
تحلیل کوواریانس برای پزشکان

Analysis of Covariance (ANCOVA)

راهنمای کاربردی با دو مثال پزشکی تشریحی

از انتخاب متغیر کمکی و بررسی همگنی شیبها تا تفسیر میانگینهای تعدیل شده، اندازه اثر و گزارش نتایج در مقاله پزشکی

جزوه آموزشی آمار زیستی - تمام اعداد به شکل انگلیسی

فهرست مطالب

1	اهداف آموزشی	1
1	ANCOVA در یک نگاه	2
1	2.1 اجزای اصلی مدل	1
2	3 چه زمانی ANCOVA مناسب است؟	3
2	3.1 ساختار مناسب فایل داده	2
3	4 ANOVA، ANCOVA یا تحلیل تغییرات؟	4
3	5 پیش فرض های تحلیل کوواریانس	5
3	5.1 استقلال مشاهدات	3
3	5.2 خطی بودن رابطه Covariate و Outcome	3
4	5.3 همگنی شیب های رگرسیون	4
4	5.4 نرمال بودن و همسانی واریانس باقیمانده ها	4
5	6 مثال اول: فشار خون و ANCOVA استاندارد	6
5	6.1 سناریوی بالینی	5
5	6.2 آمار توصیفی خام	5
5	6.3 مرحله اول: بررسی همگنی شیب ها	5
6	6.4 مرحله دوم: بررسی باقیمانده ها	6
6	6.5 مرحله سوم: جدول اصلی ANCOVA	6
7	6.6 میانگین های تعدیل شده	7
7	6.7 مقایسه درمان ها با کنترل	7
8	7 مثال دوم: نقض همگنی شیب ها در مطالعه درد	8
8	7.1 سناریوی بالینی	8
8	7.2 آزمون تعامل	8
9	7.3 شیب رابطه درد پایه و نهایی	9
9	7.4 اثر درمان در مقادیر بالینی درد پایه	9
10	8 تفسیر خروجی SPSS	10

10	8.1 جدول‌های مهم
10	9 اشتباهات رایج در مقالات پزشکی
11	10 چک‌لیست اجرای صحیح
11	11 الگوی گزارش در مقاله پزشکی
12	12 جمع‌بندی

1 اهداف آموزشی

پس از مطالعه این جزوه، خواننده باید بتواند:

- تفاوت ANOVA و ANCOVA را توضیح دهد؛
- متغیر وابسته، عامل گروه‌بندی و متغیر کمکی را درست انتخاب کند؛
- فرض همگنی شیب‌های رگرسیون را بررسی کند؛
- میانگین خام را از میانگین تعدیل‌شده تشخیص دهد؛
- جدول Tests of Between-Subjects Effects را تفسیر کند؛
- در صورت معنادار بودن تعامل، از تفسیر نادرست ANCOVA استاندارد اجتناب کند؛
- نتیجه را به زبان مناسب مقاله پزشکی گزارش کند.

2 ANCOVA در یک نگاه

تحلیل کوواریانس یا ANCOVA برای مقایسه میانگین یک پیامد کمی بین دو یا چند گروه مستقل استفاده می‌شود، درحالی‌که اثر یک یا چند متغیر کمی مرتبط نیز کنترل می‌گردد. متغیر کنترل‌شده را متغیر کمکی یا Covariate می‌نامیم.

تعریف ساده

ANCOVA را می‌توان ترکیبی از تحلیل واریانس و رگرسیون خطی دانست:

$$\text{ANCOVA} = \text{ANOVA} + \text{Linear Regression}.$$

ANOVA میانگین خام گروه‌ها را مقایسه می‌کند؛ اما ANCOVA میانگین گروه‌ها را پس از تعدیل اثر متغیر کمکی مقایسه می‌کند.

2.1 اجزای اصلی مدل

در یک مطالعه فشار خون:

- متغیر وابسته: فشار خون سیستولیک پس از درمان؛
- عامل گروه‌بندی: کنترل، داروی A و داروی B؛
- متغیر کمکی: فشار خون سیستولیک قبل از درمان.

مدل استاندارد به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon_{ij}, \quad (1)$$

که در آن:

جدول 1: اجزای مدل تحلیل کوواریانس

نماد	معنی
Y_{ij}	پیامد نهایی بیمار j در گروه i
μ	مقدار پایه مدل یا عرض از مبدأ
τ_i	اثر گروه درمانی i
X_{ij}	مقدار متغیر کمکی برای بیمار
$\bar{X}$	مقدار مرجع متغیر کمکی، معمولاً میانگین کلی
β	شیب مشترک رابطه متغیر کمکی با پیامد
ε_{ij}	خطای تصادفی یا باقیمانده

3 چه زمانی ANCOVA مناسب است؟

ANCOVA زمانی مناسب است که:

- پیامد نهایی کمی باشد؛
- گروه‌ها مستقل باشند؛
- یک متغیر پایه یا مزاحم معتبر وجود داشته باشد؛
- متغیر کمکی قبل از درمان اندازه‌گیری شده یا تحت تأثیر درمان نباشد؛
- بین متغیر کمکی و پیامد رابطه تقریباً خطی وجود داشته باشد؛
- شیب رابطه متغیر کمکی و پیامد در گروه‌ها یکسان باشد.

نکته اخلاقی و علمی

متغیری که پس از شروع درمان ایجاد شده و در مسیر اثر درمان قرار دارد، ممکن است یک میانجی باشد. کنترل ناآگاهانه چنین متغیری می‌تواند بخشی از اثر واقعی درمان را حذف کند. متغیرهای کمکی باید بر اساس طراحی مطالعه و منطق بالینی انتخاب شوند، نه صرفاً بر اساس کوچک‌تر کردن مقدار p .

3.1 ساختار مناسب فایل داده

برای ANCOVA بهتر است داده‌ها به شکل طولی یا Long Format باشند؛ یعنی هر ردیف متعلق به یک بیمار باشد:

جدول 2: ساختار پیشنهادی داده برای ANCOVA

Post-treatment BP	Baseline BP	Group	Patient ID
140.0	148.0	Control	001
132.0	151.0	Drug A	002
134.0	145.0	Drug B	003

فایل چهارستونه‌ای که هر ستون آن یک گروه جداگانه است، برای ANOVA مناسب است؛ اما برای ANCOVA باید مقدار متغیر کمکی برای هر بیمار نیز در همان ردیف موجود باشد.

4 ANOVA، ANCOVA یا تحلیل تغییرات؟

جدول 3: مقایسه سه راهبرد رایج برای داده‌های پایه و پیگیری

روش	سؤال اصلی	نکته
ANOVA روی پیامد نهایی	آیا میانگین نهایی گروه‌ها متفاوت است؟	اختلاف اولیه بیماران را مستقیماً تعدیل نمی‌کند.
تحلیل نمره تغییر	آیا تغییر از پایه تا پیگیری متفاوت است؟	به خطای اندازه‌گیری پایه حساس است و سؤال متفاوتی پاسخ می‌دهد.
ANCOVA	آیا میانگین نهایی پس از تعدیل مقدار پایه متفاوت است؟	معمولاً در حضور همبستگی مناسب پایه و پیامد، دقت بیشتری دارد.

5 پیش فرض‌های تحلیل کوواریانس

5.1 استقلال مشاهدات

هر بیمار باید یک واحد مستقل باشد. اگر از هر بیمار چند اندازه‌گیری پس از درمان وجود دارد یا داده‌ها در بیمارستان‌ها و مراکز مختلف خوشه‌بندی شده‌اند، مدل‌های آمیخته ممکن است مناسب‌تر باشند.

5.2 خطی بودن رابطه Covariate و Outcome

رابطه متغیر کمکی با پیامد باید در محدوده داده‌ها تقریباً خطی باشد. نمودار پراکنش پیامد در برابر متغیر کمکی، به تفکیک گروه، برای بررسی اولیه ضروری است.

5.3 همگنی شیب‌های رگرسیون

مهم‌ترین پیش‌فرض اختصاصی ANCOVA این است که اثر متغیر کمکی بر پیامد در گروه‌ها یکسان باشد. برای بررسی آن، مدل تعاملی زیر اجرا می‌شود:

$$Y = \text{Group} + X + (\text{Group} \times X) + \varepsilon. \quad (2)$$

فرض صفر آزمون تعامل:

$$H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = 0.$$

جدول 4: تصمیم‌گیری بر اساس تعامل گروه و Covariate

نتیجه تعامل	تصمیم آماری	تفسیر
$p \geq 0.05$	حذف تعامل و اجرای ANCOVA استاندارد	یک شیب مشترک قابل قبول است.
$p < 0.05$	حفظ تعامل در مدل	اثر درمان به مقدار متغیر کمکی وابسته است.

خطای بسیار رایج

وقتی تعامل گروه و متغیر پایه معنادار است، گزارش یک اثر کلی گروه یا یک مجموعه واحد از میانگین‌های تعدیل‌شده می‌تواند گمراه‌کننده باشد. در این وضعیت باید اثر درمان در مقادیر بالینی مهم متغیر پایه گزارش شود.

5.4 نرمال بودن و همسانی واریانس باقیمانده‌ها

نرمال بودن باید برای باقیمانده‌های مدل بررسی شود، نه فقط برای مقادیر خام هر گروه. ابزارهای مناسب عبارت‌اند از:

- نمودار Q-Q باقیمانده‌ها؛
- هیستوگرام باقیمانده‌ها؛
- نمودار باقیمانده در برابر مقدار برازش‌شده؛
- آزمون لون روی باقیمانده‌ها به‌عنوان بررسی تکمیلی؛
- بررسی نقاط اثرگذار با Cook's Distance و Leverage.

6 مثال اول: فشار خون و ANCOVA استاندارد

6.1 سناریوی بالینی

در یک مطالعه آموزشی تصادفی، 54 بیمار در سه گروه مساوی قرار گرفته‌اند:

- درمان معمول یا کنترل؛
- داروی A؛
- داروی B.

هدف، مقایسه فشار خون سیستولیک پس از 12 هفته است. فشار خون سیستولیک اولیه به عنوان متغیر کمکی وارد مدل می‌شود. داده‌ها شبیه‌سازی شده و فقط آموزشی‌اند.

تعریف متغیرها

- Outcome: فشار خون سیستولیک پس از درمان بر حسب mmHg؛
- Factor: گروه درمانی با سه سطح؛
- Covariate: فشار خون سیستولیک اولیه بر حسب mmHg؛
- تعداد: 18 بیمار در هر گروه.

6.2 آمار توصیفی خام

جدول 5: آمار توصیفی فشار خون در مثال اول

گروه	N	میانگین پایه	SD پایه	میانگین نهایی	SD نهایی
کنترل	18	149.806	9.552	138.611	9.097
داروی A	18	149.367	7.489	131.439	7.729
داروی B	18	154.139	8.012	134.928	7.497

میانگین فشار خون پایه گروه داروی B از دو گروه دیگر بیشتر است. مقایسه صرف میانگین‌های نهایی ممکن است بخشی از این تفاوت اولیه را نادیده بگیرد؛ بنابراین تعدیل مقدار پایه از نظر بالینی و آماری منطقی است.

6.3 مرحله اول: بررسی همگنی شیب‌ها

مدل شامل تعامل گروه و فشار خون پایه اجرا شد. نتیجه آزمون مشترک دو جمله تعاملی:

جدول 6: آزمون همگنی شیب‌های رگرسیون در مثال اول

منبع	F	df_1	df_2	p
گروه $\times$ فشار خون پایه	0.153	2	48	0.859

چون $p = 0.859$ است، شواهدی برای تفاوت شیب‌ها وجود ندارد. بنابراین تعامل از مدل نهایی حذف و ANCOVA استاندارد با یک شیب مشترک اجرا می‌شود.

6.4 مرحله دوم: بررسی باقیمانده‌ها

در این مثال:

• آزمون شاپیرو-ویلک باقیمانده‌ها: $W = 0.970$ و $p = 0.193$ ؛

• آزمون لون باقیمانده‌ها: $F(2, 51) = 0.234$ و $p = 0.793$.

در کنار نمودارهای تشخیصی، این نتایج با نرمال بودن تقریبی و همسانی پراکندگی باقیمانده‌ها سازگارند.

6.5 مرحله سوم: جدول اصلی ANCOVA

میانگین کلی فشار خون پایه برابر 151.104 mmHg است و متغیر پایه حول این مقدار مرکزدی شده است.

جدول 7: Effects Between-Subjects of Tests - مثال اول

منبع	مجموع مربعات نوع III	df	میانگین مربعات	F	p	η_p^2
مدل اصلاح شده	2923.598	3	974.533	53.124	< 0.001	—
فشار خون پایه	2460.517	1	2460.517	134.129	< 0.001	0.728
گروه درمانی	587.566	2	293.783	16.015	< 0.001	0.390
خطا	917.219	50	18.344	—	—	—
کل اصلاح شده	3840.817	53	—	—	—	—

پس از تعدیل فشار خون اولیه، اثر گروه درمانی معنادار است:

$$F(2, 50) = 16.015, \quad p < 0.001, \quad \eta_p^2 = 0.390.$$

یعنی حدود 39.0% از تغییرات باقیمانده قابل انتساب به گروه درمانی است، پس از آنکه فشار خون پایه در مدل کنترل شده است. این تفسیر به معنی اثبات اهمیت بالینی یا توضیح 39.0% از کل تغییرپذیری خام نیست.

6.6 میانگین‌های تعدیل‌شده

جدول 8: میانگین‌های تعدیل‌شده فشار خون نهایی در مثال اول

گروه	میانگین تعدیل‌شده	SE	حد پایین 95%	حد بالا 95%
کنترل	139.685	1.014	137.649	141.721
داروی A	132.876	1.017	130.833	134.919
داروی B	132.417	1.033	130.343	134.491

6.7 مقایسه درمان‌ها با کنترل

مقایسه‌ها روی میانگین‌های تعدیل‌شده انجام شدند و مقادیر p برای دو مقایسه با روش Holm تعدیل شدند.

جدول 9: مقایسه میانگین‌های تعدیل‌شده با گروه کنترل

مقایسه	اختلاف میانگین	SE	حد پایین 95%	حد بالا 95%	p_{adj}
داروی A منهای کنترل	-6.809	1.428	-9.677	-3.941	< 0.001
داروی B منهای کنترل	-7.268	1.461	-10.202	-4.334	< 0.001

علامت منفی نشان می‌دهد فشار خون نهایی تعدیل‌شده در گروه درمان کمتر از کنترل است. خوب یا بد بودن علامت همیشه به تعریف پیامد وابسته است.

گزارش آماده برای مقاله - مثال اول

پس از تعدیل فشار خون سیستمولیک پایه، تفاوت فشار خون نهایی بین گروه‌های درمانی معنادار بود، $F(2, 50) = 16.015$ ، $p < 0.001$ ، $\eta_p^2 = 0.390$. میانگین تعدیل‌شده فشار خون در گروه داروی A نسبت به کنترل 6.81 mmHg کمتر بود (فاصله اطمینان 95%: 3.94 تا 9.68 mmHg کمتر، $p_{adj} < 0.001$). اختلاف تعدیل‌شده داروی B با کنترل برابر 7.27 mmHg بود (فاصله اطمینان 95%: -10.20 تا -4.33، $p_{adj} < 0.001$).

پیام آموزشی مثال اول

میانگین خام فشار خون نهایی گروه داروی B برابر 134.928 بود؛ اما میانگین تعدیل‌شده آن به 132.417 رسید، زیرا این گروه در شروع مطالعه فشار خون پایه بالاتری داشت. این تفاوت نشان می‌دهد چرا در مطالعات پایه و پیگیری، مقایسه صرف میانگین‌های خام می‌تواند تصویر ناقصی ارائه کند.

7 مثال دوم: نقض همگنی شیب‌ها در مطالعه درد

7.1 سناریوی بالینی

در یک مطالعه آموزشی، 45 بیمار مبتلا به درد مزمن در سه گروه قرار گرفته‌اند:

- مراقبت معمول یا کنترل؛
- برنامه توان بخشی A؛
- برنامه توان بخشی B.

پیامد، نمره درد پس از درمان است و نمره درد پایه به عنوان متغیر کمکی در نظر گرفته می‌شود. دامنه نمره درد از 0 تا 10 است و مقدار کمتر مطلوب‌تر است.

جدول 10: آمار توصیفی مثال دوم

گروه	N	میانگین درد پایه	SD پایه	میانگین درد نهایی	SD نهایی
کنترل	15	6.553	1.500	5.307	1.395
توان بخشی A	15	6.600	1.424	4.513	0.624
توان بخشی B	15	6.653	1.521	4.853	2.035

میانگین‌های پایه نزدیک‌اند؛ اما این موضوع به تنهایی همگنی شیب‌ها را تضمین نمی‌کند.

7.2 آزمون تعامل

مدل زیر برازش شد:

$$\text{PostPain} = \text{Group} + \text{BaselinePain} + (\text{Group} \times \text{BaselinePain}) + \varepsilon. \quad (3)$$

جدول 11: آزمون تعامل در مثال دوم

منبع	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	p	η_p^2
گروه $\times$ درد پایه	25.533	2	12.766	37.316	< 0.001	0.657
خطا	13.343	39	0.342	—	—	—

تعامل بسیار معنادار است؛ بنابراین فرض همگنی شیب‌ها رد می‌شود. اجرای ANCOVA استاندارد با یک شیب مشترک و گزارش یک اثر کلی گروه مناسب نیست.

7.3 شیب رابطه درد پایه و نهایی

جدول 12: شیب‌های تخمینی در مدل تعاملی

گروه	شیب تخمینی	تفسیر
کنترل	0.842	با افزایش یک واحد درد پایه، درد نهایی حدود 0.842 واحد افزایش می‌یابد.
توان بخشی A	0.014	درد نهایی تقریباً مستقل از شدت درد پایه است.
توان بخشی B	1.303	افزایش درد پایه با افزایش شدیدتر درد نهایی همراه است.

تفاوت شیب‌ها نشان می‌دهد اثر درمان برای بیماران با شدت اولیه متفاوت یکسان نیست.

7.4 اثر درمان در مقادیر بالینی درد پایه

به جای یک مقایسه کلی، اختلاف درمان با کنترل در نمرات پایه 5، 7 و 9 محاسبه شد.

جدول 13: اختلاف پیش‌بینی شده درد نهایی نسبت به کنترل

درد پایه	مقایسه	اختلاف	حد پایین 95%	حد بالا 95%	p
5	A منهای کنترل	0.491	-0.157	1.139	0.133
5	B منهای کنترل	-1.300	-1.942	-0.659	< 0.001
7	A منهای کنترل	-1.164	-1.615	-0.713	< 0.001
7	B منهای کنترل	-0.378	-0.826	0.070	0.096
9	A منهای کنترل	-2.819	-3.677	-1.960	< 0.001
9	B منهای کنترل	0.545	-0.286	1.376	0.192

برای بیمار با درد پایه 5، برنامه A تفاوت معناداری با کنترل ندارد؛ اما برنامه B درد نهایی را حدود 1.30 واحد کاهش می‌دهد. در درد پایه 9، برنامه A حدود 2.82 واحد بهتر از کنترل است؛ درحالی‌که شواهدی برای اثر برنامه B وجود ندارد.

گزارش آماده برای مقاله - مثال دوم

تعامل گروه درمانی و درد پایه معنادار بود، $F(2, 39) = 37.316$ ، $p < 0.001$ ، $\eta_p^2 = 0.657$ ؛ بنابراین اثر درمان با شدت درد اولیه تغییر می‌کرد. در بیماران با درد پایه 5، برنامه A با کنترل تفاوت معناداری نداشت (اختلاف $= 0.49$ ، فاصله اطمینان 95%: -0.16 تا 1.14، $p = 0.133$). در درد پایه 9، برنامه A با کاهش بیشتر درد نهایی نسبت به کنترل همراه بود (اختلاف $= -2.82$ ، فاصله اطمینان 95%: -3.68 تا -1.96، $p < 0.001$). به دلیل معنادار بودن تعامل، یک اثر کلی و ثابت برای گروه درمانی گزارش نشد.

پیام آموزشی مثال دوم

معنادار بودن تعامل به این معناست که سؤال «کدام درمان بهتر است؟» پاسخ واحدی ندارد. پاسخ به مقدار درد پایه وابسته است. در چنین شرایطی باید اثر درمان در مقادیر از پیش تعیین شده و از نظر بالینی قابل تفسیر گزارش شود.

8 تفسیر خروجی SPSS

برای اجرای ANCOVA در SPSS معمولاً از مسیر زیر استفاده می‌شود:

Analyze > General Linear Model > Univariate

تنظیمات اصلی:

- Dependent Variable: پیامد نهایی؛
- Fixed Factor: گروه درمانی؛
- Covariate: مقدار پایه؛
- در مرحله بررسی فرض: مدل شامل Group*Baseline؛
- در صورت غیرمعنادار بودن تعامل: مدل نهایی شامل Group + Baseline؛
- در Options: آمار توصیفی، اندازه اثر، آزمون همگنی و میانگین‌های برآوردی.

8.1 جدول‌های مهم

جدول 14: جدول‌های اصلی خروجی ANCOVA

عنوان جدول	کاربرد
Descriptive Statistics	نمایش میانگین و انحراف معیار خام گروه‌ها
Levene's Test of Equality of Error Variances	بررسی پراکندگی باقیمانده‌ها
Tests of Between-Subjects Effects	آزمون اثر متغیر کمکی، گروه و تعامل
Estimated Marginal Means	میانگین‌های تعدیل شده در مقدار مرجع متغیر کمکی
Pairwise Comparisons	مقایسه گروه‌ها پس از تعدیل Covariate

9 اشتباهات رایج در مقالات پزشکی

1. اجرای ANCOVA بدون بررسی تعامل گروه و متغیر پایه؛

2. گزارش میانگین خام به عنوان میانگین تعدیل شده؛
3. وارد کردن متغیر پس از درمان به عنوان Covariate بدون توجیه علی؛
4. انتخاب متغیرهای کمکی فقط بر اساس مقدار p ؛
5. حذف نقاط پرت بدون دلیل داده‌ای یا بالینی؛
6. گزارش $p = 0.000$ به جای $p < 0.001$ ؛
7. تفسیر معناداری آماری به عنوان اهمیت بالینی؛
8. مقایسه گروه‌ها در مقادیر Covariate خارج از دامنه همپوشان داده‌ها؛
9. استفاده از ANCOVA معمولی برای اندازه‌گیری‌های تکراری یا داده‌های خوشه‌ای.

10 چک‌لیست اجرای صحیح

1. مشخص کردن پیامد، گروه و متغیر کمکی بر اساس پروتکل؛
2. اطمینان از اینکه Covariate پیش از درمان اندازه‌گیری شده است؛
3. بررسی داده‌های گمشده و خطاهای ورود داده؛
4. رسم نمودار Outcome در برابر Covariate برای هر گروه؛
5. برازش مدل شامل تعامل $\text{Covariate} \times \text{Group}$ ؛
6. تصمیم درباره حذف یا حفظ تعامل؛
7. بررسی باقیمانده‌ها و نقاط اثرگذار؛
8. گزارش میانگین‌های تعدیل شده و فاصله اطمینان؛
9. اصلاح مقایسه‌های چندگانه؛
10. گزارش اندازه اثر و تفسیر جداگانه اهمیت بالینی.

11 الگوی گزارش در مقاله پزشکی

الگوی قابل ویرایش برای حالت بدون تعامل

پس از تأیید همگنی شیب‌های رگرسیون ($F(df_1, df_2) = [F]$ ، $p = [p]$)، تحلیل کوواریانس با [نام پیامد] به عنوان متغیر وابسته، [نام گروه] به عنوان عامل و [نام Covariate] به عنوان متغیر کمکی اجرا شد. پس از تعدیل، Covariate اثر گروه معنادار/غیرمعنادار بود ($F(df_1, df_2) = [F]$ ، $p = [p]$ ، $\eta_p^2 = [value]$). میانگین تعدیل شده گروه [درمان] برابر [مقدار و واحد] و گروه کنترل برابر [مقدار و واحد] بود. اختلاف تعدیل شده برابر [مقدار] بود (فاصله اطمینان 95%: [حد پایین] تا [حد بالا])، $p_{adj} = [p]$.

الگوی قابل ویرایش برای حالت تعامل معنادار

تعامل گروه و [نام Covariate معنادار بود ($F(df_1, df_2) = [F]$ ، $p = [p]$ ، $\eta_p^2 = [value]$ ؛ بنابراین فرض همگنی شیبها برقرار نبود. اثر گروه در مقادیر [مقادیر بالینی Covariate برآورد شد. در مقدار، X] اختلاف [درمان] با کنترل برابر [مقدار] بود (فاصله اطمینان 95%: [حد پایین] تا [حد بالا]، $p = [p]$). به دلیل وابستگی اثر درمان به Covariate، یک اثر کلی و ثابت برای گروه گزارش نشد.

12 جمع بندی

سه نکته ای که باید به خاطر سپرد

1. ANCOVA میانگین گروهها را پس از کنترل یک متغیر کمی مرتبط مقایسه می کند.
2. پیش از تفسیر اثر گروه، تعامل گروه و Covariate باید بررسی شود.
3. در صورت تعامل معنادار، اثر درمان باید در مقادیر بالینی Covariate گزارش شود، نه به شکل یک اثر کلی ثابت.

دو مثال این جزوه شبیه سازی شده و صرفاً آموزشی اند؛ اعداد، نتیجه مطالعه واقعی یا توصیه درمانی نیستند.