

## CONTROL VISUAL DE LOS MOVIMIENTOS

*Dieter Teipel*



El proceso de regulación del movimiento puede ser descrito como un modelo cibernético del entorno relacional de la persona. Respecto a las personas se pueden diferenciar: las unidades funcionales de recepción de la información, la motivación, y el resultado de la conducta motriz (acción). La conducta motriz está relacionada directamente con las técnicas físicas y las condiciones del entorno social.

Dentro de los receptores de información internos (sistema vestibular y kinestésico) y externos (táctil, auditivo-bucal y visual) se distinguen diferentes tipos de relación, y esto ocurre especialmente en las llamadas habilidades finas, más que en los movimientos groseros (globales), en los que el sistema u órganos de recepción visual juegan un papel principal. Ello se puede orientar de dos formas:

- en la construcción de imágenes reales del entorno (percepción visual);
- en la regulación de los movimientos (control visual).

### **1. La percepción visual**

El sistema de información visual automatizado se compone de los ojos, una línea visual y tres campos de proyección (primario, secundario y terciario) ubicados en la zona occipital del cerebro. Tal como muestra la *figura 1*, las informaciones provenientes de los campos visuales que se captan por ambos ojos, los cuales actúan como lentes, van dirigidas a la retina y se transforman en impulsos electro-fisiológicos. Estos impulsos se transportan por vía nerviosa (nervio óptico y tracto óptico) a los centros visuales primarios

(corpus reticulatum laterale); otros nervios envían estos impulsos a los campos primarios de proyección (área calcarina) y a los campos secundarios y terciarios (campos de memoria óptica).

Tal como refleja la figura citada, se pueden producir diferentes defectos, siendo sus síntomas:

1. ceguera total en un ojo;
2. ceguera parcial, con reducción temporal de ambos campos de visión;
3. reducción de la parte izquierda o derecha del campo visual de los dos ojos;
4. diferencias en la actividad del reflejo pupilar;
5. ceguera del cortex, en forma de disminución de una parte del campo visual;
6. ceguera que provoca la incapacidad para definir la orientación a niveles visuales.

De acuerdo con los trabajos de investigación en los que se han utilizado perímetros, el campo visual puede ser determinado fijando un punto y percibiendo o visualizando varios objetos. Este campo visual es el área que puede ser observada por un ojo sin moverlo, en un área de 47 grados hacia arriba, 65 grados abajo, 60 grados en ambos lados y 110 grados en redondo (SAGE, 1977, p. 265).

El campo visual se puede dividir en una zona central y una zona periférica.

La zona central se compone de una imagen clara en el interior de un círculo; la zona periférica incorpora la imagen de otras esferas en todas las direcciones. Con el movimiento del ojo, el campo visual puede aumentar horizontalmente hasta los 220 grados, e incluso puede llegar hasta los 360 grados si se realizan movimientos de la cabeza y de todo el cuerpo.

Observado desde una perspectiva fisiológica, en el proceso de acomodación se analizan: el reflejo pupilar, la agudeza visual, la percepción de direcciones y distancias, la inervación de los músculos oculares (electro-oculograma) y los movimientos propios del ojo (cámara). Desde una perspectiva psicológica, se investigan los siguientes puntos referentes a las bases de los patrones visuales simples o complejos: el fenómeno de la figura, el fenómeno de las partes completas, los efectos figurados, la profundidad de percepción de uno de los dos ojos y los sistemas relacionales y de

percepción de movimientos (METZGER, 1975). Dentro de una mayor información teórica se examinan las características de los sentidos espacial y temporal en los movimientos del ojo y su fijación, los movimientos de seguimiento (movimientos lentos del ojo), y los movimientos sacádicos (rápidos), además de la ya citada percepción de los elementos externos.

## 2. El control visual

Considerando que la percepción visual se refiere principalmente a los aspectos estáticos de la percepción, el término "control visual" se refiere a un aspecto más amplio del proceso dinámico de la información visual que se recibe, que se procesa y que se memoriza. Por lo tanto, el control visual implica la disponibilidad de información sobre los componentes espaciales y temporales de los movimientos específicos, y sus resultados.

En términos de diferenciación temporal, el control visual se puede caracterizar por tres funciones:

1. la preinformación (dirección, generación, fase de anticipación);
2. información (procesos simultáneos, fase de realización);
3. retroinformación (conocimiento de resultados, retroalimentación, fase de interpretación).

El control visual puede referirse tanto a los movimientos propios del ojo como a los movimientos de otras personas u objetos.

La importancia del control visual en la regulación del movimiento ha sido investigada en numerosos experimentos, en los cuales se idearon y aplicaron gran cantidad de modificaciones diferentes. De acuerdo con el grado de exclusión, y de los métodos experimentales, se pueden diferenciar algunas modificaciones del control visual (TEIPEL, 1979).

Tal como se puede apreciar en la figura 2, el control visual se puede dividir en distorsión, exclusión parcial y exclusión total.

### 2.1. Distorsión

Distorsión significa la alteración temporal y, especialmente, espacial del campo visual; la distorsión contempla cuatro modificaciones:

- a) retraso del control visual;
- b) el desplazamiento;
- c) la variación de tamaño;
- d) la inversión o la reversión.

a) Al *retraso* del control visual se le llama retraso de la retroalimentación (feedback), principalmente en los movimientos precisos, inducido por el osciloscopio del monitor; el rango de retraso oscila entre una décima y cuatro segundos. En todas las investigaciones en las que se produce un retraso en la retroalimentación se ha detectado una disminución significativa en los parámetros de rendimiento de los movimientos finos o precisos. Aparentemente el retraso está en correlación lineal con la disminución del rendimiento, de tal forma que a menor retraso se produce una menor disminución y un mayor retraso genera una mayor disminución del rendimiento. En las tareas en las que se pedía que se escribieran un gran número de palabras, este retraso produjo adiciones y desaceleraciones de la velocidad del movimiento. En las tareas en las que se pedía la conducción de automóviles, el retraso ha producido efectos negativos en la anticipación del conductor y en los movimientos específicos de dirección. En las tareas de manipulación de un rotor existían también efectos significativos en la disminución del rendimiento al realizarse movimientos de trazado de líneas inestables. En todas las tareas citadas fueron pocos los movimientos en los que se detectó una mejora después de realizar algunas repeticiones.

b) El *desplazamiento* significa la modificación del control visual generalmente en una línea horizontal, hacia la derecha, o hacia la izquierda, del lado de la imagen de los objetos o movimientos que se están percibiendo. El desplazamiento se estudia experimentalmente con la utilización de prismas, espejos móviles y la grabación de varias posiciones con una cámara. En la mayoría de los trabajos experimentales se utilizaron tareas de colocación y seguimiento de objetos. De manera general, se encontró una adaptación relativamente rápida, y un aumento del rendimiento en todas las tareas que implicaban movimiento. En los experimentos se aplicaba el feedback o retroalimentación mostrando con un monitor que el aumento de desplazamiento estaba asociado a una mayor imprecisión de los movimientos. En los movimientos activos en los que se requería mantener el control visual durante el desplazamiento de un prisma existía un mejor efecto de adaptación que en los movimientos pasivos. La adaptación posterior a

las condiciones normales de control visual se producía muy rápidamente, y sin dificultad, en todos los experimentos.

c) *Modificación del tamaño* incluye la reducción o ampliación de la imagen del objeto y de los movimientos en los que se necesitan varios tipos de adaptación visuo-motor. La reducción se produce por la aplicación de cámaras con lentes reducidas o cristales, en tanto que la ampliación se consigue con cámaras de lentes de aumento y con la utilización de amplificadores de visión. En la mayoría de los experimentos realizados con base a habilidades precisas o finas, se producía una retroalimentación visual del objeto reducido y un movimiento de las imágenes, con una disminución del nivel de rendimiento muy ligera. En las tareas de velocidad de movimiento de las manos sobre un punto determinado, la utilización de lentes no ha producido efectos negativos. En las tareas en las que se requería el seguimiento de objetos ayudándonos con lentes de aumento, se ha producido una disminución en la calidad del movimiento, a la vez que un aumento de los errores, mayor lentitud en la ejecución y un aumento en la corrección del movimiento. Después de varias pruebas se produce una adaptación gradual a las condiciones de aumento de visión. La adaptación a las condiciones normales de visión es mayor que en las condiciones de aumentos de visión.

d) Las modificaciones en la *inversión y/o reversión* se han inducido experimentalmente con la utilización de prismas y cámaras. Inversión significa rotación del campo visual o de los objetos respecto al eje horizontal. La reversión implica la rotación de los objetos respecto a los ejes horizontal y vertical. Los experimentos de adaptación a estas modificaciones visuales se han llevado a cabo durante varios días y semanas con dificultad, produciéndose un proceso problemático durante largo tiempo. La adaptación a los experimentos con lentes monoculares o binoculares ha sido dificultosa en las tareas de caminar, comer, o las habilidades finas. El ajuste de la reversión fue más dificultoso que el de la inversión, especialmente en los movimientos corporales de tipo grosero (menos específicos). Por el contrario, en los experimentos precisos de laboratorio, en los que se utilizaba la escritura-

ra, el dibujo y el rotor para seguimiento de líneas, como habilidades finas, la modificación de inversión y la combinación de inversión y reversión tuvieron peores efectos que la reversión. Durante los experimentos de corta duración se encontraron adaptaciones graduales y una disminución de los errores del movimiento.

## 2.2. Exclusión parcial

La modificación de la exclusión parcial del control visual se puede diferenciar en presentación de movimientos de corta duración, limitación específica y limitación inespecífica del campo visual.

La *presentación de corta duración* se induce experimentalmente por varias fases iluminadas de un movimiento en un entorno oscuro. De esta forma, se investigan los procesos de información y las respuestas motrices, con movimientos balísticos, tales como movimientos de recogida de balones (WHITING, 1968). Todos estos experimentos ponen de manifiesto que el tiempo de percepción visual necesario es, al menos, de una décima de segundo. Obviamente, el tiempo de percepción y el rendimiento en el movimiento tienen una correlación lineal positiva. Esto significa que cuanto mayor sea el tiempo que podemos ver el vuelo de una pelota, mejor será el resultado en la recepción del balón. Si se tienen en cuenta el tiempo de percepción visual y el tiempo de oscuridad, la suma de estos dos períodos parecen ser factores determinantes en el rendimiento posterior. Cuanto más largo sea el período de tiempo de control total del movimiento, más alto parece ser que será el número de balones recogidos. Por lo general, se puede afirmar, por las frecuentes pruebas realizadas, que ha existido un alto nivel de aprendizaje en todos los movimientos.

El control visual con *limitación específica del movimiento* se muestra experimentalmente con la utilización de aparatos separando ojos y manos en movimientos específicos. En la mayoría de los casos se excluye visualmente el área principal de colocación o los movimientos de seguimiento, y por lo tanto existe una parte entre el inicio y el final del movimiento que puede ser controlado visualmente. Los parámetros de movimiento en tareas de seguimiento, escritura a mano o a máquina eran significativamente peores

en las situaciones de limitación específica del movimiento que en condiciones normales de control visual. La aplicación de esta modificación no sólo espacial, sino también temporalmente, en las tareas de escritura, incrementó el nivel de errores, al igual que en las tareas balísticas de recogida de un balón, o de escritura a máquina. Por todo ello se puede afirmar que las limitaciones específicas de movimientos tienen efectos perjudiciales en la corrección de movimientos y sólo puede ser compensado por el control visual en algunos componentes del movimiento.

El control visual en los movimientos con *limitación inespecífica* dirige sus efectos a la visión central y periférica. Estas modificaciones se aplican con prismas cilíndricos, en los cuales no se excluye ni la visión periférica ni la central. Los movimientos incluyen tareas de tiro al blanco (dardos), y también lanzamientos de disco y jabalina. Las experiencias muestran que existe un rendimiento diferenciado entre la visión periférica y la central. Por lo general, la exclusión de la visión periférica sufre un mayor perjuicio en los movimientos que la visión central. Esta afirmación es aplicable, en mayor medida, en los movimientos globales, en los cuales una parte del entorno cercano tiene que ser controlado visualmente. De igual modo, en las habilidades finas en las que la visión central controla casi completamente, la exclusión de la visión periférica supone un fuerte decremento de los parámetros del movimiento respecto a las situaciones con condiciones normales de visión.

## 2.3. Exclusión total

La exclusión total del control visual puede ser distinguida, sistemática y anatómicamente, en exclusión experimental y ceguera, lo cual puede ser debido a defectos del nacimiento, enfermedad, o accidente.

*Exclusión experimental* se define como el impedimento de tener control visual, simplemente cerrando los ojos, utilizando gafas o lentes que impidan la visión, o bien realizando la experiencia en una habitación totalmente oscura. Los movimientos aplicados son tareas de tracción, de seguimiento, o incluso de tiros de baloncesto, zambullirse en la piscina o saltos de altura. Tal como muestran los resultados de algunas experiencias, la exclusión

del control visual produce la pérdida de la orientación lejana y también movimientos erróneos, inestables e inexactos. Estos resultados pueden comprobarse también en tareas simples de tracción, y en mayor grado en movimientos o habilidades complejas. Los mejores especialistas en salto de altura y natación (zambullida), se mostraron totalmente confundidos y sus movimientos mostraron grandes deficiencias. Estos efectos parecen ser causados, aparentemente por la introducción de la ansiedad al realizar una tarea que dominan, pero en situaciones inhabituales. Después de algunas pruebas, se observó una ligera tendencia de mejora en sus movimientos. La exclusión visual del control visual tiene como objetivo el aumento de la programación y la conceptualización de la tarea y central su atención. No obstante, estos elementos citados no intervienen significativamente en perjuicio de la tarea.

Respecto a la *ceguera*, se deben considerar diferentes causas y efectos: la ceguera de nacimiento, la ceguera temprana o la ceguera tardía. Algunos experimentos fundamentales nos introducen en los efectos de la ceguera en la percepción de objetos, del espacio y del tiempo. En relación a los efectos de regulación del movimiento, realizados con ceguera, se analizaron habilidades precisas (tareas específicas para los dedos) y especialmente en los movimientos globales de varias disciplinas deportivas (lanzamientos, ejercicios gimnásticos) (SCHOLTYSEK, 1948). Estas investigaciones muestran, aparentemente, que el grado y duración de la ceguera tenía una importancia relevante para el rendimiento en el reconocimiento y en las tareas motrices. En general, un nivel bajo de ceguera tenía un menor efecto perjudicial que un alto nivel de ceguera. Además, la ceguera tardía influía más negativamente en los parámetros de rendimiento que la ceguera temprana. En comparación con las personas normales que practicaron movimientos en condiciones de ceguera experimental, los sujetos ciegos obtuvieron mejores resultados en tareas de reconocimiento táctil, pero resultados considerablemente inferiores en tareas de movimientos globales. Después de realizar una larga experiencia en disciplinas como lanzamientos, o ejercicios

gimnásticos, las personas con ceguera tardía manifestaron mayor corrección y mejor adecuación espacial en los componentes del rendimiento que los de ceguera temprana. La tendencia general de los resultados tiene que ser interpretada con cautela, debido a los problemas metodológicos que influyen en función del nivel de ceguera, y el proceso de adaptación de las personas con visión normal.

A modo de resumen de las diferentes modificaciones del control visual, parece ser que el control visual normal tiene un impacto considerable en la regulación del movimiento y en el aprendizaje motor. En comparación con el control visual normal, todas las demás modificaciones tienen una disminución significativa en los niveles de rendimiento. Este resultado se puede aplicar a la distorsión, a la exclusión parcial y a la exclusión total.

Como no existen investigaciones de alguna o de todas las modificaciones, se puede asumir que, en general, la exclusión total experimental tiene efectos perjudiciales en mayor nivel en el rendimiento respecto a la exclusión parcial, o diferentes formas de distorsión.

Después de algunas prácticas bajo condiciones específicas de modificación del control visual, se produce un proceso de mejora y adaptación, mejorando la regulación del movimiento. De forma similar, los movimientos groseros y los que implican movimientos globales del cuerpo son menos perjudicados por las diferentes modificaciones que las habilidades finas o precisas. De acuerdo con estas ideas fundamentales, el control visual, en cooperación con los sistemas de información, son de vital importancia en la regulación del movimiento y en el aprendizaje motor.

## 3. Relevancia del control visual en el aprendizaje de destrezas

### 3.1. Introducción

MEINEL Y SCHNABEL (1976) apuntaron que algunas funciones pueden adscribirse a los sistemas de información en los procesos de aprendizaje motor, en los cuales el movimiento es adquirido en coordinaciones groseras, en un período de tiempo relativamente corto, y con una participación dominante del sistema de información visual, especialmente de la visión central. El sistema táctilo-kinestésico parti-

cipa sustancialmente en la regulación del movimiento, pero aún no discrimina suficientemente. La segunda fase del aprendizaje, en la cual se adquieren gradualmente las coordinaciones más finas y las habilidades, manifiesta una variación de la importancia del proceso de información del sistema visual respecto al sistema táctilo-kinestésico. El movimiento es regulado ampliamente por las informaciones táctilo-kinestésicas aferentes y reaferentes. El control visual es dirigido hacia un mayor refinamiento de los elementos del movimiento y el contorno de su área será controlado cada vez más por la visión periférica. La percepción de la información y su procesamiento se produce mediante un proceso complejo y diferenciado.

La tercera fase del aprendizaje motor alcanza el nivel del refinamiento y de estabilización. La variación en el dominio de la información táctilo-kinestésica es casi completa. En esta fase, el movimiento se produce casi automáticamente, pudiéndose realizar la tarea aprendida en condiciones de "ceguera" o "durmiendo". Particularmente, las tareas sobre blancos o dianas y los movimientos complejos, requieren un control visual, además de una visión periférica total. La recepción de la información compleja y su procesamiento alcanza altos niveles de precisión y diferenciación en ambos sistemas. Con base a las variaciones del dominio del sistema de información visual al sistema táctilo-kinestésico en el proceso de aprendizaje motor, se analizan los siguientes problemas:

1. Aprendizaje *con* control visual en todas las fases del proceso de aprendizaje (grupo control -CG-).
2. Aprendizaje *sin* control visual (práctica con ceguera simulada) en sujetos que se les provoca ceguera temprana (grupo experimental I-EG I-) y a otros sujetos que se les aplica ceguera tardía (grupo experimental II -EG II-), existiendo un tercer grupo que se les aplica la ceguera en las dos fases de aprendizaje (grupo experimental III -EG III-).
3. Aprendizaje *con* control visual después de las fases de la práctica en condiciones de ceguera.

### 3.2. Método

Para el análisis de los problemas citados fueron seleccionados los siguientes sujetos y test:

*Test:* Como habilidad de precisión (fina) motriz, se eligió una versión

modificada del "TEST DE DESTREZA MANUAL DE O'CONNOR". Considerando que el test original tiene 50 agujeros o perforaciones, la versión modificada sólo tiene una perforación. La tarea que se debe realizar es de complejidad media y consiste en coger tres pequeños alfileres, a la vez, de un plato con la mano derecha, llevarlos hasta el agujero y encajarlos en la perforación. Se trata de completar todo el agujero con los alfileres que hay en el plato. Colocar los tres alfileres a la vez en el agujero supone un punto. El objetivo de la tarea es completar el agujero al máximo en un plazo de tres minutos.

El proceso completo de aprendizaje consta de 17 períodos de 3 minutos, con dos minutos de descanso entre cada período.

*Sujetos:* tomaron parte en la investigación un total de 100 varones, estudiantes de educación física, con una media de edad de 23,8 años. Los sujetos fueron distribuidos al azar en cuatro grupos experimentales de 25 sujetos cada uno.

### 3.3. Resultados

Las curvas de aprendizaje de los cuatro grupos experimentales, bajo las diferentes condiciones de control visual, se muestran en la *figura 4*.

De acuerdo con el diseño experimental y los problemas señalados, se pueden mencionar los siguientes resultados:

En el pre-test no existen diferencias significativas entre los cuatro GE.

1. La curva de aprendizaje bajo control visual (CG) muestra una aceleración negativa. Se muestra una fase ascendente en los tres primeros períodos y luego una fase continua y gradual de aumento estable en los períodos siguientes. En los períodos finales se observa una cierta mejora.
2. La curva de aprendizaje del EG I muestra una fase ascendente en los dos períodos de pre-test y un rápido descenso en el tercer período, como resultado de la práctica a ciegas. Durante los períodos de práctica con ceguera, parece producirse una pequeña mejora. En los períodos siguientes, con control visual, el rendimiento es mayor que en el pre-test. Los cuatro últimos períodos reflejan un progreso continuo. El rendimiento, sin embargo, es muy inferior que el del grupo control (CG).

3. La curva de aprendizaje del EG II muestra también una fase de mejora en los primeros siete períodos. En el primer período de práctica con ceguera (máscara en la cara), se produce un descenso drástico. Sin embargo, el rendimiento es comparativamente mejor que el de EG I en el tercer período. Durante los períodos de ceguera la práctica muestra una ligera mejora. En el último período de práctica con ceguera, el rendimiento es mayor que el del EG I en el séptimo período. En los períodos siguientes, con control visual, se consigue una ligera mejora del rendimiento respecto al período inicial de práctica sin ceguera.

4. La Curva de aprendizaje del EG III muestra una fase ascendente en los dos períodos de pre-test, para luego disminuir marcadamente en el primer período de control visual con ceguera. Durante los períodos de práctica con ceguera la curva de aprendizaje asciende ligeramente, con estabilizaciones intermitentes. En todos los períodos de práctica con ceguera se alcanzan niveles de rendimiento superiores que en los grupos EG I y EG II en estos mismos períodos. Los períodos siguientes muestran un nivel marcadamente superior al del pre-test.

5. Después de las diferentes fases de aprendizaje sin control visual, los cuatro grupos experimentales (EG) muestran un ligero progreso en los cinco últimos períodos. El grupo control (CG) es el que refleja unos resultados mejores; su rendimiento es marcadamente superior al EG II y significativamente superior a los de EG I y EG III. El nivel de rendimiento más bajo lo refleja el EG III.

### 3.4. Discusión

Se podría concluir que el aprendizaje sin control visual provoca una disminución drástica de rendimiento. La colocación de la máscara en los ojos en la fase final del aprendizaje supone una menor disminución del rendimiento que su colocación durante la fase inicial. Durante la práctica sin control visual se observa un ligero progreso, combinado con estabilizaciones intermitentes. La colocación de la máscara durante un mayor período de tiempo en la fase inicial o final del aprendizaje causa un rendimiento más alto que la colocación que la práctica con máscara en la última fase del proceso de aprendizaje.

Respecto al proceso siguiente de aprendizaje, bajo control visual, tanto un enmascaramiento temprano, como prolongado, supone una marcada disminución del rendimiento. La máscara visual en la última fase del aprendizaje lleva a una menor disminución. El rendimiento bajo control visual durante todo el proceso de aprendizaje es superior a todas las condiciones de enmascaramiento visual.

Estos resultados son muy similares a los de la investigación realizada por HACKER (1973). Además, se basa en la descripción de las fases de aprendizaje en VOLPERT (1971) y especialmente MEINEL Y SCHNABEL (1976). El control visual continuo prueba ser la condición más eficiente para un mayor progreso en el aprendizaje de habilidades motrices finas.

Obviamente, estos resultados se aplican a las tareas finas con el objetivo mencionado en el test de destreza. Se puede asumir que la tendencia de estos resultados puede ser transferida a otras destrezas finas y a otras habilidades groseras que tengan el mismo objetivo que la citada en el presente estudio.