

Princípios teóricos de substituição de ação rotacional de músculo extra-ocular

VI - Efeitos de translação ocular e suas causas

Harley E. A. Bicas *

Para finalidades de estudos mecânicos, considera-se num sistema de pontos materiais interligados um "centro de massa" (ou centro de gravidade) sobre o qual o conjunto gira e, ou translada quando forças são aplicadas sobre ele. (Se apenas a força gravitacional é a atuante, o centro de massa é conhecido como "centro de gravidade" do corpo ou do sistema). Nesses estudos, o globo ocular tem sido caracterizado por uma esfera, rígida; e que por ser também tomada como homogênea, apresenta seu centro coincidente ao "centro de massa" do conjunto. É tal conceito que vem a ser representado pelo "centro de rotação" do olho.

Tem sido costume dizer-se que quando uma determinada força é normal (perpendicular) à superfície do globo ocular, manifestar-se-á como de **translação**, enquanto que se for tangencial (em qualquer ponto de sua superfície) produzirá uma **rotação**. E que apenas quando fosse inclinada em relação à superfície, daria simultaneamente um componente rotacional e um translacional. Na verdade, **qualquer** força, mesmo uma tangencial aplicada a uma esfera de massa finita, em repouso, tenderá **também** a deslocá-la, podendo pois falar-se (sempre) em translação (e rotação, exceto nos casos de aplicação normal da força) (**).

Por outro lado, o globo ocular se aloja na cavidade orbitária, cujo conteúdo atua sobre ele com forças que se opõem tanto a suas rotações (atrito) como a suas translações, isto é, deslocamentos em relação às paredes ósseas (forças de "sustentação" ou de resistência à compressão).

Assim, no estado de repouso muscular, as forças tangenciais de superfície (elásticas, passivas) se anulam entre si e um

(**) Lembre-se que a condição de equilíbrio de translação é a de que a resultante do sistema de forças aplicadas ao corpo seja nula. E que a condição de equilíbrio de rotação é a de que a soma (algébrica) dos momentos das forças que atuam sobre o corpo (i.e., relativamente ao seu "centro de massa") seja nula. Assim, a aplicação de uma força tangencial ao olho produzirá-lhe a translação e rotação.

eventual desequilíbrio entre elas é contrabalançado pelo atrito estático, impedindo-se rotações. Por outro lado, ao desequilíbrio translacional, reagem as forças normais à superfície do globo (e contrariamente à ação translacional imposta), cuja simbolização é dada por uma resultante aplicada ao "centro de massa" (ou centro de rotação que, simplificada é feito coincidir com o centro da "esfera" ocular).

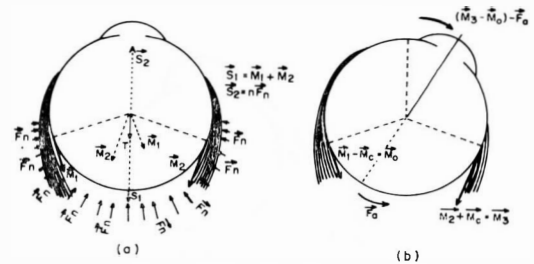


Fig. 1 — Forças de reação ou oposição a deslocamentos translacionais (a) ou rotacionais (b), aplicadas normal-

mente à superfície do globo (F_n) ou paralelamente a ela (atrito, F_t). No primeiro caso (a) as forças musculares e ou "elásticas" aplicadas (M_1 e M_2) tendem a

produzir translação (S_1) à qual se contrapõe a resultante (S_2) das "forças de reação" (F_n) (note-se que cada uma destas é proporcional ao co-seno do ângulo entre sua direção e a de S_1). A translação (T) ocorre

quando $S_1 \cong S_2$; (b): uma força adicional de contração ($M_3 + M_c$) com o respectivo relaxamento ($M_1 - M_c$) tende a produzir rotação ($M_3 - M_0$) à qual se contrapõe o atrito estático; e desde que haja

rotação, o atrito cinético (F_a).

No caso de uma contração muscular, considera-se o ponto de aplicação da força

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

como o de "inserção fisiológica" do músculo, ou seja, no local em que o músculo deixa de tangenciar o olho ("fim" do arco de contacto). É claro que se inexistisse um "arco de contacto" entre o músculo e o olho, então o ponto de aplicação da força é o de inserção anatômica do músculo (fig. 2).

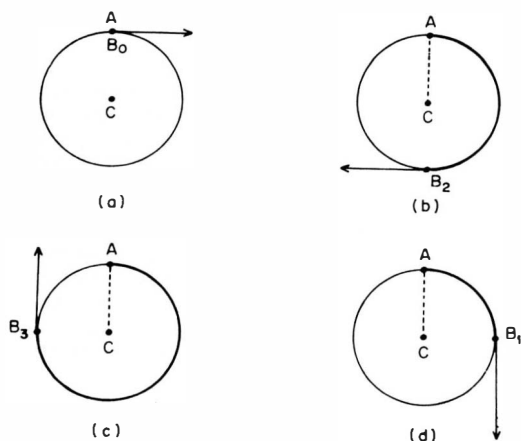


Fig. 2 — Representação de casos diferentes de aplicação de força sobre uma esfera (ou disco), apesar de todos possuírem o mesmo ponto de fixação do fio de tração (A). A rotação será, em todos os casos, no sentido horário; mas a translação, se houver, ocorrerá: para a direita (a), para a esquerda (b), para cima (c) ou para baixo (d) conforme o ponto de tração efetiva respectivamente em B₀, B₂, B₃ ou B₁). É o que ocorre, por exemplo, com uma roldana móvel.

Assim, a única condição em que se pode falar de uma rotação pura, é a de um sistema **conjugado**: duas forças aplicadas simultaneamente, uma em cada extremo de um eixo diametral, com igual módulo e sentidos opostos (i.e., mesmo sentido de torque) (figs. 3a, 4b). É isso, aliás, o que deve idealmente ocorrer quando se pretende uma rotação ocular normal: contração (aumento de força) de um músculo agonista e relaxamento (diminuição de força) **proporcional** do seu antagonista (Lei de Sherrington). Desde que essa proporcionalidade não seja obedecida (Figs. 3b, 4c), numa paralisia muscular, por exemplo (fig. 4d); ou sempre que essas forças tangenciais não estiverem em situações antipódicas (fig. 4g), convém considerar-se como possível resultado da ação muscular, a **translação** ocular.

Na prática, isso então ocorre (as aplicações de forças por contração e relaxamento muscular não se dão normalmente em pontos diametralmente opostos). E embora tal translação seja costumeiramente

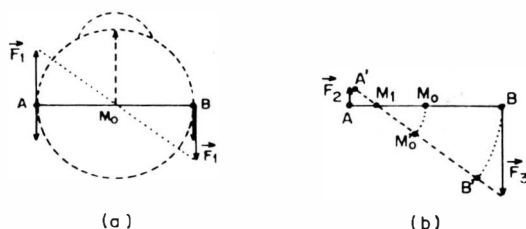


Fig. 3 — O centro de massa de dois corpos idênticos, A e B situa-se à meia-distância entre eles (M₀). (a) A aplicação sobre tais corpos de forças de mesmo módulo e sentidos opostos (F₁), faz com que eles girem em torno de M₀. (b) A aplicação de forças de módulos

diferentes, F₂ e F₃ (em sentidos idênticos ou opostos) faz entretanto que o corpo gire em torno de M₁: o ponto M₀ sofrerá pois um deslocamento a M₀', cuja definição dependerá da referência usada: rotação (em torno de M₁) ou translação (relativamente a M₀). (Forças aplicadas sobre a direção AB anular-se-ão, se iguais e com sentidos opostos; ou produzirão uma translação de A, B e M₀ sobre essa direção).

desprezada, dada sua pequena magnitude, explica o fato do centro de rotação ocular **não** ser fixo na órbita, mesmo na eventualidade de rotações fisiológicas normais (ALPERN, 1969). Mais importante que a magnitude real da translação é, todavia, o efeito que ela pode causar na limitação da própria rotação: quando o olho é, por exemplo, puxado para trás e, ou deslocado lateralmente pela ação de um músculo reto horizontal, ou pelo par de retos horizontais, comprime o conteúdo orbitário o qual, em consequência, tem sua "reação" em sentido **contrário** correspondentemente aumentada (até que novo estado de equilíbrio do sistema ocorra) provocando maior **atrito** (entre o olho e o material circundante) (*), (figura 5), que freia a rotação. A compressibilidade (inverso da elasticidade) do conteúdo orbitário é dada como variando entre cerca de 0,055 a 0,013 mm/g, para forças aplicadas de 100 gramas (com as quais são obtidos afundamentos do olho na órbita de 1,5 a 5,5 mm) a 300 g (com as quais a translação ocular é de 4 a 9 mm) (COPPER, 1948), não seguindo uma variação linear: forças de 100 e 200 e 300 g dão em média, deslocamentos de 0,037 e 0,029 e 0,023 mm/g (DYER & HENDERSON, 1958).

(*) A força de atrito máxima, quando um corpo deve deslizar sobre um plano, é proporcional à força normal deste sobre o corpo (reação do plano ao peso do corpo). Ora, se a aplicação de uma força destinada a provocar o movimento do corpo sobre o plano "comprimir" aquele sobre este, a normal (reação do plano sobre o corpo) aumentará, e daí o atrito.

É pois principalmente nessa **função frenadora** de uma rotação ocular, e menos no possível efeito (geralmente desprezível) de alteração posicional do olho na órbita, que se deve pensar como importante em estudos que abordarem causas e condições de movimentos translacionais.

Determinação da translação

Como já se viu, o conceito de translação é dependente do sistema referencial: na fig. 3b, por exemplo, pode-se falar em rotação pura do conjunto, em torno do ponto M_1 ; nessa condição, se se admite M_0 (que também se desloca) como definindo o centro de um sistema de eixos, em torno dos quais **rotações** são medidas ("centro de rotação"), então pode-se dizer que tal "centro de rotação" se "translada". Mesmo a translação linear de um ponto pode ser tida como uma rotação (em torno de um centro situado no infinito).

O que se costuma tomar como condição de definição dos movimentos oculares é o de rotações em torno do centro de massa ou centro do olho que ao se deslocar (girando ao redor de um outro "centro de rotação") caracteriza uma translação.

Em certas condições o estudo da força translacional ganha um relevo maior: quando, por exemplo, uma força muscular se mantém ou mesmo aumenta, ao invés de diminuir (uma patologia clássica que ilustra esse caso é o da síndrome de Duane) ou se uma restrição elástica (tecidos biológicos ou mola) se contrapõe a uma rotação (figs. 4 e, f).

Limitando-se apenas ao estudo de forças **tangenciais** à superfície do globo ocular, pode-se dizer que se duas forças de momen-

tos rotacionais opostos forem aplicadas (fig. 6):

a) A resultante rotacional terá por módulo a diferença entre elas e por sentido o da que predominar. Então, se as forças forem de mesma intensidade, não haverá rotação (figs. 6 a, b, c). Se forem desiguais (figs. 6 d, e, f), ocorrerá rotação no sentido da maior (F_3) com módulo dado pela diferença entre elas ($F_3 - F_1$).

b) A translação dependerá em sentido e módulo de uma resultante (não necessariamente construída sobre o centro de massa), a partir do sentido e módulo das forças componentes (figs. 6 e 7). Se as aplicações se derem em pontos antipódicos (figs. 6 a, d) o sentido é o mesmo do das componentes e o módulo equivale à soma dos módulos originais. Se as aplicações se derem opostas, mas no mesmo ponto, a translação pode ser nula (fig. 6 c) ou não (fig. 6 f) dependendo da resultante (esta se comporta como uma força tangencial, única).

A determinação das relações que influem sobre o valor da translação é a seguinte (figura 7).

Do paralelogramo de forças:

$$T^2 = F_a^2 + F_b^2 + 2 F_a F_b \cos(\alpha + \beta) = F_a^2 + F_b^2 - 2 F_a F_b \cos y \quad (I)$$

sendo $y = 180 - (\alpha + \beta)$ (*). Para a de-

(*) Assim, no caso em que $y = 180^\circ$ (figs. 6a, 6d), $T = F_a + F_b$ e se $y = 0$ (figs. 6c, 6f), $T = F_a - F_b$. Supondo-se $\alpha = 45^\circ = \beta$ (ou $y = 90^\circ$, vem: $T^2 = F_a^2 + F_b^2$. Se então $F_a = F_b$, $T/F_a = T/F_b = \sqrt{2}$. Para $F_b = 2 F_a$, $T/F_a = \sqrt{5}$, etc.

Fig. 4 — Representação esquemática de secção do olho num dado plano (p.ex., horizontal), mostrando: na coluna A, a aplicação de forças tangenciais (diametralmente opostas em b, c, e, f, ou fazendo ângulo 2θ em g); na

coluna B, a composição de forças atuantes sobre o olho (forças F_t tangenciais e diametralmente opostas (como em B), e respectiva resultante de "reação", aplicada no centro de massa O, mais as da coluna A); na coluna C, a resultante do sistema e seu ponto de aplicação, assim como valores do módulo da força de translação (T), distância de aplicação relativamente ao centro de massa (D) e momento ($R = T \cdot D$) (rotacional). Nas faixas horizontais: a) sistema em equilíbrio estático; b) sistema em equilíbrio dinâmico (conjugado) pelas forças de contração de um músculo ($+2 F_c$) e relaxamento correspondente do antagonista ($-2 F_c$); c) contração de um músculo ($+2 F_c$) e relaxamento insuficiente do antagonista ($-F_c$); d) contração de um músculo ($+2 F_c$), sem modificação da tonicidade do antagonista; e) contrações desiguais de um músculo ($+2 F_c$) e de seu antagonista ($+F_c$); f) contrações semelhantes de um músculo ($+2 F_c$) e de seu antagonista ($+2 F_c$); g) condição fisiologicamente idêntica à de b, mas mecanicamente diferente pela angulação entre as forças. Indica-se, na coluna A, o ponto de estabilidade E (novo centro de rotação) do sistema e na C a trajetória (em pontilhado) do ponto O (centro de massa).

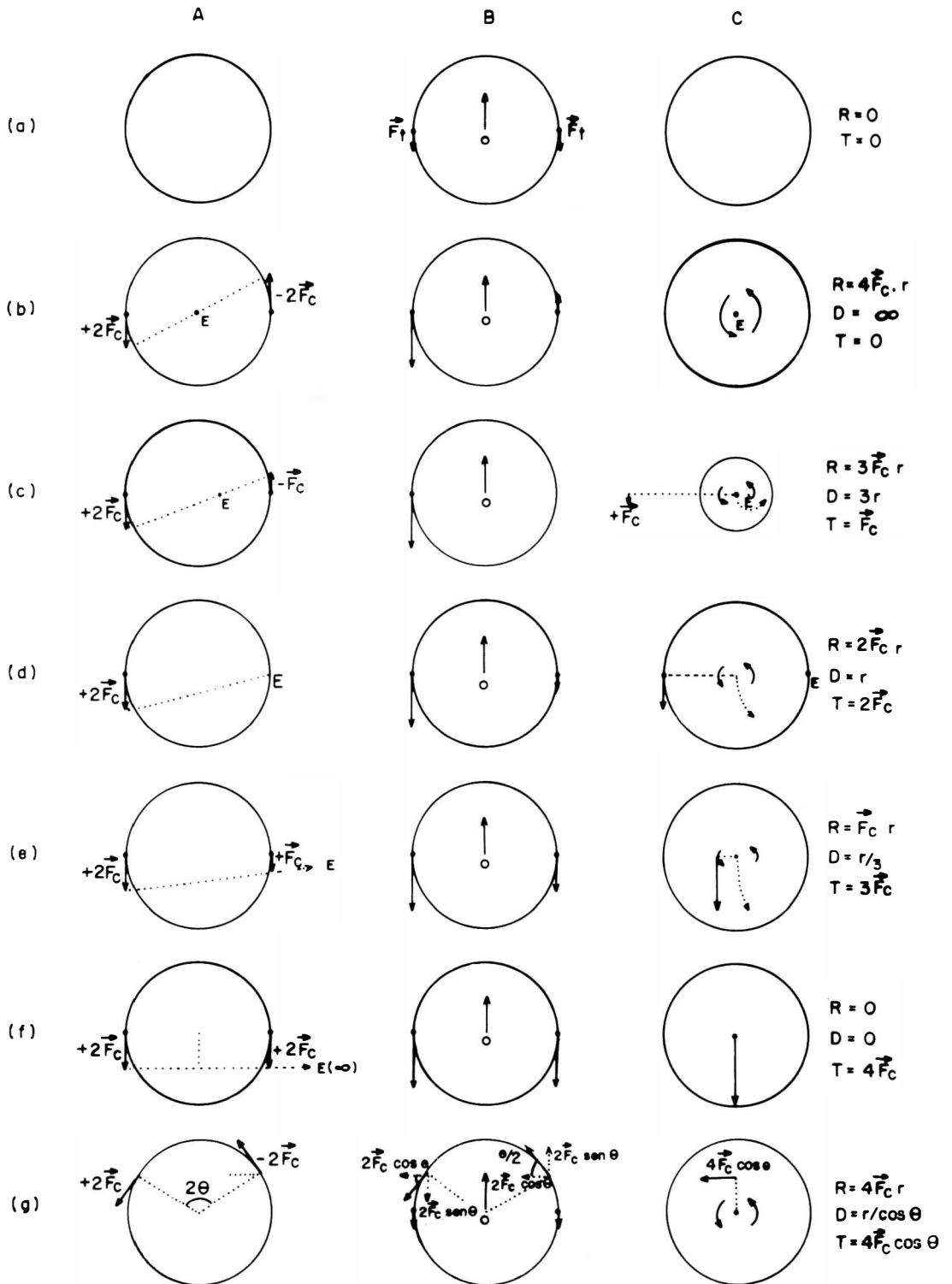


Fig. 4

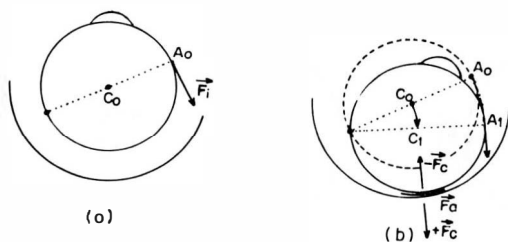


Fig. 5 — Esquema do olho na órbita: a aplicação de uma força tangencial sem a correspondente ação do músculo antagonista (a), faz com que haja um movimento combinado de rotação e translação (como na fig. 4d); (b): estado final de equilíbrio: mesmo sem se considerar o aparecimento de forças elásticas oponentes, a força de atrito ($\vec{F}_a$) freia a de rotação ($\vec{F}_i$). Note-se o aumento da “compressão” dos tecidos orbitários ($\vec{F}_c$) e sua reação ($-\vec{F}_c$).

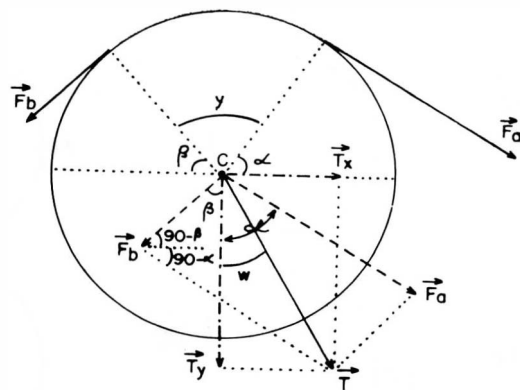


Fig. 7 — Relações entre forças aplicadas ($\vec{F}_a$ e $\vec{F}_b$), resultante ($\vec{T}$) e componentes da resultante nos dois eixos ($\vec{T}_x$ e $\vec{T}_y$) do plano considerado.

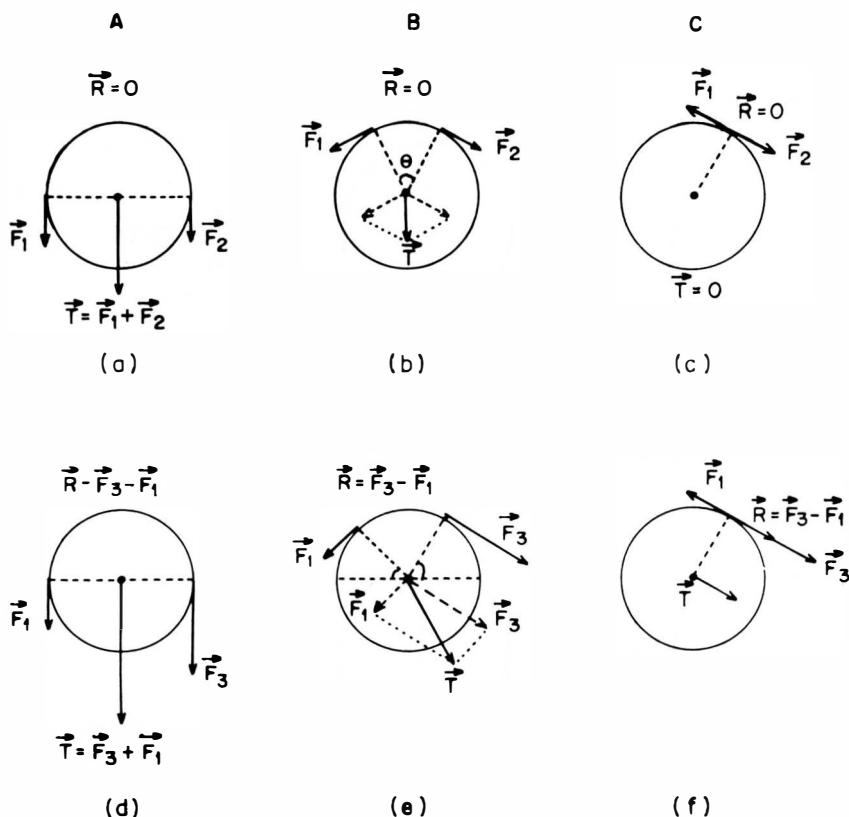


Fig. 6 — Representações de aplicações de forças sobre um mesmo plano do olho. Na coluna A, em posições diametralmente opostas em B, com angulações entre as forças; em C, forças aplicadas no mesmo ponto, mas com sentidos opostos; a, b e c: forças iguais ($\vec{F}_1 = \vec{F}_2$); d, e, f: forças diferentes ($\vec{F}_3 > \vec{F}_1$).

terminação de seus componentes T_x (translação sobre o eixo látero-medial) e T_y (translação sobre o eixo ântero-posterior) e sendo $T_y \hat{CT} = w$, arma-se o sistema:

$$T_x = T \sin w \quad (II)$$

$$T_y = T \cos w \quad (III)$$

$$F_a^2 = T^2 + F_b^2 - 2 T \cdot F_b \cos (\beta + w) \quad (IV)$$

$$F_b^2 = T^2 + F_a^2 - 2 T \cdot F_a \cos (\alpha - w) \quad (V)$$

de onde resulta:

$$T_x = F_a \sin \alpha - F_b \sin \beta \quad (VI)$$

e

$$T_y = F_a \cos \alpha + F_b \cos \beta \quad (VII)$$

Trata-se todavia de uma simplificação, já que tal solução, embora correta, restringe-se apenas a um plano (e às possíveis projeções de forças, no mesmo). Uma dedução mais genérica implicaria em se considerar um sistema tridimensional (cf. BICAS, 1981), mas para as condições particularizadas nas quais se pretende seu emprego, o estudo e suas fórmulas, satisfazem.

Efeito compressivo (Reação ocular às forças de translação)

É de se observar que as forças de translação, aplicadas perpendicularmente à superfície do globo, deveriam, nelas, provocar uma deformação elástica, com afundamento das mesmas. Se tal não ocorre, é porque as forças de reação oferecidas (pressão intra-ocular, rigidez escleral) contrabalançam a resultante ($\vec{F}$) da força que traciona o olho no sentido da rotação ($\vec{F}_a$) e da que reage à mesma ($\vec{F}_b$) (figura 8).

Assim a compressão ($\vec{E}$) depende das forças tangenciais à superfície e do ângulo entre elas ($180 - j$):

$$\vec{E} = \vec{F}_a^2 + \vec{F}_b^2 - 2 \vec{F}_a \cdot \vec{F}_b \cos j \quad (VIII)$$

$$\vec{E} \text{ como } \vec{F}_a = \vec{F}_b:$$

$$\vec{E} = 2 F_a \sin j/2 \quad (IX)$$

Chamando-se a a coordenada angular do ponto de "inserção fisiológica" da mola ou músculo (I) e sendo o ângulo de rotação

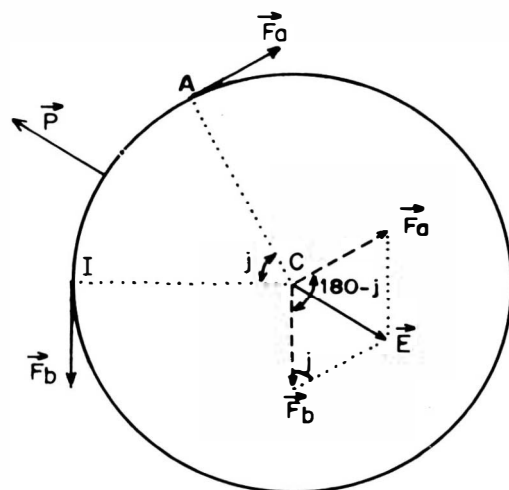


Fig. 8 — Esquema de distribuição de forças aplicadas

ao olho: tração para rotação ($\vec{F}_b$), reação ($\vec{F}_a$), resultante ($\vec{E}$) e resistência oferecida pelos tecidos oculares ($\vec{P}$). Se $P \geq E$ não há deformação ("afundamento") desses tecidos; mas se $E > P$ há compressão sobre eles, podendo até rompê-lo.

ocular correspondente a $j - m$ (figura 9), pode-se determinar o valor dos componentes dessa resultante $\vec{E}$ distribuídos sobre os eixos orbitários, isto é, $\vec{E}^2 = \vec{E}_x^2 + \vec{E}_y^2$, como sendo:

$$\vec{E}_x = \vec{E} \sin (a - j/2) \quad (X)$$

$$\vec{E}_y = - \vec{E} \cos (a - j/2) \quad (XI)$$

Pode-se também escrever (*):

$$\begin{aligned} \vec{E}_x &= \vec{F}_a \cos (a - j) - \vec{F}_b \cos a = \\ &= \vec{F}_a [\cos(a - j) - \cos a] \end{aligned} \quad (XII)$$

$$\begin{aligned} \vec{E}_y &= \vec{F}_a \sin (a - j) - \vec{F}_b \sin a = \\ &= \vec{F}_a [\sin (a - j) - \sin a] \end{aligned} \quad (XIII)$$

Note-se que a resultante $\vec{E}$ sendo diretamente proporcional ao valor da rotação ocular (j), muda não só seu módulo com ela, mas também a direção (e sentido) na qual a aplicação se faz (figura 10).

(*) F.XII e F.XIII resultarão também da substituição de F.IX em F.X e F.XI.

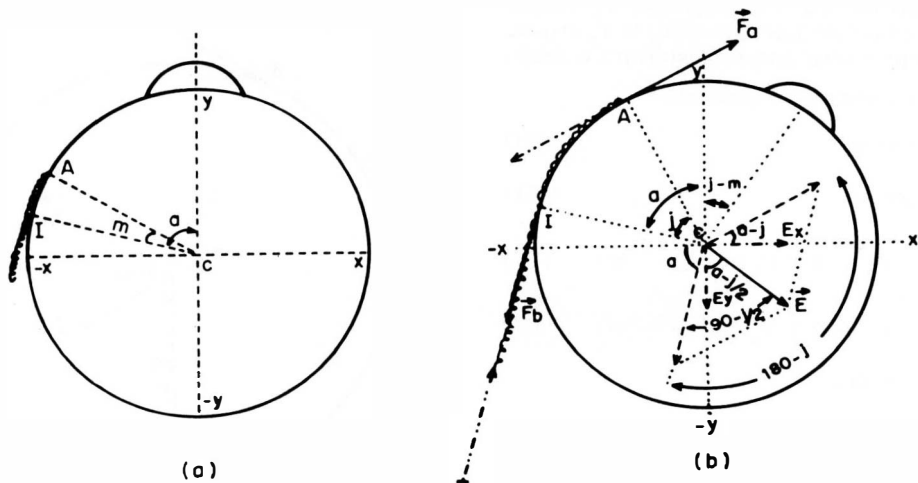


Fig. 9 — Relações angulares entre pontos de inserção de uma mola sobre o olho (A), ponto crítico de tangência (I), arcos de contacto inicial (m) e final (j), forças de distensão ($\vec{F}_a$) e de reação ($\vec{F}_b$), resultante ($\vec{E}$) e componentes nos eixos do plano ($\vec{E}_x$ e $\vec{E}_y$).

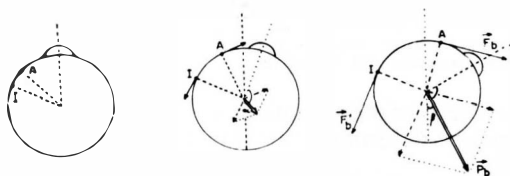


Fig. 10 — Variações do módulo e direção da resultante de compressão da mola sobre o olho, conforme o ângulo de rotação do mesmo e, pois, das forças atuantes sobre a mola.

Entretanto, esse efeito "compressivo" ocorre igualmente mesmo que o músculo não se distenda, nas contrações isométricas (em que a energia desenvolvida como força de tração fica contrabalançada por outra força de módulo igual e sentido rotacional contrário) do qual o exemplo mais simples é o das co-contracções (síndrome de Duane, olho imóvel na convergência assimétrica): os comprimentos dos músculos não são alterados, mas suas trações em sentidos contrários (aumentadas), embora se anulem para rotação, somam-se vetorialmente para translação.

O aumento da pressão intra-ocular ocorrendo nessas condições, não pode ser imputado como devido diretamente a essas forças: elas não deformam o olho (não diminuem seu volume) e portanto não podem produzir tal aumento de pressão. É a reação dos tecidos orbitários à translação pro-

duzida pelas forças, que comprime o olho (diminui seu volume e pois aumenta sua pressão interna).

Efeito antiflexionante

Por esse nome, entender-se-á um fator adicional de compressão de paredes oculares (e pois de translação) devido à tendência de um elástico sobre elas aplicado (músculo, mola) a voltar ao eixo normal de ação. Trata-se, na verdade, de uma elasticidade de flexão da mola, distinta da de sua distensão ou compressão ao longo de seu maior eixo (figura 11).

Assim, mesmo que se considere a eventualidade de uma rotação pura, sem qualquer efeito translacional, como a gerada pela aplicação de forças de igual módulo e igual sentido rotacional, aplicadas em pontos diametralmente opostos ao centro de massa (figs. 3a, 4b), haverá, no caso particular do olho, essa nova condição a ser considerada como geradora de translação (a causada pelo efeito de flexão elástica de um músculo sobre a superfície do globo ocular e sua conseqüente compressão sobre o mesmo).

A aplicação de u'a mola sobre o olho com o fim de tracioná-lo, exercerá então sobre suas paredes um duplo efeito: um de tração tangencial (forças $\vec{F}_a$ e $\vec{F}_b$, figuras 8 a 10) e um de compressão propriamente dita (forças $\vec{F}_j$, figura 11). Ambos contribui-

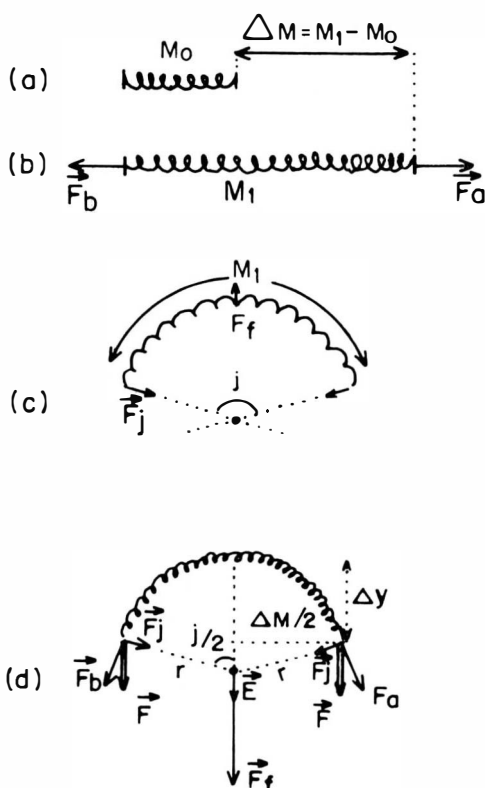


Fig. 11 — Estados de u'a mola: a) em repouso; b) distendida ao longo de seu maior eixo; c) fletida sobre este maior eixo. Note-se que nessa flexão, o comprimento M_1 (distendido) não é alterado e que as forças que a provocam (F_j) têm resultante que se contrapõe à resistência do ponto de apoio (F_f); d) distribuição final das forças e suas resultantes (*).

ção, como já visto (fig. 11d) para translação ocular, atuando pois como forças frenadoras de rotação. Mas mais importante que isso é a possível consequência de lesão (até secção) dos tecidos subjacentes à mola.

Quanto menor a flexibilidade da mola, mais forças serão aplicadas diretamente so-

(*) As seguintes correlações podem ser estabelecidas:

$$\vec{F}_a = k_d \Delta M = \vec{F} \sin j/2$$

sendo k_d o coeficiente de elasticidade de distensão;

$$\vec{F}_j = \vec{F} \cos j/2 \text{ e } \vec{F} = k_f \Delta_f = k_f r (1 - \cos j/2)$$

sendo k_f o coeficiente de elasticidade de flexão.

Como, além disso, $j = M_1 \cdot 360/2\pi r$, pode-se

deduzir $\vec{F}_j$ e $\vec{F}_a$ a partir de k_f (ou k_d e M_1), r e j (conhecidos).

bre a superfície do olho, para sectioná-lo. Além disso, menor também a área sobre a qual essas forças atuam, isto é, maior a pressão cortante (P_f) exercida:

$$\vec{P}_f = \vec{F}_f/S$$

Mas por outro lado, a deformação de flexão é diretamente proporcional à distensão da mola (ângulo de rotação ocular).

Em síntese, pelo já exposto, a aplicação de uma força tangencial à superfície do olho, tende a produzir sobre ele rotação e translação (do centro de massa), ou seja, fazer com que o conjunto gire em torno de um novo centro de rotação. Nessas condições é possível, teoricamente, que u'a mola não se distenda (fig. 4d) e dependendo da posição em que é fixada, chegue mesmo a se encurtar (*). Na prática, todavia, a translação não é livre como se poderia teoricamente esperar, contrapondo-se a ela as forças de reação do conteúdo orbitário à sua compressão (veja figs. 1 e 5) além da inércia do sistema, forças elásticas contrárias e o próprio atrito.

Tais "forças de reação" correspondem a um aumento da "frenação" (atrito, principalmente) e consomem parte da energia aplicada ao olho sob forma de força tangencial; mas a rotação que se dá distende a mola; se a resistência oferecida pela mola à sua

distensão é $\vec{F}_h$, esta pode ser considerada como parte da força que é aplicada pelo músculo (figs. 10, 12). No ponto de equilíbrio, a força útil (para rotação) aplicada pelo músculo é a que distende a mola. Neste,

não há mais rotação ($\vec{F}_a = \vec{F}_b + \vec{F}_c$) e a translação será neutralizada pela reação às

forças $\vec{P}_a$, $\vec{P}_b$ e $\vec{P}_c$ (figura 12).

Note-se, pela figura 12, que a pressão final exercida pela mola (arco $\overline{MO}$) não é diferente da que ocorre na "parede livre" (arco $\overline{AM}$). Aliás, também um músculo exerceria, no lugar da mola, o mesmo efeito "compressivo" desta. A única diferença é que a resultante de forças tendente a provocar o colapso da parede (arco $\overline{AM}$, figura 12a) é contrabalançada pela pressão intraocular (e pela própria resistência da parede); no caso da mola (arco $\overline{MO}$, figura 12b) sendo menor a superfície por onde a força se aplica, pode ocorrer sulcamento e secção.

(*) No caso de já estar inicialmente em repouso, entraria em "complacência". Sobre o assunto veja-se um artigo anterior desta série (III).

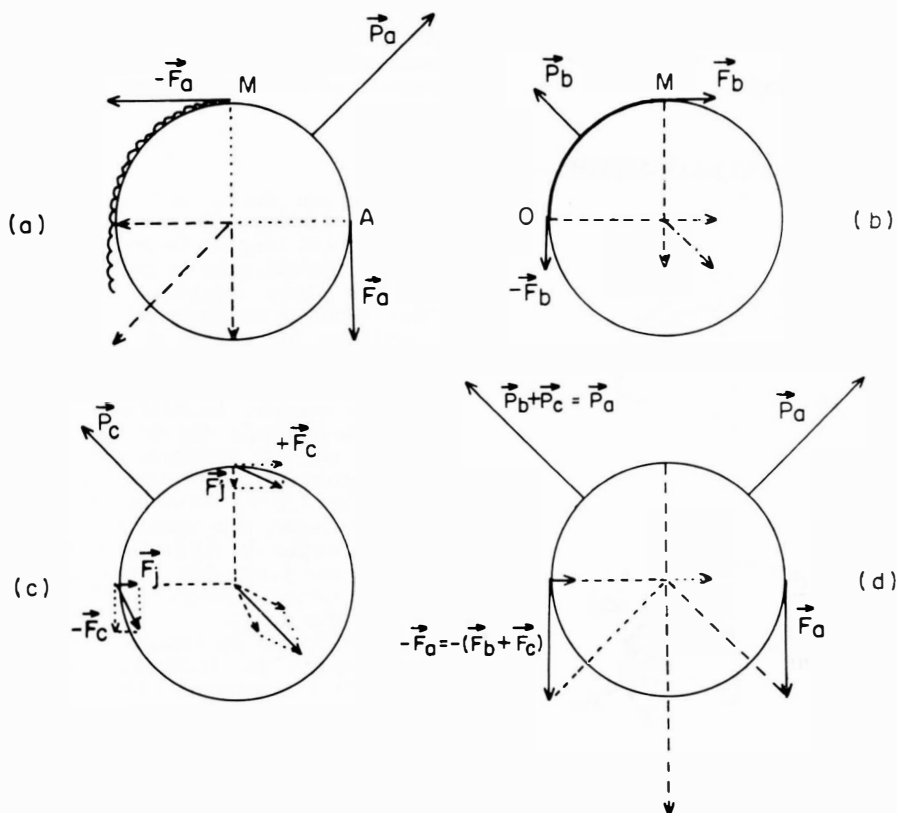


Fig. 12 — Composição de ações reacionais do olho (pressão intra-ocular, rigidez escleral) às forças aplicadas em sua superfície: (a): componente próprio às "paredes"; (b): componente devido à distensão da mola; (c) componente devido à flexão da mola; (d) resultantes finais.

RESUMO

Com exceção do caso em que um par de forças (de igual módulo, mesmo sentido rotacional e diametralmente opostas) seja aplicado ao olho, qualquer outra modificação do equilíbrio oculomotor será acompanhada de translação ocular. O efeito principal da translação é de aumentar o atrito e assim frear uma rotação eventualmente a ela associada. Os valores do vetor de translação são determinados em função das forças aplicadas ao sistema. Estuda-se também o efeito deste vetor sobre as paredes oculares e a possibilidade de que a pressão da mola sobre as mesmas cause alguma lesão sobre elas.

SUMMARY

Except the case of two forces with the same (modulus) the same sense of rotation and in diametral opposition, any other alteration of the oculomotor balance will produce an ocular translation. The main effect of the translation is that of increasing the atrict and therefore to brake an eventually associated rotation.

The values of the vector of translation as function of their component forces, are determined. The effect of this vector upon the ocular walls as well as the possibility of their lesions by the pressure exerted by a spring laying over them, are also studied.

BIBLIOGRAFIA

- ALPERN, M. (1969) — Specification of the Direction of Regard. In: The Eye, Vol. III (Muscular Mechanisms), H. Davson edit., Academic Press, New York and London, pp. 5-12.
- BICAS, H. E. A. (1981) — Estudos da Mecânica Ocular. II: Análise das rotações oculares. Arq. Bras. Oftalmol., 44: 26-36.
- COPPER (1948) — Introduction to Clinical Orbitonometry, Leiden. Citado por Duke-Elder & MacFaul, 1974.
- DUKE-ELDER, S. & MACFAUL, P. A. (1974) — The Ocular Adnexa, Part II, pp. 790. In System of Ophthalmology, S. Duke-Elder, edit., Henry Kimpton, London.
- DYER, J. A. & HENDERSON, J. W. (1958) — Orbitonometry in unilateral exophthalmos. Am. J. Ophthalmol., 45 (2): 208-221.