

# Considerações sobre as transposições dos músculos retos. O deslizamento lateral

*Some thoughts about rectus muscles' transpositions. The side slip*

Carlos R. Souza-Dias <sup>(1)</sup>

## RESUMO

As operações chamadas “transposições musculares” têm-se demonstrado úteis para a correção de certos tipos de estrabismo, tanto comitantes como incomitantes. A interpretação mecânica do efeito da cirurgia tem, entretanto, sido alvo de discrepâncias, que partem já da interpretação dos fatos fisiológicos relativos aos músculos retos.

Os antigos tratados mostravam que uma a dução ocular em direção perpendicular ao plano de ação de um músculo reto provoca um deslizamento deste sobre a esclera, de modo a que ele assume sempre o trajeto mais curto entre as duas inserções. Teorias modernas têm afirmado o inverso, isto é, que os músculos retos atravessam formações semelhantes a polias, situadas na região equatorial do olho, que impedem fortemente os movimentos de translação. Isto garantiria a imutabilidade da ação do músculo, qualquer que seja a posição adotada pelo olho. Alguns trabalhos, que assumem essa linha de pensamento, afirmam que aquelas estruturas impedem o deslizamento lateral dos músculos inclusive nas operações de transposição muscular, como a de Hummelsheim.

O autor exhibe fotografias de atos cirúrgicos, mostrando que as estruturas são destruídas durante esse tipo de operação, pois a posição dos músculos mostra que há translação, pelo menos a partir de uma região situada atrás do pólo posterior do olho, como, aliás, a própria técnica cirúrgica sugere, pois as estruturas perimusculares são seccionadas até cerca de 15 mm para trás da inserção muscular, portanto bem para trás do equador; qualquer polia existente na região do equador é obrigatoriamente seccionada, liberando o músculo para que assumo um grande círculo ao redor do olho (o caminho mais curto entre o “ponto de mudança de direção” e a nova inserção).

Aproveitando o ensejo, o autor exhibe “curvas comprimento-força” realizadas durante as operações, mostrando que as operações tipo “Carlson & Jampolsky, para a paralisia de abdução, criam certa limitação passiva de adução, contrariamente à cirurgia de Knapp para a assim chamada “dupla paralisia de elevadores”.

Como corolário dessas demonstrações, o autor contesta a maneira como Knapp propôs a reinserção dos músculos horizontais, transpostos para junto à inserção do reto superior. Ele os reinsere em direção próxima à perpendicular à espiral de Tillaux, quando, na verdade, devem ser inseridos paralelamente a ela, sob pena de diminuição do efeito elevador desejado, pois, da sua maneira, as fibras inferiores dos músculos ficam mais tensas do que as superiores, transferindo para baixo a resultante das forças.

**Palavras-chave:** Transposições musculares, princípios mecânicos.

<sup>(1)</sup> Professor Livre Docente pela Universidade Federal de São Paulo (E.P.M.) e Professor Titular da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo.

Desde a proposição de Hummelsheim, em 1907<sup>1</sup>, muitas formas de transposições perpendiculares dos músculos retos têm sido propostas para a correção de diferentes tipos de desvios oculares. Podemos considerar as seguintes propostas como marcos no desenvolvimento dessas técnicas: M. Álvaro, em 1952<sup>2</sup>, sugeriu pequenas transposições dos retos horizontais para a eliminação de pequenas hipertropias (HT) associadas a desvios horizontais comitantes. Knapp, em 1969<sup>3</sup>, propôs a transposição de ambos os retos horizontais em direção à inserção do reto superior, para a correção da hipotropia causada pela assim chamada dupla paralisia dos elevadores. Em 1971<sup>4</sup>, Dunlap propôs a transposição dos retos horizontais em direção à inserção do reto inferior, para a correção da HT provocada pelo que ele chamou "dupla hipofunção dos depressores". Em 1979<sup>5</sup>, Carlson & Jampolsky introduziram uma modificação à técnica de Hummelsheim para a correção da paralisia do reto lateral, tornando-a ajustável e flutuante, a fim de evitar a criação de desvios verticais na posição primária.

Todo cirurgião que têm experimentado as transposições perpendiculares de músculos retos antagonistas sabe que elas geralmente produzem bons resultados. Esta é a prova de que, quando transpomos dois músculos retos antagonistas, perpendicularmente aos seus planos de ação, criamos um novo vetor de força, às expensas das suas ações normais. Este efeito é possível porque a operação leva à translação das suas linhas de força (a linha que passa pelos centros das linhas de origem e de inserção fisiológica do músculo). Podemos considerar que ambos os retos horizontais, por exemplo, quando em repouso, têm um plano de ação comum, determinado pelas suas linhas de ação. Normalmente, na posição primária do olhar, esse plano contém o centro de rotação do olho e, conseqüentemente, a força resultante da soma das suas forças (derivadas da tensão passiva, determinada

pela elasticidade e pelo tonus inervacional de repouso) tem a retração do bulbo ocular como seu único efeito. Mas, se transpusermos ambos os músculos para cima, como na operação de Knapp<sup>3</sup>, o plano de ação comum não mais contém o centro de rotação, o que leva à emergência de um braço de alavanca (momento de força); a força resultante é retratora e elevadora. O resultado da soma das forças de dois músculos antagonistas é chamado "efeito rédea" ("bridle effect" da literatura de língua inglesa). Quanto maior a transposição, maior é o componente elevador e menor o retrator. Na posição primária, antes da operação, o plano de ação comum bissecta o bulbo num grande círculo (ação simples) e, depois dela, fá-lo num pequeno círculo (ação complexa).

A translação das linhas de força somente é possível porque os músculos deslizam lateralmente sobre a esclera e, conseqüentemente, deslocam-se em relação às paredes orbitárias. A existência e a magnitude desse deslizamento lateral têm sido extensivamente discutidas nos últimos anos, tanto em relação à fisiologia de olhos normais como quanto ao resultado das transposições cirúrgicas.

Os antigos tratados consideravam, nos seus capítulos de fisiologia oculomotora, que os músculos adotam sempre o menor trajeto entre as suas inserções, o que levaria a um enorme deslizamento lateral quando o olho gira em torno de um eixo contido no seu plano de ação<sup>6,7,8</sup> (Fig. 1). Se as coisas ocorressem dessa maneira, a movimentação harmônica do olho seria impossível,

pois a ação de cada músculo modificaria-se dramaticamente em cada pequeno movimento ocular. Esse deslizamento lateral exagerado certamente não ocorre, pois o músculo é envolto em estruturas fibro-elásticas que restringem os seus movimentos laterais e tendem a estabilizar a sua posição em relação às paredes da órbita. Algumas dessas estruturas são as membranas intermusculares e as expansões ligamentosas entre a bainha muscular e a esclera (os assim chamados "foot-plates") e entre aquela e o periósteo orbitário (os ligamentos contensores ou "check-ligaments"). Atrás do bulbo ocular, o músculo é imerso em gordura orbitária e tecido conectivo, como foi descrito por Koorneef<sup>9</sup>, que também tendem a restringir os movimentos laterais. Recentemente surgiu a teoria das polias, que advoga a existência de estruturas perimusculares muito rígidas, no nível aproximado do equador do olho, que envolvem os músculos retos e impedem inteiramente os seus deslocamentos laterais<sup>10,11</sup>.

Se essas estruturas fossem inteiramente inelásticas, a ação dos músculos seria imutável; um reto medial, por exemplo, seria sempre adutor, tanto em posição primária como em infra ou em supravessão e um reto superior seria sempre somente elevador. Os tecidos perimusculares agiriam como a capa do cabo do acelerador do automóvel; ela determina em cada ponto do cabo a direção da sua ação, impedindo-o de adotar o caminho mais curto entre as suas extremidades. O pé do motorista pressiona o acelerador numa determinada dire-

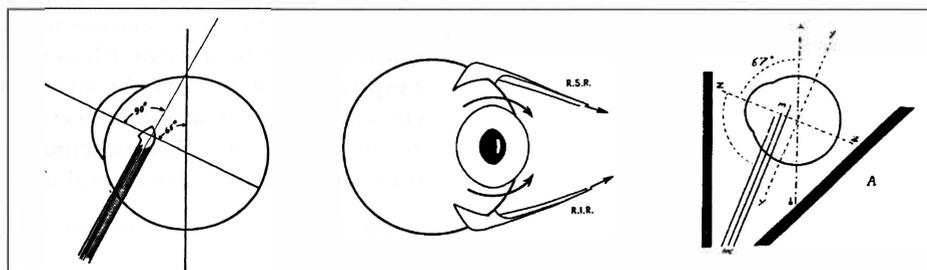


Fig. 1 - Trajeto dos músculos retos verticais em adução, segundo antigos tratados: esquerda - Scobee<sup>6</sup>; centro - Hugonnier<sup>7</sup>; direita - Castanera Pueyo<sup>8</sup>.

ção e o cabo aciona o carburador às vezes em direção perpendicular a ela. Esse fato, em relação aos músculos oculomotores pode ser apreciado na figura 2. A recente teoria das polias será inteiramente correta<sup>10,11</sup> se elas forem, como dizem os autores, totalmente rígidas e os músculos puderem deslizar longitudinalmente dentro delas, como faz o tendão do oblíquo superior dentro da sua tróclea. Miller & Robins<sup>12</sup> e Simonsz & cols.<sup>13</sup> demonstraram, por meio de imagens de ressonância magnética (RM), que o corpo muscular permanece essencialmente fixo em relação às paredes orbitárias durante os movimentos oculares em indivíduos normais. Podemos compreender esse fato, pois as forças que tendem a induzir o músculo a adotar o caminho mais curto entre as suas inserções é muito pequena, incapaz de estirar lateralmente os tecidos perimusculares. Scott<sup>14</sup> reportou a sua experiência peroperatória com dois pacientes anestesiados: provocou passivamente uma infra-adição de 45°, criando relativa tensão nos tecidos perioculares na região supralateral; seccionou então a membrana intermuscular nessa região e observou imediatamente um deslizamento do corpo do reto lateral para baixo, de 1 a 2 mm. Ele não informou a que distância da inserção muscular fez a marca na esclera para observar o deslizamento (é óbvio que este será tanto menor quanto mais próximo à inserção escleral).

Mas todos os que operam estrabismo sabem que essas estruturas perimusculares não são inteiramente rígidas. Não há, evidentemente, um deslizamento total do músculo como mostram os antigos tratados, mas o percurso do músculo tampouco é imutável como o cabo do acelerador do automóvel. Estou convencido de que há um pequeno deslizamento lateral (Fig. 2) em condições normais. Há uma manobra que mostra claramente a elasticidade das estruturas perimusculares e o consequente deslocamento lateral do corpo muscular em determinadas condições,

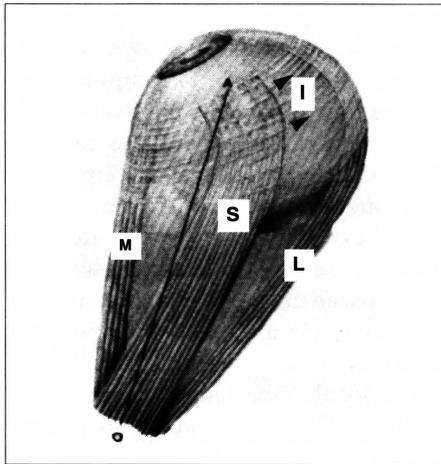


Fig. 2 - Ação restritiva das membranas intermusculares e ligações músculo esclerais e músculo orbitárias<sup>21</sup>. S = reto superior; M = reto medial; L = reto lateral; I = membrana intermuscular; O = origem do reto superior e A = sua inserção. As flexas mostram como as membranas intermusculares impedem o reto superior de adotar o trajeto mais curto entre as suas inserções (A-O). Figura retirada do livro "Estrabismo"<sup>22</sup>.

que permitem o surgimento do assim chamado "efeito rédea". Há alguns casos de síndrome de Duane em que há amplos movimentos verticais anômalos ("up e downshoot") à tentativa de adução do olho afetado, principalmente nos tipos 2 e 3 da classificação de Huber<sup>15</sup>. Por coincidência, Scott<sup>16</sup> e eu<sup>17</sup> propusemos a mesma explicação mecânica para esse fenômeno, na mesma sessão de temas livres do "Smith-Kettlewell Symposium on Basic Sciences on Strabismus", anexo ao V Congresso do CLADE, no Guarujá, em 1976. A manobra consta do seguinte: pedimos a um desses pacientes que fixe com o seu olho são um objeto numa posição em que ele se coloque em supra-abdução; o olho afetado se posiciona numa supra-adição exagerada. Começamos, então, a baixar a mão lentamente, conservando o olho são sempre em abdução. Inicialmente, o olho afetado mantém-se imóvel; após algum tempo, ele começa a baixar, porém mais lentamente do que o olho fixador. A retração começa a aumentar. Há um momento em que o olho fixador está já abaixo do plano horizontal e o afetado ainda está acima dele. No

exato momento em que este ultrapassa o plano horizontal, quando a retração é máxima, realiza um brusco movimento de abaixamento ("downshoot"), colocando-se em infra-adição exagerada, abaixo do olho fixador, que ainda está descendo; a retração diminui abruptamente. Se movermos agora a mão para cima, o fenômeno manifesta-se em sentido oposto.

Outra maneira de realizar a experiência é fazer com que o olho são abduza, conservando o afetado estritamente no plano horizontal. O único movimento deste será uma retração e pequena ou nenhuma adução. Repetimos então o movimento de abdução do olho bom, situando em discreta elevação; este subirá energicamente, como se houvesse forte hiperfunção do oblíquo inferior. Repetimos depois a manobra, colocando o olho afetado em discreta infra-adição; este agora realiza um forte abaixamento, como se houvesse intensa hiperfunção do oblíquo superior.

Esse fenômeno somente pode ser explicado pelo efeito rédea. Aliás, Miller, Demer & Rosebaum<sup>18</sup> demonstraram, por meio de RM, o deslizamento lateral em um dos seus pacientes portadores de síndrome de Duane, que exibia "downshoot". Quando o olho afetado é posicionado exatamente no plano horizontal e tenta aduzir, o plano comum de ação dos retos horizontais contém o centro de rotação do olho e a sua ação é exclusivamente retratora, que é então máxima. Quando os olhos giram ligeiramente para cima, por contração dos músculos elevadores, as inserções esclerais dos músculos horizontais deslizam para cima sobre a esclera. Como a força de cada um deles encontra uma força antagonista devido à co-contracção, a força resultante é muito intensa, os músculos tornam-se muito tensos e a sua tendência a adotar o menor trajeto entre as duas inserções é muito forte. Isto induz um estiramento dos tecidos perimusculares na região oposta ao sentido do movimento; os corpos musculares, ao tornar-se retilíneos, deslizam para cima sobre a esclera, o que leva o

plano de ação de cada um deles, e conseqüentemente o plano comum, a deslocar-se na mesma direção. O plano comum de ação posiciona-se então acima do centro de rotação do olho, o que resulta no surgimento de um braço de alavanca (momento de força). Passa a haver, então, um novo vetor elevador, à custa do vetor retrator, que é reduzido proporcionalmente. Quanto maior a supradução, maior o momento da força, portanto maior a força elevadora e menor a retratora. A força desse efeito rédea soma-se à dos músculos elevadores, então inervados, e encontra o relaxamento dos abaixadores, o que faz com que o olho suba rapidamente ("upshoot"), enquanto a retração diminui bruscamente. Quando o olho fixador começa a descer, mantendo a abdução, o afetado permanece imóvel porque a potência do efeito rédea é neste momento superior à força dos músculos abaixadores, minimamente inervados. Aumentando a força destes, o olho começa a baixar, ao aproximar-se ele do plano horizontal, a força retrátil dos retos horizontais cresce e soma-se à do reto inferior, agora já fortemente inervado - há então, 3 músculos tracionando o bulbo para dentro da órbita. Este é o motivo de ser a retração nesse momento máxima. Assim que o olho ultrapassa o plano horizontal, o componente vertical do efeito rédea inverte-se (torna-se abaixador), somando-se agora à força depressora dos músculos abaixadores (os elevadores já estão relaxados) - o olho desce rapidamente ("downshoot"). A retração é novamente reduzida.

Se concluímos que esses movimentos verticais anômalos da síndrome de Duane são provocados pelo efeito rédea dos retos horizontais, temos obrigatoriamente de aceitar a existência de um marcado deslizamento lateral desses músculos. A teoria da contração anômala dos retos verticais para explicar esse fenômeno<sup>18</sup> é difícil de aceitar. É possível aceitá-la nos casos em que o movimento vertical não é tão rápido e

quando há apenas elevação ou apenas abaixamento ("up ou downshoot"). Quando há ambos os componentes, embora filosoficamente possível, é difícil crer que o reto superior se contraia plenamente no exato instante em que o olho ultrapassa para cima o plano horizontal e relaxa-se bruscamente, enquanto o reto inferior contrai-se também bruscamente, e com toda a sua força, quando ele ultrapassa o plano horizontal ao descer. Seria uma anomalia inervacional demasiado caprichosa.

Bloom, Grabies & Mardelli<sup>19</sup>, estudando por meio de RM dois casos de síndrome de Duane, nos quais havia movimentos verticais anômalos, não observaram deslocamento lateral dos retos horizontais em relação às paredes orbitárias. Concluíram que a teoria do efeito rédea deve ser modificada nesses casos. Note-se, entretanto, que no seu caso 1 havia apenas "upshoot" e, no caso 2, apenas "downshoot". Não forneceram informações sobre a velocidade dos movimentos. Além disso, o plano em que observaram a posição dos corpos musculares foi o do pólo posterior do olho; não viram o que ocorria com eles anteriormente a esse nível.

A prova definitiva de que esses movimentos verticais anômalos são provocados pelo efeito rédea dos retos horizontais é o fato de que aqueles desaparecem após o retrocesso destes músculos ao equador do olho, como propus para o seu tratamento<sup>17</sup>, assim como após o ancoramento dos corpos musculares à esclera no nível do equador (fadenoperation), como aconselhado por Scott<sup>16</sup>. Ficando os músculos inseridos nas antípodas do eixo horizontal do olho, as suas inserções não mais se deslocam verticalmente com os movimentos verticais do olho, o que elimina o deslizamento lateral e a formação do efeito rédea.

Analisemos agora as transposições cirúrgicas simétricas de músculos retos antagonistas. Nestas operações, nós artificialmente movemos as suas inserções, como se o olho se movesse em

torno de um eixo contido nos seus planos de ação. Mas há então uma importante diferença: nós intencionalmente seccionamos os tecidos que rodeiam os músculos; eu costumo fazê-lo até pelo menos 15 mm de distância das inserções esclerais, portanto até bem para atrás do equador do olho e aproximadamente no plano do seu pólo posterior. Os músculos tornam-se livres dos tecidos fibro-elásticos que os rodeiam até aquele local e, conseqüentemente, livres para adotar o trajeto mais curto entre ele e as novas inserções (um grande círculo). Nessas circunstâncias, o deslocamento lateral é obviamente muito maior do que ocorre em indivíduos não operados (não só o músculo desliza sobre a esclera; esta também desliza sob ele quando o olho roda).

Alguns autores afirmam que o deslocamento lateral nessas operações é pequeno. Entretanto, estudando o trajeto dos músculos verticais antes e após sua transposição em direção à inserção do reto lateral, por meio de RM, Miller, Demer & Rosebaum<sup>10</sup> mostraram que, em um dos seus pacientes, após a operação, os corpos musculares estavam deslocados lateralmente 3 mm à altura do pólo posterior do olho e 8 mm no nível do equador. Ora, se considerarmos que o raio do bulbo ocular é de aproximadamente 12 mm, ao chegar ao equador os músculos estão deslocados em 2/3 da sua extensão; obviamente, alguém desse ponto eles seguirão em seu deslocamento. Isso mostra que, a partir de um ponto situado pouco atrás do pólo posterior do olho, os músculos curvam-se e passam a dirigir-se diretamente em direção à sua nova inserção, adotando o menor trajeto até a sua nova inserção (um grande círculo).

Com o intuito de investigar o trajeto dos músculos transpostos, realizamos esse tipo de operação em três pacientes e fotografamos os seus olhos imediatamente antes de suturar os retalhos conjuntivais.

No primeiro paciente, um caso de síndrome de Möbius, fiz transposição dos retos verticais segundo a técnica de

Carlson & Jampolsky<sup>5</sup>. Podemos ver pela fotografia (Fig. 3 esquerda) que as bandas laterais transpostas dos retos verticais chegam ao local das suas novas inserções num ângulo de aproximadamente 45°, entre os meridianos horizontal e vertical. É evidente que as margens laterais dessas bandas, no equador, estão distanciadas do meridiano horizontal cerca de 3 mm. Note-se que eu separei longitudinalmente as fibras desses músculos até cerca de 16 mm de distância das suas inserções, isto é, até um ponto situado próximo ao plano do polo posterior do olho, e eliminei todos os tecidos que se ligavam às fibras transpostas através das suas bainhas até aquele ponto, incluindo o ligamento de

Lockwood. Essas observações significam que o deslocamento lateral destas fibras desde o ponto de mudança de direção até a nova inserção é completo; as bandas tornam-se inteiramente livres para adotar o menor trajeto entre esses pontos. A decomposição das suas forças resulta em dois vetores aproximadamente iguais, um vertical e outro horizontal (abductor). É óbvio que as fibras transpostas fazem um ângulo no ponto da sua separação das não transpostas, que causa um aumento da sua tensão, pois o trajeto entre as duas inserções deixa de ser o menor. Este fato é uma possível explicação para a limitação passiva de adução que surgiu após a operação desse paciente, que pode ser

observada através das curvas rotação-força de adução passiva realizadas antes e após as transposições (Fig. 4, esquerda). A força abduutora do sistema transposto é tão efetiva que permite a restauração de razoável velocidade de abdução do olho, determinada pelo súbito relaxamento do reto medial, e alguma amplitude de abdução centrífuga, que pode ser vista na figura 5. Esse é o motivo pelo qual essa operação pode corrigir 20 ou 30 graus de esotropia, apesar da ausência de força do reto lateral (ou paresia muito intensa) e produzir algum grau de abdução centrífuga, dependendo da intensidade da contratura do reto medial.

No segundo paciente, que sofreu paralisia traumática do reto lateral, transpus as metades laterais dos retos verticais às extremidades da inserção do reto lateral, segundo a técnica de Hummelshheim<sup>1</sup>. A orientação das bandas transpostas, ao final da operação, era similar à do primeiro paciente. A transposição criou também uma relativa limitação de adução, observada através das curvas rotação-força.

No terceiro paciente, portador de paralisia dos elevadores, fiz uma operação de Knapp<sup>3</sup>. As mesmas coisas ocorreram: os músculos transpostos chegaram aos locais das novas inserções, próximos às extremidades da inserção do reto superior, num ângulo de cerca de 45° entre os meridianos horizontal e vertical (Fig. 3, direita). À altura do equador do olho, as margens superiores dos músculos retos horizontais estão a menos de 5 mm de distância das respectivas margens do reto superior. A nova força elevadora, na minha experiência, pode corrigir até 20° de hipotropia; é fácil de entender porque o olho não se eleva, ou eleva-se muito pouco, além do plano horizontal à tentativa de superversão após a cirurgia, pois a inervação dos retos horizontais não aumenta nesse movimento e, conseqüentemente, o vetor elevador não se altera. Se há pequena elevação desse olho (Fig. 6), é devida ao relaxamento do

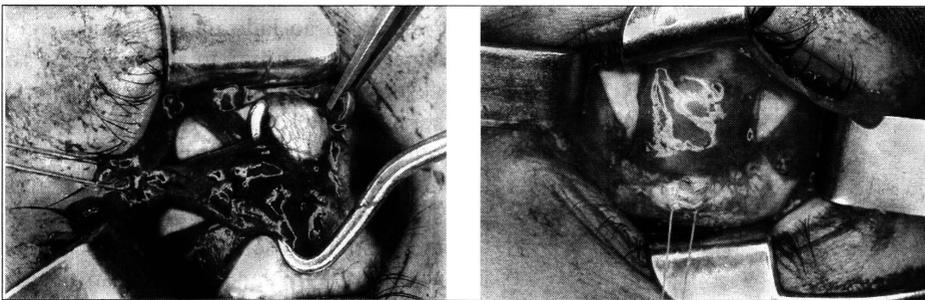


Fig. 3 - Fotografias mostrando a orientação dos músculos transpostos ao fim da operação. Esquerda: transposição lateral de ambos os retos verticais, segundo a técnica de Carlson & Jampolsky<sup>5</sup>; as fibras do reto lateral estão amontoadas por meio de uma sutura branca, a fim de mostrar as bandas transpostas dos retos verticais. Direita: transposição superior de ambos os retos horizontais, segundo a técnica de Knapp<sup>3</sup>.

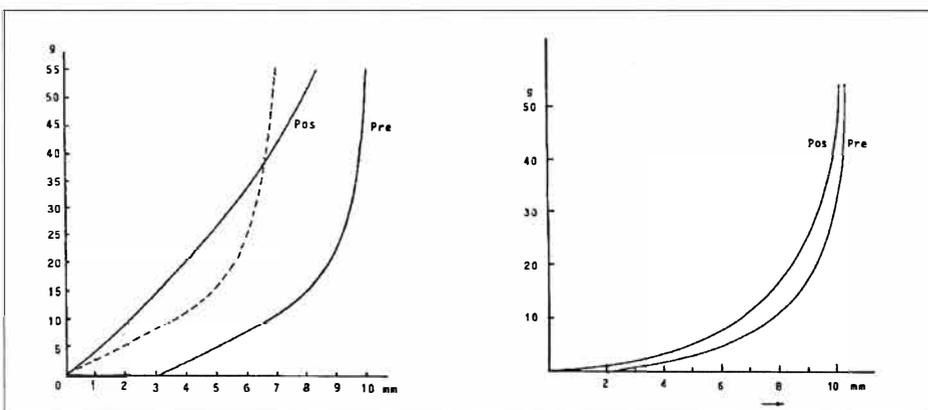


Fig. 4 - Esquerda: curvas rotação-força para adução passiva do olho direito do paciente de síndrome de Möbius, antes (Pré) e após (Pós) a transposição de Carlson & Jampolsky<sup>5</sup>. A linha interrompida é a curva "Pré", deslocada para a esquerda para comparação. Direita: curva rotação-força para infração passiva de um paciente com a assim chamada dupla paralisia dos elevadores, antes (Pré) e após (Pós) a transposição de Knapp<sup>3</sup>.

reto inferior e à força elevadora passiva do efeito rédea dos músculos horizontais transpostos. O mesmo raciocínio é válido para a técnica de Hummelsheim e as suas variações, mas como a força passiva neste caso é maior, como comentamos, às vezes podemos observar a existência de abduções surpreendentes, dependendo do grau de contratura do reto medial, mesmo diante de comprovada paralisia do reto lateral, como no caso que descrevemos na fig. 5.

É interessante que a operação de Knapp não criou limitação passiva importante para o lado oposto à transposição, como o fizeram as transposições tipo Hummelsheim, o que pode ser observado nas curvas rotação-força de adução realizadas antes e após as operações (Fig. 4, direita) e pelas fotografias do paciente submetidos à operação de

Knapp (Fig. 6); podemos ver, nestas, que não há nenhuma limitação à infração do olho operado (o paciente tem visão binocular normal - estereopsia normal - desde a posição primária até a infraversão máxima). Essa diferença é provavelmente devida ao fato de que, nas transposições parciais, as fibras não transpostas restringem o deslocamento das fibras transpostas, de maneira que estas formam um ângulo mais fechado do que se fossem restringidas apenas pelos tecidos gorduroso e conectivo retrobulbares, como é demonstrado por Miller, Demer & Rosebaum<sup>11</sup>. Note-se que as fibras não transpostas permanecem com sua translação limitada, especialmente em sentido lateral, pela membrana intermuscular (que ata um dos retos verticais ao outro, passando pela bainha do reto medial) e pelas conexões

entre sua bainha e a esclera e o periósteo orbitário. Esse fato leva a um alongamento das fibras da banda transposta e, conseqüentemente, ao aumento da sua tensão. Outro fator que determina certa limitação de adução na operação de Hummelsheim e suas variações é o retrocesso do reto medial, quase sempre alterado na sua estrutura devido à contratura, que geralmente se lhe associa, o qual cria limitação ativa de movimento, que se soma à limitação passiva a que nos referimos.

A magnitude dos deslocamentos laterais dos músculos sobre a esclera e a direção que estes adotam sobre ela dependem do ponto de mudança de direção. Se pudéssemos liberar um reto lateral, por exemplo, até o ápice da órbita, para que ele pudesse deslizar superiormente desde aquele ponto, e reinserissemos-lo ao lado da inserção do reto superior; o seu trajeto seria paralelo ao deste músculo; o deslizamento lateral seria completo (Fig. 7, A). A linha da reinserção deveria ser paralela à espiral de Tillaux. Se, por outro lado, não seccionássemos nenhuma porção dos tecidos perimusculares, de modo a que o ponto de mudança de direção ficasse no equador ou pouco adiante dele, o trajeto seria invertido, isto é, a partir deste ponto o músculo adotaria um sentido ascendente (Fig. 7, D); a linha de reinserção deveria ser como indica Knapp em seu trabalho original<sup>3</sup> (Fig. 8) e o resultado da cirurgia seria invertido, isto é, o sistema transposto levaria o pólo anterior do bulbo para baixo, o contrário do que se deseja. Note-se que não haveria um vetor elevador, pois ao passar pelo equador do olho, o corpo muscular estaria à altura do seu centro de rotação. Essa impropriedade tem sido repetida por outros autores<sup>20</sup> (Fig. 8), assim como Burke & Keech<sup>21</sup>, *mutatis mutandis*, que recomedam, como Dunlap<sup>4</sup>, a transposição inferior dos retos horizontais para eliminar a HT provocada pela paralisia do reto inferior.

Se o ponto de mudança de direção estiver situado um pouco atrás do plano

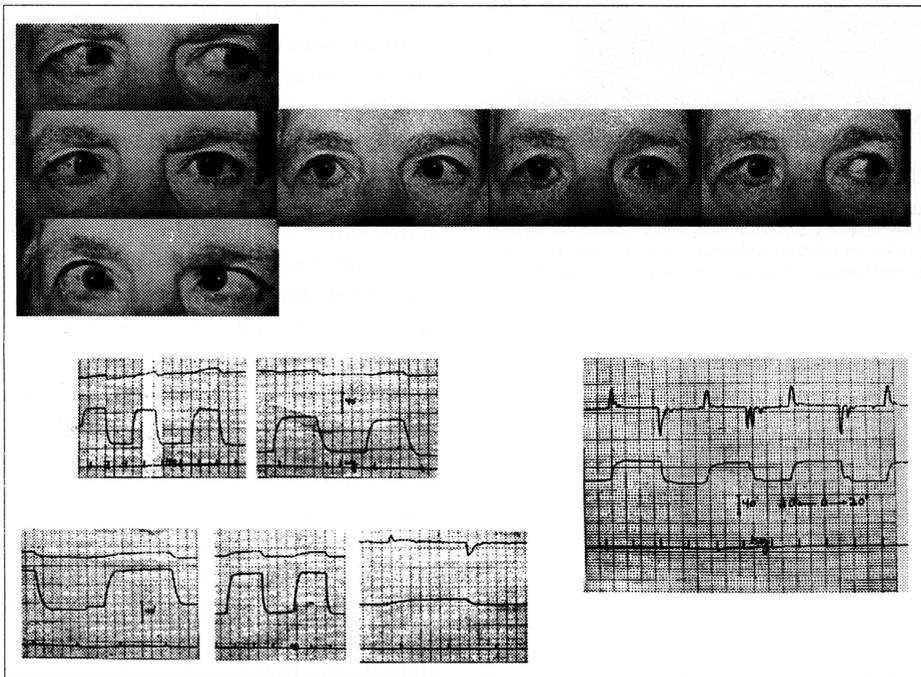


Fig. 5 - Acima-esquerda: paciente com antiga paralisia do reto lateral direito. Acima-direita: a mesma paciente após duas operações: primeira = amplo retrocesso do reto medial e grande ressecção do reto lateral direitos; segunda = transposição tipo Hummelsheim<sup>1</sup> de ambos os retos verticais do olho direito, seis meses após. Note-se que há ortotropia na posição primária, pequena abdução centrífuga em dextroversão e pequena limitação de adução do olho direito. Abaixo: eletrooculogramas esquerda-acima = antes da primeira operação (note-se a pequena velocidade e a discreta amplitude de abdução do olho direito); esquerda-abaixo = após a primeira operação (note-se que não se alteraram a amplitude e a velocidade de abdução); direita = após a transposição (note-se o grande aumento da velocidade de abdução e da amplitude). Esquerda-abaixo-direita e direita: traçados somente do olho direito (acima = velocidade e abaixo = posição).

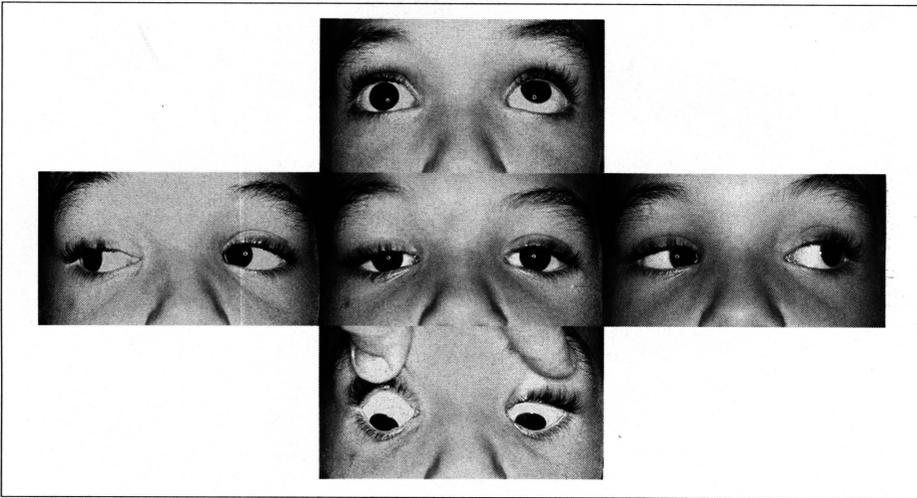


Fig. 6 - Paciente portador da assim chamada dupla paralisia dos elevadores do olho direito, operado segundo a técnica de Knapp<sup>3</sup>. Note-se que há apenas pequena elevação do olho direito acima do plano horizontal, ortotropia em posição primária e ausência de limitação de infradução. Os movimentos horizontais são normais. O paciente tem visão binocular normal exceto em supravversão. Há discreta blefaroptose.

do polo posterior do olho, como pode ser inferido pelos trabalhos de Miller, Demer & Rosebaum<sup>10,11</sup>, a orientação das fibras torna-se intermediária entre as duas hipóteses anteriores. A fotografia cirúrgica do meu paciente no qual realizei a operação de Knapp (Fig. 6) parece apontar para esta última hipótese, isto é, que a mudança de direção dos retos horizontais fez-se à distância de alguns milímetros atrás do pólo posterior (Fig. 7, B). Neste caso, a linha de

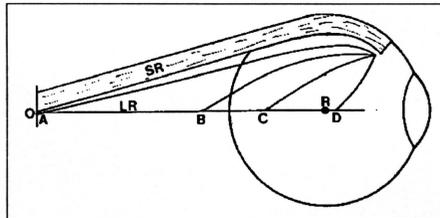


Fig. 7 - Desenho esquemático para demonstrar os diferentes trajetos de um reto lateral após a sua transposição para cima, segundo o local da mudança de direção. SR = reto superior; LR = eixo central do reto lateral; O = origem de ambos os músculos; R = centro de rotação do bulbo ocular (plano equatorial); A, B, C, e D = locais de mudança de direção.

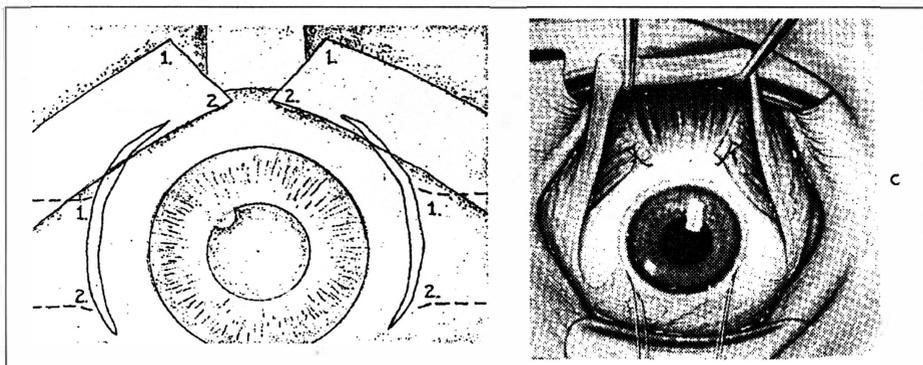


Fig. 8 - Esquerda = desenho original de Knapp<sup>3</sup>, mostrando a orientação e a linha de inserção dos retos horizontais transpostos em direção à inserção do reto superior. Direita: representação artística do mesmo fato, segundo von Noorden<sup>20</sup>. Note-se que, em ambas as representações, os músculos adotam direção ascendente, como se o seu deslizamento lateral estivesse restringido até um ponto localizado anteriormente ao equador do olho (veja a figura 7-D). Se os fatos ocorressem dessa maneira, o resultado da operação seria invertido: os músculos transpostos trariam o pólo anterior do olho para baixo e não para cima, como desejado.

reinservação deve ser aproximadamente paralela à espiral de Tillaux, como mostra a fotografia da figura 3. Esta situação é a ideal, pois oferece bom resultado quanto à magnitude da nova força elevadora e preserva as ações originais dos músculos transpostos (note-se, na figura 6, que não há nenhuma limitação dos movimentos laterais). Esse raciocínio leva à conclusão de que a dissecação dos tecidos conectivos ao redor dos músculos a ser transpostos deve ser feita até o mais para trás possível (mínimo de 15 mm da inserção escleral), assim como a separação longitudinal das fibras, quando somente parte delas são transpostas. De acordo com a orientação dos músculos retos horizontais transpostos, como se vê na figura 3, se o cirurgião reinsere-os da maneira sugerida por Knapp<sup>3</sup>, as suas fibras ficam amontoadas nas proximidades da inserção (Fig. 9) e as fibras inferiores ficam mais tensas do que as superiores, o que contribui para reduzir o efeito elevador da cirurgia (a linha de ação resultante é deslocada inferiormente). O mesmo é válido para a proposta de Burke & Keech<sup>21</sup>, *mutatis mutandis*, que incorreram no mesmo equívoco.

#### SUMMARY

*The operations called "muscle transpositions" have been very usefull for the correction of certain kinds of strabismus, both comitant and incomitant. The mechanical interpretation of the results of these surgeries, however, has been subject of discrepancies, which begin with the interpretation of some physiologic facts concerning the rectus muscles.*

*The old treatises stated that an ocular duction perpendicular to a rectus muscle plane of action causes a side slip of this one on the sclera, so that it assumes always the shortest path between its two insertions. Modern theories, however, have stated the opposite, i.e., that the rectus muscles pass through some structures*

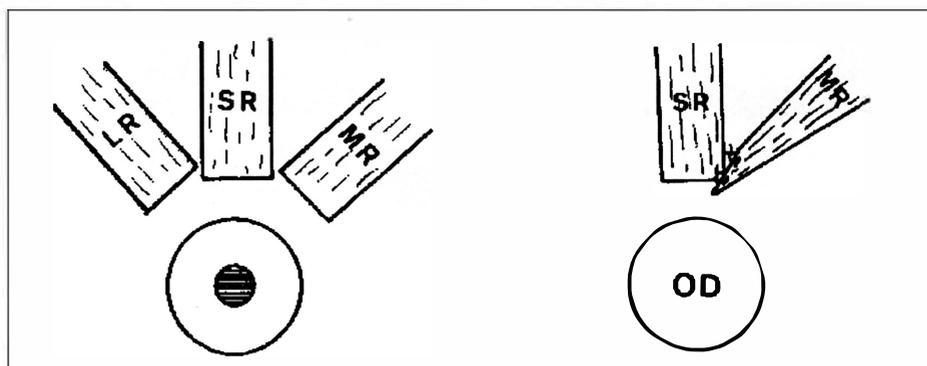


Fig. 9 - Desenho esquemático da orientação dos músculos horizontais transpostos, segundo a técnica de Knapp<sup>3</sup>. Esquerda: os retos horizontais são reinseridos seguindo aproximadamente a espiral de Tillaux. Direita: Os retos horizontais são reinseridos segundo a proposta de Knapp; note-se que as fibras tornam-se amontoadas próximo à inserção e as fibras inferiores ficam mais estiradas que as superiores, deslocando para baixo a força resultante.

like pulleys, situated around the region of the eye equator, that constrain strongly the translation movements. This fact would warrant the stability of the muscle action in any direction of sight. Some papers that assume this line of thinking state that those structures impede the lateral sliding of the muscle, including in surgical transpositions, as the Hummelsheim operation.

The author shows photographs of surgical acts that show that those structures are destroyed during that kind of operations; the positions of the muscles show that there is a full translation, at least from a point situated just behind the posterior pole of the eye.

Taking the chance, the author shows two length-tension curves, made during the operations. It can be seen that the transpositions type Carlson & Jampolsky for the correction of the abduction palsy produces some adduction passive limitation, differently that what occurs in the Knapp's operation for the correction of the so called double paralysis of the elevators.

As a corollary of those demonstrations, the author contests

the way that Knapp proposes the reinsertion of the transposed horizontal muscles toward the superior rectus insertion. He reinserts them in a direction almost perpendicular to the spiral of Tillaux, when they must be reinserted almost parallelly to it. Knapp's reinsertion way causes a reduction of the desired elevating effect of the operation.

**Key-words:** Muscle transpositions, mechanical principles.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HUMMELSHEIM, E. - Uber schneutransplantation am Auge. *Berdsch Ophthal Ges*, 34: 248, 1907.
- ÁLVARO, M. E. - Simultaneous surgical correction of vertical and horizontal deviations. *Ophthalmologica*, 120:13, 1950.
- KNAPP, P. - The surgical treatment of double elevator paralysis. *Trans. Am. Ophthal. Soc.*, 67: 304, 1969.
- DUNLAP, E. A. - Vertical displacement of horizontal recti. In: *Symposium on Strabismus - Trans of the New Orleans Academy of Ophthalmol.* St. Louis, The C.V. Mosby Co., 1971, p. 307.
- CARLSON, M. R. & JAMPOLSKY, A. - An adjustable transposition procedure for abduction deficiencies. *Am. J. Ophthalmol.* 87: 382, 1979.
- SCOBEE, R. G. - *The Oculorotary Muscles*, 2nd. ed. St. Louis, The C.V. Mosby Co., 1952, p.70.
- HUGONNIER, R. & CLAYETTE-HUGON-
- NIER, S. - *Strabismus, Heterophoria, Ocular Motor Paralysis*. St. Louis, The C.V. Mosby Co., 1969, pp 96-9.
- PUEYO, A. C. - *Estrabismos y Heteroforias*. Madrid, Ed. Paz Montalvo, 1968, p.101.
- KOORNEEF, L. - *Spatial aspects of the orbital musculofibrous tissues in man*. Amsterdam, Sweets and Zeitlinger, 1977.
- MILLER, J. M. & DEMER, J. L. - Biomechanical analysis of strabismus. In *Mechanics of Strabismus. Proceedings of the Mechanics of Strabismus Symposium. The Smith-Kettlewell Eye Research Institute*, 1992, p. 119.
- MILLER, J. M., DEMER, J. L. & ROSEMBAUM, A. L. - Effect of transposition surgery on rectus muscle paths by magnetic resonance imaging, 1979, *Ophthalmology*, 100: 475, 1993.
- MILLER, J. M. & ROBINS, D. - Extraocular muscle sideslip and orbital geometry in monkeys. *Vision. Res.*, 27: 381, 1987.
- SIMONSZ, H. J.; HARTING, F.; WAAL, B. J. & VERBEETEN, B. W. J. M. - Sideways displacement and curved path of recti eye muscles. *Arch. Ophthalmol*, 103: 124, 1985.
- SCOTT, A. B. - Strabismus - muscle forces and innervation. In LENNERSTRAND G. & BACHY-RITA P Eds.: *Basic Mechanisms of Ocular Motility and their Clinical Implications*. Oxford, Pergamon Press, 1975, p. 181.
- HUBER, A. - Duane's retraction syndrome. Considerations on pathogenesis and aetiology of the different forms of Duane's retraction syndrome. In *Strabismus*, 69. London, H. Kimpton, p.36, 1970.
- SCOTT, A. B. "Upshoots and downshoots". In *Smith-Kettlewell Symposium on Basic Sciences in Strabismus, annex to the V Congress of the CLADE, Guarujá, 1976*. SOUZA-DIAS, C. ed., S. Paulo, Ed. Loyola, 1978, p 60.
- SOUZA-DIAS, C. - Additional consequences of muscle co-contraction in Duane's syndrome. In *Smith-Kettlewell Symposium on Basic Sciences in Strabismus, annex to the V Congress of CLADE, Guarujá, 1976*. SOUZA-DIAS, C. ed., S. Paulo, Ed Loyola, 1978, p 93.
- MILLER, J. M.; DEMER, J. L. & ROSEMBAUM, A. L. - Two mechanisms of upshoots and downshoots in Duane's syndrome revealed by a new magnetic resonance imaging (MRI) technique. In *Strabismus and Ocular Motility Disorders*. Campos E, ed., London, Macmillian Press, 1990, p 229.
- BLOOM, J. N.; GRAVIS, E. R. & MARDELLI, P. G. - A magnetic resonance imaging study of the upshoot-downshoot phenomenon of Duane's retraction syndrome. *Am. J. Ophthalmol.*, 111: 548, 1991.
- Von NOORDEN, G. K. - *Binocular Vision and Ocular Motility*, 4 th ed. St. Louis, The C.V. Mosby Co., 1990, p 523.
- BURKE, J. P. & KEECH, R. V. - Effectiveness of inferior transposition of the horizontal rectus muscles for acquired inferior rectus paresis. *J. Ped. Ophthalmol & Strab*, 32: 172, 1995.
- PRIETO-DÍAZ, J. & SOUZA-DIAS, C. - *Estrabismo*, 3ª ed. La Plata, Jorge D. Poch, 1996, p 120.