



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Resumo Sentidos especiais

Por Profa. Roberta Paresque

Paladar (Sabor)

Até recentemente, apenas quatro sabores eram reconhecidos: doce, salgado, azedo e amargo. Pesquisas na virada do século 20 levaram ao reconhecimento do quinto sabor, umami, em meados da década de 1980. Umami é uma palavra japonesa que significa “sabor delicioso” e geralmente é traduzida como algo salgado. Pesquisas muito recentes sugeriram que também pode haver um sexto gosto por gorduras ou lipídios.

Paladar é o sentido especial associado à língua. A superfície da língua, junto com o resto da cavidade oral, é revestida por um epitélio escamoso estratificado. Saliências elevadas chamadas papilas contêm as estruturas para a transdução gustativa. Existem quatro tipos de papilas, com base em sua aparência: circunvaladas, foliadas, filiformes e fungiformes. Dentro da estrutura das papilas estão as papilas gustativas que contêm células receptoras gustativas especializadas para a transdução de estímulos gustativos. Essas células receptoras são sensíveis aos produtos químicos contidos nos alimentos ingeridos e liberam neurotransmissores com base na quantidade do produto químico no alimento.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Neurotransmissores das células gustativas podem ativar neurônios sensoriais nos nervos facial, glossofaríngeo e vago craniano.

O sabor salgado é simplesmente a percepção de íons de sódio (Na^+) na saliva. Quando você come algo salgado, os cristais de sal se dissociam nos íons componentes Na^+ e Cl^- , que se dissolvem na saliva da boca. A concentração de Na^+ se torna alta fora das células gustativas, criando um forte gradiente de concentração que impulsiona a difusão do íon nas células. A entrada de Na^+ nessas células resulta na despolarização da membrana celular e na geração de um potencial receptor.

O gosto azedo é a percepção da concentração de H^+ . Assim como os íons de sódio em sabores salgados, esses íons de hidrogênio entram na célula e desencadeiam a despolarização. Os sabores ácidos são, essencialmente, a percepção dos ácidos em nossa comida. O aumento das concentrações de íons de hidrogênio na saliva (diminuindo o pH da saliva) desencadeia potenciais graduados progressivamente mais fortes nas células gustativas. Por exemplo, o suco de laranja - que contém ácido cítrico - terá um sabor azedo porque tem um valor de pH de aproximadamente 3. É claro que geralmente é adoçado para mascarar o sabor azedo.

Os dois primeiros sabores (salgado e azedo) são desencadeados pelos cátions Na^+ e H^+ . Os outros sabores resultam da ligação de moléculas de alimentos a um receptor acoplado à proteína G. Um sistema de transdução de sinal de proteína G leva à despolarização da célula gustativa. O sabor doce é a sensibilidade das células gustativas à



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

presença de glicose dissolvida na saliva. Outros monossacarídeos, como a frutose, ou adoçantes artificiais, como aspartame, sacarina ou sucralose, também ativam os receptores de doces. A afinidade por cada uma dessas moléculas varia, e algumas terão um sabor mais doce do que a glicose porque se ligam ao receptor acoplado à proteína G de maneira diferente.

O sabor amargo é semelhante ao doce, pois as moléculas dos alimentos se ligam aos receptores acoplados à proteína G. No entanto, existem várias maneiras pelas quais isso pode acontecer, porque há uma grande diversidade de moléculas de sabor amargo. Algumas moléculas amargas despolarizam as células gustativas, enquanto outras hiperpolarizam as células gustativas. Da mesma forma, algumas moléculas amargas aumentam a ativação da proteína G dentro das células gustativas, enquanto outras moléculas amargas diminuem a ativação da proteína G. A resposta específica depende de qual molécula está se ligando ao receptor.

Um grupo importante de moléculas de sabor amargo são os alcalóides. Alcalóides são moléculas contendo nitrogênio comumente encontradas em produtos vegetais de sabor amargo, como café, lúpulo (na cerveja), taninos (no vinho), chá e aspirina. Portanto, a função do sabor amargo pode estar principalmente relacionada à estimulação do reflexo de vômito para evitar a ingestão de venenos. Por isso, muitos alimentos amargos que normalmente são ingeridos costumam ser combinados com um componente doce para torná-los mais palatáveis (creme e açúcar no café, por exemplo). A maior concentração de receptores



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

amargos parece estar na parte posterior da língua, onde um reflexo de vômito ainda pode cuspir comida venenosa.

O sabor conhecido como umami é frequentemente referido como sabor salgado. Assim como o doce e o amargo, é baseado na ativação de receptores acoplados à proteína G por uma molécula específica. A molécula que ativa esse receptor é o aminoácido L-glutamato. Portanto, o sabor umami é frequentemente percebido ao comer alimentos ricos em proteínas. Não surpreendentemente, os pratos que contêm carne são frequentemente descritos como salgados.

Uma vez que as células gustativas são ativadas pelas moléculas gustativas, elas liberam neurotransmissores nos dendritos dos neurônios sensoriais. Esses neurônios fazem parte dos nervos cranianos facial e glossofaríngeo, bem como um componente do nervo vago dedicado ao reflexo de vômito. O nervo facial se conecta às papilas gustativas no terço anterior da língua. O nervo glossofaríngeo se conecta às papilas gustativas nos dois terços posteriores da língua. O nervo vago se conecta às papilas gustativas na extremidade posterior da língua, beirando a faringe, que são mais sensíveis a estímulos nocivos, como amargor.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Processamento Central de Informações de Gosto

A via sensorial para a gustação viaja ao longo dos nervos cranianos facial, glossofaríngeo e vago, que fazem sinapses com neurônios do núcleo solitário no tronco encefálico. Os axônios do núcleo solitário se projetam então para o núcleo ventral posterior do tálamo. Finalmente, os axônios do núcleo ventral posterior se projetam para o córtex gustativo do córtex cerebral, onde o paladar é processado e percebido conscientemente.

Olfato (cheiro)

Assim como o paladar, o sentido do olfato, também responde a estímulos químicos. Os neurônios receptores olfatórios estão localizados em uma pequena região dentro da cavidade nasal superior. Essa região é conhecida como epitélio olfatório e contém neurônios sensoriais bipolares. Cada neurônio sensorial olfatório tem dendritos que se estendem da superfície apical do epitélio até o muco que reveste a cavidade. Conforme as moléculas transportadas pelo ar são inaladas pelo nariz, elas passam pela região epitelial olfatória e se dissolvem no muco. Essas moléculas odoríferas se ligam a proteínas que as mantêm dissolvidas no muco e ajudam a transportá-las para os dendritos olfatórios. O complexo odorante-proteína se liga a uma proteína receptora dentro da membrana celular de um dendrito olfatório. Esses receptores são acoplados à proteína G e irão produzir um potencial de membrana graduado nos neurônios olfatórios.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

O axônio de um neurônio olfatório se estende da superfície basal do epitélio, através de um forame olfatório na placa cribiforme do osso etmóide, e para o cérebro. O grupo de axônios denominado trato olfatório se conecta ao bulbo olfatório na superfície ventral do lobo frontal. A partir daí, os axônios se dividem para viajar para várias regiões do cérebro. Alguns viajam para o cérebro, especificamente para o córtex olfatório primário que está localizado nas áreas inferior e medial do lobo temporal. Outros se projetam para estruturas dentro do sistema límbico e hipotálamo, onde os cheiros são associados à memória de longo prazo e às respostas emocionais. É assim que certos cheiros acionam memórias emocionais, como o cheiro de comida associado ao local de nascimento de uma pessoa. O olfato é a única modalidade sensorial que não faz sinapse no tálamo antes de se conectar ao córtex cerebral. Essa conexão íntima entre o sistema olfatório e o córtex cerebral é uma das razões pelas quais o cheiro pode ser um potente gatilho de memórias e emoções.

O epitélio nasal, incluindo as células olfativas, pode ser prejudicado por produtos químicos tóxicos transportados pelo ar. Portanto, os neurônios olfatórios são regularmente substituídos dentro do epitélio nasal, após o que os axônios dos novos neurônios devem encontrar suas conexões apropriadas no bulbo olfatório. Esses novos axônios crescem ao longo dos axônios que já estão posicionados no nervo craniano.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Audição

Audição é a transdução de ondas sonoras em um sinal neural que é possibilitado pelas estruturas do ouvido. A grande estrutura carnuda na face lateral da cabeça é conhecida como orelha. Algumas fontes também se referem a essa estrutura como pavilhão auditivo, embora esse termo seja mais apropriado para uma estrutura que pode ser movida, como a orelha externa de um gato. As curvas em forma de C da orelha direcionam as ondas sonoras em direção ao canal auditivo. O canal entra no crânio através do meato acústico externo do osso temporal. No final do canal auditivo está a membrana timpânica, ou tímpano, que vibra depois de ser atingida por ondas sonoras. A orelha, o canal auditivo e a membrana timpânica costumam ser chamados de ouvido externo. O ouvido médio consiste em um espaço medido por três pequenos ossos chamados ossículos. Os três ossículos são o martelo, bigorna e estribo, que são nomes latinos que se traduzem por serem parecidos com esses objetos: martelo, bigorna e estribo. O martelo está preso à membrana timpânica e se articula com a bigorna. A bigorna, por sua vez, se articula com o estribo. O estribo é então conectado ao ouvido interno, onde as ondas sonoras serão transduzidas em um sinal neural. O ouvido médio é conectado à faringe através da tuba auditiva, que ajuda a equilibrar a pressão do ar através da membrana timpânica. O tubo normalmente está fechado, mas abrirá quando os músculos da faringe se contraírem durante a deglutição ou bocejo.

O ouvido interno é frequentemente descrito como um labirinto ósseo, pois é composto de uma série de canais embutidos no osso temporal. Possui duas regiões distintas,



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

a cóclea e o vestíbulo, responsáveis pela audição e equilíbrio, respectivamente. Os sinais neurais dessas duas regiões são retransmitidos para o tronco cerebral por meio de feixes de fibras separados. No entanto, esses dois feixes distintos viajam juntos do ouvido interno ao tronco cerebral como o nervo vestibulococlear. O som é transduzido em sinais neurais na região coclear do ouvido interno, que contém os neurônios sensoriais dos gânglios espirais. Esses gânglios estão localizados dentro da cóclea em forma de espiral do ouvido interno. A cóclea está presa ao estribo através da janela oval.

A janela oval está localizada no início de um tubo cheio de líquido dentro da cóclea, denominado rampa vestibular. A escala vestibuli se estende da janela oval, viajando acima do ducto coclear, que é a cavidade central da cóclea que contém os neurônios transdutores de som. Na ponta superior da cóclea, a escala vestibular se curva sobre o topo do ducto coclear. O tubo cheio de líquido, agora chamado de escala do tímpano, retorna à base da cóclea, desta vez viajando sob o ducto coclear. A escala do tímpano termina na janela redonda, que é coberta por uma membrana que contém o fluido dentro da escala. Conforme as vibrações dos ossículos passam pela janela oval, o fluido da escala vestibuli e da escala timpânica se move em um movimento ondulatório. A frequência das ondas fluidas corresponde às frequências das ondas sonoras. A membrana que cobre a janela redonda se projeta para fora ou se enrugam com o movimento do fluido dentro da escala do tímpano.

Uma vista em corte transversal da cóclea mostra que a escala vestibular e a escala do tímpano correm ao longo de ambos os lados do ducto coclear. O ducto coclear contém



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

vários órgãos de Corti, que transformam o movimento ondulatório das duas escalas em sinais neurais. Os órgãos de Corti ficam no topo da membrana basilar, que é o lado do ducto coclear localizado entre os órgãos de Corti e a escala do tímpano. À medida que as ondas de fluido se movem através da escala vestibuli e da escala timpânica, a membrana basilar se move em um local específico, dependendo da frequência das ondas. Ondas de frequência mais alta movem a região da membrana basilar próxima à base da cóclea. Ondas de frequência mais baixa movem a região da membrana basilar próxima à ponta da cóclea.

Os órgãos de Corti contêm células ciliadas, que são nomeadas por causa dos estereocílios semelhantes a cílios que se estendem das superfícies apicais das células. Os estereocílios são uma série de estruturas semelhantes a microvilosidades organizadas da mais alta para a mais baixa. As fibras de proteína prendem os cílios adjacentes juntos em cada matriz, de modo que a matriz se curve em resposta aos movimentos da membrana basilar. Os estereocílios se estendem das células ciliadas até a membrana tectorial sobreposta, que está fixada medialmente ao órgão de Corti. Quando as ondas de pressão da escala movem a membrana basilar, a membrana tectorial desliza através dos estereocílios. Isso dobra os estereocílios para perto ou para longe da sua matriz, produzindo os sons. Quando nenhum som está presente e os estereocílios estão retos, uma pequena quantidade de tensão ainda existe nas amarras, mantendo o potencial de membrana da célula ciliada levemente despolarizado.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Como descrito acima, uma determinada região da membrana basilar só se moverá se o som de entrada estiver em uma frequência específica. Como a membrana tectória só se move onde a membrana basilar se move, as células ciliadas dessa região também respondem apenas a sons dessa frequência específica. Portanto, conforme a frequência de um som muda, diferentes células ciliadas são ativadas ao longo da membrana basilar. A cóclea codifica estímulos auditivos para frequências entre 20 e 20.000 Hz, que é a faixa de som que o ouvido humano pode detectar. A unidade de Hertz mede a frequência das ondas sonoras em termos de ciclos produzidos por segundo. Frequências tão baixas quanto 20 Hz são detectadas pelas células ciliadas no ápice, ou ponta, da cóclea. As frequências nas faixas mais altas de 20 KHz são codificadas por células ciliadas na base da cóclea, perto das janelas redonda e oval. A maioria dos estímulos auditivos contém uma mistura de sons em uma variedade de frequências e intensidades (representadas pela amplitude da onda sonora). As células ciliadas ao longo do ducto coclear, cada uma sensível a uma determinada frequência, permitem que a cóclea separe os estímulos auditivos por frequência, assim como um prisma separa a luz visível em suas cores componentes.

Processamento Central de Informações Auditivas

A via sensorial para a audição viaja ao longo do nervo vestibulococlear, que faz sinapses com neurônios nos núcleos cocleares da medula superior. Dentro do tronco cerebral, a entrada de qualquer ouvido é combinada para extrair informações de localização



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

dos estímulos auditivos. Enquanto os estímulos auditivos iniciais recebidos na cóclea representam estritamente a frequência - ou altura - dos estímulos, a localização dos sons pode ser determinada pela comparação das informações que chegam em ambas as orelhas.

A localização do som é uma característica do processamento central nos núcleos auditivos do tronco cerebral. A localização do som é alcançada pelo cérebro calculando a diferença de tempo interaural e a diferença de intensidade interaural. Um som originado de um local específico chegará a cada ouvido em momentos diferentes, a menos que o som esteja diretamente na frente do ouvinte. Se a fonte de som estiver ligeiramente à esquerda do ouvinte, o som chegará ao ouvido esquerdo microssegundos antes de chegar ao ouvido direito. Essa diferença de tempo é um exemplo de diferença de tempo interaural. Além disso, o som será ligeiramente mais alto no ouvido esquerdo do que no ouvido direito porque algumas das ondas sonoras que chegam ao ouvido oposto são bloqueadas pela cabeça. Este é um exemplo de diferença de intensidade interaural.

O processamento auditivo continua em um núcleo no mesencéfalo denominado colículo inferior. Os axônios do colículo inferior projetam-se para dois locais, o tálamo e o colículo superior. O núcleo geniculado medial do tálamo recebe a informação auditiva e então projeta essa informação para o córtex auditivo no lobo temporal do córtex cerebral. O colículo superior recebe informações dos sistemas visual e somatossensorial, bem como das orelhas, para iniciar a estimulação dos músculos que giram a cabeça e o pescoço em direção ao estímulo auditivo.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

O sistema vestibular (equilíbrio)

Junto com a audição, o ouvido interno é responsável por codificar informações sobre o equilíbrio, o senso de equilíbrio. Um mecanorreceptor semelhante - uma célula ciliada com estereocílios - detecta a posição da cabeça, o movimento da cabeça e se nossos corpos estão em movimento. Essas células estão localizadas no vestíbulo do ouvido interno. A posição da cabeça é detectada pelo utrículo e sáculo, enquanto o movimento da cabeça é detectado pelos canais semicirculares. Os sinais neurais gerados no gânglio vestibular são transmitidos através do nervo vestibulococlear para o tronco encefálico e cerebelo.

O utrículo e o sáculo são amplamente compostos de tecido da mácula. A mácula é composta de células ciliadas rodeadas por células de suporte. Os estereocílios das células ciliadas estendem-se em um gel viscoso denominado membrana otolítica. No topo da membrana otolítica está uma camada de cristais de carbonato de cálcio, chamados otólitos. Os otólitos essencialmente tornam a membrana otolítica pesada. A membrana otolítica move-se separadamente da mácula em resposta aos movimentos da cabeça. Inclinando a cabeça faz com que a membrana otolítica deslize sobre a mácula na direção da gravidade. A membrana otolítica em movimento, por sua vez, dobra os esteroides, fazendo com que algumas células ciliadas se despolarizem enquanto outras hiperpolarizam. A posição exata da cabeça é interpretada pelo cérebro com base no padrão de despolarização das células ciliadas.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Os canais semicirculares são três extensões em forma de anel do vestíbulo. Um é orientado no plano horizontal, enquanto os outros dois são orientados no plano vertical. Os canais verticais anterior e posterior são orientados em aproximadamente 45 graus em relação ao plano sagital. A base de cada canal semicircular, onde se encontra com o vestíbulo, se conecta a uma região alargada conhecida como ampola. A ampola contém as células ciliadas que respondem ao movimento rotacional, como virar a cabeça enquanto diz "não". Os estereocílios dessas células ciliadas se estendem até a cúpula, uma membrana que se liga ao topo da ampola. Conforme a cabeça gira em um plano paralelo ao canal semicircular, o fluido se retarda, desviando a cúpula na direção oposta ao movimento da cabeça. Os canais semicirculares contêm várias ampolas, algumas orientadas horizontalmente e outras verticalmente. Ao comparar os movimentos relativos das ampolas horizontais e verticais, o sistema vestibular pode detectar a direção da maioria dos movimentos da cabeça no espaço tridimensional (3-D).

Processamento Central de Informações Vestibulares

O equilíbrio é coordenado pelo sistema vestibular, cujos nervos são compostos por axônios do gânglio vestibular que transporta informações do utrículo, sáculo e canais semicirculares. O sistema contribui para controlar os movimentos da cabeça e do pescoço em resposta aos sinais vestibulares. Uma função importante do sistema vestibular é coordenar os movimentos dos olhos e da cabeça para manter a atenção visual. A maioria



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

dos axônios termina nos núcleos vestibulares da medula oblonga. Alguns axônios se projetam do gânglio vestibular diretamente para o cerebelo, sem sinapse intermediária nos núcleos vestibulares. O cerebelo é o principal responsável por iniciar os movimentos com base nas informações de equilíbrio.

Neurônios nos núcleos vestibulares projetam seus axônios para alvos no tronco cerebral. Um dos alvos é a formação reticular, que influencia as funções respiratórias e cardiovasculares em relação aos movimentos do corpo. Um segundo alvo dos axônios dos neurônios nos núcleos vestibulares é a medula espinhal, que inicia os reflexos espinhais envolvidos com a postura e o equilíbrio. Para auxiliar o sistema visual, as fibras dos núcleos vestibulares se projetam para os núcleos oculomotor, troclear e abducente para influenciar os sinais enviados ao longo dos nervos cranianos. Essas conexões constituem a via do reflexo vestibulo-ocular (RVO), que compensa o movimento da cabeça e do corpo ao estabilizar imagens na retina. Finalmente, os núcleos vestibulares projetam-se para o tálamo para se juntar à via proprioceptiva do sistema da coluna dorsal, permitindo a percepção consciente do equilíbrio.

Visão

Visão é o sentido especial que se baseia na transdução de estímulos luminosos recebidos através dos olhos. Os olhos estão localizados dentro de uma das órbitas do crânio. As órbitas ósseas circundam os globos oculares, protegendo-os e ancorando os tecidos



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

moles do olho. As pálpebras, com cílios nas bordas principais, ajudam a proteger o olho de abrasões, bloqueando as partículas que podem pousar na superfície do olho. A superfície interna de cada pálpebra é uma membrana fina conhecida como conjuntiva palpebral. A conjuntiva se estende sobre as áreas brancas do olho (a esclera), conectando as pálpebras ao globo ocular. As lágrimas são produzidas pela glândula lacrimal, localizada abaixo das bordas laterais do nariz. As lágrimas produzidas por essa glândula fluem pelo ducto lacrimal até o canto medial do olho, onde as lágrimas fluem pela conjuntiva, lavando as partículas estranhas.

O movimento do olho dentro da órbita é realizado pela contração de seis músculos extraoculares que se originam dos ossos da órbita e se inserem na superfície do globo ocular. Quatro dos músculos estão dispostos nos pontos cardeais ao redor do olho e recebem os nomes desses locais. Eles são o reto superior, reto medial, reto inferior e reto lateral. Quando cada um desses músculos se contrai, o olho se move em direção ao músculo em contração. Por exemplo, quando o reto superior se contrai, o olho gira para olhar para cima. O oblíquo superior origina-se na órbita posterior, próximo à origem dos quatro músculos retos. No entanto, o tendão dos músculos oblíquos passa por um pedaço de cartilagem semelhante a uma polia, conhecido como tróclea. O tendão se insere obliquamente na superfície superior do olho. O ângulo do tendão através da tróclea significa que a contração do oblíquo superior gira o olho medialmente. O músculo oblíquo inferior se origina do assoalho da órbita e se insere na superfície ínfero-lateral do olho. Quando se



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

contraí, gira o olho lateralmente, em oposição ao oblíquo superior. A rotação do olho pelos dois músculos oblíquos é necessária porque o olho não está perfeitamente alinhado no plano sagital. Quando o olho olha para cima ou para baixo, ele também deve girar levemente para compensar o reto superior puxando em um ângulo de aproximadamente 20 graus, em vez de girar para cima. O mesmo é verdade para o reto inferior, que é compensado pela contração do oblíquo inferior. Um sétimo músculo na órbita é o levantador da pálpebra superior, que é responsável por elevar e retrain a pálpebra superior, um movimento que geralmente ocorre em conjunto com a elevação do olho pelo reto superior.

Os músculos extraoculares são inervados por três nervos cranianos. O reto lateral, que causa a abdução do olho, é inervado pelo nervo abducente. O oblíquo superior é inervado pelo nervo troclear. Todos os outros músculos são inervados pelo nervo oculomotor, assim como o levantador da pálpebra superior. Os núcleos motores desses nervos cranianos se conectam ao tronco cerebral, que coordena os movimentos dos olhos.

O próprio olho é uma esfera oca composta por três camadas de tecido. A camada mais externa é a túnica fibrosa, que inclui a esclera branca e a córnea transparente. A esclera é responsável por cinco sextos da superfície do olho, a maioria dos quais não é visível, embora os humanos sejam únicos em comparação com muitas outras espécies por terem muito do “branco do olho” visível. A córnea transparente cobre a ponta anterior do olho e permite que a luz entre no olho.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

A camada média do olho é a túnica vascular, que é composta principalmente pela coróide, corpo ciliar e íris. A coróide é uma camada de tecido conjuntivo altamente vascularizado que fornece um suprimento sanguíneo para o globo ocular. A coróide é posterior ao corpo ciliar, uma estrutura muscular que é fixada ao cristalino por fibras zonulares. Essas duas estruturas movem a lente, permitindo que ela focalize a luz na parte de trás do olho. Sobrepondo o corpo ciliar e visível na parte anterior do olho, está a íris - a parte colorida do olho. A íris é um músculo liso que abre ou fecha a pupila, que é o orifício no centro do olho que permite a entrada da luz. A íris contrai a pupila em resposta à luz brilhante e dilata a pupila em resposta à luz fraca.

A camada mais interna do olho é a túnica neural, ou retina, que contém o tecido nervoso responsável pela fotorrecepção.

O olho também é dividido em duas cavidades: a cavidade anterior e a cavidade posterior. A cavidade anterior é o espaço entre a córnea e o cristalino, incluindo a íris e o corpo ciliar. Ele é preenchido com um fluido aquoso chamado humor aquoso. A cavidade posterior é o espaço atrás da lente que se estende até a parte posterior do globo ocular interno, onde a retina está localizada. A cavidade posterior é preenchida com um fluido mais viscoso denominado humor vítreo.

A retina é composta por várias camadas e contém células especializadas para o processamento inicial de estímulos visuais. Os fotorreceptores (bastonetes e cones) mudam seu potencial de membrana quando estimulados pela energia luminosa. A mudança no



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

potencial de membrana altera a quantidade de neurotransmissor que as células fotorreceptoras liberam nas células bipolares na camada sináptica externa. É a célula bipolar da retina que conecta um fotorreceptor a uma célula ganglionar retinal (RGC) na camada sináptica interna. Lá, as células amácrinas contribuem adicionalmente para o processamento da retina antes que um potencial de ação seja produzido pelo RGC. Os axônios dos RGCs, que se situam na camada mais interna da retina, se agrupam no disco óptico e deixam o olho como o nervo óptico. Como esses axônios passam pela retina, não há fotorreceptores na parte posterior do olho, onde começa o nervo óptico. Isso cria um “ponto cego” na retina e um ponto cego correspondente em nosso campo visual.

Observe que os fotorreceptores na retina (bastonetes e cones) estão localizados atrás dos axônios, RGCs, células bipolares e vasos sanguíneos da retina. Uma quantidade significativa de luz é absorvida por essas estruturas antes de chegar às células fotorreceptoras. No entanto, no centro exato da retina está uma pequena área conhecida como fóvea. Na fóvea, a retina carece de células de suporte e vasos sanguíneos e contém apenas fotorreceptores. Portanto, a acuidade visual, ou nitidez da visão, é maior na fóvea. Isso ocorre porque a fóvea é onde a menor quantidade de luz que entra é absorvida por outras estruturas retinianas. À medida que alguém se move em qualquer direção a partir desse ponto central da retina, a acuidade visual cai significativamente. Além disso, cada célula fotorreceptora da fóvea é conectada a um único RGC. Portanto, este RGC não precisa integrar entradas de vários fotorreceptores, o que reduz a precisão da transdução visual. Em



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

direção às bordas da retina, vários fotorreceptores convergem em RGCs (através das células bipolares) até uma proporção de 50 para 1. A diferença na acuidade visual entre a fóvea e a retina periférica é facilmente evidenciada olhando diretamente para uma palavra no meio deste parágrafo. O estímulo visual no meio do campo de visão cai na fóvea e está no foco mais nítido. Sem tirar os olhos dessa palavra, observe que as palavras no início ou no final do parágrafo não estão em foco. As imagens em sua visão periférica são focalizadas pela retina periférica e possuem bordas vagas e borradas e palavras que não são claramente identificadas. Como resultado, uma grande parte da função neural dos olhos está relacionada ao movimento dos olhos e da cabeça, de modo que estímulos visuais importantes sejam centralizados na fóvea.

Caminho da Informação Visual

As conexões do nervo óptico são mais complicadas do que as de outros nervos cranianos. Em vez de as conexões serem entre cada olho e o cérebro, as informações visuais são segregadas entre os lados esquerdo e direito do campo visual. Além disso, algumas das informações de um lado do campo visual são projetadas para o lado oposto do cérebro. Dentro de cada olho, os axônios que se projetam do lado medial da retina decussam no quiasma óptico. Por exemplo, os axônios da retina medial do olho esquerdo cruzam para o lado direito do cérebro no quiasma óptico. No entanto, dentro de cada olho, os axônios que se projetam do lado lateral da retina não decussam. Por exemplo, os axônios da retina



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

lateral do olho direito se projetam de volta para o lado direito do cérebro. Portanto, o campo de visão esquerdo de cada olho é processado no lado direito do cérebro, enquanto o campo de visão direito de cada olho é processado no lado esquerdo do cérebro.

Uma apresentação clínica única relacionada a esse arranjo anatômico é a perda da visão periférica lateral, conhecida como hemianopia bilateral. Isso é diferente de “visão em túnel” porque os campos periféricos superior e inferior não são perdidos. Os déficits do campo visual podem ser perturbadores para o paciente, mas, neste caso, a causa não está no próprio sistema visual. Um crescimento da glândula hipófise pressiona o quiasma óptico e interfere na transmissão do sinal. No entanto, os axônios que se projetam para o mesmo lado do cérebro não são afetados. Portanto, o paciente perde as áreas mais externas de seu campo de visão e não consegue ver os objetos à direita e à esquerda.

Estendendo-se desde o quiasma óptico, os axônios do sistema visual são chamados de trato óptico em vez de nervo óptico. O trato óptico tem três alvos principais, dois no diencefalo e um no mesencefalo. A conexão entre os olhos e o diencefalo é demonstrada durante o desenvolvimento, no qual o tecido neural da retina se diferencia do diencefalo pelo crescimento das vesículas secundárias. As conexões da retina com o SNC são um resquício dessa associação de desenvolvimento. A maioria das conexões do trato óptico são com o tálamo - especificamente, o núcleo geniculado lateral. Os axônios desse núcleo então se projetam para o córtex visual do cérebro, localizado no lobo occipital. Outro alvo do trato óptico é o colículo superior.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Além disso, um número muito pequeno de axônios RGC se projeta do quiasma óptico para o núcleo supraquiasmático do hipotálamo. Esses RGCs são fotossensíveis, pois respondem à presença ou ausência de luz. Ao contrário dos fotorreceptores, no entanto, esses RGCs fotossensíveis não podem ser usados para perceber imagens. Simplesmente respondendo à ausência ou presença de luz, esses RGCs podem enviar informações sobre a duração do dia. A proporção percebida da luz do sol em relação à escuridão estabelece o ritmo circadiano de nossos corpos, permitindo que certos eventos fisiológicos ocorram aproximadamente no mesmo horário todos os dias.

Processamento cortical da informação visual

Da mesma forma, a relação topográfica entre a retina e o córtex visual é mantida ao longo da via visual. O campo visual é projetado nas duas retinas, conforme descrito acima, com classificação no quiasma óptico. O campo visual periférico direito cai na porção medial da retina direita e na porção lateral da retina esquerda. A retina medial direita então se projeta através da linha média através do quiasma óptico. Isso resulta no campo visual direito sendo processado no córtex visual esquerdo. Da mesma forma, o campo visual esquerdo é processado no córtex visual direito. Embora o quiasma esteja ajudando a classificar as informações visuais direita e esquerda, as informações visuais superior e inferior são mantidas topograficamente na via visual. A luz do campo visual superior incide na retina inferior e a luz do campo visual inferior incide na retina superior. Essa topografia é



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

mantida de forma que a região superior do córtex visual processe o campo visual inferior e vice-versa. Portanto, a informação do campo visual é invertida e revertida à medida que entra no córtex visual - para cima é para baixo e para a esquerda é direita. No entanto, o córtex processa a informação visual de forma que a percepção consciente final do campo visual esteja correta. A relação topográfica é evidente porque as informações da região foveal da retina são processadas no centro do córtex visual primário. As informações das regiões periféricas da retina são processadas correspondentemente em direção às bordas do córtex visual. Semelhante aos exageros no homúnculo sensorial do córtex somatossensorial, a área de processamento foveal do córtex visual é desproporcionalmente maior do que as áreas de processamento da visão periférica.

Em um experimento realizado na década de 1960, os sujeitos usavam óculos de prisma para que o campo visual fosse invertido antes de atingir o olho. No primeiro dia do experimento, os sujeitos se abaixavam ao caminhar até uma mesa, pensando que ela estava suspensa no teto. Porém, após alguns dias de aclimação, os sujeitos se comportaram como se tudo estivesse representado corretamente. Portanto, o córtex visual é um tanto flexível em se adaptar às informações que recebe de nossos olhos.

O córtex foi descrito como tendo regiões específicas responsáveis pelo processamento de informações específicas; existe o córtex visual, o córtex somatossensorial, o córtex gustativo etc. No entanto, nossa experiência desses sentidos não está dividida. Em vez disso, experimentamos o que pode ser referido como uma percepção contínua. Nossas



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

percepções das várias modalidades sensoriais - embora distintas em seu conteúdo - são integradas pelo cérebro de modo que experimentamos o mundo como um todo contínuo.

No córtex cerebral, o processamento sensorial começa no córtex sensorial primário, prossegue para uma área de associação e, finalmente, para uma área de integração multimodal. Por exemplo, a via visual se projeta da retina através do tálamo até o córtex visual primário no lobo occipital. Esta área está principalmente na parede medial dentro da fissura longitudinal. Aqui, os estímulos visuais começam a ser reconhecidos como formas básicas. As bordas dos objetos são reconhecidas e construídas em formas mais complexas. Além disso, as entradas de ambos os olhos são comparadas para extrair informações de profundidade. Por causa do campo de visão sobreposto entre os dois olhos, o cérebro pode começar a estimar a distância dos estímulos com base em pistas de profundidade binocular.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO