

Un programa BASIC para el cálculo y registro de puntuaciones diferenciales de tasa cardiaca

Jaime Redondo¹

Universidad de Santiago de Compostela

El propósito de este artículo es ofrecer un programa, escrito en lenguaje BASIC, para el cálculo de las puntuaciones diferenciales de tasa cardiaca (dTC). Para llevar a cabo este cálculo, el programa solicita una serie de valores de entrada, como por ejemplo la línea base que se desea utilizar o el número de ensayos de la sesión. Basándose en estos valores, el programa calcula las dTC, ensayo a ensayo, y las guarda en un fichero con un formato adecuado para su lectura mediante un paquete estadístico.

Habitualmente, en un procedimiento de condicionamiento clásico de la tasa cardiaca (TC) en el que se utilizan sujetos humanos, suele emplearse un intervalo interestimular (IIE) amplio, con el fin de obtener en el registro la denominada *curva trifásica* (Fig. 1) (Hugdahl, 1995a,b; Marcos y Redondo, 2001; Obrist, Webb y Sutterer, 1969; Redondo y Marcos, 2001). De esta forma, si se utiliza un IIE de 8 segundos (s), puede observarse una deceleración inicial (D1) transcurridos entre 1 y 2 s desde la presentación del EC, seguida de una aceleración (A) entre los segundos 3 y 6, y una segunda deceleración (D2) en los segundos previos a la presentación del estímulo incondicionado (EI).

La curva trifásica refleja los distintos componentes de la respuesta condicionada (RC). El componente D1 suele interpretarse como un reflejo de orientación (RO) ante el EC (Hugdahl, 1995a). El componente A se asocia con aspectos emocionales del estímulo y se utiliza habitualmente como un indicador del nivel de condicionamiento (Öhman, 1983; Coles y Duncan-Johnson, 1975). Por último, D2 se interpreta como un indicador de la expectativa o anticipación del EI (Bohlin y Kjellberg, 1979; Hugdahl, 1995b).

¹ **Correspondencia:** Jaime Redondo Lago. Departamento de Psicología Social y Básica. Facultad de Psicología. Campus Universitario Sur. Universidad de Santiago de Compostela. 15782 SANTIAGO DE COMPOSTELA (A CORUÑA). Teléfono: 981 563100 Ext. 13905. Fax: 981 521581. E-Mail: jredondo@usc.es

El valor de cada uno de estos componentes se calcula utilizando como referencia la TC de línea base (LB) del ensayo correspondiente. La LB suele calcularse hallando la TC media en un intervalo temporal inmediatamente anterior a la presentación del EC. La TC correspondiente a cada componente de la RC se expresa en puntuaciones diferenciales (dTC). Las dTC se calculan midiendo la TC media obtenida en cada una de las ventanas temporales correspondientes a D1, A y D2 y restando a cada una de ellas el valor de LB. Por ejemplo, si la LB es igual a 73 latidos por minuto (lpm) y la TC media para D1 es de 70 lpm, la dTC correspondiente es igual a -3 lpm (70-73). Es decir, en ese ensayo obtenemos una deceleración de 3 lpm en el componente D1.

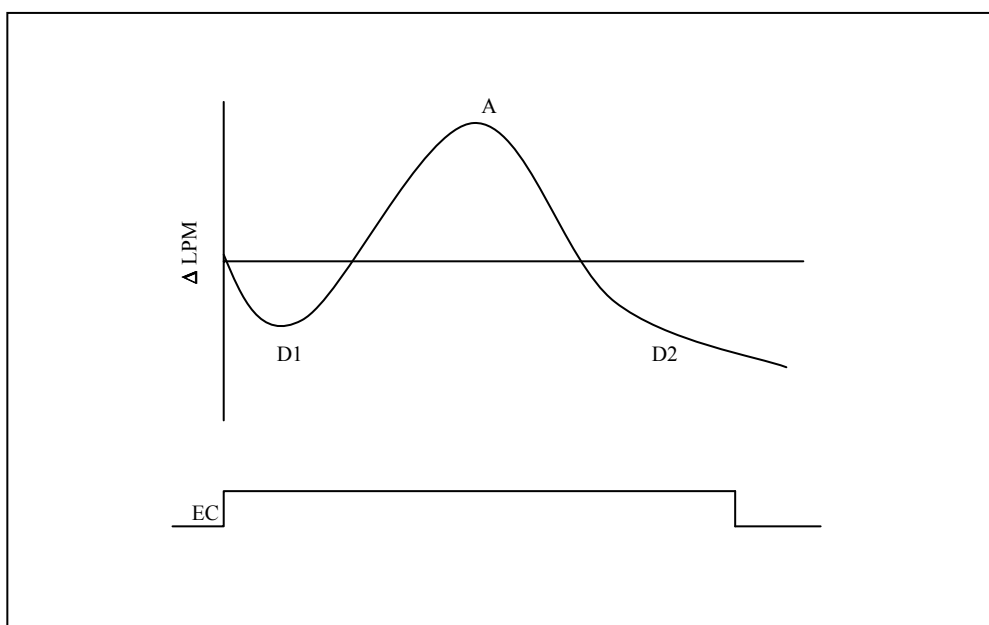


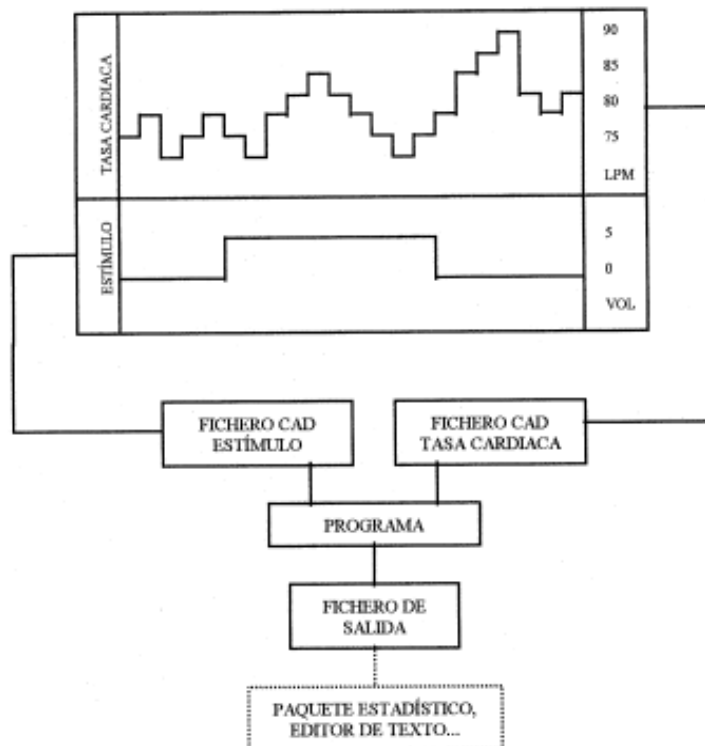
Figura 1. Componentes de la RC de tasa cardíaca. Se muestran los cambios de la tasa cardíaca, expresados en latidos por minuto (ΔLPM), correspondientes a los componentes de deceleración primaria (D1), acelerativo (A) y de deceleración secundaria (D2).

Aunque es habitual hacer referencia a la TC media de los componentes de la RC, la medición del registro suele realizarse utilizando los valores medios de TC segundo a segundo. De esta forma, es posible obtener una resolución temporal adecuada para el análisis de los pequeños cambios fásicos de la RC.

Los sistemas de amplificación y registro de la TC actuales permiten la obtención de las puntuaciones directas relativas a la RC y respuesta incondicionada (RI), pero no incluyen ninguna rutina para el cálculo de las puntuaciones diferenciales. En consecuencia, para obtener las dTC es necesario seguir el siguiente procedimiento:

1. Localización del instante en que se presenta el EC correspondiente al ensayo actual. Habitualmente la aparición y desaparición del EC se manifiesta mediante una diferencia de potencial (ej., de 0 a 5 voltios) en un canal digital (Fig. 2).
2. Selección (habitualmente "arrastrando" el cursor del ratón) de la ventana temporal de LB y anotación del valor medio obtenido en el registro de la TC.
3. Selección de la ventana temporal correspondiente a 1 s. Anotación de la TC media y cálculo de la dTC correspondiente a ese segundo.
4. Repetición del paso 3 tantas veces como segundos estemos interesados en medir, en nuestro caso nueve.
5. Repetición del paso 1 tantas veces como ensayos haya en cada sesión.

El cálculo de las dTC siguiendo este procedimiento es una tarea tediosa. Así, el tiempo necesario para la medición de un registro de 20 minutos de duración, habitualmente supera las tres horas. Además, las dTC así obtenidas incorporan inevitables errores de precisión debidos, sobre todo, a la inadecuada colocación del cursor para la selección de los



intervalos temporales pertinentes.

Figura 2. Esquema general en el que se enmarca el programa. El primer paso consiste en la conversión analógica-digital (CAD) de los registros ubicados en los canales correspondientes al estímulo y a la TC. A continuación, el programa lee los ficheros generados a partir de la CAD y genera un fichero de salida que contiene las puntuaciones dTC. Por último, este fichero puede leerse mediante un editor de texto o un paquete estadístico para su análisis.

Como se ha señalado, no existe en la actualidad ningún programa que lleve a cabo este tipo de cálculos. Por tanto, uno de los objetivos del *software* que aquí se describe es solventar esta carencia, ofreciendo una serie de funciones básicas para la medición de registros típicos de la investigación sobre condicionamiento clásico. Por otra parte, se pretende dar respuesta a los dos problemas que plantea la medición manual: la precisión y el coste temporal. El programa permite una gran exactitud, ya que tiene en cuenta toda la información correspondiente a la conversión analógica-digital (CAD) del registro contenido en los canales de la TC y del estímulo (véase Fig. 2). Además, realiza de forma prácticamente instantánea la medición del registro de la TC, por lo que el trabajo de semanas queda reducido a unas pocas horas. Por último, el programa evita la tarea de apuntar los resultados finales, ya que éstos son guardados en un fichero que puede ser "importado" por cualquier paquete estadístico.

Aunque la explicación del programa se focaliza, por motivos didácticos, en un procedimiento de condicionamiento clásico, puede resultar igualmente útil en cualquier investigación que requiera el registro de la TC.

Características del programa

El programa, cuyo listado se ofrece en el apéndice I, está escrito en lenguaje BASIC, mediante la aplicación *Qbasic*, habitualmente incluida en las distintas versiones del sistema *Windows* y disponible también gratuitamente en *Internet*. Se ha intentado simplificar todo lo posible la estructura del programa, por lo que su tamaño se reduce a 1,5 kilo-bytes. Esta versión inicial consta de un sencillo bloque principal, una rutina para gestionar los datos de entrada, un bloque de cálculo y una rutina final encargada de mostrar los resultados en pantalla y guardarlos para su posterior análisis. Con esta estructura, cualquier usuario puede modificar el programa a su conveniencia, incluso con un conocimiento rudimentario de BASIC.

Manejo del programa

I. Datos de entrada

Tras su ejecución, el programa solicita una serie de parámetros de entrada necesarios para su correcto funcionamiento (puede verse un ejemplo, tal y como aparecería en pantalla, en el apéndice II). Concretamente, debemos proporcionar la siguiente información:

- El nombre del fichero CAD correspondiente a la tasa cardiaca. En el ejemplo, el nombre de dicho fichero es "10tc".
- El nombre del fichero CAD asignado al estímulo ("10es", en el ejemplo).
- Nombre del fichero de salida que, en nuestro ejemplo es "10sa".
- Número de ensayos que deseamos leer. En nuestro caso, 10 ensayos.
- Frecuencia de muestreo. En el ejemplo, la frecuencia de muestreo utilizada es de 30 muestras por segundo.
- Duración, expresada en segundos, de la línea base (5 segundos en el ejemplo).
- Duración, en segundos, del estímulo. Respondemos "8", puesto que el EC utilizado en el ejemplo tiene una duración de 8 s.
- Número de segundos que se desean leer en cada ensayo. En nuestro caso, hemos respondido "9", pues estamos interesados en registrar la TC correspondiente a los componentes de la RC.

II. Datos de salida en pantalla

Una vez introducidos los datos de entrada, el programa muestra, ensayo a ensayo, los valores de línea base y las puntuaciones dTC correspondientes a cada uno de los segundos. En el apéndice III se muestra un ejemplo tal y como aparecería en la pantalla del ordenador. Esta opción permite una inspección rápida, tanto de los valores de LB como de las puntuaciones dTC obtenidas en una sesión. De esta forma, podemos localizar fácilmente artefactos antes de incluir los datos en una matriz para su posterior análisis.

III. Datos de salida en archivos

Una vez terminada la inspección visual de los datos, aparece un mensaje en pantalla recordándonos el nombre del fichero en el que se han guardado las puntuaciones dTC. En nuestro ejemplo, el nombre de dicho fichero es "10sa". El fichero de salida (apéndice III), puede leerse con cualquier editor de texto (*Edit, Write, Word...*). Sin embargo, lo más probable es que deseemos "importar" ese fichero desde un paquete estadístico, utilizando la opción correspondiente (suele denominarse "import" o "import data").

Descripción del programa

Por último, se describen brevemente las principales rutinas que componen el programa, para facilitar su comprensión y posible modificación futura.

Bloque de entrada (líneas 500 a 630)

Esta rutina solicita el nombre de los ficheros de entrada, correspondientes a la CAD de la TC y del estímulo. Además, debemos introducir el nombre del fichero de salida en el que se grabarán las puntuaciones dTC y el número de ensayos que deseamos leer.

Bloque principal (líneas 10 a 210)

Tras realizar una llamada al bloque de entrada, esta rutina recorre paralelamente los ficheros CAD del estímulo y de la TC. Cada vez que encuentra un cambio de 0 a 5 voltios en el canal digital (comienzo de un ensayo), llama a las subrutinas que calculan las dTC. Una vez recorrido todo el registro, cierra los ficheros de entrada / salida y finaliza el programa.

Bloque de cálculo (líneas 1000 a 1410)

Consta de tres partes. En primer lugar, la rutina calcula la LB correspondiente al ensayo actual; a continuación, las puntuaciones dTC y, por último, muestra en la pantalla los resultados. Pulsando una tecla veremos los resultados del siguiente ensayo.

ABSTRACT

A BASIC program for the calculation and record of heart rate differential scores. The purpose of this paper is to offer a program, written in BASIC, in order to calculate the heart rate differential scores (dHR). The program request a series of input values with the aim of compute the dHR, like for example the requested base line, or the number of trials. With these

values, the program calculates the dTC, trial by trial, and saves them in a suitable file to its reading by means of a statistical package.

REFERENCIAS

- Bohlin, G. y Kjellberg, A. (1979). Orienting activity in two-stimulus paradigms as reflected in heart rate. En H. D. Kimmel, van Olst y Orlebeke (eds.), *The orienting reflex* (pp. 169-198). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Coles, M. G. H. y Duncan-Johnson, C. C. (1975). Cardiac activity and information processing: The effects of stimulus significance and detection and response requirements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 104, 418-428.
- Hugdahl, K. (1995a). *Psychophysiology. The mind-body perspective*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Hugdahl, K. (1995b). Classical conditioning and implicit learning: The right hemisphere hypothesis. En R. J. Davison y K. Hugdahl (eds.), *Brain asymmetry* (pp. 235-267). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Marcos, J. L. y Redondo, J. (2001). Relation between conditioned stimulus-elicited responses and unconditioned response diminution in long-interval human heart-rate classical conditioning. *The Spanish Journal of Psychology*, 1, 11-18.
- Obrist, P. A., Webb, R. A. y Sutterer, J. R. (1969). Heart rate and somatic changes during aversive conditioning and a simple reaction time task. *Psychophysiology*, 5, 696-723.
- Öhman, A. (1983). The orienting response during pavlovian conditioning. En D. Siddle (ed.), *Orienting and habituation. Perspectives in human research* (pp. 315-369). Chichester, England: John Wiley and Sons.
- Redondo, J. y Marcos, J. L. (2001). Effects of CS-US interval on unconditioned response diminution in human heart-rate classical conditioning. *Journal of Psychophysiology* (en revisión).

(Manuscrito recibido: 31/1/02; aceptado: 11/3/02)

APÉNDICE I: LISTADO DEL PROGRAMA

```
10 REM *** BLOQUE PRINCIPAL ***
20 DIM tc(5000): DIM ec(5000): DIM lb(100): DIM tasa(50, 20)
30 GOSUB 500
40 ensa = 0
50 FOR e = 1 TO ensamax: REM número de ensayos total
60 cont = 0
70 WHILE ec(cont) <> 5
80 cont = cont + 1
90 INPUT #1, tc(cont)
100 INPUT #2, ec(cont)
110 WEND
120 GOSUB 1000
130 NEXT e
140 REM Cierre de ficheros y fin de programa
150 CLOSE #1: CLOSE #2: CLOSE #3
160 CLS : PRINT "Puede consultar las puntuaciones diferenciales ";
170 PRINT "en el fichero "; fsa$
180 PRINT : PRINT "PULSE CUALQUIER TECLA PARA SALIR DEL PROGRAMA"
190 DO
200 LOOP UNTIL INKEY$ = ""
210 END

500 REM *** BLOQUE DE ENTRADA ***
510 CLS
520 INPUT "Fichero CAD correspondiente a la tasa cardiaca "; ftc$
530 INPUT "Fichero CAD correspondiente al estímulo "; fec$
540 INPUT "Fichero de salida "; fsa$
550 INPUT "Cuántos ensayos desea leer "; ensamax
560 INPUT "Frecuencia de muestreo "; frecmu

570 INPUT "LÍNEA BASE (EN SEGUNDOS) "; LBASE
580 INPUT "Cuántos segundos desea leer en cada ensayo "; segen
590 INPUT "Duración del estímulo"; durest
600 OPEN ftc$ FOR INPUT AS #1
610 OPEN fec$ FOR INPUT AS #2
620 OPEN fsa$ FOR OUTPUT AS #3
630 RETURN

1000 REM *** BLOQUE DE CÁLCULO ***
1010 REM Línea Base
1020 ensa = ensa + 1: suma = 0
1030 mulb = lbase * frecmu: REM número de muestras en LB
1040 REM lectura desde el inicio de LB hasta el inicio del EC
```



```
1050 FOR x = cont - mulb TO cont
1060 suma = suma + tc(x)
1070 NEXT x
1080 lb(ensa) = suma / mulb
1090 lb(ensa) = INT(lb(ensa) * 100) / 100

1100 REM dTCs
1110 FOR segundo = 1 TO segen
1120 suma = 0
1130 FOR k = 1 TO frecmu
1140 INPUT #2, ec
1150 INPUT #1, tc
1160 suma = suma + tc
1170 NEXT k
1180 media = suma / frecmu
1190 dif = media - lb(ensa)
1200 tasa(ensa, segundo) = dif
1210 NEXT segundo

1220 REM Muestra en pantalla LB y dTCs del ensayo actual
1230 CLS : PRINT "ENSAYO....."; ensa
1240 PRINT : PRINT "LINEA BASE= "; lb(ensa): PRINT
1250 FOR j = 1 TO segen
1260 tasa(ensa, j) = INT(tasa(ensa, j) * 100) / 100
1270 PRINT "seg. "; j; " TC= "; tasa(ensa, j)
1280 WRITE #3, tasa(ensa, j): REM Escribe las dTCs en el fichero de salida
1290 NEXT j
1300 IF segen <= durest THEN
1310 avance = (durest * frecmu) - (segen * frecmu) + 30
1320 FOR r = 1 TO avance
1330 INPUT #1, av1
1340 INPUT #2, av2
1350 NEXT r
1360 ELSE
1370 PRINT : PRINT "Presione la tecla Esc para ver el siguiente ensayo"
1380 END IF
1390 DO
1400 LOOP UNTIL INKEY$ = CHR$(27)
1410 RETURN
```

APÉNDICE II: DATOS DE ENTRADA DEL PROGRAMA

- Fichero CAD correspondiente a la tasa cardiaca: *10tc*
- Fichero CAD correspondiente al estímulo: *10es*
- Fichero de salida: *10sa*
- Cuántos ensayos desea leer: *10*
- Frecuencia de muestreo: *30*
- Línea base (en segundos): *5*
- Cuántos segundos desea leer en cada ensayo: *9*
- Duración del estímulo: *8*

APÉNDICE III:

PANTALLA DE RESULTADOS Y FICHERO DE SALIDA

PANTALLA DE RESULTADOS

ENSAYO 1

LB = 76, 12

| | |
|--------|------------|
| SEG. 1 | TC = -1,72 |
| SEG. 2 | TC = -2,11 |
| SEG. 3 | TC = ,32 |
| SEG. 4 | TC = 1,56 |
| SEG. 5 | TC = 1,83 |
| SEG. 6 | TC = ,42 |
| SEG. 7 | TC = -1,78 |
| SEG. 8 | TC = -2,44 |
| SEG. 9 | TC = -2,77 |

PULSE LA TECLA "ESC" PARA VER EL SIGUIENTE ENSAYO

FICHERO DE SALIDA

Tasa cardiaca

133

-1,72
-2,11
,32
1,56...