

# Estudos da Mecânica Ocular

## VII - Distribuição do Trabalho muscular numa Rotação Ocular (\*)

Harley E. A. Bicas (\*\*)

A contribuição de um dado músculo para o deslocamento ocular desde a posição primária até outro ponto de fixação é um conceito de capital importância no estudo da motilidade ocular.

Nas apresentações anteriores, foi visto que o sentido para o qual o olho é puxado pelo músculo, um dado ponto (capítulo III) pode variar de posição a posição; durante um deslocamento ocular, é por isso conveniente conhecer-se a somatória dos valores dos componentes vetoriais (num dado plano) da ação muscular, para se ter uma idéia mais completa da influência direcional desse músculo, naquele deslocamento (capítulo VI). Essa determinação não leva entretanto em conta, o dispêndio real de energia desse músculo (W), a qual, supondo-se que seja proporcional ao encurtamento do mesmo durante a rotação, foi considerada no capítulo IV.

Assim, tomando-se os dados do trabalho total realizado pelo músculo (capítulo IV) e a influência direcional exercida pelo mesmo (capítulo VI) pode-se ter uma idéia mais completa de como se dá sua contribuição ao deslocamento buscado. Em outras palavras: um músculo pode se contrair durante uma rotação ocular e nenhuma parte de seu trabalho ser gasta num dado plano; por exemplo: em aduções, o reto medial realiza trabalho; dependendo da posição, entretanto, ele é todo consumido no movimento horizontal (adução), nada restando dos planos vertical (fig. 1 a) e torcional (fig. 1 b).

Ao contrário, um músculo pode se comportar com um excelente índice de variação do componente vetorial, sem entretanto ser exigido naquele deslocamento; é o caso, por exemplo, da boa capacidade adutora mostrada pelo oblíquo inferior em abaixamento e adução; entretanto nessa posição ele não deve estar normalmente contribuindo para a rotação já que seus valores de contração são muito baixos ou mesmo negativos. Resulta então uma fraca atividade horizontal desse músculo nessas posições (fig. 6 c).

As figuras seguintes representam então essa variável composta, mostrando os cam-

pos oculomotores em que o músculo não participa ativamente (i.e., com contração) (\*)

(\*) Apesar de diminuição de comprimento muscular não significar necessariamente uma resposta ativa (contração) do músculo, pode-se conjecturar que normalmente essa correlação deve ser válida.

(áreas -W), as direções nas quais está contraído, mas não contribui para deslocamento naquele plano (linhas com valor zero entre porções positivas e negativas do campo, nas figuras 1 a, 1 b, 2 a, 2 b, 6 c) e outras regiões do campo em que a ação se verifica. Os sinais adotados, seguem as convenções anteriores; para o plano horizontal, o sinal positivo significa adução, o negativo, abdução; para o vertical, respectivamente elevação e abaixamento; para o frontal, respectivamente exciclo e inciclodução. Os valores são correspondentes à multiplicação do dado porcentual da influência direcional exercida pelo músculo (integração dos componentes vetoriais) pelo volume de contração do mesmo (diminuição de comprimento vezes secção muscular); assim, tem como unidade  $\text{mm}^3$ .

Observe-se que as funções dos músculos retos concordam com as que basicamente se tomam para os mesmos:

a) o reto medial é forte adutor (fig. 1 c) e em menor proporção contribui (quase que igualmente) para elevação e exciclodução em elevação (e adução); e para depressão e inciclodução em depressão (e adução) (figs. 1 a, b).

b) O reto lateral é forte abductor (fig. 2 c) em menor proporção distribui suas ações pelo plano frontal (um pouco mais) e vertical (um pouco menos): elevador e inciclodutor em elevação (e abdução); abaixador e exciclodutor em depressão (e abdução) (figuras 2 a, b).

c) O reto superior é forte elevador, principalmente em abdução (fig. 3 a); em adução aumentam suas ações de inciclodução (fig. 3 b) e adução (fig. 3 c).

d) O reto inferior é forte depressor, principalmente em abdução (fig. 4 a); em adução aumentam suas ações de exciclodução (fig. 4 b) e adução (fig. 4 c).

\* Desenvolvido com auxílios da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (São Paulo, Brasil) e da Smith-Kettlewell Eye Research Foundation (San Francisco, California, U.S.A.).

\*\* Professor Adjunto, Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.  
14.100 — Ribeirão Preto — SP — Brasil.

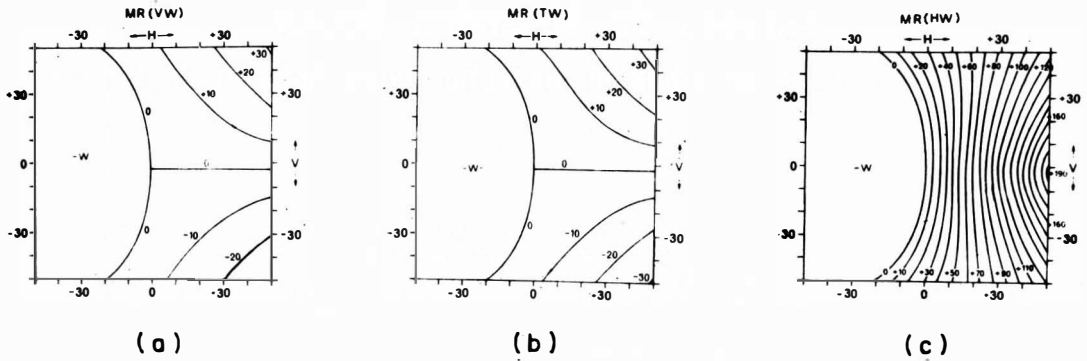


Fig. 1 — Distribuição do trabalho do reto medial nos planos de ação: a) vertical; b) torcional; c) horizontal.

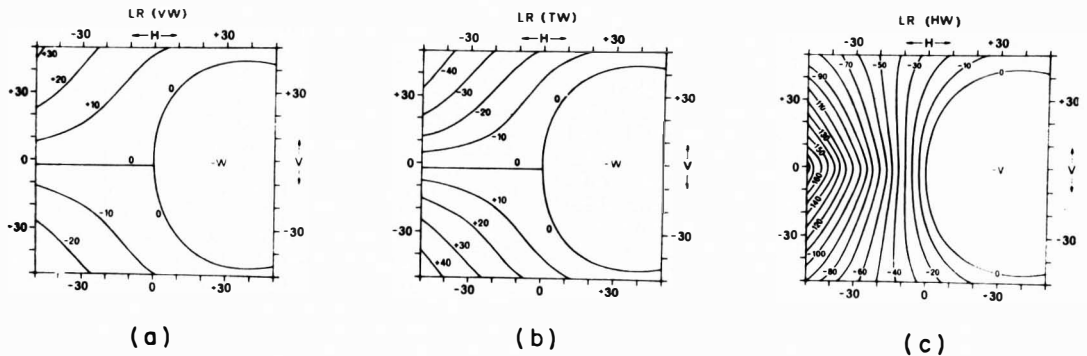


Fig. 2 — Distribuição do trabalho do reto lateral nos planos de ação: a) vertical; b) torcional; c) horizontal.

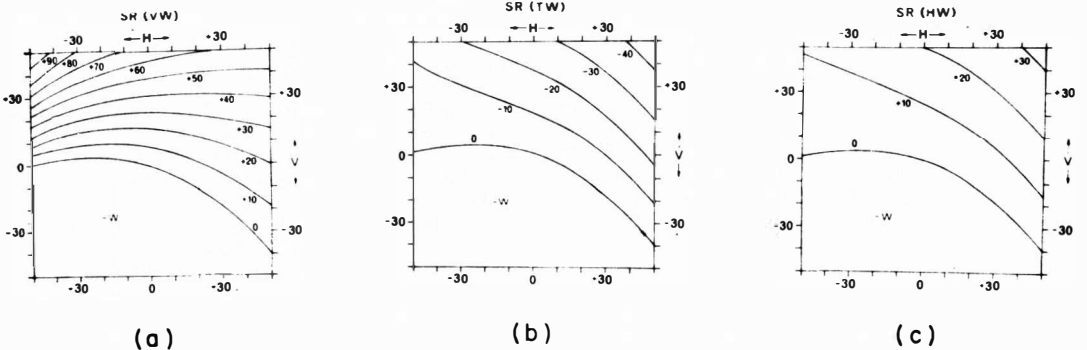


Fig. 3 — Distribuição do trabalho do reto superior nos planos de ação: a) vertical; b) torcional; c) horizontal.

Já para os oblíquos, embora algumas indicações corroborem o ensino tradicional das suas funções, outras sugerem noções diferentes. Assim:

e) para o oblíquo superior predomina a ação torcional, embora esta também seja muito discreta quando comparada à dos demais músculos. A ação depressora é de fato maior em adução (e depressão) (fig. 5 a); mas a inciclodutora é relativamente similar tanto em adução como em abdução (fig. 5 b)

enquanto a fraca ação abduutora encontra seu máximo em abdução (e depressão) (fig. 5 c).

f) O oblíquo inferior é um elevador com função aproximadamente igual tanto em abdução como em adução (fig. 6 a), o que também se repete para a ação exciclodutora (fig. 6 b); é contudo abduzor em abdução e adutor em adução (fig. 6 c).

De qualquer forma, predominam nitidamente as ações dos retos: a do medial para adução, a do lateral para abdução, a do su-

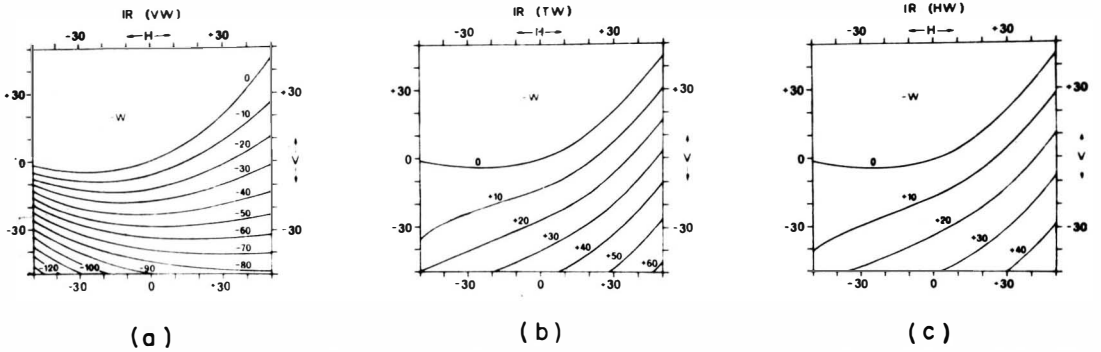


Fig. 4 — Distribuição do trabalho do reto inferior nos planos de ação: a) vertical; b) torcional; c) horizontal.

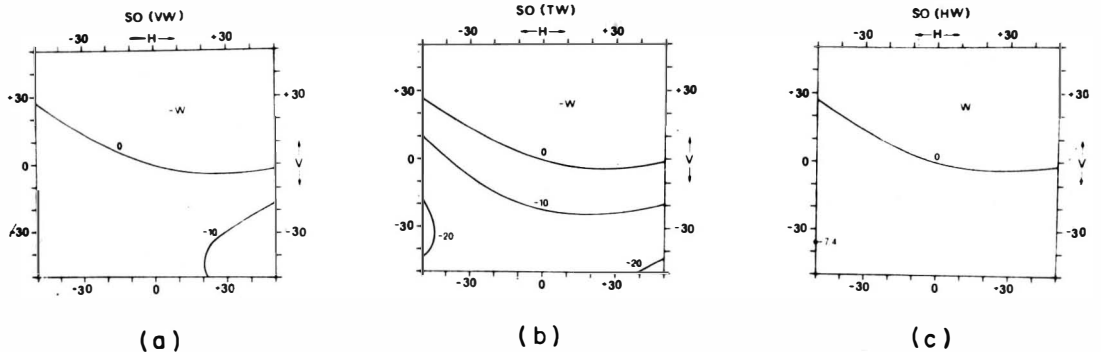


Fig. 5 — Distribuição do trabalho do oblíquo superior nos planos de ação: a) vertical; b) torcional; c) horizontal.

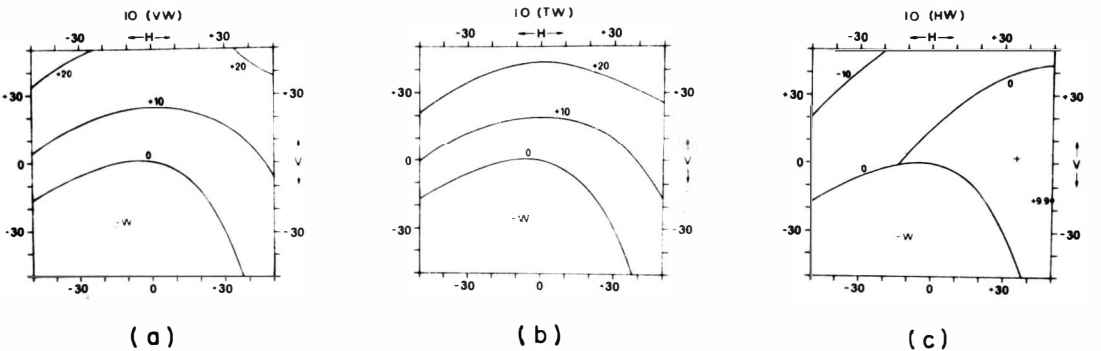


Fig. 6 — Distribuição do trabalho do oblíquo inferior nos planos de ação: a) vertical; b) torcional; c) horizontal.

perior para elevação e a do inferior para depressão. Enquanto as “posições diagnósticas” recebem confirmação para esses músculos (os retos verticais atuam mais em abdução do que em adução), não parece ter muito sentido dizer que o oblíquo inferior deva ser testado em “elevação e adução” (onde sua ação elevadora é praticamente a mesma da que se observa em elevação e abdução). Além do mais, o reto medial possuiria função vertical, nas posições de elevação e adu-

ção ou de abaixamento e adução (fig. 1 a) respectivamente maior do que a do oblíquo inferior (fig. 6 a) e do oblíquo superior (fig. 5 a) (\*). Assim, um desvio vertical que se mostrasse maior na “posição diagnóstica do oblíquo inferior” (adução e elevação) pode-

(\*) Para  $h = +35^\circ$  e  $v = +35^\circ$ , os valores da variável computada são, para o RM = +18,55 (fig. 1 a) e para o OI = +17,01 (fig. 6 a). Para  $h = +35^\circ$  e  $v = -35^\circ$  são, para o RM = -16,38 (fig. 1a) e para o OS = -11,98 (fig. 5 a).

ria ser causado por uma insuficiência do reto medial. O argumento de que então também faltaria capacidade de adução pode ser, pelo menos teoricamente, rebatido com a possibilidade de que essa função fosse cumprida por outros adutores (no caso, por exemplo, o reto superior, fig. 3 c, e dependendo da posição testada, o oblíquo inferior, fig. 6 c, e até o reto inferior, fig. 4 c). Fica então demonstrada a predominância de ação vertical nos retos verticais: a ação elevadora do reto superior (fig. 3 a) é maior que a dos demais elevadores (fig. 1 a, 2 a e 6 a) em, praticamente, qualquer posição de elevação, assim como a ação abaixadora do reto inferior (fig. 4 a) supera a dos demais depressores (fig. 1 a, 2 a e 5 a) em, praticamente, qualquer posição de abaixamento ocular.

Confirmam-se também as hipóteses etiológicas das variações em A e V: o reto superior é mais adutor em elevação e adução (fig. 3 c), o reto inferior em depressão e adução (fig. 4 c); o oblíquo superior, mais adutor em depressão e abdução (fig. 5 c); e o oblíquo inferior mais adutor em depressão e adução e mais adutor em elevação e abdução (fig. 6 c).

Poder-se-ia argumentar que o valor empregue da secção muscular (considerada no cálculo do "volume de contração"), diferente para cada músculo (ver capítulo IV) tenha causado uma influência ponderal discutível no resultado final apresentado. Realmente, entretanto, como o valor de S é constante para cada músculo, sua eliminação **não muda a disposição** das linhas apresentadas em cada um dos gráficos, apenas alterando o seu valor quantitativo. Desse modo, todas as conclusões tomadas para cada músculo, isoladamente (a a f), continuam a prevalecer, apenas podendo se alterar aquelas que **comparam** valores atribuídos aos diferentes casos.

#### RESUMO

A energia dispendida por um músculo durante uma rotação ocular a partir da posição primária (tomada como proporcional ao valor do encurtamento muscular durante a mesma); e a distribuição da força muscular pelos diferentes planos de ação vertical, torcional e horizontal, durante a mesma rotação (tomada como inte-

gração proporcional dos valores dos componentes vectoriais respectivos) representam aspectos complementares do estudo da função oculomotora. Quando consideradas simultaneamente, resulta uma nova variável, que é a da distribuição do trabalho muscular pelos diferentes planos, durante uma dada rotação ocular. Os valores dessa variável são expressos graficamente para todos os músculos, mostrando que: a) os principais músculos de ação horizontal são efetivamente os retos horizontais, assim como os principais músculos de ação vertical são os retos verticais; b) os retos verticais possuem ação vertical maior em abdução do que em adução, o inverso se dando entretanto para as ações torcional e horizontal (maiores em adução); c) a ação principal dos oblíquos é a torcional, mas a predominância dela sobre a vertical não é tão acentuada; distribui-se de modo aproximadamente uniforme em adução e abdução; d) a ação abaixadora do oblíquo superior é maior em adução, mas a abdução em adução; e) o oblíquo inferior se mostra adutor em adução (e abaixamento) e abductor em abdução (e elevação), embora sua ação vertical se distribua equilibradamente pelos campos de adução e abdução (o que tornaria discutível o conceito de sua posição diagnóstica em adução e elevação). As ações encontradas para os retos verticais e oblíquos, apoiam as hipóteses para as causas das variações em A e V.

#### SUMMARY

The energy which each muscle spends during an ocular rotation starting from the primary position (taken as proportional to the value of the muscular shortening accompanying the same rotation); and the distribution of the muscular force by the different (vertical, torsional and horizontal) planes of action on the same rotation (taken as the proportional integral of the values of the respective vectorial (components) represent complementary aspects on the study of the oculomotor function. When simultaneously considered, it results a new variable, which is that of the distribution of the muscular work by the different planes, during a given ocular rotation. The values of such a variable are graphically expressed for all muscles, showing that: a) the most important muscles for the horizontal action are, effectively, the horizontal recti, as well as the most important muscles for the vertical action are the vertical recti; b) the vertical recti have their vertical action greater in abduction than in adduction, the reverse being true for the torsional and horizontal actions (greater in adduction); c) torsion is the predominant action for the obliques but the difference to the vertical one is not so marked; it is almost uniformly distributed by the fields of adduction and abduction; d) ocular depression caused by the superior oblique is greater in adduction, but the abducting action is greater in abduction; e) the inferior oblique is an adducting muscle in adduction (and depression) and an abducting one in abduction (and elevation) though its vertical action is equally distributed by the fields of adduction and abduction (which does not confirm the concept of its diagnostic position in adduction and elevation). The actions of the vertical recti and obliques are in agreement with the hypotheses of the causes of the A and V patterns.