



● 体育科学研究方法 Method of Sport Scientific Research

“差值的方差分析”与协方差分析的比较研究

王德洪¹, 隗金水²

摘要:以一个实验研究为例,对无交互作用的协方差分析和有交互作用的协方差分析在前后测实验研究中的应用进行阐述,并与本文设计的“差值的方差分析”方法相比较,结果表明本文设计的“差值的方差分析”的结果与协方差分析结果相吻合。

关键词:协方差分析;前后测实验;差值的方差分析;交互作用

中图分类号:G 80-32 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0000(2007)05-0426-04

Comparative Research on Analysis of Covariance for Difference Value and Analysis of Covariance

WANG De-hong¹, KUI Jin-shui²

(1.Dept. of PE, Lishui Vocational and Technical College, Lishui 323000, China; 2.Section of Postgraduate, Guangzhou Institute of Physical Education; Guangzhou 510500, China)

Abstract: With an experimental study, the application of covariance without interaction and with interaction in experiment with pre-measurement and post-measurement was discussed. And comparing with the "analysis of covariance for difference value" designed by the authors, the two analysis methods had the similar results.

Keywords: analysis of covariance; experiment with pre-measurement and post-measurement; analysis of covariance for difference value; interaction

在前后测实验^[1]设计中,要求在实验开始前,对实验组进行测量(即前测),然后接受自变量处理(如接受不同的教学方法),按照实验计划,一段时间后,再对实验组进行测量(即后测),比较前测成绩和后测成绩,来评价自变量处理的效果。如果研究对象只是单个的实验组,即为“单组实验”;如果涉及到多个组(如实验组和对照组),且实验前各组初始水平相当,则为等组实验^[2]。

在实验中,有些变量与自变量(如教法)无关,但它却影响着结果变量。这样的变量就是协变量。由于协变量与自变量无关,却会影响实验结果,所以研究者往往用协方差分析对协变量作出统计控制。

本文结合一个实验的数据,来探讨以回归分析与方差分析相结合的协方差分析的效果:(1)在无交互作用下协方差分析的效果;(2)在交互作用下,协方差分析的效果。并分别与本文设计的“差值的单因子方差分析”的效果和“差值的双因子方差分析”的效果相比较。

1 研究方法

1.1 前后测实验法

实验对象:参加2005年暑期篮球培训班的48名少年儿童,其中男女各半;**实验时间:**一周3次,每次90 min,持续一个月;**实验方法:**第一组(简称B1组)以篮球比赛游戏为主进行练习,

第二组(B2组)以正常教学篮球技术进行练习为主,第三组(B3组)以运球、球性训练为主进行练习;受试者分配:根据受试者志愿,把48名学生平均分派到3组中去,每组16人;测试指标:前测指标和后测指标是:10 s惯用手运球次数。

1.2 数理统计法

配对 T 检验,独立样本 T 检验,单因子方差分析,协方差分析。所有计算均通过SPSS11.0统计软件完成。

2 研究结果与分析

2.1 差值的单因子方差分析

从表1的检验结果来看,3种练习方法均能非常显著地提高受试者的控球能力(即运球能力)。那么,哪一种方法更有效呢?这就需要对接成绩进行检验。

表1 各组前、后测成绩的比较

组别	人数	前测成绩 X	后测成绩 Y	t
B1	16	23.85±5.00	28.75±5.23	-14.88***
B2	16	12.94±3.19	24.81±3.31	-26.08***
B3	16	18.56±4.32	30.94±4.82	-19.59***

注:*代表 $P<0.05$;**代表 $P<0.01$;***代表 $P<0.001$ (以下同)。

表2是后测成绩的方差分析结果,说明B1、B2、B3三组之

收稿日期:2007-05-09;修回日期:2007-07-05;录用日期:2007-07-16

作者简介:王德洪(1965-),男,浙江丽水人,丽水职业技术学院副教授。

作者单位:1.丽水职业技术学院 体育系,丽水 323000,2.广州体育学院 研究生处,广州 510500。

间存在显著性差异,结合表 3 的两两比较结果可以看出,似乎 B3 优于 B2、B1 优于 B2,B3 与 B1 差不多,这似乎看出这 3 个组对应的 3 种练习方法的优劣了。但是表 2 的前测成绩的单因子方差分析表明,实验前,这 3 个组初始水平是不相当的,表 3 的检验结果提示,每两个组的初始水平之间存在非常显著性差异,因此,该实验不属于等组实验。因此,要想比较练习方法的优劣,撇开前测成绩而仅以后测成绩推断,证据明显不足。

如何才能排除前测成绩的影响而使得后测成绩具有可比性呢?本文设计了“差值的单因子方差分析”(因子为 B),即先用后测成绩(Y)直接减去前测成绩(X)(即成绩提高的幅度:Y-X),然后比较各组差值(Y-X)的均数来检验练习手段的优劣。表 2 的方差分析结果预示着各组差值之间存在显著性差异,表 3 的结果可以解释为 B2 组与 B3 组提高的幅度(即差值)相当,它们均显著地优于 B1 组。

从表 3 可以看出,因为前测成绩 X 的两两比较差异极显著,后测成绩 Y 的两两比较就失去了依据,只有后测成绩与前测成绩的差值(Y-X)才具有说服力。

至此,可以概括为:3 种练习方法均能显著地提高运球水平,B3 组的练习方法与 B2 组的练习方法效果相当,它们均显著地优于 B1 组练习方法的效果。

表 2 3 组受试者前、后测成绩的单因子方差分析

		平方和	自由度	均方	F
后测成绩 Y	组间	308.29	2	154.15	7.50**
	组内	924.38	45	20.54	
	总计	1 232.67	47		
前测成绩 X	组间	957.29	2	478.65	26.64***
	组内	808.63	45	17.97	
	总计	1 765.92	47		
前后测成绩之差 (Y-X)	组间	562.67	2	281.33	73.93***
	组内	171.25	45	3.81	
	总计	733.92	47		

表 3 三组受试者前、后测成绩的两两比较

后测成绩 Y		前测成绩 X		前、后测成绩之差 Y-X	
B1	B2	B1	B2	B1	B2
B2	-3.94*	B2	-10.94***	B3	7.00***
B3	2.19 6.13***	B2	-5.31** 5.63***	B3	7.50*** 0.50

2.2 无交互作用的协方差分析

上述的实验因为各组的前测成绩不相当,无法进行等组实验。为了验证“差值的单因子方差分析”的正确性,本文采用协方差分析直接解决问题。协方差分析是利用线性回归方法消除混杂因素的影响后进行的方差分析^[9]。即把前测成绩看成是协变量,以协方差分析排除前测成绩的影响后,再对实验结果进行分析和检验。

协方差分析的前提是,回归系数具有同质性^[9]。表 4 中的“B * X”项的 F=0.27, P=0.767(>0.05),表明符合回归系数同质性的假定,即可以认为因子 B 与协变量 X 之间无交互作用^[9],亦即处理(因素 B)与协变量(X)之间无显著的线性关系^[9]。接着进行检验 X 与 Y 间有无线性关系,及在扣除 X 对 Y 的线性关系下 3

组均数间的差异有无统计意义。

表 4 回归系数同质性检验表

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Corrected Model	1 064.51 ^a	5	212.90	53.18	0.000
Intercept	243.55	1	243.55	60.83	0.000
B	35.47	2	17.73	4.43	0.018
X	631.41	1	631.41	157.70	0.000
B*X	2.14	2	1.07	0.27	0.767
Error	168.16	42	4.00		
Total	39 314.00	48			
Corrected Total	1 232.67	47			
a R Squared=0.864 (Adjusted R Squared=0.847)					
Dependent Variable: Y					

表 5 的 X 项的 F 值=194.832, P=0.000(<0.05),表明 X 与 Y 间存在强烈的线性关系。又 B 项的 F=43.445, P=0.000(<0.05),意味着在扣除 X 对 Y 影响的条件下, B 的 3 个水平的总体均数不同,即 B1、B2、B3 之间的差异具有统计意义。

表 5 X 与 Y 间的线性关系检验表

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Corrected Model	1 062.369 ^b	3	354.123	91.495	0.000
Intercept	241.876	1	241.876	62.494	
X	754.077	1	754.077	194.832	
B	336.299	2	168.150	43.445	
Error	170.298	44	3.870		
Total	39 314.000	48			
Corrected Total	1 232.667	47			
b R Squared=0.862 (Adjusted R Squared=0.852)					
Dependent Variable: Y					

表 6 列出的是扣除 X 对 Y 影响后的均值(即调整后的均值),比较结果显示:B2 优于 B1,B3 优于 B1,B2 和 B3 相当。这一结果与表 3 的“前、后测成绩之差 Y-X”比较结果完全吻合。尽管协方差是用线性回归来扣除 X 对 Y 的影响,而前述的差值的单因子方差分析是直接由 Y 中扣除 X 值。其主要原因是该例中, X 与 Y 之间强烈的线性关系。

表 6 调整后均值及其比较

	B1(23.519)	B2 (30.144)
B2 (30.144)	6.625***	
B3 (30.837)	7.318***	0.693

2.3 有交互作用的协方差分析

在前例中,如果同时又要考虑性别因素(设为因子 A),就可能出现因子 B(不同组别的练习法)与因子 A 交互作用。交互作用即指一个变量对另一个变量的影响作用。

首先,要进行的是回归系数的同质性检验。表 7 中的“A*B *X”项的 F=1.104, P=0.375(>0.05),表明符合回归系数同质性的假定,符合进行协变量分析的条件^[9]。

表7 回归系数同质性检验表

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1 165.182 ^a	11	105.926	56.507	0.000
Intercept	150.510	1	150.510	80.290	0.063
A	6.883	1	6.883	3.672	0.022
B	15.990	2	7.995	4.265	0.000
X	312.532	1	312.532	166.722	0.083
A*B	10.012	2	5.006	2.671	0.375
A*B*X	10.350	5	2.070	1.104	
Error	67.484	36	1.875		
Total	39 314.000	48			
Corrected Total	1 232.667	47			

a. R Squared=0.945
(Adjusted R Squared=0.929)

Dependent Variable: Y

表8的X项的 $F=366.843, P=0.000(<0.05)$,表明X与Y间存在强烈的线性关系。再A项的 $F=16.293, P=0.000(<0.05)$,意味着在扣除X对Y作用的条件下,A的两个水平的总体均数不同,即男、女之间的差异具有统计意义。又B项的 $F=84.726, P=0.000(<0.05)$,意味着在扣除X对Y影响的条件下,B的3个水平的总体均数不同,即B1、B2、B3之间的差异具有统计意义。最后是A*B项的 F 值 $=16.265, P=0.000(<0.05)$,说明性别(A)与练习法(B)的交互作用非常显著。

表8 性别(A)与练习法(B)在后测成绩的协变量分析摘要表

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1 154.832 ^b	6	192.472	101.386	0.000
Intercept	255.738	1	255.738	134.712	0.000
X	696.415	1	696.415	366.843	0.000
A	30.931	1	30.931	16.293	0.000
B	321.688	2	160.844	84.726	0.000
A*B	61.755	2	30.877	16.265	0.000
Error	77.835	41	1.898		
Total	39 314.000	48			
Corrected Total	1 232.667	47			

b. R Squared=0.937
(Adjusted R Squared=0.928)

Dependent Variable: Y

表9是不同的性别下,进行不同练习的受试者群体(如B1组的女生、B1组的男生等6个分小组)调整后的平均数,即扣除了X对Y的影响后,6个分小组的平均数。这些数据将用于因子A(性别)与因子B(练习法)交互作用下的后测成绩的主效应(即主要效果)分析^[9]。但是这种分析程序,SPSS操作系统中没有现成的,须从语法(syntax)窗口中键入自编程序。

表9 调整后的各细格平均数

	B1	B2	B3
女生(A1)	22.708	30.662	28.718
男生(A2)	24.589	29.361	32.961

因为性别(A)和练习法(B)在后测成绩的学习效果上有显

著的交互作用,因此需要进一步进行主效应检验。表10的数据表明了主效应的分析结果:(1)在练习法上,①在B1组,男生的运球水平显著地优于女生;②在B2组,男生与女生相当(无显著性差异);③在B3组,男生非常显著地优于女生。

(2)在性别上,女生:B2练习效果非常显著地优于B1练习效果;B3练习效果非常显著地优于B1;B2练习效果显著地优于B3。男生:B2练习效果非常显著地优于B1练习效果;B3练习效果非常显著地优于B1;B3练习效果非常显著地优于B2。

表10 性别与教学法在后测成绩的主效应分析摘要表

变异来源	SS	df	MS	F	事后比较
A因子(性别)					
在B1练习法	13.80	1	13.80	7.27*	A1-A2: $t=-2.69^*$
在B2练习法	6.74	1	6.74	3.55	A1-A2: $t=1.88$
在B3练习法	72.00	1	72.00	37.92***	A1-A2: $t=-6.16^{***}$
B因子(练习法)					
在A1(女生)					B1-B2: $t=-9.59^{***}$ B1-B3: $t=-8.37^{***}$ B2-B3: $t=2.64^*$
在A2(男生)	239.05	2	119.52	62.96***	B1-B2: $t=-5.17^{***}$ B1-B3: $t=-11.02^{***}$ B2-B3: $t=-4.80^{***}$

2.4 差值的双因子方差分析

因为交互作用下主效应检验缺乏现成的程序,因此自编程序给研究者带来了困难。那么,在该例中,能否避开在语法窗口键入程序,借助本文设计的“差值的双因子方差分析”(即A因子和B因子)来解决问题呢?

表11的统计结果仍然是在SPSS操作系统中完成,因为此处的“差值” $=Y-X$,即直接从后测成绩Y中减去前测成绩X,相当于“调整后的细格平均数”。但具体操作中避开双因子方差分析中的GML(General Linear Model)模型(因为在主效应检验中仍需从语法窗口键入自编程序),而是启用了“select case”中“if”选项来处理。

表11 用差值(Y-X)进行的双因子方差分析的事后比较结果

变异来源	事后比较		
A因子(性别)	在B1练习法: A1-A2: $t=-3.56^{**}$	在B2练习法: A1-A2: $t=1.42$	在B3练习法: A1-A2: $t=-6.56^{***}$
	在女生: B1-B2: $t=-8.50^{***}$	在女生: B1-B3: $t=-6.25^{***}$	在女生: B2-B3: $t=2.25^*$
B因子(练习法)	在男生: B1-B2: $t=-5.50^{***}$	在男生: B1-B3: $t=-3.25^{***}$	在男生: B2-B3: $t=-8.75^{***}$

比较表10和表11的事后比较效果可以发现,两种方法的结果惊人地相似。可以发现,在前后测实验研究中,适合以前测成绩为协变量的协方差分析,不管是无交互作用的单因子协方差分析,还是有交互作用的双因子协方差分析,均可以用“差值的单(双)因子方差分析”来代替,这两种方法异曲同工。

当然,不是所有的协方差分析均可以用本文的“差值的方差分析”来破解。例如,同样是前后测的教学实验研究,假定前测成绩和后测成绩均为考试分数,但受试者在实验过程中所花的精

力(如额外学习的时间)是不同的,额外学习时间则为协变量,显然,以后测成绩直接扣除额外学习时间排除协变量的影响作用是行不通的。

另一个问题是:本文的协方差分析中,如果(1)协变量(前测成绩)与处理(练习方法)之间存在显著的线性关系,或者(2)协变量与后测成绩之间无显著的线性关系时,则不能进行协方差分析,那么,是否可以采用本文的“差值的方差分析”呢?这个问题有待进一步研究。

3 结 语

本文设计的“差值的单因子方差分析”方法在解决前后测实验研究的“均数间差别检验”问题上与无交互作用的单因子协方差分析方法(协变量为前测成绩)的效果等同;本文设计的“差值的双因子方差分析”方法在解决前后测实验研究的“均数间差别

检验”问题上与有交互作用的双因子协方差分析方法(协变量为前测成绩)的效果等同。

参考文献:

- [1] 金志成,何艳茹.心理实验设计及其数据处理[M].广州:广东高等教育出版社,2002:125.
- [2] 杨通军.体育科学研究方法[M].广州:广东高等教育出版社,2001:125.
- [3] 卢文岱.SPSS for Windows 统计分析[M].北京:电子工业出版社,2000:264.
- [4] 吴明隆.SPSS 统计应用实务[M].北京:中国铁道出版社,2000:199.
- [5] 曹素华.实用医学多因素统计方法[M].上海:上海医科大学出版社,1998:25,29.
- [6] 薛微.SPSS 统计分析方法及应用[M].北京:电子工业出版社,2004:176.
- [7] 阮桂梅.SPSS 使用教程[M].北京:电子工业出版社,2000:122.
- [8] 张力为.体育科学研究方法[M].北京:高等教育出版社,2002:254.
- [9] 官京成.浅论报纸读者忠诚度的测量[J].新闻界,2005,(3):38-40.
- [10] 于洪彦.消费者行为研究[D].天津:天津财经学院学报,1998.
- [11] 陆娟,张东哈,崔明杰.中西方品牌忠诚度测评研究及应用启示[J].商业经济与管理,2003,(10):17-20.
- [12] 张忠元,向洪.体育资本[M].北京:中国时代出版社,2002:102.
- [13] Oliver R L. Whence Consumer Loyalty? [J].Journal of Marketing, Special Issue,1999. 33-44.
- [14] Fred Seines. An Examination of Effect of Product Performance on Brand Reputation, Satisfaction and Loyalty[J]. European Journal of Marketing, 1993,27;193 5.
- [15] Philip Kotler.Marketing Management: Analysis ,planning, Implementation and Control. 7th ed. Englewood Cliffs[M].NJ: Prenticehall,1991;246,249.
- [16] 韩小芸,杨立新,汪纯孝.住院病人满意感与忠诚感关系的实证研究[J].中山大学学报(社会科学版),2003,(2):108-113.
- [17] 徐波.北京国安足球俱乐部会员与非会员球迷主场球赛消费行为的调查研究[D].北京:北京体育大学,2005.
- [18] 张力为.体育科学研究方法[M].北京:高等教育出版社,2002:254.
- [19] 官京成.浅论报纸读者忠诚度的测量[J].新闻界,2005,(3):38-40.
- [20] 于洪彦.消费者行为研究[D].天津:天津财经学院学报,1998.
- [21] 陆娟,张东哈,崔明杰.中西方品牌忠诚度测评研究及应用启示[J].商业经济与管理,2003,(10):17-20.

(上接第 416)

(2)会员球迷的主场比赛消费意向性忠诚度高于非会员球迷,造成这种差异主要是受到球迷的情感因素的影响,即球迷会员身份的区别所造成的两类球迷到主场支持主队的主人翁责任感的差异。

(3)推论:会员球迷的主场比赛消费忠诚度要高于非会员球迷。

(4)球迷的主场比赛消费忠诚度受到球迷的经济因素,情感因素等因素的影响。

(5)建议职业体育俱乐部通过建立会员球迷制度,提高球迷服务性价比,大力开展球迷活动等系列措施增强消费者忠诚度。

参考文献:

- [1] 张忠元,向洪.体育资本[M].北京:中国时代出版社,2002:102.
- [2] Oliver R L. Satisfaction: A Behavioral Perspective on the Consumer[M]. New York: Irwin/McGraw-Hill,1997.



“差值的方差分析”与协方差分析的比较研究

作者: [王德洪](#), [隗金水](#), [WANG De-hong](#), [KUI Jin-shui](#)
作者单位: [王德洪, WANG De-hong \(丽水职业技术学院, 体育系, 丽水, 323000\)](#), [隗金水, KUI Jin-shui \(广州体育学院, 研究生处, 广州, 510500\)](#)
刊名: [天津体育学院学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF TIANJIN UNIVERSITY OF SPORT](#)
年, 卷(期): 2007, 22(5)
引用次数: 0次

参考文献(7条)

1. 金志成, [何艳茹](#) [心理实验设计及其数据处理](#) 2002
2. [杨迺军](#) [体育科学研究方法](#) 2001
3. [卢文岱](#) [SPSS for Windows统计分析](#) 2000
4. [吴明隆](#) [SPSS统计应用实务](#) 2000
5. [曹素华](#) [实用医学多因素统计方法](#) 1998
6. [薛微](#) [SPSS统计分析方法及应用](#) 2004
7. [阮桂梅](#) [SPSS使用教程](#) 2000

相似文献(1条)

1. 期刊论文 [张玉柱](#), [陈中永](#), [ZHANG Yu-zhu](#), [CHEN Zhong-yong](#) [高校毕业生择业焦虑的心理教育实验研究 -心理发展与教育](#)2006, 22(3)

通过组织择业心理辅导小组对毕业生择业焦虑进行干预,考察其心理教育效果.采用实验组、对照组前后测实验设计,以<高校毕业生择业焦虑问卷>和<状态-特质焦虑量表>为测量工具.结果表明,实验组(n=18)与对照组(n=34)的后测结果差异显著,实验组与对照组的前后测结果差量之间有显著差异,对前测结果进行控制的协方差分析也表明实验组与对照组的组间差异显著.说明研究所设计的小组心理辅导与行为治疗相结合的心理教育方案是帮助毕业生克服择业焦虑的有效方法,可用于毕业生择业心理教育.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_tjtyxyxb200705015.aspx

下载时间: 2010年4月29日