

Елементарно зрително-двигателно реакционно време - физиологични граници и статистически подход за обработка на резултатите

д-р Л. Стефанов - катедра “Физиология и биохимия” - Н.С.А.- СОФИЯ

Резюме

В настоящата работа се описват накратко предпоставките за наличието на физиологично определени граници за бързината на елементарната зрително-двигателна реакция и характерната форма на емпирично разпределение, което описват получените данни в различни наши изследвания. В резултат на подробно проучване и апробиране на различни статистическите методи, ние предлагаме практически приложим и теоретически обоснован набор от адекватни статистически методи за обработка на резултатите получени от измервания на елементарното време за зрително-двигателна реакция.

Увод.

Изследването на реакционно време (РВ) чрез различен вид стимули и при разнообразен вид двигателни отговори е важен метод във физиологията и психофизиологията. Фундаменталните закономерности от тези изследвания имат различен приложен характер в спорта, ергономията и клиниката. В много случаи е необходимо да се сравняват реакционни времена при различни условия на стимулация или между различни индивиди. Поставянето на такава задача изисква много точен статистически подход.

В достъпната ни литература открихме противоречиви резултати от различни автори по отношение на РВ при едни и същи условия. Тази разлика в резултатите според нас се дължи освен на неточности в методиката и апаратурата и на неадекватна статистическа обработка на данните. Много автори използват статистически методи валидни само при нормално разпределение, но още през 1961г. Lichtenstein, M. and White, C. T., а по-късно и Jaskowski, P., (1983) са доказали, че то няма Гаусов характер.

От физиологична гледна точка компонентите, от които се състои времето за реакция са: а) много кратко забавяне необходимо за нервното предаване, б) забавяне, което зависи от интензивността или енергетичните характеристики на сигнала, в) както подчертава Grice, 1968 (според Brebner and Welford 1980), забавянето което зависи от фактори като вниманието, сетивността, когнитивността и мотивацията.

Според Brebner and Welford (1980) реакционното време зависи от :
1.сензорни фактори, 2.характеристики на отговора, 3.подготовката и
4.възможностите за избор.

Поради това, че обект на нашите изследвания е елементарното реакционно време при зрителна стимулация смятаме за по-целесъобразно от дидактична гледна точка с цел по-голяма прегледност да използваме собствена физиологична класификация на факторите оказващи влияние върху бързината на двигателната реакция. По-долу сме изложили тази класификация накратко, за да можем да дадем представа за многообразието и броя от фактори, които могат да забавят или ускорят времето за реакция.

I Характеристики на дразнителя. Стимулна модалност и свързаните с нея специфични характеристики, като цвят, звукова честота и др., сила, продължителност, честота на появяване и др.

II Условия, в които действа дразнителя.

1. Външни условия. Предупредителен сигнал, модалност на предупредителния сигнал, цвят на околното осветление, околна температура, надморска височина и др.

2. Условия от страна на организма. Взаимовръзка между областта за стимулация на ретината и анатомичната локализация на отговарящия мускул или мускулна група, фаза на мигателните движения, монокулярно спрямо бинокулярно зрение по време на стимулацията, физиологичния тремор, мускулния тонус, фазата на дишане, умора и стрес, пол, възраст, употреба на възбуждащи и задържащи вещества, общо състояние на организма, внимание, и др.

III Характеристики на сетивната система. Зрителна адаптация, праг на чувствителност, диференциален праг, отношение сигнал / шум.

Някои от тези фактори оказват влияние в кратки периоди от изследванията, а други имат по дълготрайно и постоянно влияние. Чрез създадената от нас методика и процедура сме се опитали да се съобразим с тази особеност.

От физиологична гледна точка за да се осъществи една двигателна реакция в отговор на някаква сетивна стимулация е необходимо известно време, което ще има някаква непреодолима долна граница. Тази граница се определя от скоростта на протичане на физиологичните процеси в нервната и мускулна тъкан. При измервания на зрително-двигателно РВ в наши измервания тя е около 160 ms. Това е времето необходимо за реакция от момента на предявяване на стимула до съответното мускулно съкращение. То се състои от няколко компонента:

1. Време за преобразуване на сетивната стимулация от рецепторните клетки в нервен импулс.

2. Време за изпращане на нервния импулс до съответната сетивна зона в кората на главния мозък.

3. Време за обработване на сетивната информация в други зони на мозъка и съставяне на моторна програма за отговор на стимулацията.

4. Време за достигане на командните нервни импулси от моторната кора до съответния мускул и извършване на съкращение.

При идеални условия скоростта на процесите за всяка компонента трябва да е сравнително постоянна величина. За идеални условия приемаме постоянно по време и интензивност въздействие на факторите влияещи върху РВ. Това за една голяма част от тях може да се постигне чрез съответна методика и процедура. Така РВ би трябвало да е около долната физиологична граница. На практика обаче това не става поради многообразието от фактори, на които вече се спряхме. Най-голямо забавяне и най-голяма вариативност се получава при обработката на сетивната

информация и вземането на решение за отговор в кората на главния мозък (Brebner and Welford 1980), като факторите довеждащи до това трудно могат да се управляват и отдиференцират. От казаното до тук следва, че при голяма част от измервания на РВ, то ще има значения близки до посочената минимална физиологична граница, но ще има и измервания с по-голямо РВ. Реакционното време ще бъде толкова по-голямо, колкото повече фактори го забавят. Това графично ще се представи с една опашка в дясно от средната величина и една по-голяма честота на случаите в ляво от нея, което довежда до изтегляне на разпределението на дясно. Логично е да се предположи, че такова разпределение ще се различава от нормалното и най-вероятно при достатъчен брой измервания ще се описва от законите на лого-нормалното.

През последното десетилетие мощното развитие на електронно-изчислителната техника и нейната голяма достъпност според нас позволяват разширяване обхвата на статистическите методи подходящи за обработката на резултатите получени от измерванията на РВ и тяхното по-гъвкаво използване. За постигането на тази цел трябва да се разрешат две задачи.

Първо - Определяне вида на разпределението на измерванията на РВ за всеки отделен експеримент.

Второ - Избиране на подходящ статистически метод съобразно вида на разпределението и броя на изследваните случаи.

Методика и апаратура:

Тя е описана по-подробно в предишни наши работи (Стефанов, Л. Г., (1995); Стефанов, Л. Г. и Петров, Л. А., (1995)), поради което накратко ще я припомним.

Използва се периметър с полусферичен екран с радиус 30 cm, поставен на хидравлична маса, която осигурява настройването му според височината на изследвания. В него са монтирани 73 броя двуцветни светодиода. Те светят в зелен и червен цвят с дължина на вълната съответно 575/625 nm. Интензивността им се регулира в 16 нива от 1 до 40 mcd.

Конструкцията на фоновият осветител осигурява фино регулиране на фона от 0 до 70 cd/m², различен цвят, и неравномерност не по-голяма от 18%.

Фиксацията на погледа, очните движения и мигането по време на експеримента се следят от устройство работещо с инфрачервени лъчи, чийто сигнали се подават за обработка от компютър.

Хардуера осигурява включване на светодиодите, с някой от двата цвята, с някое от 16-те нива на интензивност, в някоя от 73-те стимулни локализации в полусферичния екран.

В нашите проучвания на всяко изследвано лице измервахме реакционните времена на няколко области от зрителното поле, различно отдалечени от централната фиксационна точка, т.е. те представляват различни съвкупности. Тези съвкупности според целта на изследването бяха с по 16; 20, 40, 60 и 80 измервания (случая, опита) на РВ. Т.е. за всеки изследван получавахме няколко съвкупности с по няколко десетки случая.

Процедура.

След проектиране на експеримента, изследвания се адаптира към съответния фон. Закрепва се инфрачервеният приемник пред окото, което не се изследва и се нулира апарата за следене на очните движения. Ако очите се

преместят в страни от центъра, а също и при мигане резултата от реакционното време се анулира и в един бъдещ момент тази локализация на стимула се тестира отново.

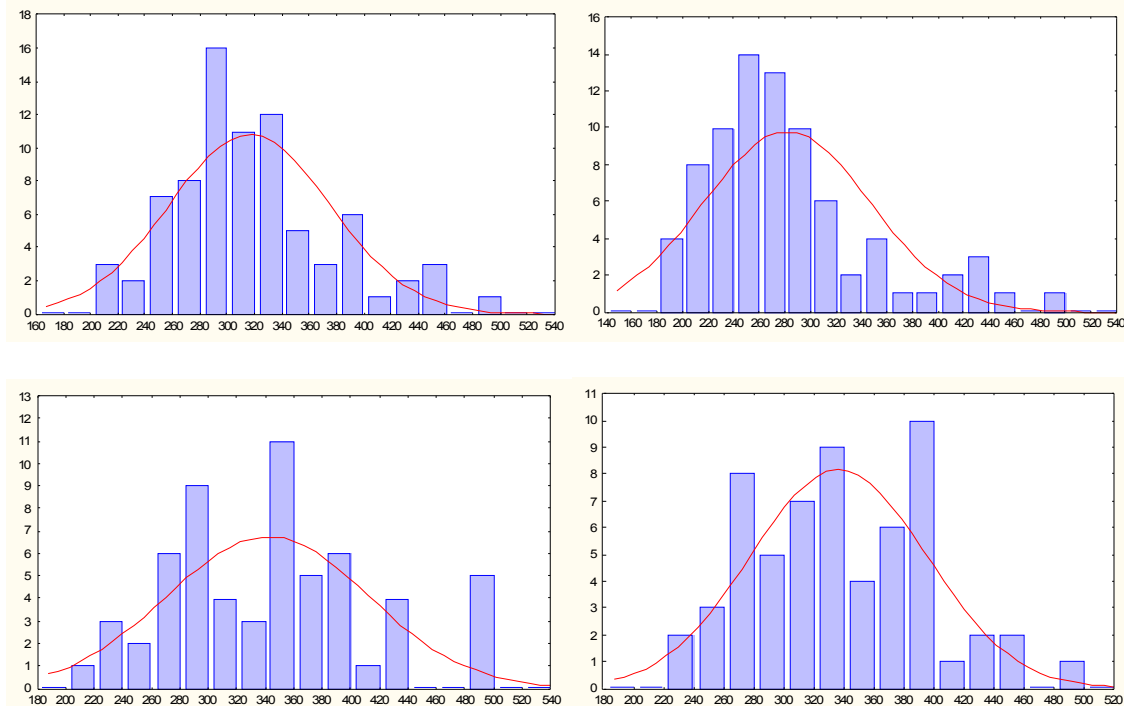
При всички измервания във всички експерименти стимулирахме дясното око, а двигателния отговор се извършваше с дясна ръка.

Използвахме данни получени в наши предишни изследвания - публикувани Л. Стефанов; д-р Л. Петров (1995), Л. Стефанов (1997) Л. Стефанов (1998) и непубликувани с цел изучаване на елементарното зрително - двигателно време.

Резултати и обсъждане.

I. При обработката на резултатите от наши изследвания първо проверихме формата на разпределението на измерените реакционни времена за всяка стимулна локализация. Имайки предвид физиологичната същност на РВ и направените от нас многобройни измервания може да се предположи, че експерименталните данни най-вероятно се описват от лого-нормално разпределение.

За установяване на това ние приложихме **критерии за съгласие** доказващи или отхвърлящи съгласуваност между емпиричните и съответните теоретични разпределения. “Известно е, че когато се има предвид нормалното разпределение, може да се установи дали и доколко емпиричното разпределение се отклонява от нормалното чрез коефициентите на асиметрията и ексцеса. Това са елементарни начини за най-общо ориентиране. Необходим е по-прецизен апарат, чрез който да може да се провери съгласува ли се емпиричното разпределение с предполагаемото теоретично като адекватен модел. Такъв апарат предлага теорията на статистическата проверка на хипотези и по-конкретно **критериите за съгласие** (или за съгласуваност)” (К. Гатев, 1995 стр. 198 - 199). Най-често използвани в практиката и с голяма мощност са критерият на Колмогоров - Смирнов и критерият на Пирсън (Хи-квадрат). При всичките групи изследвания беше доказано, че разпределението на РВ за всяка от изследваните стимулни локализации в зрителното поле в повечето случаи не е нормално при статистическа достоверност 0,005. Построихме графично формата на разпределение за всяка отделна съвкупност от измервания на РВ. На фиг. 1 са представени по-характерните форми на разпределенията на РВ^{на} получени само от някои стимулни локализации, поради големия обем графики (364) и поради това, че формата им е подобна. В по-голямата част от експериментите разпределението беше изтеглено на дясно т. е. към големите стойности на РВ. В малка част от случаите то се приближаваше по форма до Гаусовото. В друга още по-малка част от случаите разпределението беше изтеглено на ляво, т. е. към малките стойности на РВ или имаше бимодален характер.



Фиг. 1 Представени са четири различни типа разпределения. Колонките показват формата на емпиричното разпределение, а непрекъснатата линия очертава теоретичното разпределение - в случая Гаусово. По ординатите са нанесени броя на случаите, а по абсцисите РВ в ms.

II. Следващият важен въпрос е, чрез какви методи може да се докаже че разликата в реакционните времена е статистически достоверна. Има два подхода, които може да се използват.

1. Когато данните са сравнително малко ($n < 30$) и / или разпределенията доста се различават от нормалното и лого-нормалното макар и с по-малка мощност е правилно да се изберат непараметрични методи. Един сравнително добър критерий е този на Кръскал-Уолис. Той се използва когато трябва да се прецени достоверността на различието между повече от три групи, като наблюденията във всяка от тях трябва да са не по-малко от 6. За по-детайлно да сравнение на едно наблюдение с всяко едно от останалите, при което може точно да се определи къде има статистически достоверна разлика в реакционните времена и къде не, се препоръчва критерия на Уилкоксън. Той е един от непараметричните критерии с голяма мощност (Сепетлиев, 1968).

Много често при статистически анализ се налага да се определи варирането на стойностите около централната тенденция. Както вече стана ясно, не можем да си позволим използването на стандартното отклонение. Вместо него може да се използва коефициента на вариация на полуквартилното отклонение. При нормално разпределение сравняването на дисперсии става чрез критерия на Фишер. Като негов аналог ние използвахме подобния на ранговите метод на Мозес, които е независим от формата на разпределение и не изисква равенство на медианите. Този метод принадлежи към методите решаващи двуизвадкова задача за разсейване. Към равенството на медианите и формата на разпределението са по-чувствителни

другите методи от тази група (Ансари - Бредли; Миллер), поради което според нас е най-подходящ метода на Мозес (Холендер, 1983).

2. Когато броят на измерванията е по-голям ($n > 40$) и колкото повече той нараства, формата на разпределението все по-устойчиво се описва от логонормалното разпределение. В тези случаи за всяка стойност на РВ се намира натуралния и логаритъм. При построяване на така трансформирани данни вече критериите за съгласие показват, че разпределението им е нормално.

След като се направи описаната трансформация на данните трябва да се отстранят рязко различаващите се резултати. Това при използване на по-горе посочените непараметрични методи не се налага, тъй като те са рангови и тези резултати не се отразяват на параметрите на проучваната съвкупност. Обратно, такива параметри на извадката като средната и стандартно отклонение, много зависят от рязко различаващите се резултати. Следователно трябва да се приложи някаква процедура, която да оцени дадено измерване като рязко различаващо се и да го отстрани. Ние предлагаме за тази цел да се приложи критерият на Шовене. Той е формално-математически метод принадлежащ към методите за рангов анализ. Чрез него се определя обхватът, извън който измерванията от дадена съвкупност случаи се смятат за рязко отличаващи се (Сепетлиев, 1976).

В заключение може да се приеме, че правилен анализ на едно статистическо явление може да се направи само ако се подбере подходящ статистически метод, чрез който да се проявят основни негови закономерности. В противен случай могат да се “открият” несъществуващи взаимодействия и фактори, участващи при протичането на това явление. Целта на посоченият алгоритъм за статистическа обработка на резултатите получени при изследване на елементарно РВ е да се избягнат подобни научни заблуждения. Поради това убедено го препоръчваме при подобни изследвания.

Литература:

1. Гатев, К. Въведение в статистиката. Изд. ЛИА - София, 1995
2. Сепетлиев, Д. Медицинска статистика. Изд. Медицина и физкултура-София, 1976
3. Сепетлиев, Д. Медицинска статистика. Изд. Медицина и физкултура-София, 1968
4. Стефанов, Л.; Петров, Л. Методика и апаратура за изследване на зрително-двигателното реакционно време при светлинни стимули, подадени в различни области на зрителното поле. Годишна научна конференция на НСА - 23.05.1995; Доклад в том I. секция III 1997 г. стр.57 - 64
5. Стефанов, Л. Взаимовръзка между плътността на фото- рецепторите в различни области на ретината и елементарното зрително-двигателно реакционно време при скотопични условия. Годишна научна конференция на НСА -1997 г. (под печат)
6. Стефанов, Л. Вариативност на простото зрително-двигателно реакционно време. Годишна научна конференция на НСА -1998 г. (под печат)
7. Холлендер, М.; Вулф, Д. Непараметрическите методи на статистиката. Изд. Москва-1983
8. Jaskowski, P.: Distribution of the Human RT Measurements. Acta Neurobiol. Exprim. 1983, 43:221 - 225
9. Lichtenstein, M. and C.T. White.: Relative Visual Latency as a Function of Retinal Locus. J. Opt. Soc. Am. 51:(1961): 1033-1034
10. Welford, A. T.: Reaction Times, Academic Press, 1980, pp.8-9