



SEGUIMENTOS

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

ESTE CAPÍTULO INCLUI UMA REVISÃO DE

- Factos sobre os seguimentos
- Modelos do sistema de seguimentos
- Controlo neuro-anatómico de e processamento de sinal para movimentos oculares de seguimento
- Seguimentos anormais
- Formas de melhorar os seguimentos
- Sobreposição de sacádicos
- Efeitos do envelhecimento nos seguimentos

INTRODUÇÃO

- Os seguimentos são os movimentos oculares principais envolvidos no seguimento suave de objectos no espaço
→ Que tipos de actividades, na sua vida, envolvem os seguimentos de movimento?
- O objectivo principal deste sistema é o de fazer coincidir a velocidade do seu olho com a velocidade do alvo.

Os seguimentos são também uma forma de, Movimentos Oculares Lentos (MOL). O sistema de seguimentos pode sobrepor-se ao sistema vestibular, um movimento de seguimento pode ocorrer enquanto a cabeça é rodada. Pense no futebol!

FACTOS SOBRE SEGUIMENTOS

A. FACTOS GERAIS

- Movimentos oculares conjugados:

Movimento/deslocação, e a não posição total do alvo na retina é o estímulo para um seguimento. Isto é, é mais provável que o sistema de seguimento responda à velocidade e aceleração do alvo do que à posição do alvo embora a posição do alvo possa também guiar o sistema em alguma extensão. O deslocamento do alvo causa “arrastamento retiniano”.

- O arrastamento retiniano acontece quando as imagens começam a deslizar fora da fóvea porque o objeto de interesse está a mover.
- Isso estimula um seguimento (e, se for rápido e suficientemente grande, também originará um sacádico). Mas, não é apenas a posição do alvo relativamente à fóvea (isto é mais uma coisa estática) que estimula o seguimento → é o seu movimento, causando arrastamento de imagem retiniana.

- Os seguimentos funcionam melhor com movimentos de alvo lentos a uma velocidade de 20-50 graus por segundo. Se o alvo for demasiado rápido, origina um grande erro retiniano (por exemplo, está muito longe da fóvea), a qual reduz a resolução do alvo (quão bem o consegue ver) e pode estimular um sacádico para trazer as coisas de volta à fixação.
- No teste clínico, isto é importante para que quando está a testar o seguimentos o alvo não se mova demasiado rápido ou irá estar a estar os sacádicos.
- Não ocorre nenhuma supressão/omissão de informação durante um seguimento (ao contrário dos sacádicos) → o objetivo é manter o objeto NA fóvea para uma visão nítida. É designado por um sistema de controlo contínuo e faz uma amostragem constantemente do alvo, respondendo a qualquer pequena mudança, à medida que vai avançando.
- Períodos sustentados de seguimento foveal permitem máxima resolução do alvo, bem como uma melhor recolha de informação e processamento dos detalhes finos do objecto em movimento. De forma evolutiva, pense na importância que isto teve na caça ao mamute lanoso, tigre dente de sabre, etc.
- Com alvos periféricos retinianos, um seguimento pode ser acionado antes de um sacádico quando o alvo se começa a deslocar sobre essa parte da retina. Porque seria isso bom para o sistema visual?



A latência do sistema de seguimento é de 100 msec; este é o tempo que leva para processar o sinal neural. A latência é um pouco mais longa para alvos lentos.

B. FACTOS RELATIVOS A SEGUIMENTOS E ALVOS PREVISÍVEIS

- Se o alvo for previsível, então o olho vai antecipar-se e começar a mover-se antes do alvo se começar a deslocar. (Nós vimos isso na secção sobre sacádicos e antecipação).
- Se o alvo estiver parado, então movimentos antecipatórios não irão ocorrer a menos que a pessoa imagine um movimento aparente do alvo ou se as luzes estiverem desligadas.
- O cérebro está a usar algum tipo de memória em relação à paragem e ao movimento do alvo percecionado.
- Com treino, uma pessoa pode fazer coincidir movimentos de seguimento quase em sintonia com o movimento do alvo. Isto pode ser devido a:
 - Memória do movimento padronizado
 - Extrapolação cerebral do comportamento do alvo.

Que vantagem haveria em ser capaz de os combinar tão bem?
- O sistema de seguimento pode continuar a registar um estímulo por cerca de 190 msec a 60% da velocidade original após o estímulo ter desaparecido.
- Um seguimento suave do movimento previsível do alvo é superior ao movimento não previsível. Consegue pensar em maneiras onde isso se pode manifestar numa situação de teste clínico?



NOTA: A eficiência de seguimentos para movimento previsíveis do alvo varia de acordo com o sujeito, protocolos de testes, e como os dados são analisados. Como pode isso afectar os seus resultados ao testar uma criança de 6 anos de idade?

MODELOS DO SISTEMA DE SEGUIMENTOS

A. CIRCUITOS ABERTOS E FECHADOS

- Sistemas de circuitos abertos para controlo das vias neuronais, não fornecem uma amostragem contínua do meio envolvente. Em vez disso, as suas reações assentam apenas na informação inicial dada ao sistema.
- Os circuitos fechados usam informação de retorno dentro do sistema e fazem uma amostragem dos dados constantemente para ajustar o resultado. Isso torna-o mais preciso. Consegue pensar num sistema de circuito fechado que já estudámos?
- O sistema de seguimento é tradicionalmente considerado para ser um sistema de controlo contínuo. Por outras palavras, faz uma amostragem contínua do meio envolvente para tornar os movimentos mais precisos. Deste modo, o sistema de seguimento é mais um circuito aberto ou fechado?
- Os modelos iniciais do sistema de seguimento, eram considerados como sendo um mecanismo de velocidade básico, isto é, tudo o que faziam era coincidir a velocidade do olho com a velocidade do alvo, o qual reduz o arrastamento retiniano e mantém o alvo nítido à medida que é seguido.

B. COMPONENTES DOS MODELOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Um diferenciador que converte a informação da posição em informação de velocidade. ▪ Um limitador, que impede que a resposta motora para uma velocidade de entrada maior do que o presente nível do sistema do paciente (por exemplo, se o alvo vai demasiado rápido enquanto o tenta seguir, então o limitador tenta impedir o disparo do seguimento, para que o sistema sacádico se possa iniciar e segui-lo). ▪ Um ganho de circuito-aberto para combinar com outras coisas para formar um integrador neural “permeável”. ▪ Um atraso de processamento ▪ Um elemento de saturação que impede que a resposta seja demasiado grande ▪ Um integrador (1/s), que converte um sinal de velocidade num sinal de posição ocular - Isso faz com que os músculos oculares se desloquem. ▪ Mas, há alguns problemas associados com este modelo, foi formulado um modelo mais complexo que incluía uma entrada para a velocidade do alvo relativamente ao meio envolvente e informações de retorno positivo sobre a velocidade da retina e aceleração à medida que os olhos fazem seguimento.
-----------------------------------	---

LATÊNCIA E MOVIMENTOS OCULARES DE SEGUIMENTO

TEMPO DE LATÊNCIA DE 100 MSEG PARA SEGUIMENTOS	<p>Isto é quanto tempo leva para processar o sinal neural e obter movimento nos olhos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ A porção de 20-40 mseg pré sacádico inicial é independente do alvo de estímulo e só funciona para fazer com que os olhos se desloquem para algum lado. Isto é considerado mais um circuito aberto, porque não faz amostragem de quaisquer dados do meio envolvente, apenas tenta fazer com que os olhos se movam. ▪ Os últimos 60 mseg dos 100 mseg são considerados um circuito fechado, pois está vagamente relacionado com a velocidade do alvo e está sob informação visual de retorno (por exemplo, o seguimento gerado está relacionado com a velocidade real ou percebida do alvo). ▪ Após os 100 mseg iniciais, o sistema de seguimento continua a ser um circuito fechado. Como é que isso irá afectar a precisão da resposta? ▪ Os detalhes sobre o fluxo de informação ao longo do sistema de seguimento são bem menos compreendidos do que no sistema de sacádicos.
A. SEGUIMENTOS	<p>O percurso magnocelular é provavelmente aquele que é usado. Isto faz sentido porque o cerebelo tem um papel importante na criação do sinal do seguimento.</p>

SEGUIMENTOS ANORMAIS

Erros de seguimento podem ser nas seguintes áreas:

1. INICIAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Latência • 100 msec iniciais da fase de circuito-aberto • Aceleração ocular máxima
2. REDUÇÃO DA CAPACIDADE DE SEGUIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A capacidade de seguimento pode ser reduzida adicionando um fundo estacionário ou em movimento, especialmente se colocado perto do plano do alvo. Tais pistas de fundo podem causar arrastamento retiniano da informação do fundo no sentido oposto do movimento de seguimento; Isto poderia ser um estímulo para NOC. A redução no ganho poderia ser o esforço de sistemas visuais para cancelar a resposta NOC desencadeada neste caso. ▪ A precisão é determinada parcialmente quer por movimentos previsíveis ou imprevisíveis. ▪ A precisão também pode ser reduzida por: <ul style="list-style-type: none"> - Aumento da velocidade e aceleração do alvo - Aumento da excentricidade do alvo - Aumento da imprevisibilidade do alvo - Aumento da idade do observador - Alvos mais pequenos - Movimento vertical alvo (versus horizontal) - Distrações do movimento de fundo - Desatenção - Fadiga - Falta de outras pistas propriocetivas ou auditivas - Álcool - Barbitúrico - Medicação (exp. diazepam) - Doença neurológica (exp. os que envolvem o córtex cerebral e o cerebelo) - Nistagmo de esticção - Ambliopia (devido à diminuição da sensibilidade foveal)



Nota: A capacidade de seguimento está mais relacionada com aceleração máxima do alvo do que com a sua velocidade; velocidades até aos 30-40 graus por segundo permitem o melhor ganho.

2. REDUÇÃO DA CAPACIDADE DE SEGUIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os pacientes com deficiências de seguimento não se queixam dos sintomas visual, eles substituem vários sacádicos para o movimento de seguimento. Eles não percebem que os seus movimentos são aos saltos e não suaves. ▪ Deficiência no seguimento pode ser uma indicação de uma lesão na região vestibular cerebelar ▪ As lesões do lobo parietal podem levar a um seguimento lento numa direcção com um seguimento normal para o oposto. Lembre-se disso para NOC ; a lesão será do mesmo lado que a diminuição do seguimento. Uma lesão no lobo parietal, muitas vezes, terá uma hemianopsia homónima contralateral. Para diferenciar de uma lesão do lobo occipital, a parietal terá perda de NOC quando as listras se deslocarem para o lado da lesão. Não há nenhum seguimento a seguir e produz-se um NOC.
---	---

FORMAS DE MELHORAR OS SEGUIMENTOS

FORMAS DE MELHORAR OS SEGUIMENTOS

Os seguimentos podem ser melhorados?

- A investigação demonstrou que podem ser alcançadas melhorias moderadas na correspondência de velocidade e correcção de erros posturais.
- Em adição, mais investigação demonstrou que a precisão de seguimentos horizontais e verticais pode ser melhorada.
- Atletas com bons resultados iniciais nos testes de seguimento poderiam melhorar a um nível final onde sujeitos normais poderiam atingir com treino.

EFEITO DO ENVELHECIMENTO NOS SEGUIMENTOS

EFEITO DO ENVELHECIMENTO NOS SEGUIMENTOS

- Redução do ganho de circuito fechado (isto é, precisão do seguimento) de cerca de 25%, tornando-se progressivamente pior, à medida que aumenta a velocidade do alvo. Pode ser devido à degradação da informação do movimento relacionado com a idade, em numerosos locais da via visual. Quanto mais velho ficar, pior serão os seus movimentos de seguimento e mais difícil será de controlar os objectos em movimento. Pense sobre a forma como isso afetaria as atividades da sua vida diária: estudar, trabalhar, ver um jogo de futebol, conduzir etc. Tudo isto se pode tornar muito mais difícil.
- Maior frequência sacádica global. Porquê?
- Redução global da aceleração → não só é mais difícil de seguir com o seguimento uma vez que está a olhar para o alvo, mas também é mais difícil para os seus olhos o apanharem em primeiro lugar.
- Maior velocidade de latência → indicativo de um atraso no processamento.
- Incremento movimentos em onda quadrada. Aumento da distração visual → isto é, se existir muito ruído de fundo, então é fácil perder-se.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	<p>Movimentos de versão oculares são movimentos emparelhados dos dois olhos no mesmo sentido. Isso ocorre no:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema Vestibular-Optocinético 2. Sistema sacádico 3. Sistema de seguimento <p>Estes três sistemas trabalham juntamente com entradas que vão para o “integrador neural”, as quais enviam sinais apropriados para os nervos cranianos do núcleo e do subnúcleo que, por sua vez, sinalizam os músculos extramuros para mover o globo.</p> <p>O integrador neural é uma variedade de estruturas do SNC que funcionam em conjunto:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cerebelo 2. Pontine reticular 3. Núcleo Perifipoglossal
VERSÕES HORIZONTAIS	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Centro de Olhar Horizontal existe dentro da PONTE, perto do sexto núcleo do nervo craniano (Formação Reticular de Parapontine, ou FRPP, é outro nome para o “centro do olhar horizontal”). 2. Os centros de olhar horizontal são responsáveis pelos comandos que atingem os núcleos dos nervos cranianos e produzem um movimento horizontal de versão. 3. Os FRPP enviam entradas para o núcleo do nervo abducente (VI) <p>Duas populações de neurónios separados dentro do núcleo abducente respondem ao comando para executar um movimento horizontal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Os neurónios fornecem ao músculo reto lateral ipsilateral através de axónios dentro do nervo abducente ipsilateral. 2. Os neurónios fornecem ao músculo reto medial contralateral através do fascículo longitudinal medial contralateral (FLM) para o subnúcleo do nervo oculomotor que, em seguida, envia um axónio até ao nervo oculomotor. 3. O núcleo abducente também recebe entrada constante dos dados dos núcleos do nervo vestibular, dos núcleos perifipoglossal e das células de disparo da ponte. Assim, o núcleo abducente integra todas essas entradas.
TESTES DE SEGUIMENTOS	<p>Avalie o seguimento, monitorizando os olhos do paciente à medida que seguem um pequeno objecto em versões verticais e horizontais. Procure sacádicos de retoma ou ausência de seguimento.</p> <p>Avalie a capacidade do paciente para suprimir o RVO. O paciente está num banco rotativo e fixa o polegar. Um paciente normal pode suprimir o RVO induzido através da manutenção da fixação no polegar, mesmo na escuridão, ou com os olhos fechados, isso pode ajudar a excluir um paciente que finja uma doença, ao não conseguir manter a fixação, como até uma pessoa cega consegue.</p>

BIBLIOGRAFIA

- Benjamin, W. Borish's **Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006.
- Ciuffreda KJ and Tannen B. **Eye Movement Basics for the Clinician**. Mosby, St. Louis, 1995.
- Hart W. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992.
- Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000.
- Regan D. **Binocular Vision (Vol 9 in Vision and Visual Dysfunction, 1991)**.
- Reading RW. **Binocular Vision**. Butterworth Publishers, Woburn, MA, 1983.
- Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999.
- Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy, 3rd Edition**, Butterworth-Heinemann, 1995.
- Kaufmann, PL. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.
- Moses, RA. **Adler's Physiology of the Eye, 8th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1987.
- Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.