

反射弧结构基础分析及反射时测定与盲点测定

2021年05月31日

摘要

醉酒，即轻度的酒精中毒，会对人正常的生理状态产生影响，严重时可导致人的负面行为、语言功能混乱、步行困难乃至昏迷及死亡^[1]。通常认为^[2]，通常在血液酒精浓度（BAC, Blood Alcohol Concentration）大于 $25 - 80\text{mg/dL}$ 时即认为醉酒状态。本实验通过对处于醉酒状态下的测试者进行多元化测试，定性分析了醉酒状态对个体的影响。

关键词

醉酒、反应时间、语言理解、主成分分析

0.引言

在饮酒前后测量基础生理指标并进行多项测试，比较醉酒前后的结果变化，以此分析醉酒状态对人体基础机能与高级功能的影响。

1.材料与方法

1.1.材料

1. 20yrs 男性被试
2. 200mL , 40% 酒精含量的酒品
3. 呼气式酒精测量仪
4. 人体反应时间测试系统2.0
5. Python 3.8.4
6. 数独题库
7. 言语理解测试题库

1.2.方法

- 在清醒状态下测量酒精浓度、心率，并完成反应速度测试、瞬时记忆测试、短时记忆测试、数学运算测试、逻辑能力测试与言语理解测试，作为基准值
- 迅速饮下足量酒品（ 200mL , 40%），以达到醉酒状态
- 在醉酒情况下完成前述各项测试，测量间隔约 30min

1.2.1.反应时间测量

- 使用“人体反应时间测试系统”，测量完成 20 个测试的反应时间
- 取正确完成时的平均值并计算正确率

1.2.2.瞬时记忆测试

- 利用程序随机生成一个7位数，对其记忆 $\tau_1\text{s}$ 后默写之
- 重复 15 次上述步骤，以正确率反映短期记忆能力
- τ_1 在饮酒前测定，该时长应尽可能使被试的正确率在 50%~70% 之间

1.2.3.短时记忆测试

- 利用程序随机生成一个7位数，对其记忆 10s
- 静置被试 $\tau_2\text{s}$ ，此为遗忘时间，期间应阅读文本或阅读言语理解测试中题目，后默写此数
- 重复 15 次上述步骤，以正确率反映短期记忆能力
- τ_2 在饮酒前测定，该时长应尽可能使被试的正确率在 50%~70% 之间

1.2.4.数学运算测试

- 随机生成两个三位数，计算其加和
- 重复 15 次上述步骤

- 测量被试的完成速度和正确率

1.2.5.逻辑能力测试

- 从数独题库中随机抽取低难度等级题目
- 记录被试完成时间

1.2.6.语言理解测试

- 从言语理解测试题库中抽取 15 道题目
- 记录被试完成题目的准确率

2.结果

2.1.醉酒与清醒状态下各项测试结果对比无预期的各项指标明显变化

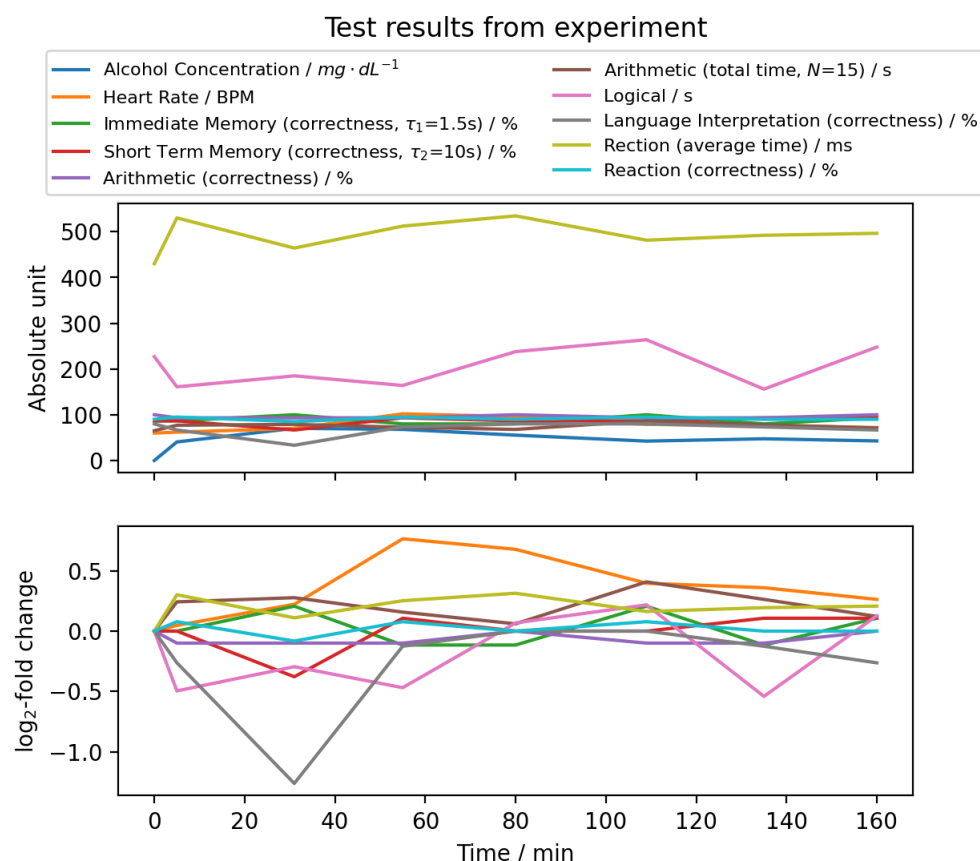


图 1: 醉酒与清醒状态下各项测试结果

上: 各项测试的原始数据; 下: 除血液酒精浓度外各项测试值与清醒时比值对数 (以2为底)

由图 1上图所示结果可知, 大部分指标在此被试的饮酒前后少有显著变化 ($\text{abs}(\log_2 \{\text{fold change}\}) > 1$), 其中心率 (橙色)、语言理解能力 (粉红)、逻辑推理能力 (灰色) 与短时记忆能力 (红色) 四项指标在饮酒后半小时至一小时内有相对明显的变化 (图 1下图)。表格数据见附表 1。

2.2.主成分分析结果显示多项测试结果与醉酒状态相关

为避免主观推断与醉酒状态相关的测试结果, 我们选用主成分分析方法 (PCA, Principal Component Analysis) 对获得的多项测试结果进行数据的降维分析, 结果如图 2所示。我们不难看出, 对于此被试的测试数据, 有显著区别的是反应时间中各测量值的方差 (图 1中未展示), 第一主成分几乎仅包含此项, 而第二主成分中, 语言理解测试的载荷显著高于其他指标, 为仅次于反应时间方差的显著差异指标。从图中还不难发现, 被试饮酒后测试结果会显著偏离未饮酒时结果, 而随着测试的进行与血液酒精含量的降低, 测试结果重新回到清醒状态下结果的附近, 暗示了我们可以利用 PCA 挑选出更能反映醉酒状态的指标, 以此替代血液酒精浓度, 作为神经醉酒状态的参考指标。

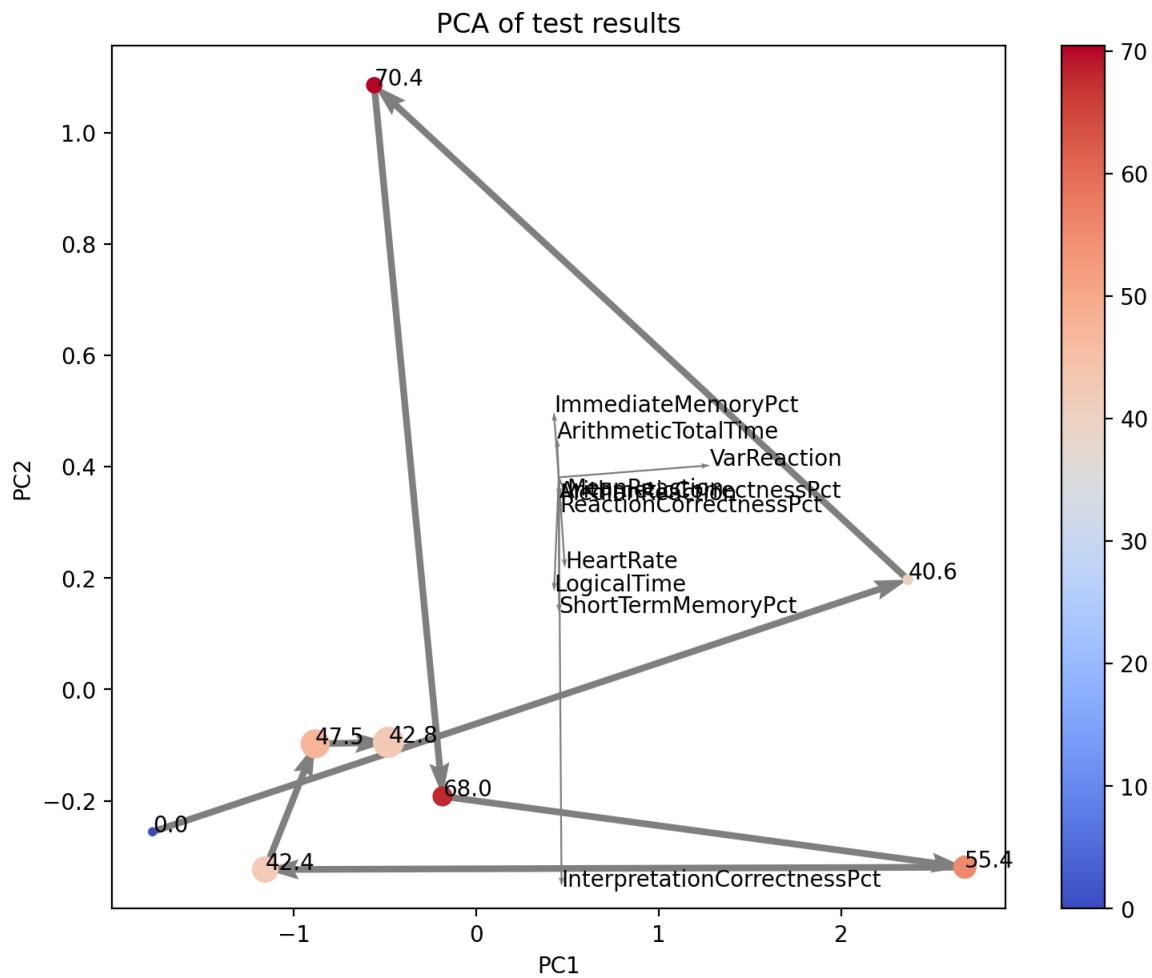


图 2: 主成分分析区分清醒与醉酒状态

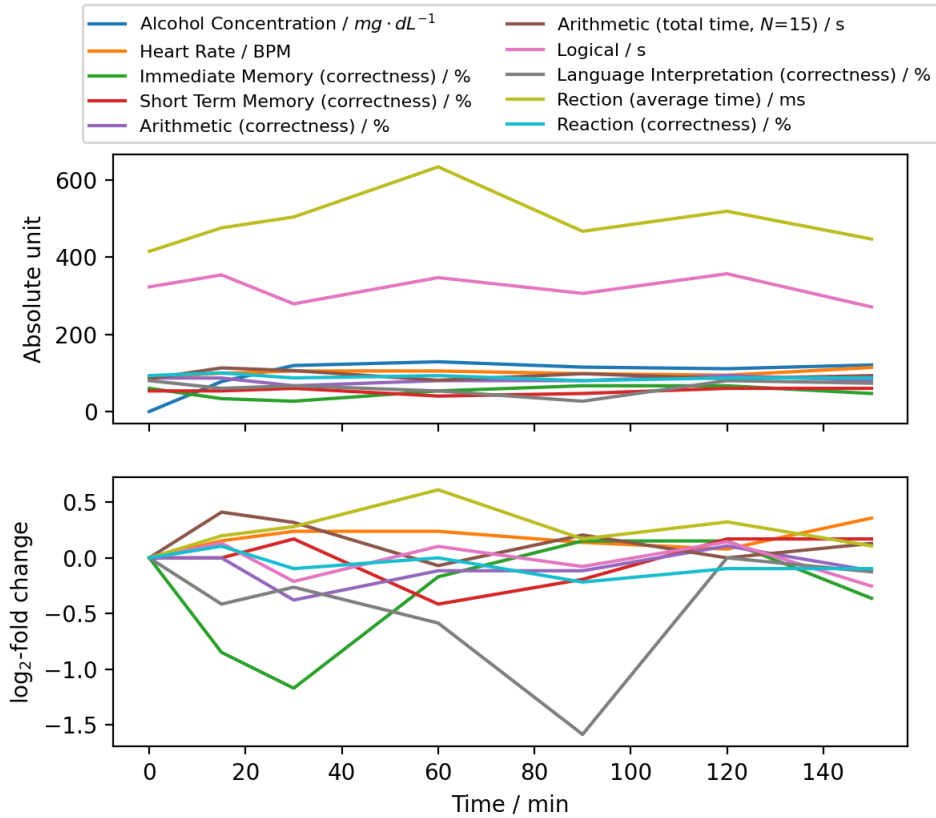
横轴：第一主成分分量；纵轴：第二主成分分量；各测试点降维后结果由散点所示，散点由小到大代表距饮酒后时间，颜色由蓝到红与数值代表血液酒精浓度（*md/dL*），时间序列的变化由粗箭头所示，主成分方向如图中细箭头所示

3.讨论

3.1.多项测试指标未展示出显著差异

从图 2结果我们可以看出，除语言理解测试外其余高级功能的结果似乎没有展现出预期的饮酒前后的显著差异。我们猜想为个体体质差异所导致，因此我们对同组被试进行了相同的分析，所得结果见附图 1-附图 2。

Test results from experiment

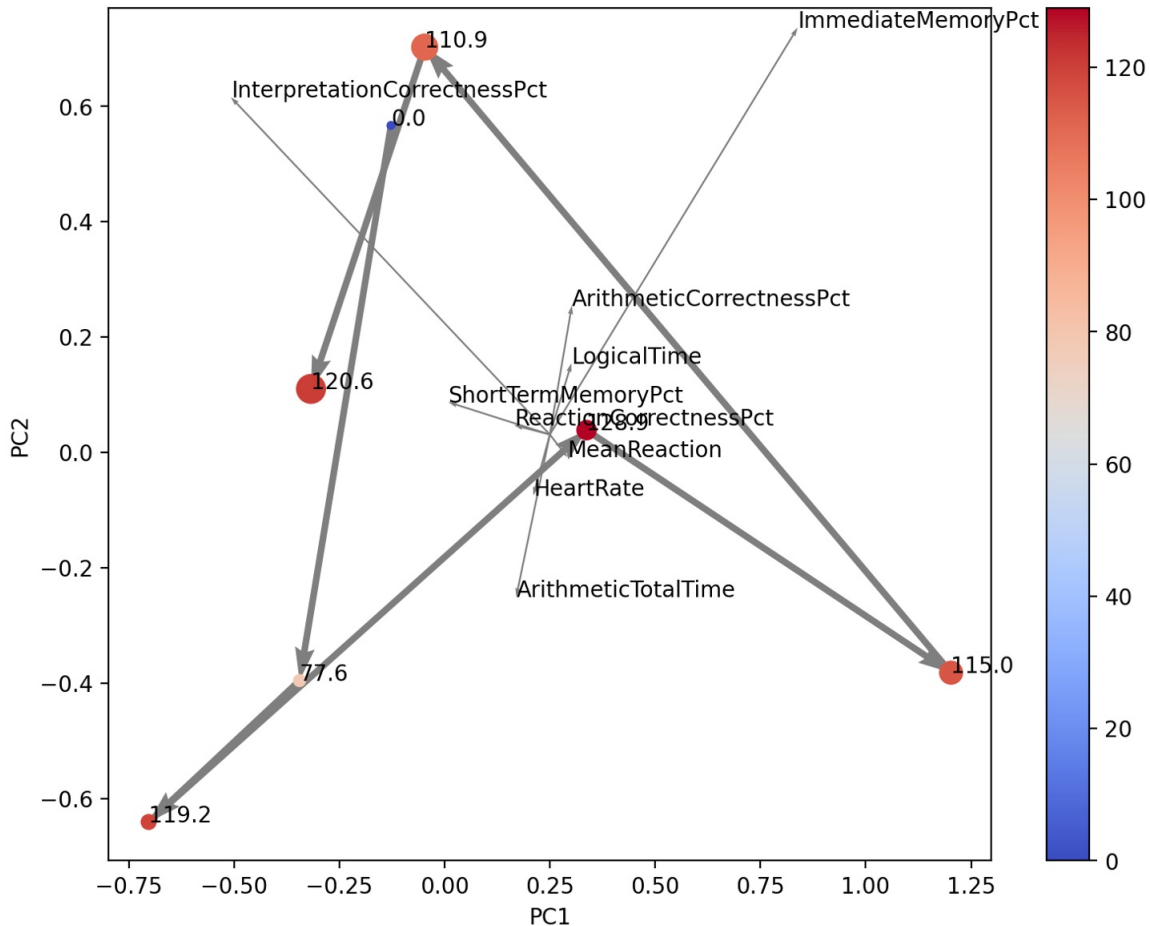


附图 1: 醉酒与清醒状态下各项测试结果

上: 各项测试的原始数据; 下: 除血液酒精浓度外各项测试值与清醒时比值对数 (以2为底)

如附图 1下图所示, 此被试测试结果展现出了与前述不同结果, 其中瞬时记忆测试而不是短时记忆测试结果出现了相对显著的偏差, 而语言理解能力测试与前述一致。同样的, 我们需要通过主成分分析来进一步分析。表格数据见附表 2。

PCA of test results



附图 2: 主成分分析区分清醒与醉酒状态

横轴：第一主成分分量；纵轴：第二主成分分量；各测试点降维后结果由散点所示，散点由小到大代表距饮酒后时间，颜色由蓝到红与数值代表血液酒精浓度（ md/dL ），时间序列的变化由粗箭头所示，主成分方向如图中细箭头所示

主成分分析结果如附图 2 所示。与我们前文描述的一致，最显著差异的是瞬时记忆能力与语言理解能力，但出此两项结果之外，数学运算与短期记忆都展现出与醉酒状态有一定相关性。我们也在此独立样本中观察到有些许区别于图 2 所展现的随时间推进的一个“回环”，与前文结果不同的是，这里我们观察到的测试结果散点位置并没有展现出与血液酒精浓度的强相关性（被试血液酒精浓度居高不下，而相应测试结果已基本恢复到正常状态附近），这与印证了前文所提的部分猜测，人的高级功能如语言理解、数学运算、记忆能力等指标可能与神经系统的醉酒状态有关，而此醉酒状态与血液酒精浓度并不一定呈线性关系。故我们提出猜想，在摄入大量酒精后，会在短时间内提升神经系统的醉酒状态，而随着时间的推移，在血液与神经系统酒精浓度达到相对平衡后，与高级功能相关的脑区会有相应的代偿机制来适应此状态，故即便血液酒精浓度仍处极高水平，相关的高级功能会先有一定程度的恢复。

附录

附表 1: 第一位被测测试结果

编号	时间 min	酒精浓度 mg/dL	心率 BPM	反应正确率 %	反应时间 ms	瞬时记忆测试 正确率 %	短期记忆测试 正确率 %	心算用时 s	心算正确率 %	数独用时 s	语言理解正确率 %
0	0	0	60	90	422	86.67	86.67	65.195	100	227	80
1	5	40.6	62	95	458	86.67	86.67	77.133	93.33	161	66.67
2	31	70.4	70	85	437	100	66.67	78.999	93.33	185	33.33
3	55	68	102	95	467	80	93.33	72.714	93.33	164	73.33
4	80	55.4	96	90	459.5	80	86.67	67.977	100	238	80
5	109	42.4	79	95	474	100	86.67	86.515	93.33	264	80
6	135	47.5	77	90	478.5	80	93.33	78.234	93.33	156	73.33
7	160	42.8	72	90	470.5	93.33	93.33	70.931	100	248	66.67

附表 2: 第二位被测测试结果

编号	时间 min	酒精浓度 mg/dL	心率 BPM	反应正确率 %	反应时间 ms	瞬时记忆测试 正确率 %	短期记忆测试 正确率 %	心算用时 s	心算正确率 %	数独用时 s	语言理解正确率 %
0	0	0	89	93	415	60	53	85	87	323	80
1	~15	77.6	99	100	476	33	53	113	87	354	60
2	~30	119.2	105	87	504	27	60	106	67	279	67
3	~60	128.9	105	93	634	53	40	81	80	347	53
4	~90	115	98	80	467	67	47	98	80	306	27
5	~120	110.9	94	87	519	67	60	85	93	357	80
6	~150	120.6	114	87	447	47	60	93	80	271	73

致谢

特别感谢吴永麒同学对此实验设计的起草与完善，感谢吴永麒提供实验用酒品与部分程序及其测试结果。

参考资料

[1] WIKIPEDIA. Alcohol intoxication[Z/OL](2021-05). https://en.wikipedia.org/wiki/Alcohol_intoxication.
[2] CANFIELD D V, DUBOWSKI K M, COWAN M, 等. Alcohol Limits and Public Safety[J]. Forensic Sci Rev, 2014, 26(1): 9-22.