

## THE ROLE OF STEREOPSIS IN DRIVING

BY

H. W. HOFSTETTER, O. D.

Bloomington, U. S. A.

Binocular stereopsis as a visual faculty is often considered to have a negligible role in motor vehicle driving. This point of view appears to be derived from two considerations. One is the reduced effectiveness of stereopsis at the great distances ahead of the vehicle where it is presumed that hazards must be detected in order to permit adequate driver responses. The other is the absence of significant statistical correlation in a limited number of gross surveys of the relationship between binocular stereopsis test scores and accident frequency.

In my opinion the role of stereopsis cannot be so easily dismissed. This is not to take issue with, nor to question the types of evidence cited in the previous paragraph; rather, I feel that the analyses have not been directed to the most appropriate phases of the vehicle driving act.

A more meaningful role of stereopsis lies in the contact it provides between the driver and the vehicle itself, that is, in the role of stereopsis largely within the confines of the extremities of the vehicle. This relates to the concept that the vehicle is operated as a functional extension of the driver's physical self, much as a person feels himself "tall" when walking on stilts. In this same sense the automobile driver "feels" the unevenness of a roadway almost as though he had tactile receptor connections with the tires.

This "rapport" or extension of one's sensory self into the mechanical structure of the vehicle can be analyzed in terms of physical contact, employing the tactile and kinesthetic senses, and the clues facilitated by the vestibular, auditory, and visual senses.

Of the several aspects of physical contact, perhaps most important is the driver's direct contact with the seat. Insofar as the seat itself bears a rigid relationship with the body of the car, the driver literally has "seat of the pants" information concerning the orientation, stability, and acceleration of the body of the car. The effectiveness of this channel of communication may be greatly reduced if the car seat is deeply cushioned, if the surface friction is minimized by smooth surface plastics, if the seat can be freely or momentarily tilted, raised, lowered, advanced, or moved back by the pressing of a button, or if there is considerable mechanical play between the seat and the body of the car.

Physical contact is also improved by the contact of the driver's feet with the floor of the car. Certainly, if the two feet of the driver were free to rest on the floor or on other comparably rigid portions of the body of the car, the feet could serve well to provide continuous information concerning the orientation, stability, and acceleration of the body of the car. When, however, the feet are employed to operate the brakes, clutch, accelerator, windshield washer, radio station selector, ventilator, headlight, dimmer switch, and the like, the otherwise continuous rapport may be seriously interrupted unless maintained through other sensory channels.

Additional physical contact is represented by the hands on the steering wheel. Here the driver must interpret the complex feel of the wheels and chassis through the rotational forces of the steering wheel, while the translatory and axially directed motions of the steering post itself convey movements of the vehicle body. Under certain conditions the driver may improve his rapport by resting an elbow on an arm rest attached to the door. The advent of power steering has resulted in further dampening of the kinesthetic clues that may be transferred through the hands and arms.

Undoubtedly the auditory sense also contributes considerably to the efficiency of the driver's contact with the car. The auditory localization of familiar sounds, such as the engine hum, radio music, tiny rattles and squeaks in the body, the pavement noise made by the tires, windshield wiper noise, wind noise, and other miscellaneous vibrations, can contribute significantly to the orientation of the driver with his car, though the acoustical design may suppress or baffle a great deal of this type of sensory information. The vestibular sense likewise contributes, especially as it keeps the driver informed of the motion of his own physical self. Even this sense may be considerably handicapped however by the body suspension features of some of the modern automobiles.

Visual contact between the driver and his vehicle is perhaps the most important single component in the highly integrated driver-vehicle relationship. This is the one sense which automobile designers have generally respected (though curved

windshields leave much to be desired from a visual point of view). Here the emphasis has been largely on the visibility of objects and hazards ahead of the car, which is, of course, essential. Typically disregarded, however, is the fact that while the eyes are "glued" on the road ahead, vision can serve effectively and continuously to facilitate orientation and functional contact within the vehicle, especially if stereopsis remains intact.

By means of stereopsis one can judge almost instantaneously and hence dynamically the relative position, tilt, and orientation of the body of the car in relation to one's self. Stereopsis gives the driver a remarkably interpretable bearing with the structural features of the interior of the car and with the visible exterior prominences. The interior objects of reference include the framework of the body, the steering wheel, the gross features and illumination characteristics of the instrument panel, or even the dust and dirt patterns on the windshield, all of which bear a fixed relationship with the body of the car. The external prominences may include fenders, trim lines, ornamental emblems, headlamp bulges, stray light reflections, and auxiliary attachments. Just how important their stereoptic appreciation may be is of course unproved, but I personally am greatly impressed by my own sensation of insecurity while driving if I temporarily close one eye, thus eliminating stereopsis. I am similarly impressed by the apparently improved stability of control afforded by the steady instrument panel lighting during night driving, when otherwise the interior of the car is dark except for intermittent and unpredictable illumination from external sources.

I realize that there are excellent and competent one-eyed drivers, and that they should not be summarily disqualified, for they may have developed other vicarious skills whereby they need not depend on stereopsis. Nevertheless, faced with a set of modern driving conditions, with power steering, power brakes, pneumatic suspension, sponge rubber cushions, silent automatic shifting, free wheeling, masking of noises from the engine, body, and wind and other comparable engineering innovations, they may be seriously handicapped in an emergency situation. On the other hand such drivers may take greater precautions than the person with stereopsis, thus reducing the likelihood of occurrence of the hazardous emergency in which stereopsis may be the only reliable cue to good judgment and adequate responses.

What of the statistical studies that show no correlation of stereopsis test scores with accident frequency? This question reflects in part an aspect of drivers' vision research that is considerably more involved than the scope of this article, but which has been discussed in considerable detail previously. \* Briefly it may

\* Hofstetter, H. W., *Industrial Vision*, Chilton Company, 1956. Philadelphia, Chapters 3 and 6.

be stated that the gross conventional statistical correlation techniques have not been effective in disclosing a predictive relationship between such indices of performance as accident frequency and a wide variety of visual and other sensory and motor test scores, including test scores of basic visual skills whose importance to safe driving cannot be denied. In other words, the lack of quantitative expression of such relationships cannot be taken, per se, as evidence that fundamental and highly critical relationships do not exist.

In view of these considerations I, therefore, predict that in a well controlled experimental study the absence of stereopsis would show up as a critical handicap in a highly significant number of normally encountered situations in modern automobile driving.

Indiana University.

## EL PAPEL DE LA ESTEREOPSIS EN EL MANEJO DEL AUTOMOVIL

POR

H. W. HOFSTETTER, O. D.

Bloomington, U. S. A.

Es opinión bastante común que la estereopsis binocular como facultad visual desempeña un papel insignificante en el manejo de vehículos de motor. Este punto de vista parece derivarse de dos consideraciones. Una de ellas se refiere a la reducida efectividad de la estereopsis para descubrir y apreciar los peligros que le salen al paso al vehículo desde las grandes distancias a las que se cree que los mismos se deben descubrir para hacer posibles reacciones adecuadas por parte del conductor. La otra se funda en que, en un número limitado de encuestas superficiales sobre la materia, no se ha logrado establecer una correlación estadística significativa entre los resultados de pruebas de estereopsis binocular y la frecuencia de los accidentes.

A mi entender, no es tan fácil descartar el papel de la estereopsis. No es mi intención atacar o poner en duda la clase de datos experimentales que se acaban de mencionar en el párrafo anterior; creo más bien que los análisis no se han enfocado sobre los aspectos más apropiados del acto de conducir un vehículo.

Hay un papel más significativo de la estereopsis, y es el que resulta del contacto que la misma proporciona entre el conductor y el vehículo en sí, es decir, el papel de la estereopsis dentro de los confines de las extremidades del vehículo. Esto se relaciona con el concepto de que el vehículo se maneja a modo de prolongación funcional de la individualidad física del conductor, de una manera muy semejante a como una persona se siente "más alta" cuando camina en zancos. En este mismo sentido, el automovilista "siente" las desigualdades del camino como si estuviera dotado de conexiones táctiles receptoras con los neumáticos.

Este "rapport" o extensión de la individualidad sensorial hasta la estructura mecánica del vehículo se puede analizar en términos de contacto físico, por medio de los sentidos táctil y cinestético, y de las indicaciones aportadas por los sentidos vestibular, auditivo y visual.

Entre los diversos aspectos de contacto físico, quizás sea el más importante el contacto directo del conductor con el asiento. En la medida en que el asiento tiene relación rígida con el cuerpo del automóvil, el conductor recibe una información que se puede llamar literalmente "de fondo —o de fondillo de calzones" acerca de la orientación, estabilidad y aceleración del cuerpo del automóvil. La efectividad de este canal de comunicación puede quedar grandemente reducida si el asiento tiene cojines muy mullidos, si está cubierto con plástico liso que disminuye la superficie de fricción, si se puede con facilidad inclinar, levantar, bajar, mover hacia adelante o hacia atrás con sólo apretar un botón, o si hay mucha libertad mecánica de movimiento entre el asiento y la carrocería del automóvil.

A mejorar el contacto físico contribuye también el contacto de los pies del conductor con el piso del automóvil. No cabe duda que si ambos pies del automovilista pudieran descansar libremente en el piso o en otras partes igualmente rígidas de la carrocería, los mismos servirían perfectamente para comunicar información continua sobre la orientación, estabilidad y aceleración del cuerpo del automóvil. Sin embargo, cuando los pies han de estar ocupados con los frenos, el embrague, el acelerador, el limpiaparabrisa, el selector de estaciones de radio, el ventilador, el interruptor del dispositivo antideslumbrante, y otros mecanismos similares, la comunicación, que de otra manera sería continua, puede quedar seriamente interrumpida, a no ser que siga manteniéndose por medio de otros canales sensorios.

Un contacto físico adicional es el que corresponde al de las manos sobre el volante. En este respecto, el conductor tiene que interpretar las complejas sensaciones que, a través de las fuerzas rotatorias del volante, le llegan de las ruedas y del chasis, al mismo tiempo que los movimientos translatorios y axiales de la columna de dirección le comunican los movimientos del cuerpo del vehículo. Bajo ciertas condiciones el conductor puede mejorar su correlación con el automóvil haciendo descansar su codo sobre un apoyo fijado en la puerta. La adopción de la dirección mecánica ha traído consigo un oscurecimiento mayor de las indicaciones cinestéticas que pueden ser recibidas a través de manos y brazos.

Así mismo, el sentido auditivo contribuye en gran proporción a la eficiencia del contacto del conductor con el automóvil. La localización auditiva de sonidos familiares, tales como el zumbido del motor, la música del radio, el rechinar y crujir de la carrocería, el ruido de las llantas sobre el pavimento, el del limpiaparabrisa, el sonido del viento, y otras vibraciones de muchas clases, pueden contribuir apreciablemente a la orientación del automovilista en relación con su vehículo, aunque también es posible que el diseño acústico de éste suprima o embote gran parte de este tipo de información sensorial. El sentido vestibular desempeña igualmente su papel, sobre todo al mantener al conductor informado del movimiento de su propio yo físico. Pero también este sentido puede quedar considerablemente disminuido por los dispositivos de suspensión de la carrocería que poseen algunos automóviles modernos.

El contacto visual entre el conductor y su vehículo es quizás el componente particular más importante de la relación altamente integrada entre conductor y automóvil. Este es el único sentido que los diseñadores de automóviles, por regla general, han venido respetando (si bien se debe admitir que los parabrisas curvos dejan mucho que desear desde el punto de vista visual). En este respecto, a lo que se ha dado

mayor importancia ha sido a la visibilidad de objetos y peligros al frente del automóvil, lo cual es evidentemente esencial. No obstante, es típico que se haya descuidado el hecho de que, mientras los ojos se concentran en mirar hacia adelante, la vista puede igualmente servir de un modo efectivo y continuo para facilitar la orientación y el contacto funcional con el vehículo, sobre todo si la estereopsis sigue intacta.

Por medio de la estereopsis se puede juzgar casi instantáneamente y, por tanto, dinámicamente, de la posición relativa, inclinación, y orientación del cuerpo del automóvil en relación con uno mismo. La estereopsis le da al conductor una orientación notablemente fácil de interpretar en relación con los detalles estructurales del interior del automóvil y con los salientes visibles de su exterior. Dichos objetos interiores incluyen la armazón de la carrocería, el volante, los detalles generales y las características de iluminación del tablero de instrumentos, o incluso los dibujos formados por el polvo y la suciedad sobre el parabrisa, todo lo cual tiene una relación fija con el cuerpo del automóvil. Los salientes exteriores pueden comprender los guardabarros, las líneas de guarnición o adorno, los emblemas ornamentales, los bultos de los faros, las reflexiones luminosas ocasionales y los accesorios auxiliares. La importancia exacta de la observación estereóptica de estos objetos queda aún naturalmente por establecer, pero a mí personalmente me impresionan grandemente las sensaciones de inseguridad que experimento cuando al manejar un automóvil vengo a cerrar un ojo temporalmente, eliminando así la estereopsis. Una impresión similar me produce la estabilidad de control aparentemente mejorada que proporciona la iluminación constante del tablero de instrumentos durante los viajes nocturnos, cuando el resto del interior del automóvil queda en una obscuridad solamente interrumpida de vez en cuando por luces externas intermitentes e imprevisibles.

Sé que hay automovilistas monoculares que son excelentes y competentes y que no se deben descalificar sumariamente, pues han podido adquirir otras habilidades que suplan su deficiencia y les permita pasar sin la estereopsis. Sin embargo, estos mismos conductores, enfrentados a un complejo de condiciones automovilísticas modernas, como son la dirección mecánica, frenos mecánicos, suspensión neumática, cojines de esponja de goma, cambio de velocidad silencioso y automático, rodaje libre, absorción de los ruidos del motor, carrocería y viento, y otras innovaciones de ingeniería similares, podrían sufrir una desventaja muy seria al hallarse de repente en una situación crítica. Por otra parte, tales conductores suelen tomar precauciones mayores que las personas que gozan de estereopsis, y así reducir la probabilidad de que se presente aquella situación crítica en la cual solamente la estereopsis permitiría un juicio atinado y reacciones adecuadas.

¿Qué se debe pensar de los estudios estadísticos de los cuales no se desprende ninguna correlación entre los resultados de las pruebas de estereopsis y la frecuencia de los accidentes? Esta cuestión refleja en parte un aspecto de las investigaciones sobre la visión de los conductores que es mucho más complicado que el objeto de este artículo, pero que se ha tratado con considerable detenimiento en una ocasión anterior.\* Podemos decir aquí en pocas palabras que las técnicas convencionales de correlación estadística, ciertamente superficiales, no han resultado efectivas para des-

\* Hofstetter, H. W., *Industrial Vision*, Chilton Company, 1956, Philadelphia, Capítulos 3 y 6.

cubrir una relación predictiva entre índices de comportamiento tales como la frecuencia de accidentes, por una parte, y por otra una gran variedad de resultados de pruebas referentes a la vista, a otros sentidos y al movimiento, inclusive resultados de pruebas de habilidades visuales básicas cuya importancia para la seguridad automovilística es imposible negar. En otras palabras, la falta de expresión cuantitativa de tales relaciones no se puede considerar, *per se*, como prueba de que no existan relaciones fundamentales y altamente críticas.

En vista de estas consideraciones yo considero que un estudio experimental bien dirigido demostraría que la ausencia de estereopsis resulta ser una desventaja crítica en un número altamente significativo de situaciones que se encuentran normalmente en el automovilismo moderno.

Bloomington, U. S. A.