

視 覚 の 話

1. 総説

国立障害者リハビリテーションセンター病院第二診療部長

仲 泊 聡

1. はじめに

原田は、昭和41年に著した「視覚欠陥児」の中で、『医学的リハビリテーションとしては、

(1) メガネ・コンタクトレンズ・弱視レンズなどの光学的補助具の活用

(2) 視機能訓練

(3) 開眼手術

以上のいずれか、あるいはこれらを総合して視力の活用あるいは向上を図る。』と述べた¹⁾。

この偉大な先輩のその先見性にはただひれ伏すばかりだ。それから半世紀が過ぎようとしている。果たして、その間に視覚に障害のある人たちのための医学的リハビリテーションはどれだけの進歩を成し遂げたのだろうか。

視覚リハビリテーションは、医学的なものだけではなく、教育・社会・職業の面からのアプローチが必須だ。本連載の目的は、医療以外の視覚リハビリテーションの領域で活躍する方が、医療スタッフとの連携をうまく図るために必要な医学的知識をできるだけ平易な表現で伝えることにある。その内容は、筆者がこれまでに国立特別支援教育総合研究所、日本盲導犬協会、国立障害者リハビリテーションセンター学院視覚障害学科等で講義したものに準じる。ここでは、一般の眼科教科書とは異なる切り口で、「視覚」を解剖し、解説する。

まだ、書き始めたばかりで、本当に最後まで書き上げられるか実のところ心配だが、以下の様に全12回を予定する。どこまで実現するか乞うご期待だ。

1. 総説

2. 眼科カルテの読み方

【用語解説】主訴・症状、起始及び経過、既往歴、家族歴、眼科学的所見、評価と計画

3. 視覚のしくみ－光学系・情報処理系・制御系－

4. 視覚のはたらき (1) 中心視と「なに」経路

5. 視覚のはたらき (2) 周辺視と「どこ」経路

6. 中心視の障害 (1) 光学系の異常とその対策

【用語解説】眼瞼下垂、眼瞼けいれん、近視・遠視・乱視、ステイブンス・ジョンソン症候群、角膜潰瘍、角膜白斑、水泡性角膜症、白内障、先天白内障、第一次硝子体過形成遺残

7. 中心視の障害 (2) 情報処理系の異常とその対策

【用語解説】加齢黄斑変性、糖尿病網膜症、未熟児網膜症、多発性硬化症、レーベル病、皮質盲、視覚失認、弱視

8. 周辺視の障害 (1) 情報処理系の異常とその対策

【用語解説】網膜色素変性症、緑内障、同名半盲、視覚失調、注意障害

9. 周辺視の障害 (2) 制御系の異常とその対策

【用語解説】眼球運動異常、瞳孔反応異常、調節異常、斜視、複視(麻痺性斜視、眼窩底骨折)、動揺視、老視、羞明

10. 眼科治療の基本と限界

【用語解説】 抗生剤・消炎鎮痛剤・抗緑内障薬・抗 VEGF 抗体, 網膜光凝固・虹彩光凝固・光線力学療法, 白内障手術・緑内障手術・網膜剥離手術

11. ロービジョンクリニックと視覚補助具

【用語解説】 ロービジョンクリニック, プライマリーロービジョンケア, 視覚障害者用補助具, 視覚障害機能訓練専門職の眼科との関わり

12. 近未来の眼科治療

【用語解説】 遺伝子治療・再生医療・人工視覚

2. 視覚のしくみ

眼が見えるためには、眼球が必要だ。それは、みんなが知っている。では、眼があれば見えるのか。それは違う。見えたのを感じる「本人」が必要だ。では、「本人」とは何か。それは現代科学では「脳」だと考えられている。しかし、目に映っているものを単にそのまま感じているのではない。このことは、多くの「だまし絵」が物語っている。図1は、小さなガボールパッチとよばれるものが物理的には平行に並んでいるのだが、どう見たって平行には見えない。ガボールパッチは、ぼんやりとした白黒の縞模様で、これまたぼんやりとした円形の輪郭をもっている。その内部の白黒の縞が少しずつずれているたくさんのガボールパッチで構成された垂直線は斜めに倒れているように見えてしまう。図2の2

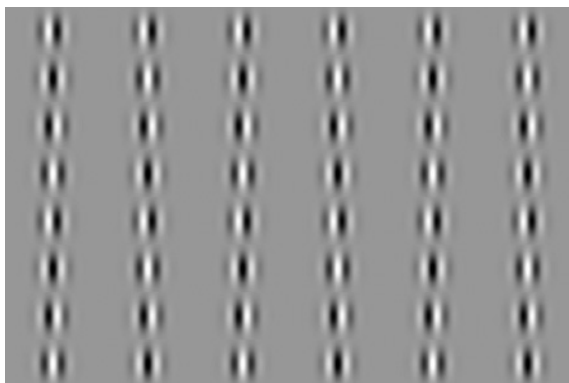


図1 ポップル錯視 (Popple and Levi, Vision Research 2000)
細かい縞の影響で大きな縞は平行に見えない

匹のモンスターは左手前の小さなモンスターが右奥の大きなモンスターに追いかけてられているように見える。しかし、じつは2匹のモンスターの大きさは同じだ。このだまし絵の仕掛けは背景にある。遠近感のある背景の上で、近いところにいるモンスターと遠いところにいるモンスターでは、網膜上において同じ大きさの像であれば遠くにいる方が大きいという経験上のバイアスがかかる。これは、見た目で感じる大きさというものが単に網膜上の像の大きさだけによるものではないということを示している。しかも、よくみると同じ表情の2匹のモンスターだが、手前の小さなモンスターは追いかけておびえているように見え、奥の大きなモンスターは怒って追いかけているように見えてきてしまう。このようなだまし絵を見させられると目に映ったものをそのまま感じているのではないのだ。私たちの理性は直観的に理解することになる。

眼球と脳、そしてそれらを繋ぐ神経。さらには、これらを生かし、支えているものがある。初めて私たちはものを見ることができる。眼科学の教科書を開くとたいていは最初に眼球の断面図がでてくる。ここにたくさんの線が引いてあって、各部の名称が列記されてい

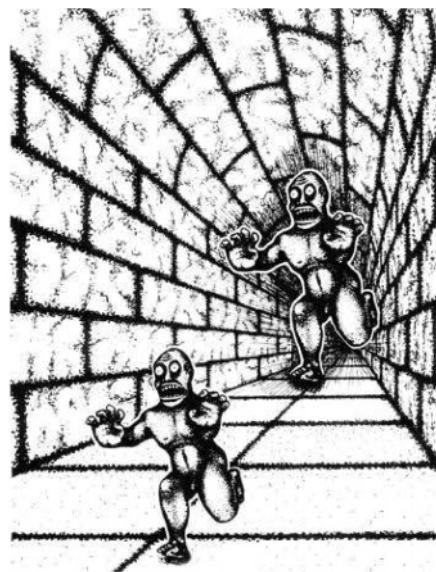


図2 大きさの錯視 (Roger Shepard, Mind Sights 1990)
同じ大きさのモンスターが背景の影響で同じ大きさに見えない

るであろう。もののしくみやはたらきを理解するためには、その部分のしくみをさらに細かく調べ、それぞれの部分がどんな役割をもっているのかを知ることが大切だ。しかし、この各部の名称をただ暗記しようと思っても、なかなか難しい。このとき、どことどこが仲間かを知ることから入ると少しは覚えやすくなる。

そこで、眼球だけでなく、視覚を生じさせてくれるしくみ全体の各部分を、そのはたらきによって大きく3つに分けてみる。まずは、目で光を受けるときのレンズの役目をする「光学系」だ。角膜、前房、水晶体、硝子体そして眼球自体が主要な要素で、これに涙の膜、涙膜を加えらるとなわかりやすくなる。光は目の外からやって来て、最初にこの涙膜を通る。水分だから表面はとてなめらかだ。そして、水槽に光が差し込んだときに起きると同じような光の屈折が生じる。空気中から水中に光が差し込むと大胆な屈折が起きる。光はそのまま、角膜に入る。涙膜と角膜の間でも境界面があるので僅かな屈折が起きるが、涙膜の中と角膜の中での光の挙動はあまり変わらず、そこで起きる屈折はほんの僅かだ。そして、角膜を抜けるとき再び光には屈折のチャンスが訪れる。そこは房水という液体で満たされた前房という空間だ。しかし、ここでも角膜の中と房水の中での光の挙動はあまり変わらず、その境界面での屈折はほとんど生じない。そして、光は房水を抜けて水晶体表面に達する。水晶体は英語ではレンズと呼ばれる、まさにきれいな凸レンズの形をした部分だ。水晶体の成分は屈折率の高いタンパク質で、この前後はほとんど水に近い成分なのにも関わらず、光は水晶体表面で屈折する。しかし、その程度は、空気と接する涙膜の表面ほど大きくはなく、その半分くらいだといわれる。そして、この涙膜と水晶体前・後面で屈折した光は、透明な硝子体を通して網膜という目のフィルム上に焦点を結ぶ。こうして、私たちの目の奥にあるスクリーンに見ているものの映像が投影されること

になる。眼球自体をこの仲間に入れたのはどうしてかという、眼球が前後に短かったり長かったりするとこの焦点がうまく合わなくなる。つまり、レンズの焦点が合うかどうかは、レンズの曲率だけではなくてスクリーンまでの距離が重要な要素になっている。以上、これらが「光学系」だ。デジカメのレンズと箱の役割と思えば簡単だろう。デジカメにはレンズに蓋が付いている。これも仲間とすると瞼もこの仲間だ。

つぎに、網膜に映った像をどうやって「脳」が見えるようになるかが問題になる。この過程に関わる部分が「情報処理系」だ。網膜には、光を感じる神経細胞が五万とある。実際は5万ではなく約1億だ。この1億個の光を感じる神経細胞は、視細胞と呼ばれている。最近、視細胞以外に光を感じるやつが見つかっているが、それについてはまた別の機会で述べることにする。視細胞は、整然と並んでまるでデジカメの光電素子のように光を「電気」に換えている。さらに、網膜の中には視細胞のほかに、双極細胞、神経節細胞などたくさんの種類の神経細胞がつまっている。これらは、ちょっとしたコンピュータの働きをしている。コンピュータといえば、脳の方じゃないかと思われるに違いないが、じつは網膜は、私たちがお母さんの子宮の中で育つ過程で、脳が引き延ばされてできあがってくる。つまり、網膜は脳の一部と言っても過言ではない。そして、神経節細胞という大きな神経細胞から長い足を伸ばし、これが約100万本集まって視神経になる。そしてこれが脳に向かって走り、脳の中にある、また別の神経細胞に繋がっている。つまり、網膜から脳までのすべての神経細胞からなる「情報処理系」のはたらきが見えるためにはとても重要な役を担っている。

これで、目に入った光から映像を感じるための基本的な要素が手に入ったことになる。しかし、もっとよくそしてうまく見るためにはどうしたらよいだろうか。そこに関わってくるのが「制御系」だ。制御系には、まず、

見たいもののある方向に目を向けるというはたらきがある。また、見ている映像が明るすぎる場合や暗すぎる場合、それを調節する。さらに、しっかりとピントを合わせる。これらができる初めて目はものをしっかりと見ることができるようになる。目を向けるために必要なものは、眼の周りについている筋肉だ。明るさや焦点を調節するのは、瞳孔（黒目のさらに中心部の黒いところ）を作っている虹彩（黒目の茶色いところ）と毛様体（虹彩の周囲）にある筋肉だ。いずれの筋肉もそれを動かすのは神経で、つまりコンピュータが必要だ。これらが制御系だ。こうして、視覚のしくみを光学系、情報処理系、制御系に分けて考えてみると全体像がわかりやすくなる。

3. 視覚のはたらき

次に視覚のはたらきについて述べる。「視覚のはたらきは何か？」と問えば、「愚問だ。見ることさ。」と多くの人が答えるだろう。しかし、では、「見ることとはそもそも何なのか？」と聞かれるとたちまちよくわからなくなる。じつは、ここをしっかりと押さえることが、視覚に障害を持った方たちの困難を共感するための最大のポイントになる。

見ることには、三つの重要な要素があり、それらは別々のはたらきとしてとらえることができる。一つ目は、「目の前にあるものが何であるかを触らなくても聞かなくても臭いをかいだり味わわなくてもわかること」だ。このはたらきが視覚のはたらきで最も重要かもしれない。これがわかることで目の前にあるものが果たして餌なのか、あるいは敵なのか、はたまた愛する対象なのかの区別がつく。人間が生物の進化に勝ち残ってきたのは、このはたらきに長けていたからだといってもいい。見ることといえば、そういうことではないかと思われる読者もいると思うが、じつはそれは違う。それ以外にもう二つ、大切なはたらきがあるからだ。二つ目のはたらきは、「目の前にあるものがどこにあり、自分がどこにいて、互いの関係がどうなっているかが

わかること」だ。これがわからなければ、目の前の餌を手に入れることも、敵から身を守ることも、そして愛する対象と手をつなぐことも容易ではなくなる。そして、第三のはたらきはというと、この二つのはたらきを繋ぐものになる。

これがどういうことかをつぎに述べる。まず、「何であるかがわかること」と「どこにあるかがわかること」では、目の使い方がちがう。視線が向いているところにあるものは、それが何であるかがよくわかるが、視線からちょっとでもそれると途端に何であるかがわからなくなる。今読んでいるところを凝視したまま、3行となりの文字はどう見えるであろうか。10行も離れるともう何が書いてあるかまったくわからなくなるだろう。それに対して、この文を読んでいるときに部屋に誰かがそっと入って来たとしよう。今度は、あなたはそれにすぐに気がつくだろう。視線がこの文を凝視していたとしてもだ。見える範囲を視野というが、視野の隅っこであっても何かが入ってくるととても敏感に感じ取ることができる。そして、誰かが入ってきたとわかったとき、おそらくあなたは視線をそちらに向ける。そして、その結果、入ってきたのが誰だったかを知る。つまり、視覚の第三のはたらきは「視線の移動」なのだ。視線の移動の多くは眼球の運動で生じるが、それだけではなく体や頭の動きも重要になる。これらの行動は、これまで運動の観点でのみとらえられがちであったが、じつはその運動の元になっている視覚情報の入力とその情報処理が、他の二つのはたらきとはまた別の視覚としてとらえられるべきものなのだということがわかってきている。

そういうわけで、私たちの持っている視覚のはたらきは、「何であるかがわかること」と「どこにあるかがわかること」、そして、「視線の移動によりこれらを繋ぐこと」だといえる。この視覚というはたらきが、生物の進化に大きな影響を与えたという説がある。五億四千万年前、地球上の動物が急に増えた。

地質学者の間では「カンブリア爆発」と呼ばれる現象だ。これは、化石の出土数とその地層の前後で極端に異なっていることからそういわれている。かつて、キリスト教が全盛だった時代に、彼のダーウィンは「進化論」を唱えた。彼もこのカンブリア爆発を知っていたが、徐々に生物が環境に合わせて変化するという彼の進化論では、この現象を説明できなかった。ダーウィンに反論した当時のキリスト教学派の学者たちは、その時代に神が動物をお造りになったと信じていた。最近になって、この現象がじつは目の誕生によるものだということがわかった²⁾。初期に目を獲得した生物の一つが有名な三葉虫だ。今の昆虫のご先祖様だ。このように視覚は生物にとってなくてはならないものになった。

では、この視覚が失われたとき、人はどのような状態に陥るのか。それはつまり、目の前にあるものが何であるか触ったり、聞いたり、臭いや味を感じないとわからなくなり、そして、それがどこにあり、自分がどこにいるのが容易にはわからなくなる。文字が読めない、他人の顔がわからないという訴えは、実際の視覚障害を被った方たちの最も深刻な悩みだ。そして、手探り、すり足でないと身動きがとれなくなる。

はたらきというものとそれを現実化するしくみは連動している。「何であるかがわかること」は、視線方向にもものがないとうまくいかないと書いたが、これは視線方向からやってくる光が到達する網膜の中心部に多い神経細胞が脳の中の「なに」経路と結びつきが強いことを意味している。そして、「どこにあるかがわかること」では、それとは対照的に、網膜の周辺にもたくさんある神経細胞と脳の中の「どこ」経路が連携して実現している。さらに、「視線の移動によりこれらを繋ぐこと」というと、またこれらとは異なる一連の神経回路がある。

4. 医学的リハビリテーション

冒頭で紹介したように、原田は視覚障害を

有する者に対する医学的リハビリテーションを光学的補助具の活用、視機能訓練、開眼手術と提唱した。その捉え方は、50年近くたった今でも変わっていない。しかし、光学的補助具は実のところそれほど進歩しているわけではない。当時はなかったものとしてコンピュータをはじめとする電子機器が補助具に加わったくらいだ。視機能訓練というものは、むしろ当時の方が盛んに行われていた。現在、医療現場で視覚障害に対する訓練というほとんどが機器の使用訓練になっている。最近では、眼科医療の枠の外で様々な視機能訓練が行われ、むしろ眼科医師や眼科学者たちは、それらを疎む傾向すらある。しかし、その訓練を受けた者の中には、実際に日常生活動作において改善がみられた例も少なくない。とくに筆者が本稿で提唱する三番目の視覚のはたらきは、サルの実験により訓練効果が示されている。この第三の視覚は、単純な入力だけでなく、出力すなわち行動と連動しているものなので訓練効果があるのかもしれない。そして、開眼手術。半世紀前の開眼手術とは、白内障手術がその主なものであり、ときに角膜移植を指した。50年の歳月は、この領域に格段の進歩をもたらした。

今や白内障手術も角膜移植も通常の眼科治療として行われており、特別に「開眼手術」などとは言われなくなった。その手技も機械も非常に洗練され、当時とは比べものにならないほどの精度とそして安全性を勝ち得ている。これには、それに関わってきた眼科医をはじめとする研究者の創意工夫によるところが大きい。かつて失明原因と言えば、感染症と白内障が主だった。抗生物質が改良され、手術技術が発展し、これらは現代の先進国の失明原因のリストからはほとんど姿を消した。これらが陰を潜めた後、失明原因の王者に君臨したのが糖尿病網膜症であった。しかし、この大変な相手に対しても現代医療は立ち向かい、かつての失明率をぐっと下げることができた。強化インスリン療法、レーザー治療、硝子体手術が、そして最近では

抗 VEGF 抗体という生物学的な新薬の登場が今後益々糖尿病網膜症で失明する患者を減らすだろう。そして、今、日本で王者になっているのが緑内障だ。これはじつは加齢との関わりが大きく、高齢化の現状を鑑みると今後20年は大きな問題として残ると考えられる。薬物療法、手術療法など様々な努力がなされ、以前よりは対応策のオプションが増えているが、悪くなったものを改善する手だてはいまだ得られておらず、早期発見早期治療のためのキャンペーンが行われている。

緑内障、糖尿病網膜症について、現在失明原因として話題に上ることが多い疾患として加齢黄斑変性と網膜色素変性症を挙げることができる。加齢黄斑変性も緑内障と同様に高齢者の疾患で今後益々増加することが予想される。その一方で、昔から患者数が変わらず、まったく改善の見込みもないまま最近に至っているものが網膜色素変性症だ。日本では3万人から10万人の患者がいると推測される。原因は視覚に関連する遺伝子のキズだ。これまでに40種以上のキズが発見されているが、それでもまだ20%くらいしか説明できないのだそうだ。

おそらく、現在、「開眼手術」といえるものは、これらの疾患で視覚をほとんどなくしたものに対する手術ということになろう。とても難しいことではあるが、科学の進歩は著しく、遺伝子治療・再生医療・人工視覚といった分野でそれぞれ挑戦的な研究が試みられている。視覚障害に対する医学的リハビリテーションの中にこの領域を入れるということは、とても重要なことだ。それは治療であってリハビリテーションではないという向きもあろうかと思われるが、リハビリテーション自体立派な治療手段として最近では認識されているし、これらの先進医療の存在を知ること、視覚障害を有する本人にとっても、そしてそれを支える私たちにとっても、大きな心の支えになるからだ。かつて、原田が示した医学的リハビリテーションの「開眼手術」は、50年の時を経て本当の意味で現実化され

ようとしている。

5. おわりに

原田は、この医学的リハビリテーションは他の教育リハビリテーション等に先んじて行われるべきことであり、これらの前提ともいえると述べている。そのためには、相互の連携を十分にとる必要がある。

「眼科医が自分のところに通っている視覚障害を有する患者にリハビリテーションを紹介しない」という批判は、視覚リハビリテーションの医療以外の領域の担当者が熱心であればあるほどに挙がってくる。しかし、なぜ眼科医が自分の担当する患者にリハビリテーションを勧めないのかということは、あまり知られていない。これまで、眼科教育にリハビリテーションがほとんど扱われてこなかったという時代背景もあるが、それをも含めて、その原因は眼科医の「敗北感」にある。眼科医は患者の目を治してこそその存在だと自他ともに思い込んでいる。もちろん治すべき疾患を治さないでいることは論外だ。しかし、どんな名医であっても治らない眼疾患はある。また、治るべき眼疾患が不幸にも治らずに失明に至ることもある。これらをひっくるめて、眼科医の心理には、治れば「勝ち」、治らなければ「負け」という価値判断が生じる。そして、リハビリテーションを紹介する行為では「負け」と感じるということなのだ。したがって、負けたくない眼科医は患者をリハビリテーションに手渡すことなく、勝てるまで治療を続ける。そして、勝てればいいのだが、勝てなくても負けたくないでそのまま何年も引きずってしまうことになる。

この10数年の間、この価値観に多少の変化が生じている。それは、原田の弟子たちが、日本の中で視覚リハビリテーションを実践し、そして、筆者の前任の築島が、「ロービジョンケア」という言葉と同時に眼科医療における医学的リハビリテーションと他領域との連携を声を大にして訴え続けてきた賜物だと筆者は理解している。ロービジョンケアという

言葉は、使われる場所により、いまだにまちまちで、明確な定義を持たないまま広まった用語だが、狭い意味でのロービジョンケアは、視覚障害の医学的リハビリテーションとほとんど同義と考えてもいい。そして、2009年の日本眼科学会雑誌に掲載された日本学術会議臨床医学委員会感覚器分科会が出した「感覚器医学ロードマップ 改訂第二版 感覚器障害の克服と支援を目指す10年間」という報告書には、「ロービジョンケアの重要性」という項目が設けられ、その中で『感覚器医療としての眼科医療の中で、眼科医を中心としてこれにかかわる専門家が今後認識を広め取り組むべき重要な領域としてロービジョンケアがある』そして、『ロービジョンケアは今後の眼科医療における、眼疾患治療とは異なるもう一つの軸となるべきものといってよい』と述べられている³⁾。

このような時流にのり、満を持して登場したのがスマートサイトだ。元祖スマートサイトは、米国眼科学会の提案するプロジェクトの名前であり、その核になるパンフレットをも指す (<http://one.aao.org/CE/EducationalContent/Smartsight.aspx>)。これは、インターネットでダウンロードして利用する視覚リハビリテーションに関する情報集で、矯正視力が0.5未満、暗点のある患者、視野欠損のある患者、コントラスト感度の低下している患者にすべての眼科医が手渡す目的で作られている。この「すべての眼科医が」というところがみそだ。このパンフレットには視覚障害とはどんな状態か、家族や友人にむけてのメッセージ、保有視機能の活用法など生活に役立つヒントおよび視覚リハビリテーションを受けること

ができる施設がリストアップされている。そしてこのプロジェクトのもう一つの目玉として、患者の近隣の支援施設が容易に検索できる「Help Near You」のサイトがある。これは患者が利用したい視覚リハビリテーションの項目と郵便番号を入れるだけで最寄りの関連施設の情報が出てくるというものだ。

これを日本でも取り入れるのはどうかとここへきて急に言いだす眼科医が増えた。眼科医は忙しい。こと細かくリハビリテーションの相談などできない。したくてもその知識がない。知識はあっても相談したって保険点数がついていないので一銭の儲けにもならない。しかも、紹介したら「負け」だ。このような日本の眼科医療の現状の中で、患者をとりあえず、リハビリテーションの世界に近づける方策として、このスマートサイトはもってこいではないか。もちろん、患者側の問題もないわけではない。眼科医がいくらリハビリテーションを勧めても、治ることが目標なので全く関心を寄せない患者が少なからずいる。今の世の中、決定権は患者にある。しかし、そのときに十分なメニューを示すことが医者役目と考えられる。その最も効果的な方法として、このスマートサイトが今熱い注目を集めている。

文献

- 1) 原田政美, 田中農夫男. 視覚欠陥児. 明治図書, 1966.
- 2) アンドリュー・パーカー. 眼の誕生 - カンブリア紀大進化の謎を解く. 草思社, 2006.
- 3) 日本眼科学会雑誌113; pp291, 2009.