ORIGINAL ARTICLE

Korean J Clin Lab Sci. 2013, 45(2):60-65
pISSN 1738-3544 eISSN 2288-1662

A Study of Choice for Analysis Method on Repeated Measures Clinical Data

Jung Song

Department of Clinical Pathology, Gwangju Health University, Gwangju 506-701, Korea

Data from repeated measurements are accomplished through repeatedly processing the same subject under different conditions and different points of view. The power of testing enhances the choice of pertinent analysis methods that agrees with the characteristics of data concerned and the situation involved. Along with the clinical example, this paper compares the analysis of the variance on ex-post tests, gain score analysis, analysis by mixed design and analysis of covariance employable for repeating measure. Comparing the analysis of variance on ex post test, and gain score analysis on correlations, leads to the fact that the latter enhances the power of the test and diminishes the variance of error terms. The concluded probability, identified that the gain score analysis and the mixed design on interaction between "between subjects factor" and "within subjects factor", are identical. The analysis of covariance, demonstrated better power of the test and smaller error terms than the gain score analysis. Research on four analysis method found that the analysis of covariance is the most appropriate in clinical data than two repeated test with high correlation and ex ante affects ex post.

Keywords: Repeated measure, Gain score analysis, Mixed design, Analysis of covariance

Corresponding author: Jung Song
Department of Clinical Pathology, Gwangju Health University, Gwangju 506-701, Korea.
Tel: 82-62-958-7625
E-mail: songj@ghu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2013 The Korean Society of Clinical Laboratory Sciences. All rights reserved.

Received: May 14, 2013
Revised: June 5, 2013
Accepted: June 19, 2013

서 론

반복측정 자료란 같은 실험대상으로부터 실험조건이나 처리를 달리하여 측정하거나 또는 여러 시점에 걸쳐 반복적으로 측정하여 얻어진 자료를 의미한다. 동일한 실험 대상(사람, 동물 등)에서 같은 항목을 시간 경과에 따라 반복하여 측정하게 되는 경우에는 각 측정 사이에서 발생하는 상관의 문제가 생기게 된다. 만약 이런 관계에 있는 측정 항목들이 질적으로 서로 다른 전혀 별개의 항목들이라면 일반적인 다변량 분석기법을 이용하지만, 상관관계가 있을 것으로 예상되는 측정 항목들이 동일한 변수로서 단지 그 측정의 조건(시간 경과, 약물의 투여 용량 등)에 따라서만 다른 결과라 생각되면 반복측정분산분석을 사용해야 한다(Charles, 2001; 이, 2005).

임상자료에서 주로 사용하는 연구유형 중 하나인 실험연구는 연구자가 관심 있는 약물이나 수술방법, 운동요법 등의 처치를 연구대상자에게 실시한 후 효과를 측정함으로써 주어진 처치와 그에 따른 반응 간의 인과관계를 규명하고자 하는 것이다(김, 2005). 실험연구를 시행할 때는 실험의 대상이 되는 실험군과 비교하기 위한 대조군이 필요하게 된다.

임상자료에서 반복측정분산분석의 주 관심은 약물치료를 받는 실험군과 받지 않은 대조군 사이에 반복 횟수에 따라 집단별 치료의 변화 양상, 시간에 따른 교호작용이 나타나는지 등을 파악하는 것이다.

반복측정 자료를 분석하는 방법에는 여러 가지가 있으며, 특히 반복측정 설계의 가장 간단한 형태인 반복측정의 횟수가 2회인 경우 자료의 분석에 여러 가지 방법들이 사용될 수 있다. 처치 전과 처치 후의 사전검사와 사후검사가 실시되는 설계에서 그룹별 처치 전 기본 값을 측정하여 이것을 하나의 시점으로 간주할 것인지 아니면 사후 검사에 영향을 주는 공변인으로 간주할 것인지, 사전 검사와 사후 검사의 상관관계 정보를 이용할 것인지 등에 따라 분석 방법이 달라진다. 이들 여러 분석방법들 중에서 자료의 상황과 각 방법이 가지고 있는 성질에 따라 가장 적절한 분석 방법을 선택해야만 정확하고 검정력이 높은 분석 결과를 얻을 수 있다.

많은 연구자들이 자신의 연구를 위해 통계학적인 기법을 선택할

때 여러 기법들에 대한 비교 없이 대충 비슷하면 자신이 다루기 쉬운 분석방법을 선택하거나, 선행연구와는 변인에 대한 성격이 다름에도 불구하고 동일한 분석 방법을 선택하는 경향이 있다(남, 2004).

따라서 본 논문에서는 임상자료의 예를 통해 반복측정의 횟수가 2회인 반복측정 자료를 분석하는 여러 가지 통계분석 방법을 비교하여 예의 임상자료에 가장 적합한 분석방법을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

반복측정설계는 시간의 흐름에 따른 성과를 확인하고자 하는 경우나 동일한 표본에 대하여 여러 종류의 처치를 실시하고 그 효과를 비교하고자 하는 경우에 주로 사용된다(이, 2005).

반복측정설계의 가장 큰 장점은 실험의 대상이 되는 개인 간의 차이를 제거한 점이다. 즉, 반복측정설계에서는 모든 개인을 하나의 블록으로 처리함으로써 실험의 결과에 영향을 미치는 개인차의 효과를 완전히 배제할 수 있도록 설계되어 개인이 서로 다른 처치에 무작위로 배치되는 일원설계보다 검정방법의 검정력이 커지게 된다. 반복측정설계의 또 하나의 장점은 일원설계보다 훨씬 적은 수의 표본만으로 실험이 가능하다는 점이다(김, 2005; 이 등, 2008).

반복측정설계의 단점으로는 표본에 서로 다른 처치를 가하면서 반복측정을 실시하는 실험에서 먼저 투입한 처치의 효과가 나중에 투입한 처치에 잔류효과를 가져와서 처치의 효과를 정확하게 측정하지 못할 수 있다는 점이다. 또, 동일한 피험자에게 처리를 가하고 반복적인 측정을 실시하는 경우에는 처치의 효과가 아니라 반복되는 측정에 대한 학습에 의해서 검사결과가 달라질 가능성이 있다는 점도 반복측정설계의 단점이라고 할 수 있다(김, 2005; 이 등, 2008).

피험자 내 요인이 두 개의 수준만을 가지고 있을 때, 즉 반복의 횟수가 2회인 반복측정 자료의 분석에 사용될 수 있는 방법으로는 사후검사 점수에 대한 분산분석, 차이점수 분석, 혼합설계에 의한 분석, 공분산분석 등이 있다.

1. 사후검사 점수에 대한 분산분석

집단간 사후검사 점수에 대한 분산분석 방법은 두 집단의 사전검사 점수 차이에 대한 검정 결과가 유의하지 않은 것으로 나타나는 경우에 사전검사 점수는 분석에 더 이상 사용하지 않고 두 집단의 이차반복측정, 즉 사후검사 점수에 대해서만 피험자간 요인을 분산원으로 하여 분산분석을 실시하는 방법이다.

일원분류 분산분석의 가장 간단한 형태로 처리수준이 두 개인 독립적인 두 개의 집단을 갖는 설계에서 두 집단의 평균 차이를 검정하기 위한 통계량은 식 1과 같다(허, 2008).

$$Z = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \tag{1}$$

2. 차이점수 분석

차이점수 분석은 각 피험자의 사후검사 점수와 사전검사 점수의 차에 의해서 차이점수라는 새로운 변수를 생성하여 이를 분석하는 방법이다. 이 방법은 두 집단 간의 모평균 차이에 대한 검정 중 종속적인 두 개의 집단을 갖는 설계에서 두 점수의 차이의 평균이 0이라는 귀무가설을 검정하였던 것과 동일한 방법이다.

차이점수 분석은 처치와 사전검사 점수간의 상호관계가 모형에 고려되지 않는다는 단점을 갖는다.

종속적인 두 개의 집단을 갖는 설계에서 두 집단의 평균 차이를 검정하기 위한 통계량은 다음과 같다(박, 2002).

$$Z = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2} - 2r\frac{\sigma_1}{\sqrt{n_1}}\frac{\sigma_2}{\sqrt{n_2}}}} \tag{2}$$

식 2의 통계량은 두 집단의 상관관계를 반영하여 축소된 분산을 사용하기 때문에 통계량의 분모가 식 1의 통계량의 분모보다 작아지게 되어 검정통계량의 값은 커지게 된다.

3. 혼합설계에 의한 분석

한 집단을 실험 전과 후에 두 번 측정하고 대상자를 실험군과 대조군으로 무작위 배정하는 실험연구를 한다고 가정해보자. 이처럼 피험자간 측정과 피험자내 측정을 동시에 포함하는 것을 혼합설계라고 한다. 혼합설계에서 서로 다른 두 집단 실험군과 대조군의 측정치 비교는 실험처치가 결과에 영향을 미치는지 여부를 알려주고, 피험자내 구성요소인 실험 전과 실험 후에 차이가 있는지 비교하게 된다.

고정요인 A와 랜덤요인 B를 가지고 있는 혼합모형은 다음과 같이 표현된다.

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \tag{3}$$

식 3에서 고정요인 A의 경우 수준이 정해지면 각 수준별 모평균이 일정한 값이 되므로 α_i는 일정한 상수이고, 랜덤요인 B의 경우 각 수준이 랜덤으로 정해지므로 β_j는 표본추출에 따라 변하는 확률변수이다. 혼합모형에서는 랜덤요인이 포함된 모든 교호작용의 효과도 랜덤효과가 되므로 $(\alpha\beta)_{ij}$도 확률변수이다(한 등, 2009).

4. 공분산분석

사전검사 점수를 공변인으로 하고 사후검사 점수를 종속변수로 하는 공분산분석은 사후검사에 대한 일원분산분석에 사전검사 점수를 선형회귀의 형태로 포함시키는 것이다. 이 방법은 사전검사 점수가 집단간에 차이가 없더라도 각 집단에 속한 개인의 사전검사 점수를 모형에 포함시킴으로써 사전검사 점수와 사후검사 점수의 상관관계 정보를 이용하여 피험자간 요인의 수준별 차이에 대한 일원분산분석의 정확성을 높이는 방법이다.

공분산분석은 공변인을 종속변수에 영향을 미치는 변수로 분석에 포함시켜 종속변수에 대한 공변인 효과를 제거함으로써 오차분산이 줄어들고 분석의 검정력을 증가시킬 수 있다.

반응치 y_{ij}가 처리 i의 영향을 받을 뿐만 아니라 x_{ij}에 선형적으로 결합되어 있다고 할 때 공분산분석모형은 다음과 같다(한 등, 2009).

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(x_{ij} - \overline{x_{..}}) + \epsilon_{ij.} \quad (4)$$

식 4에서 τ_i는 처리 i의 효과이며, 이러한 공분산분석 모형은 여러 가지 가정이 필요한데 중요한 가정 중의 하나는 공변인과 종속변수가 선형관계를 가져야 한다. 만약 이 가정을 만족시키지 못하면 오차분산을 감소시키지 못하기 때문에 공분산분석에서 얻는 이점이 없게 된다. 즉, 두 변수의 상관관계가 높을수록 공변인 통제에 의한 오차분산의 감소가 증가한다. 또 하나의 중요한 가정은 공변인에 대한 기울기가 동일해야 한다. 이를 집단간 회귀선의 동질성이라고 한다. 즉, 모든 집단에서 공변인은 종속변수에 같은 효과를 가지고 있다는 의미이며 이는 종속변수에 대해 집단과 공변인이 교호작용하지 않는다는 것을 의미한다. 이외에도 종속변수는 연속변수로서 정규분포 및 분산의 동질성에 대한 가정을 만족해야하고 공변인은 연속변수여야 한다(이 등, 2008; 한 등, 2009).

결 과

A아파트 부녀회 회원 중 폐경 후 여성 50명을 대상으로 대조군 25명과 실험군 25명으로 나누어 콜레스테롤 수치에 대한 사전검사를 실시하였다. 이후 8주 동안 대조그룹에는 아무런 처치도 하지 않고 실험그룹 25명에게만 걷기와 수영 등의 유산소운동프로그램을 매일 1시간씩 실시하여 8주 후에 다시 두 그룹의 콜레스테롤 수치에 대한 사후검사를 실시하였다. 8주 동안 실험군이 유산소운동프로그램을 실시한 것 외에 이 두 그룹의 일상생활은 평소와 같았다.

Table 1은 프로그램 실시 전과 8주 후 두 그룹의 콜레스테롤 수치에 대한 평균과 표준편차이다.

사후검사에서 두 그룹의 콜레스테롤 수치에 차이가 있는지 분석하여 유산소운동프로그램이 콜레스테롤 수치에 미치는 영향을 파악하고자 한다. 분석에는 SPSS 19.0을 사용하였으며 유의확률이 0.05 이하인 경우 통계적으로 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

첫 번째 방법으로 사후검사 점수만을 이용하여 대조군과 실험군의 콜레스테롤 수치의 평균에 차이가 있는지 분산분석을 이용하여 분석하였다(Table 2). 본 자료는 분산분석의 가장 간단한 형태로 집단이 두 개인 경우이므로 두 집단 간의 모평균 차이에 대한 검정을 사용해도 같은 결과가 나온다.

Table 2에서 대조군과 실험군의 콜레스테롤 평균에 차이가 있는지 분석한 결과 유의확률이 0.625로 유의하지 않으므로 유산소운동프로그램이 콜레스테롤 수치에 영향을 미친다고 할 수 없다.

두 번째 방법인 차이점수 분석을 위해 각 피험자의 사후검사 수치와 사전검사 수치의 차이를 이용해 차이점수라는 새로운 변수를 생성하여 두 그룹의 콜레스테롤 수치에 차이가 있는지 분석하였다(Table 3).

Table 3에서 차이점수를 이용하여 대조군과 실험군의 콜레스테롤 수치에 차이가 있는지 분석한 결과 유의확률 0.001로 평균에 차이가 있음을 확인하였으므로 유산소운동프로그램이 콜레스테롤 수치에 영향을 미친다고 할 수 있다.

Table 4에서 사전검사 수치와 사후검사 수치의 상관관계를 분석한 결과 상관계수 0.822, 유의확률 0.000으로 사전검사 수치와 사후검사 수치는 서로 관련이 있다고 할 수 있다.

서로 상관된 두 집단의 비교에서 두 집단간 수치의 상관관계를

Table 1. Mean and standard deviation of cholesterol

Group		Cholesterol_0	Cholesterol_8
Control group	Mean	189.97	192.79
	Std. deviation	36.291	36.603
Experimental group	Mean	215.44	198.09
	Std. deviation	39.932	39.681

Table 2. Analysis of variance on ex post test

	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between groups	351.655	1	351.655	0.241	0.625
Within groups	69,944.165	48	1,457.170		
Total	70,295.820	49			

Table 3. Gain score analysis

	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between groups	5,082.336	1	5,082.336	11.373	0.001
Within groups	21,450.202	48	446.879		
Total	26,532.538	49			

이용하면 독립적인 집단의 비교를 사용하는 경우보다 검정을 위한 오차항의 분산이 작아져서 가설에 대한 검정력이 커지는 것을 식 1과 2를 통하여 알 수 있다.

혼합설계의 자료 분석에서는 처치의 효과, 즉 유산소운동프로그램의 효과를 판정하기 위하여 피험자내 요인의 주효과를 검정하는 것이 아니라 피험자간 요인과 피험자내 요인의 교호작용에 대한 검정을 실시하여야 한다.

Table 5에서 피험자간 요인(group)과 피험자내 요인(order)의 교호작용에 대한 검정 결과 유의확률이 0.001로 교호작용의 효과가 유의적이므로 유산소운동프로그램이 콜레스테롤 수치에 영향을 미친다고 할 수 있다.

그런데 Table 3과 Table 5에서 차이점수의 집단간 차이에 대한 검정 결과와 혼합설계의 교호작용에 대한 검정결과가 유의확률 0.001로 같음을 확인할 수 있다. 혼합설계에서 처치의 효과를 판정하기 위해서 검정해야 하는 교호작용인 대조군의 사후검사 수치와 사전검사 수치간의 차이와 실험군의 사후검사 수치와 사전검사 수치간의 차이의 비교는 차이점수에 대한 대조군과 실험군의 비교이며 이는 바로 차이점수 분석이 된다. 즉, 차이점수 분석과 혼합설계의 피험자간 요인과 피험자내 요인간의 교호작용에 대한 분석은 동일한 것이다.

마지막으로 사전검사 수치를 사후검사에 영향을 주는 공변인으로 간주하는 공분산분석을 하고자 한다. 그러나 공분산분석을 하기 위해서는 여러 가지 가정이 필요한데 본 임상자료가 이러한 가정을 만족하는지 먼저 살펴보도록 하겠다.

Table 4. Correlation analysis of cholesterol_0 and cholesterol_8

Group		Cholesterol_0	Cholesterol_8
Cholesterol_0	Pearson correlation	1	0.822
	Sig. (2-tailed)		0.000
	N	50	50
Cholesterol_8	Pearson correlation	0.822	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	
	N	50	50

중요한 가정 중의 하나인 공변인인 사전검사 수치와 종속변수인 사후검사 수치가 선형관계를 가지는지 보기 위해 산점도를 작성하였다(Fig. 1). 본 임상자료에서 선형관계의 가정이 만족됨을 Fig. 1의 산점도에서 확인할 수 있다.

또 하나의 중요한 가정인 공변인에 대한 기울기의 동일성을 확인하기 위해 집단과 공변인의 교호작용을 분석한 결과 유의확률이 0.700으로 유의하지 않으므로 기울기의 동일성을 가정할 수 있다. 즉, 교호작용이 유의하지 않아 회귀선의 동질성에 대한 가정이 만족되었다. 또한 종속변수인 사후검사 수치의 정규성 검정에서 유의확률이 0.928로 정규분포의 가정을 만족하며, 분산의 동질성에 대한 Levene검정결과 유의확률이 0.637로 등분산 가정을 만족하므로 본 자료는 공분산분석이 가능하다.

Table 6에서 공변인으로 고려한 사전검사의 콜레스테롤 수치가 두 그룹 간에 매우 유의한 것으로 나타났다(F=118.910, 유의확률=0.000). 이러한 통계적 유의성은 유산소운동프로그램 시행 전의 콜레스테롤 수치가 시행 후의 수치에 큰 영향을 주는 요인임을 말해준다. 즉, 시행 전의 콜레스테롤 수치를 공변인으로 고려하는 것

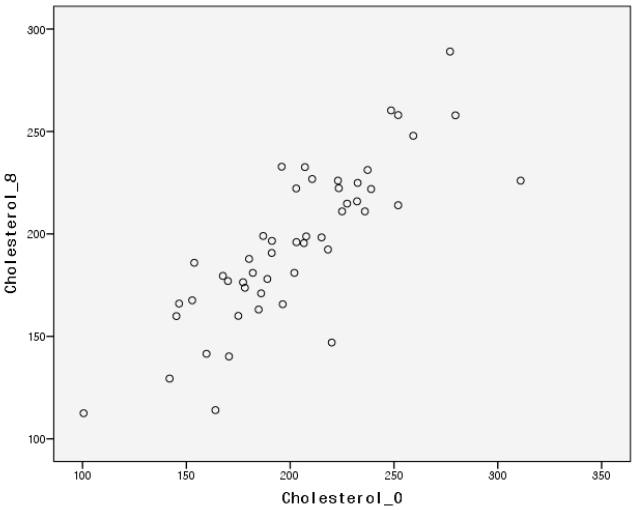

Fig. 1. Scatter plot of cholesterol_0 and cholesterol_8.

Table 5. Analysis by mixed design

Source		Type III sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3,964,200.461	1	3,964,200.461	1,475.181	0.000
	Error	128,988.692	48	2,687.264		
Group	Hypothesis	5,859.903	1	5,859.903	2.181	0.146
	Error	128,988.692	48	2,687.264		
Order	Hypothesis	1,298.161	1	1,298.161	5.800	0.020
	Error	10,742.532	48	223.803		
Group * order	Hypothesis	2,575.562	1	2,575.562	11.508	0.001
	Error	10,742.532	48	223.803		
Group * object	Hypothesis	128,988.692	48	2,687.264	12.007	0.000
	Error	10,742.532	48	223.803		

Table 6. Analysis of covariance

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Corrected model	50,481.650	2	25,240.825	59.872	0.000
Intercept	928.037	1	928.037	2.201	0.145
Cholesterol_0	50,129.995	1	50,129.995	118.910	0.000
Group	2,963.847	1	2,963.847	7.030	0.011
Error	19,814.170	47	421.578		
Total	1,980,135.500	50			
Corrected total	70,295.820	49			

Table 7. Error term comparison on gain score analysis and covariance analysis

Standard deviation ratio	Correlation coefficient	Gain score analysis	Covariance analysis
3	0.1	9.4	8.91
	0.5	7.0	6.75
	0.9	4.6	1.71
1	0.1	1.8	0.99
	0.5	1.0	0.75
	0.9	0.2	0.19
0.5	0.1	1.15	0.495
	0.5	0.75	0.375
	0.9	0.35	0.095

이 바람직했음을 알 수 있다.

시행 전의 수치를 공변인으로 보정한 모형에서 유산소운동프로그램 시행 후 대조군과 실험군의 콜레스테롤 수치에 차이가 있는지 분석한 결과 차이가 있음을 Table 6에서 확인할 수 있다(F=7.030, 유의확률=0.011). 즉, 유산소운동프로그램이 콜레스테롤 수치에 영향을 미친다고 할 수 있다.

고 찰

임상자료에서 흔히 사용하는 반복의 횟수가 2회인 반복측정 자료의 분석에 사용될 수 있는 방법 중 사후검사 점수에 대한 분산분석, 차이점수 분석, 혼합설계에 의한 분석, 공분산분석 등을 비교하였다.

집단간 사후검사 점수에 대한 일원분산분석 방법은 피험자의 사전검사 수치와 사후검사 수치의 교호작용에 대한 고려가 모형에 포함되어 있지 않으므로 사전검사 수치와 사후검사 수치의 상관관계 정보를 이용하는 차이점수 분석을 사용하는 경우보다 검정을 위한 오차항의 분산이 커져서 가설에 대한 검정력이 작아지는 것을 식 1과 2를 통하여 확인하였다. 사전검사에 대한 집단간 평균 차이 검정에서 유의한 차이가 없는 경우에도 피험자 개인별로는 사전검사 수치와 사후검사 수치 간에 높은 상관관계가 있을 수 있다. 따라서 이러한 상관관계의 정보를 사용하지 않고 사후검사 수치만을 사용해서 일원분산분석을 실시하는 방법은 검정력을 떨어뜨리는 방법임을 알 수 있다.

차이점수 분석에서 집단간 비교를 위한 검정의 유의확률과 혼합설계에 의한 분석의 피험자간 요인과 피험자내 요인간의 교호작용에 대한 검정의 유의확률이 같음을 Table 3과 5에서 확인하였다. 즉, 차이점수 분석과 혼합설계의 피험자간 요인과 피험자내 요인간의 교호작용에 대한 분석은 동일한 것이다.

Algina (1994)는 사후검사 수치의 표준편차와 사전검사 수치의 표준편차의 비와 사전검사 수치와 사후검사 수치의 상관계수의 여러 조건에서 차이점수 분석과 공분산분석의 오차항을 Table 7과 같이 비교하였다.

차이점수 분석과 공분산분석을 비교하면 공분산분석의 오차항이 차이점수 분석의 오차항보다 항상 작아서 공분산분석의 검정력이 차이점수 분석의 검정력보다 크다는 것을 Table 7에서 확인할 수 있다. 따라서 공분산분석이 차이점수 분석보다 검정력이 크다면 이는 공분산분석이 혼합설계에 의한 분석보다 검정력이 큰 것이 된다. Algina (1994)는 공분산분석과 혼합설계에 의한 분석의 비교에서 공변인과 종속변수의 상관계수가 0.8 이상일 때는 혼합설계에 의한 분석보다 공분산분석을 실시하는 것이 더 효율적임을 보였다. 본 임상자료에서 공변인과 종속변수의 상관계수는 0.822이므로 공분산분석을 실시하는 것이 더 효율적임을 알 수 있다. 이처럼 공분산분석은 오차분산을 감소시켜 검정력을 증가시키고 대상자간 차이를 감안하며 집단간의 차이를 분석한다는 장점이 있으나 공분산분석을 사용하기 위해서는 여러 가지 가정들을 만족해야 한다. 특히 회귀선의 동질성 가정이 위배된다면 제 1종오류가 증가하게 되어 공분산분석을 사용하는 것은 적합하지 않다.

본 임상자료처럼 공변인으로 고려한 사전검사의 콜레스테롤 수치가 두 그룹 간에 매우 유의한 것으로 나타나는 경우에는 유산소운동프로그램 시행 전의 콜레스테롤 수치가 시행 후의 수치에 큰 영향을 주는 요인임을 말해준다. 이때 시행 전의 콜레스테롤 수치를 공변인으로 고려한 공분산분석을 사용함으로서 Table 2에서와 같이 그룹만을 독립변수로 고려했을 때 운동프로그램의 효과가 있다고 볼 수 없다는 잘못된 결론을 내리는 것을 피하고 운동프로그

램의 순수한 효과를 입증할 수 있다.

지금까지 네 가지 분석방법을 비교한 결과 본 임상자료처럼 반복측정이 두 번이고 두 번의 측정 간에 상관관계가 높고, 사전검사 수치가 사후검사 수치에 영향을 미치는 경우에는 공분산분석이 네 가지 분석방법 중 가장 검정력이 높아 본 임상자료에 적합한 분석방법임을 알 수 있다.

참고문헌

Algina J. Some alternative approximate tests for a split plot design. *Multivariate Behavioral Research*. 1994, 29:365-384.

Charles SD. Statistical methods for the analysis of repeated measurements. 2001, Springer, New York.

Geert Verbeke, Geert Molenberghs. Linear mixed models for longitudinal data. 2000, Springer, New York.

Littell RC, Henry PR, Ammerman CB. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedure. *American Society of Animal Science*. 1998, 76:1216-1231.

Ramon CL, Jane P, Ranjini N. Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. *Statistics in Medicine*. 2000, 19:1793-1819.

김서영. 간호학 연구에서 비동등성 대조군 전후 설계에 의한 유사실험 자료의 통계적 고찰. *Journal of the Korean Data Analysis Society*. 2005, 7:113-124.

김지민. 다단계 일반화 선형모형을 이용한 반복측정된 임상자료의 분석. 서울대학교대학원 석사학위논문, 2007.

김현철. 반복측정 자료의 분석. 2005, 교육과학사, 서울.

남기성. 사회과학에서 통계분석 방법의 선택에 관한 연구. *Journal of the Korean Data Analysis Society*. 2004, 6:1255-1265.

박동권. 분산분석과 반복측정자료. 2002, 민영사, 서울.

이은현, 정영해 등. 보건통계분석. 2008, 군자출판사, 서울.

이주영. 반복측정 자료 분석에서 랜덤효과 변화에 따른 고정효과 변화의 고찰. 서울대학교대학원 석사학위논문, 2004.

이현정. 결측이 있는 반복측정 자료의 분석방법에 대한 연구. 고려대학교대학원 석사학위논문, 2005.

한상태, 강현철, 허명회. 분산분석. 2009, 한나래아카데미, 서울.

허명회. 통계적방법론. 제2판, 2008, 한나래아카데미, 서울.