐 내에 있던 질소용적과 같아야 하므로 식(1, 2)로부터 FRC가 계산된다.

$$FRC = \frac{F_{N_2} V_B}{0.79} \tag{3}$$

2.2. O_2/CO_2 분석에 기초하는 질소세척법 원리

호식기체는 N_2, O_2, CO_2의 3가지 기체로만 구성되고 그 구성 비율의 합은 1이므로 식(3)은

$$FRC = \frac{1-(F_{O_2}+F_{CO_2})}{0.79} \cdot V_B \tag{4}$$

로 다시 쓸 수 있다. 이때 F_{O_2} 및 F_{CO_2}는 각각 O_2와 CO_2의 농도비율(gas fraction)이다. 그림 1에서 공기주머니를 사용하는 것은 매우 번거러우므로 호식경로상에 기류센서를 연결하여 기류를 계측하고 F_{O_2} 및 F_{CO_2}를 연속적으로 계측한다면 식(4)는 적분식으로 변환된다. 즉,

$$FRC = \frac{1}{0.79}\int\{1-(F_{O_2}+F_{CO_2})\} \cdot Fdt \tag{5}$$

가 된다. 이때 F는 호기가스유량(호식기류)이다. 식(5)에서 F_{O_2}, F_{CO_2}, F는 모두 시간의 연속함수이다. 식

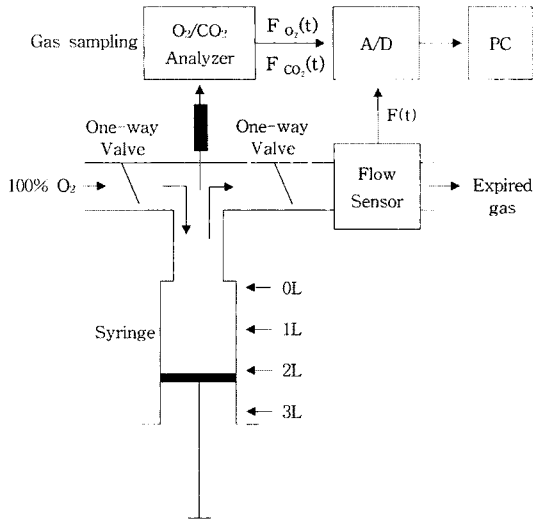


그림 2. 실험장치의 모식도
Fig. 2. Experimental set up.

(5)는 O_2/CO_2 분석기와 기류센서를 사용하여 측정할 수 있으므로 N_2 농도를 측정하거나 공기주머니를 사용할 필요없이 FRC를 측정 할 수 있음을 의미한다.

3. 정밀도 평가 실험

3.1. 실험장치

앞서 제시한 새로운 질소세척법의 계측정밀도를 평가하기 위하여 그림 2와 같은 실험장치를 구성하였다. 그림 2는 기본적으로 그림 1과 동일한데 공기주머니를 배제하고 기류센서를 호식 경로 말단에 연결하여 호식 기류를 연속 측정하였으며 피검자 대신 3 L-시린지를 (Syr3.0, CKInternational, Korea)연결하였다. 3 L-시린지는 미국흉부학회(ATS, American Thoracic Society)의 표준 calibration 기구로써 손잡이의 정확한 위치가 표시되어 있다[5]. 그러나 그림 2에서 0 L 표시에 시린지를 위치시킨 경우에도 연결 도관 뿐 아니라 시린지 자체 내에도 얼마간의 공기가 존재한다. 시린지의 입구에 바늘을 꼽고 이를 통해 소량의 공기를 연속 추출하여 O_2/CO_2 분석기(Datex Ohmeda, Finland)로 F_{O_2}와 F_{CO_2}를 연속 계측하였다. 본 연구에서 사용한 O_2/CO_2 분석기는 아나로그 출력신호를 제공하며 그 동특성은 내장된 O_2 및 CO_2 센서소자들의 응답특성으로 결정된다. 이들의 응답특성은 통상 시정수가 0.1초 이상으로 밴드폭이 약 12 Hz인 호흡기류센서보다 훨씬 느리다. 따라서 미국 흉부학회의 표준[5]에 따라 F_{O_2}, F_{CO_2} 및 기류센서가 출력하는 기류신호(F)를 100 Hz, 12 bit로 AD변환한 후 PC에 누적, 분석하였다. 흡식과 호식을 분리하기 위하여 호흡저항이 매우 작은 단방향 밸브(CKInternational, Korea)를 사용하였다[6].

3.2. 실험방법

시린지 내에 공기가 들어있는 상태에서 시린지를 밀고 당기는 과정으로 피검자의 호흡을 시뮤레이션하였다. 초기 상태의 시린지 용적을 0, 1, 2 L의 3가지 위치에 놓고 반복 실험하였다. 특정 초기 위치에서 흡식을 시작한 후 2분동안 일정한 용적(≈1 L)으로 흡식과 호식을 10~15회 반복하며 신호들을 누적하였다.

3.3. 신호분석

N_2 분석기 대신 O_2/CO_2 분석기를 사용하는 것은 동작원리가 상이한 2종의 가스센서를 사용하는 것이므로 O_2 및 CO_2 가스 계측의 특성이 상이하다. 이들 두 센서는 모두 지연시간과 단일 시정수를 보이지만 서로 다른 값을 가진다[7]. 특히 O_2 센서의 계측특성이 상대적으로 느리기 때문에 이를 보상하여 CO_2 센서와 동일한 계측특성을 보이도록 하였다. 보상기법은 본 연구팀에서 기발표한 바 있으며[7], 아래에 간략히 기술한다.

O_2/CO_2 분석기에 유입시키는 기체의 조성을 순간적으로 변화시키며 계단응답(step response)을 측정하였다. 우선 O_2 계단응답 신호를 시간축 상에서 적절히 이동시켜 CO_2 계단응답 신호와 시간적으로 일치시켰다. 다음으로 O_2 신호의 계단응답 신호를 미분하고 적절한 이득(K)을 곱한 후 5 point moving average하여 잡음을 제거함으로써 고주파 보상신호를 얻었다. 이는 O_2 센서의 동특성이 CO_2보다 늦기 때문에 고주파신호를 일부 보상하여 동특성을 향상시키기 위함이다. O_2 보상신호를 원래의 O_2 계단응답 신호에 합산한 후 CO_2 계단응답신호와 가능한 잘 일치하도록 K값을 결정하였다. 최적의 K값을 결정하기 위하여 보상된 O_2 계단응답 신호에서 CO_2의 계단응답 신호를 감산, 제곱, 적분, 평균 및 제곱근을 취함으로써 RMS(root-mean-square) 오차를 산출하였다. K값을 0.5로 하고 0.01 간격으로 감소시켜가며 각각 RMS 오차를 계산한 후

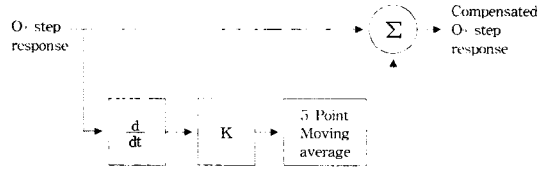


그림 3. O_2 계단응답 신호의 보상기법
Fig. 3. Compensation technique for O_2 step response.

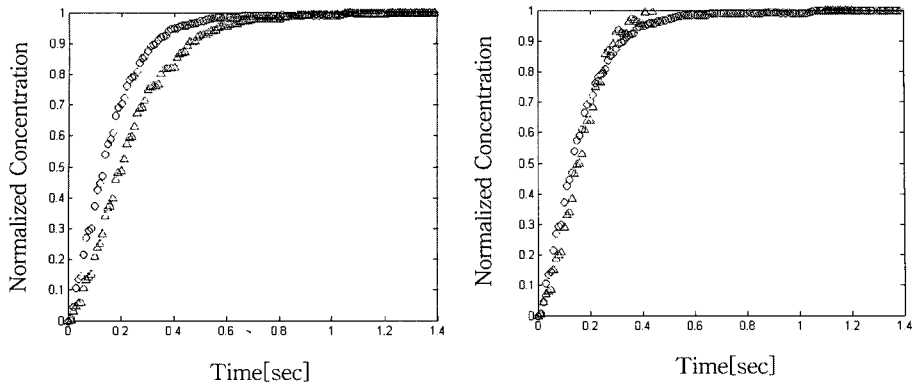


그림 4. 동특성 보상 전(좌측) 후(우측)의 O_2(세모) 및 CO_2(원) 계단응답신호 비교
Fig. 4. O_2(open triangle) and CO_2(open circle) step responses before(left panel) and after(right panel) compensation of dynamics characteristics.

RMS 오차가 최소화되었을 때의 K값을 최적치로 설정하였다. 그림 3에 O_2 계단응답 신호를 보상하는 기법을 도식화하였다.

상술한 기법에 의해 O_2 계단응답 신호를 CO_2와 비교한 결과를 그림 4에 제시하였다. 보상 이전에 비해 보상 이후에 두 기체의 계단응답 신호가 매우 잘 일치함을 볼 수 있다. 동특성 보상 이전의 O_2 및 CO_2 계단응답 신호의 시정수는 각각 0.27 및 0.19초로써 O_2 신호가 CO_2 신호보다 0.08초 느린 응답특성을 보였다(그림 4 좌측 참조). 상술한 대로 O_2 신호를 보상함으로써 두 계단응답 신호들을 시간적으로 일치시킬 수 있었으므로 O_2 신호의 응답특성을 0.08초 개선한 것에 해당된다(그림 4 우측 참조).

두 기체의 동특성이 일치함이 확인되었으므로 시린지 실험에서 축적한 O_2 신호에 대해서도 동일한 방법으로 보상하였다. CO_2 신호 역시 일정한 지연시간을 가지므로 호식기류(F) 신호와 일치하도록 시간 축 상에서 이동하였다. 즉, 시간적으로 일치하는 F_{CO_2}, 보상된 F_{O_2}, F의 3가지 신호를 얻은 후 식 (5)에 의해 FRC를 산출하였다. 시린지의 용적 위치가 0, 1, 2 L일 때 FRC를 각각 산출하였다.

4. 결 과

그림 5에 시린지 위치가 1 L일 때 축적된 F_{O_2} 및 F_{CO_2} 신호로부터 동특성 보상과정을 거쳐 간접적으로 계산한 $F_{N_2} = 1 - F_{O_2} - F_{CO_2}$ 신호와 F 신호를 보였다.

그림 5에서 F_{N_2}는 예상했던 대로 호흡이 반복됨에 따라 감소하여 0으로 근접함을 볼 수 있다. 농도 계측이 시린지의 입구에서 연속적으로 이루어졌으므로 흡

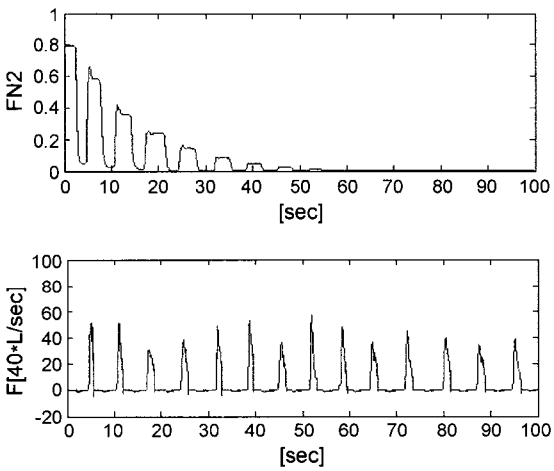


그림 5. 질소농도(상) 및 호식기류(하) 신호 예
Fig. 5. N_2 concentration(upper panel) and expiratory gas flow(low panel) signals.

식과 호식과정의 농도 변화가 함께 연속적으로 나타나며 농도가 0에 근접한다는 것은 시린지 내의 질소가 모두 세척, 호식되었음을(wash-out) 나타낸다. F 신호는 호식 기류만을 계측하므로 흡식 과정에서는 0이 됨을 볼 수 있다.

그림 6에 시린지 위치가 각각 0, 1, 2 L일 때 산출된 FRC의 값들을 시린지 용적위치와 함께 그래프로 제시하였다. 종축 상의 절편값이 약 0.74 L이었으며 선형 회귀분석하였을 때 기울기 값은 약 0.85이었다. 상관계수는 거의 1에 가까웠으며 통계적으로 유의하였다 ($P<0.005$).

시린지 용적과 측정된 FRC 간에 선형적 관계가 있음이 확인되었으므로 선형 회귀분석식에 FRC값을 대

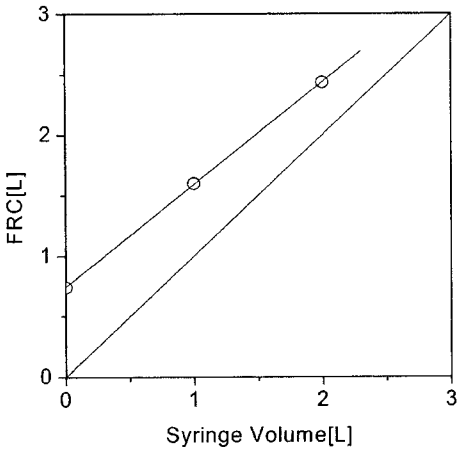


그림 6. 시린지 용적(횡축) 0, 1, 2 L에서 측정된 FRC(종축) 그래프

Fig. 6. Measured FRC data plotted with syringe volumes of 0, 1, 2 L.

입하여 시린지 용적이 0, 1, 2 L일 때의 용적 예측치를 계산한 결과 각각 –0.0044, +1.0089, +1.9956 L이었다. 따라서 1, 2 L일 때의 상대오차는 각각 +0.89%, –0.22%이었다.

5. 고찰 및 결론

본 연구에서는 고가이며 사용이 번거러운 N_2 분석기 대신 상대적으로 저렴하고 사용이 간편한 O_2/CO_2 분석기를 사용하여 FRC를 계측하는 새로운 N_2 세척법을 개발하였다. N_2 분석기는 매우 고가일 뿐만 아니라(대당 1,500만원 정도) 부피가 크고 소음이 요란한 진공펌프를 사용해야하기 때문에[3,4] 대형 종합병원에서만 FRC 측정검사를 행할 수 있다. 반면 O_2/CO_2 분석기는 헬스센터에서도 운동기능 평가를 위하여 널리 활용되는 범용 계측기기에 속한다. 호흡기체가 N_2, O_2, CO_2만으로 이루어지므로 O_2 및 CO_2 농도를 측정하여 N_2 농도를 간접적으로 얻을 수 있음은 명백하지만 O_2/CO_2 분석에 의해 FRC를 계측하려는 시도는 본 연구가 처음이다. 저렴하고 간편한 검사가 가능하며 O_2 및 CO_2 농도를 연속 계측한 후 기류(F) 신호와의 적분식(식 (4))에 의해 FRC를 산출하기 때문에 그림 1의 공기주머니가 불필요하여 검사장치도 간소화되는 장점이 있다. 이는 임상적으로 중요한 FRC를[1] 손쉽게 측정함으로써 진료의 질을 높이는데 기여할 수 있을 것이다.

본 연구에서 제안한 기법은 기본적으로 O_2 및 CO_2 농도를 1(=100%)에서 감산하여 N_2 농도를 얻는 매우 초보적이고 자명한 원리에 기초한다. 따라서 O_2 및 CO_2 분석기들로부터 간접적으로 산출한 N_2 농도가 얼마나 정확한지가 중요한 요소가 된다. O_2, CO_2 및 N_2 분석기들이 정상적으로 동작한다면 농도의 합은 1이 될 것이 자명하지만 실험적으로 이를 확인하기 위하여 (100%CO_2+10%O_2+80%N_2) 및 (100%O_2)의 표준 혼합기체통을 각각 준비하고 이들로부터의 기체를 적절한 비율로 혼합한 후 O_2/CO_2 분석기(Datex Ohmeda, Finland)와 N_2 분석기(Model 721, KaeTech Instruments, U.S.A.)를 사용하여 O_2, CO_2, N_2 농도를 동시에 측정하였다. N_2 농도 6.5~78.9% 범위 내에서 O_2+CO_2 농도로부터 간접적으로 산출한 N_2 농도와 N_2 분석기로 직접 측정한 N_2 농도를 상호 비교한 결과 상관계수가 0.9984이었다. 따라서 O_2 및 CO_2 농도로부터 N_2 농도를 간접 측정하는 기본 원리는 매우 타당하였다.

N_2 분석기 대신 O_2/CO_2 분석기를 사용할 때 2개의 서로 다른 센서를 사용하여 농도가 측정되므로 동특성의 차이가 계측오차로 작용할 수 밖에 없다. 본 연구에서는 상대적으로 지연시간이 길고 응답속도 역시 느린 O_2 센서의 동특성을 보상함으로써 CO_2 센서와 동일한 특성을 얻을 수 있었다(그림 4 참조). 이는 O_2 센서 응답의 고주파 영역 신호를 일부 강조함으로써 가능하였고, 그 결과가 우수하여 기 발표한 바 있다[7].

정확한 용적이 표시되는 3 L calibration 시린지를 사용하여 용적 위치가 0, 1, 2 L일 때의 FRC 값을 산출한 결과 상관계수가 거의 1에 가까운 매우 선형적인 계측특성을 얻었다(그림 6 참조). 시린지의 용적위치가 0 L일 때 약 0.74 L가 산출되었는데, 이는 0 L에서도 두개의 단방향 밸브 사이의 도관 공간 및 시린지의 잔여공간이 존재하기 때문이다. FRC-시린지 용적간의 기울기는 0.85로써 이상적 수치인 1보다 다소 작았으나 선형 회귀분석식을 사용하여 보상하면 되므로 문제가 되지 않는다. 실제로 그림 6에서 얻은 FRC-시린지용적 간의 선형 회귀분석식에 FRC 측정결과를 대입하여 시린지 용적값을 예측해 본 결과 1 및 2 L일 때 상대오차가 각각 +0.89 및 –0.22%로써 ±1%이내의 오차만을 보였다. 정상 성인의 FRC 범위가 1~2 L임을 고려할 때 충분히 정확한 FRC 계측이 가능할 것임을 알 수 있다.

FRC는 emphysema와 같은 질환의 진단시 매우 유용하게 활용되는 진단 매개변수이다[1]. 본 연구에서는 저렴하고 간편하게 FRC를 계측할 수 있는 새로운 질소 세척법을 개발한 바, FRC 측정검사를 손쉽게 수행함으로써 질환 진단에 도움을 줄 수 있을 것이다. 계측 오차가 ±1% 이내로 매우 정확하였으므로 널리 활용될 수 있으리라 기대된다. 본 연구에서는 미국 흉부

학회 표준기구인 3 L 시린지를 사용하여 새로운 FRC 계측기법의 타당성을 실험적으로 입증하였으나 실제 임상검사에 활용하고자 하면 임상실험이 필수적이다. 따라서 실제 피검자나 환자에 대한 임상실험 연구와 유용성 분석이 향 후 연구과제일 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부에서 지원하는 2003년도 보건의료기술진흥사업 신개념 바이오 · 피지오 센서기술 연구센터의 연구과제(고유번호 02-PJ3-PG6-EV05-0001) 지원에 의한 결과임.

참고 문헌

[1] W. F. Ganong, "Pulmonary function", In: Review of medical physiology, Section VII. pp. 507-509, LANGE Medical Publications, Los Altos, U. S. A., 1981.

[2] F. S. Grodins and S. M. Yamashiro, "Respiratory function of the lung and its control", pp. 8-16, Macmillan Publishing Co., Inc., New York, 1978.

[3] 차은종, "호흡기 시스템의 측정", In: 의용생체공학, 제 9장, pp. 509-598, 의공학교육연구 회 역편, 여문각, 1993.

[4] T. D. East and E. A. East, "Nitrogen analyzers", In: Encyclopedia of medical devices and instrumentation, vol. 3, pp. 2053-2058, Ed. by J. G. Webster, John Wiley & Sons, 1988.

[5] American Thoracic Society, "Standardization of spirometry 1994 update", *Am. J. Respir. & Crit. Care Med.*, vol. 152, pp. 1107-1136, 1995.

[6] 차은종, 김경아, 김현식, "호흡 방해 효과를 최소화한 단방향 기류 밸브관", 대한민국 특허 출원 제 10-2002-000839호, 2002.

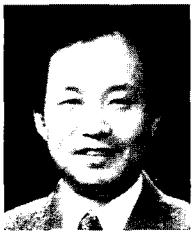
[7] 김군진, 김경아, 이태수, 차은종, "호기가스농도 계측시스템의 동특성 분석", *제29회 대한 의용생체공학회 추계학술대회*, P-50, 2003.

김 군 진

- 1990 한양대학교 전자공학과 학사
- 1992 한양대학교 전자공학과 석사
- 1991 대우전자(주) 정보통신연구소 선임연구원
- 1999 LG전자(주) DM연구소 선임연구원
- 2001 청주기능대학 전임강사
- 2003 충북대학교 학과간 협동과정 의용생체공학과 박사과정
- 주관심분야 : 생체계측, 정밀제어

이 재 헌

- 1999 고려대학교 응용전자공학과 졸업
- 2001 충북대학교 학과간 협동과정 의용생체공학과 석사
- 2001 씨케이인터내셔널 연구원
- 주관심분야 : 물리센서, 정밀계측



차 은 종

- 1980 서울대학교 공과대학 전자공학과 학사
- 1987 미국 남가주대학 의공학 박사, Research Associate
- 1988 충북대학교 의과대학 의공학교실 교수
- 2001 씨케이인터내셔널 대표 겸직
- 주관심분야 : 생체계측, 물리센서, 심폐의료기, 정밀계측

김 경 아

- 1991 충북대학교 자연과학대학 물리학과 학사
- 1993 충북대학교 자연과학대학 물리학과 석사
- 2001 충북대학교 학과간 협동과정 의용생체공학과 박사
- 2001 씨케이인터내셔널 연구실장
- 주관심분야 : 생체계측, 물리센서, 심폐의료기

이 태 수

- 1981 서울대학교 전자공학과 학사
- 1983 서울대학교 대학원 전자공학과 석사
- 1990 서울대학교 대학원 제어계측공학과 박사
- 1991 충북대학교 의과대학 의공학교실 교수
- 주관심분야 : 의학영상 시스템, 의학영상처리 및 분석, 3차원 의학영상 및 가상현실, PDA 의료정보 응용