

発声の生理

森山俊雄

発声の生理

歌唱技術の向上は、ちょうどスポーツマンがその練成にあたって、まず身体臓器を研究し、あくまで健康に留意しつつ運動の種類とその限界、或は誤った練成における弊害等について細心の留意をはかっているのと同様、声楽上に於いても当然このような科学的生理的（或は医学的）方法がとられなくては今や十分な成果を望むことは無理である。そこで我が国のみならず世界の声楽界における発声トレーニングの状態はどのようなかと眺め廻してみると、全くと申してよく顧みられていないのが実状である。ひどいときには発声練習も全然しないでいきなり歌唱に入っていくというようなことが平気で行なわれていることは全く嘆かわしいの一語につきるのである。之はちょうど運動の選手がウォーミングアップもしないで、いきなり競技に入っていくのと同じであって、之では如何に優れた選手といえども好記録をのぞむことは無理であろう。ひとり声楽界のみが未だこのような状態では全く先が思いやられるというものである。というのも「歌とは声帯さえよければ成立つもの」というような極めて単純で粗野な昔風の考え方が我々の胸のどこかに巣喰っているということからきているものにほぼまちがいはあるまい。練習の効果をあげ、いわゆる「練成」にまでいく為には、声帯とその附属管腔、および第二の声帯ともいえる横隔膜等の立体的、科学的な結びつきなくしては到底立派な成果をあげ得ることは出来得ない相談である。したがってこれらの発声器管がスムーズに活動するためには身体機構、つまり身体共鳴の状態およびこれらの発声器を自由に操つることの出来る諸種筋肉と内臓諸器との状態、更には発声作用に直接間接に、大きな影響をもつ生理的馴化の状態

等にわたって、つぶさに連繫研究していくことが是非とも必要となってくるのである。

しかし今迄のいわゆる歌唱訓練といわれる実態をみつめると、前にもふれたように、歌唱訓練に入る前の段階でまず考え、まず学び且訓練されねばならぬ最も大切なものを見逃して、いたずらに声帯及其周辺の管腔の訓練にのみうきみをやつてきていたというのが正直の見方である。実に浅薄な物の考え方、やり方というより外の言廻しようがない。このような非科学的な方法は例え若い盛りの年代の人と言えども声帯はすぐ参ってしまう。というのも如何に強靱な声帯といえどもその負荷にはおのづから限度があるからであり、声帯の負荷を出来るだけ軽減し、その分だけ前記諸器管がそれを分拒していかななくては到底長続きはしないものだからである。殊に三十才を過ぎてやがて身体機構の漸衰をみせる年代になると、それが痛感されるのである。しかも医学的にいえばそれは年令に比例して激しくなるものである。しかるに外国では真の声楽家は三十才から四十才にわたってやっとな人として認められ、しかも五十才代は未だ花盛りという現況とくらべてみると、いさかその解釈に困惑するということになるであろう。一説には「彼等の身体の機構がもともと我々東洋人とは異なる」とか「食物がちがう」等のように一見まことにもっともらしい見方も幾多聞き及ぶところであるが、勿論それも理由の幾つかにあげられるにちがいはないが、それよりは彼の国（西欧）の歌唱における歴史が我々とは大いに異なるという根本的事実に素直に目を向けねばなるまい。つまり彼等は直接には発声の生理について学ばなくとも、自然に祖先からそれこそ見よう見まねでそれを自然に身につけてきたというのが正しい見方であろう。その上西欧語は殆が横隔膜共鳴を主体としている関係

から、我々日本語のように口腔、鼻腔の両共鳴を用いた、いわゆる頭部共鳴（音楽では頭声という）主体のものとは異り自然生れ落ちるとから腹、背両筋の操作には馴れているわけである。したがって歌唱の場合でも特別に腹、背両筋を練成するという必要性を日本人ほどには認めないのである。勿論同じ人間である以上は環境と体質とさえ改めれば日本からもキットこれから先立派な歌手が世界の檜舞台上に活躍することが出来るであろうし、又西欧人と等しく六十才以上までも現役歌手として活躍することも可能なはずである。よって体質改善の意味からもこれから先は身体的機構及衛生に深い関心をよせることは、技術訓練に勝るとも決して劣ることのない極めて大切な学問であることを我々は強く認識すべきである。

発 声 と 医 学

スポーツ医学では「生理的馴化」と「病的変化」との区別をハッキリ区別している。すなわちスポーツに付随しがちな傷病の原因、病状、療法、予防を研究し、更に進んでスポーツを行う際の能率増進の方法を研究することによって、それを具体的にたしかめようとしている。しかし音声学の方では病的変化については実に神経質すぎるほど行き届いているが、馴化の段階になるとスポーツよりは遙かにその研究が遅れている。というのも世界中でも医者を職業とし、しかも声楽を勉強しているというような人が極く稀であって、（逆のこともいえるが…）両者の結びつきが理解出来ないというところからその原因がきているように思う。その証拠に声楽の側からみると馴化のためには極くあたりまえな声帯充血も、医者の方からすれば異常として病人あつかいをするというようなことをしばしばみうけるからである。もっとも発声法を間違えたがために起こる声帯および付属管腔の充血は、往々にして声帯疾患を喚起する原因となることは事実ではあるが…。よってこれからは音声学の立場の者と医学の立場の両者がお互いに研究しあい、練習馴化の限度等についてもハッキリした物を示さなくては、いつまでた

っても盲目飛行に近い発声、或は歌唱の訓練が行なわれるにちがいない。この点では我々声楽にたずさわる者も大いに協力して、この分野における学問がすみやかに発展していくようにしたいものである。さもないと何時までたっても声楽界は現状のままにとり残されるであろうから…。

歌唱という作業は、元来がスポーツと同様にあくまでも実際の学問である関係から、医学の側からする「基礎医学」すなわち解剖、生理衛生の外に「臨床医学」「公衆衛生学」「心理学」等も加わった広大且つ緻密ないわゆる「近代医学」をもとしたものであらねばならない。

「近代医学」は「疾病の治療から予防へ、更に「身体の抵抗力の増大から積極的保健、」体力の増強から能率の増進の方向、にと進みつつある。スポーツが、「若さと健康を保持し、正当な行動を完全に習慣づけることが必要である」と全く同様に、声楽も正しいトレーニングのもとに無理のない合理的な発声が常時なされるようにそれこそ習慣づけることが大切である。

要は科学的裏付けのもとに、声楽上におけるあらゆる危険を防止し、人間のもてる能力の限界を極めることは、声楽をやる者にとってのたまらない魅力の一つである。それによって前述の若さと健康がより一層保持され、且つ能率が増進されるわけでもあるので、科学的裏付けの研究こそは最高の学問であるといえるのである。

発声時の身体機構

身体はそれを構成する各臓器に分けられ、各自の性質能力を研究する必要から便宜的に分類して取り出されるが、各臓器は常に全身の関連の下にあくまでそれぞれの持場を維持しているのである。

発声時にはその運動を強力、円滑、高能率に行うために身体の諸臓器は各々が協調し、最高にその機能を発揮し、身体の外及内的環境に対応して変化を起している。この変化は発声の開始に先立っておこり、運動継続中、更には運

動終了後にまで続くのである。更に練成の激しさとその期間に応じて臓器の形と働きの上に変化がおこる。これが練成の成果であるが、練成の正否によって生理的適応、馴化とみられるものと、負担過重による病的なものがある。したがって之からの歌唱練成にあたっては、従来のような『何が何でも式練成』つまり半ば『半盲目的練習或は訓練』をむやみに繰返すことは害あってあまり益のないものであることを知らねばならぬ。ここでは「呼吸器の構造」「循環の機構」「体液」「栄養の機構」「運動の機構」「反射の機構」等について総合的にとりまとめ、『発声或は歌唱時における練習の生理』として論述してみたい。

発声或は歌唱時における練習の生理練習 (Physical exercise 又は Training) 内容は大体次のように分けられる。すなわち

- 1 練習時における身体的変化
- 2 技術の学習過程
- 3 訓練

人間の身体は形もその働きも一定したものではなくて、絶えず変化し且つ使わなければ衰え、使えばそれだけ発達するという特殊のものである。しかもそれは使い方によって良くも悪くも発達するものである。生れつき持つ性能は、そのままでは発達しないものであって、巧に使用することによってのみその価値が増されるのである。身体は常に育てられなくてはならぬ。練習は『人間の適応 (adaptation) という能力を用いて、人間の身体を最高の状態にまでもっていく過程』である。ここでは練習の方法については述べないで、『練習』という一般的過程に於いて身体がどのように適応していくかということ述べるのである。

(一) 練習時に於る身体的変化

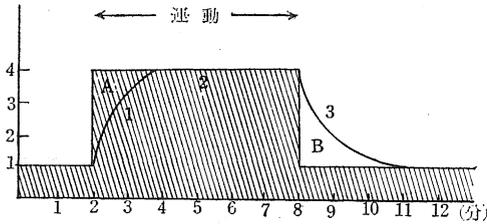
1 練習時の酸素の消費

声楽の練習では体育の場合のように運動を行うにつれて自然に呼吸は激しくなり、回数が増すというようなことは例えそれをやりたくとも許されるものではない。むしろ回数は極端にまでも制限されるというのが実状である。つまり一種の不自然さを必然的に要求されるのである。

しかし未熟の中はそのコントロールもうまくいかないのですが苦しくなるが、漸次練成によって耐えられるようになるものである。しかし如何に熟練したにしろ平時よりは脈博が早くなり汗が出、体温が上昇するのは体育の場合と全く同様である。これらの身体的変化は体内の新陳代謝が旺盛になったことを示している。これを酸素消費の面からみると『酸素消費量は練習の強度に比例して増加し、練習の強度に応じて基礎代謝量の 10~20 倍にも達することがある』『酸素消費量は体内の新陳代謝の量をあらわしている。』練習時の酸素消費量を時間的にみると、練習の初期には吸い込む酸素の量は必要量に達しないが、練習をつづけることによりこれらの器管が発達し、いわゆる「適応が充分」となるので、身体的にも気分の上でも苦痛が軽減される。練習当初では我々の身体内には無酸素的の反応がおきて筋収縮が行なわれる。その結果筋の中に乳酸の蓄積が生ずる。これを医学上では「第一期」と名づけている。次に練習をつづけているうちに必要なだけの酸素を吸い込むことが出来るようになり、酸素の出入バランスが保たれるようになる。この状態を安定状態 (Steady state) と呼んでいる。これが「第二期」である。練習終了後は酸素の消費は急激に減少するわけであるが、第一期で不足した酸素をとり返すために、酸素を多くとり入れる関係で酸素消費量は急には安静時のレベルには回復しない。これを「第三期」と名づけるが、むしろ回復期と呼称した方が妥当であろう。このように第一期に不足した酸素量を第三期で補充するものであるが、これを「酸素負債」と呼んでいる。激しい練習のときには第一期の酸素の吸い込みが最大となるけれど、体内で消費する酸素の量が多いので、到底酸素の出入バランスが保たれない結果、酸素負債が大きくなり、運動終了後の回復に時間がかかりかかる。

『その人の運動能力の限度(その人の馬力)』は『その人が一定時間内にどれだけ多くの酸素を使い果すことが出来るか』ということと全く正比例する。というのも『使い得る酸素の量は、体内で出されるエネルギーの量を間接的に示

している』からである。体内で使い得る酸素の量は呼吸、循環系の能力や体内筋組織の酸化能力によって定まるものであるから、これは練習を繰り返すことによって増加するものである。



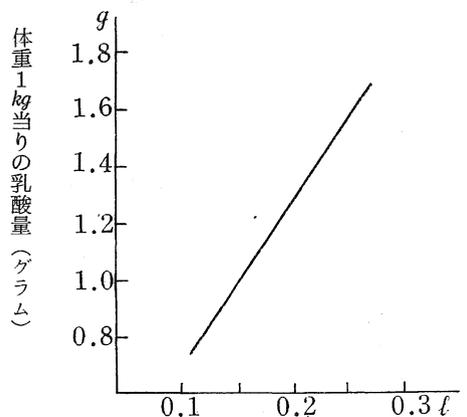
必要な酸素の量(斜線の部分)と実際に吸いこむ酸素の量(太線内の部分)を示す。Aは練習初期に不足した酸素の量、Bはこれを取りもどすためのものでAと同量であり、いわゆる酸素負債である。太線の1は第1期、2は定常状態、3は回復期である。

同じ歌唱にしても、その速度、すなわち最も早い速度(Presto)中庸の速度(Andante)最も遅い速度(Largo)等の各々によって呼吸量および酸素負債度は自然異ってくる。つまり比較的に一番呼吸状態及び酸化能力がスムーズにいく中庸の速度の場合に比して、速度の早い場合のものでは全く瞬間的に出来得る限り多くの呼吸量を肺臓内に吸入しなくてはならぬ関係から、どうしても十分な呼吸量を確保することは困難になる。したがってそこには前述の酸素負債が自然におこる結果となるのである。逆に速度の遅いものの場合では例え充分の吸気が行なわれたにしても肺臓内の酸素量は限定されているにもかかわらず与えられたエネルギーを出そうとすれば、そこにも又酸素負債がおこってくることとなる。これを運動競技の例にとると、早い歌唱速度の場合は百米疾走の場合の身体状態に類似しているとみてよいのであって、(11秒~13秒の速度)体内で必要な酸素量の $\frac{1}{6}$ ぐらいしか吸い込むことが出来ないで、筋作業の大部分は酸素負債でまかなわれなくてはならぬ。逆に遅い速度の場合では長距離競走の状態と類似していて短距離の場合のような全力疾走状態を終始つづけていくようなものとは異なり、終始中庸の歌唱速度の状態を保ちつつ、しかも山場(クライマックス)とみたら全力疾走に近い状態にいつでも切換え得る能力を持合せねば

ならぬ。これは歌唱時間の比較的短い歌曲の場合と異り、長時間(2時間から3時間)におよぶ歌劇の場合には特に之の状態が要求されるものである。つまり長時間の歌唱における酸素負債に充分に耐え得る体力の人でなくては歌劇歌手としては一人前とはいえないのである。よく長距離選手が自己のバランスをくずしたために完走することが出来ず途中棄権ということがみられるが、歌唱の段階では「声の停止」という状態でそれがあらわれる。したがってその辺のことは練成と共に大きくその人の経験がものを言うものである。したがって我々の身体をそのような酸素負債に充分に耐えることが出来るまでに訓練を積んでいかねばならぬということになる。

(注) 短距離疾走では最大酸素負債は、通常毎分4~8リットルであるが、練習によって毎分16~19リットルに達することが可能であるというデータも出ている。

そのためにも酸素消費量のレベルを高め、常時ムラのない声量、音質および歌唱技法を保持すべきである。これは基礎体力の向上又は練習による酸素消費水準の上昇をはかるべきであり、ちょうど一流ランナーがその人の基礎体力と体内の酸化過程の適応のよきとその原因をもつと同様に、実に大切なことである。



体重1kg当りの酸素負債(リットル)血液中の乳酸の量と酸素負債との関係(ウーサイによる)

酸素負債すなわち体内で要求する酸素の量が

吸い込む酸素の量を上廻るときには、血液中の乳酸の量が増加する。血液中の乳酸の量は酸素負債の量と平行する。この関係を示すのが上の図である。

乳酸は安静時には100ccの血液中に15mg存在するが、運動によっては100~200mgにも達するようになる。血液中の乳酸の生ずる原因には2つがあり「血液中のグリコーゲンが分解するもの」と「筋作業により筋の中のグリコーゲンが分解」して乳酸となるのである。練習が軽いときには、筋の中に蓄積する間に酸素によって水と炭酸ガスに分解されるか或は乳酸がグリコーゲンに再合成されるので、乳酸は血液中に流れ込むまでには到らないが、練習が激しいときには筋の中に生じた乳酸が血液の中に流れ込む。血液の乳酸が増せば血液は酸性に傾くので、身体の働きには有利ではなく疲れやすくなるのである。しかし人間の身体はうまく出来ていて、血液が酸によって酸性になると、呼吸が盛になって血液中の炭酸ガスを肺からどしどし放出するようになり、血液を酸性にするのを防ぐ。又、血液中の予備アルカリが乳酸と結合して炭酸ガスを生じ、血液がひどく酸性になるのを防ぎ、腎臓が働いてここに酸を放出する。このように身体に調節機能があるので、身体の調子がよければ激しい練習をしても身体はそんなにへばらない。練習を始めた初期には何となく声がつまったり出にくかったりの非常に苦しい時期があるが、練習を続けるうちに急に楽になるという時期がくることを経験する。これは呼吸、循環系が第二次の適応を示して、血液中の乳酸を減少させるので自然発声がスムーズにいくのである。これがいわゆる「セカンド・ウィンド (Second wind)」である。呼吸系、循環系の適応は練習の初期にも一度あらわれるので、Second wind の場合には二度目の適応ということが出来る。

2 練習時の呼吸運動の変化

歌唱時における呼吸回数は、その曲の性質、つまりそのテンポが早いか遅いかによっても随分異ってくる。安静時の呼吸数が毎分十六回とすると競技の場合では歌唱の場合とはちがって

運動によって30回~60回にもなる。しかも呼吸の深さも増し、1回の呼吸量(吸いこむ空気の量又ははき出す空気の量)は安静時400ccのものが激しい運動のときには2000ccに達する。『1分間の呼吸量は、之に1分間の呼吸回数に乗じたものである』練習時には体内で多くの酸素を必要とするので、毎分の呼吸回数をふやして多量の空気を吸いこむことは本来からいくとその目的に則した働きということが出来る。しかし歌唱ではそれとは逆に呼吸回数が少くなるというのがしばしばである関係から、自然前述の酸素負債が多くなるので、それに堪えてあくまでも立派に完唱することの出来る、いわゆるよく順応する身体生理が要求されるのである。つまり歌唱では競技又は運動の場合と異り、随時いつでも吸気出来るというようなものでない上に、それが実に不定規であり、その上「1秒の $\frac{1}{4}$ 」それ以上の極く短い時間での吸気をも要求されるので、よほどの強い吸気力が主として肺臓周辺の筋肉に要求されるわけである。その点が競技や運動の場合とちょっと異なる点である。これによく似たものでは水泳があげられようが、これとても呼吸のリズムは全く機械的と申してよいほど規則正しく行なわれるものであるから、歌唱という運動はこの点では競技よりもキビシイともいえるであろう。つまり酸素負債の多い反面には回復期(第3期)は競技の選手よりは更に長時間持たねばならぬという理屈になる。

3 練習時の血液循環の変化

練習時には身体運動が激しくなる関係で、酸素の消費が多くなり、それに伴って血流も盛になる。酸素の消費は上述のように歌唱中ばかりでなく歌唱後も多くなるように、血流の増加も歌唱中ばかりでなく歌唱後も続くのである。しかし重量挙げのときのように、筋が非常に強く且つ持続的に収縮されねばならぬような場合には、筋の中の血流が減少又は停止し、筋の収縮が終了したときに血流が増加するものである。筋の中の血流が増加するのは、筋の中を走っている小動脈及び毛細血管の局所的な拡張によるものである。安静な状態では筋の中に分布して

いる毛細血管は閉じたままであるが、筋運動のときにはこれが開いて血液を多く流すようになる。発声時にもほぼこれと似た作業及び作用が行なわれるのである。一見、素人目にはオーバーと思われるが、実際に高音を長時間保持したり強音又は最弱音を持続する場合には、背、腹、腰脚の諸筋肉は実際に競技の選手に負けないだけの強靱さを要求されるのである。したがって前記筋肉の弱い場合には高音は勿論弱音も出ない上に音量の増加も望むのは無理である。

(注) 弱音、最弱音の場合では或特定の筋肉、つまり背柱骨にそった背筋のみに異常なまでの力が加わり、逆に脚、腰両筋を除いた他の諸筋肉は完全に近く抜力されねばならぬ。

小血管を拡張し毛細血管を開口する役目をするものには次の二つがある。すなわち「神経」と「体液」がそれである。運動によって血圧が上昇するが、これが頸動脈洞に作用して血管の収縮神経の緊張をゆるめ、その結果血管が広げられるといわれる。又、体液性のもものでは筋活動によって生じた炭酸ガスや乳酸が小動脈に働いて局所的に血管を拡張する。この点だけからみると筋活動の結果代謝産物として生じた炭酸ガスや乳酸は決して不用のものではなくして、血流を盛にしている重要物ということが出来る。勿論、そのためには少量あればよいのであって、余分の炭酸ガスや乳酸は肺や腎臓から体外へ排泄されるのである。筋活動によって筋の中の血管が広がったとき、身体他の部分の血管は代償的に収縮するので、心臓から1分間に押し出される血液の量は減少しないようになっている。発声運動によって筋の中の血流が増加することは上述の如くであるが、それと歩調を合せて心臓から流れ出る血液の量が増加する。1分間に心臓から押し出される血液の量は3~4 lであるが、激しいときには10~20 lに増加するものである。(競技の選手の場合では最大35 lにも達することが確認されている)このように必要に応じて心臓から押し出される血液の量が増すという働きは、我々の身体が運動に対して一種の適応を示していることであり、『適応のうまく出来る人ほど歌唱に対する能力

がある』ということがハッキリ言えるのである。身体の適応は一つの器管や一つの場所で生ずるものではなくて、常にすべての器管の関連においてはじめておこるものであることを知っておくべきである。逆にいうと『一つの適応の実は、身体のすべての機能の一面をみること』なのである。

発声運動により内臓、皮膚、肝臓、脾臓などの中に蓄積している血液が血流の中へ流れ出て血管の中の血液の量が増加し、又、筋の収縮によって筋の中にある静脈が圧力を受けて静脈血を心臓の方へドシドシ送り込むので、心臓へ流れこむ血液の量が増す。すると心臓が反射的に収縮力を増して血液を多く押し出すようになる。このようにして心臓が1分間に押し出す血液の量、すなわち毎分搏出量が増すのである。心臓の筋が疲労して押し出す血液の量が減少してくると「へばって」それ以上運動をつづけることが出来なくなる。

歌唱運動にかぎらず一般の運動では自然脈博が増加することは一般によく経験されているところである。血液が心臓へ還ってくる量が多くなると、『右心房や大静脈の内圧が高まり、反射的に心博数が増加する』ことはベーンブリッジ (Bainbridge) 反応として知られている現象であるが、運動のときには脈博のふえる理由はこれのみではなくして、おそらくは『精神的興奮が神経をなかだちとして心臓にはたらくからにちがいない』ということである。というのも運動をはじめると血液の流れが盛になるよりも早く脈博が増しはじめ、運動開始直後の心臓の弛緩期の時間々隔が短くなるからである。

これらを総合してみると、発声運動の初期には精神的興奮が主として作用し、その後ベーンブリッジ反射、体温上昇、アドレナリン分泌、交感神経の緊張増加などが作用するものと考えられる。発声運動時の脈博の変化をみると、運動の開始と共に急激に増加し、次いで一定の水準をもって保たれ、運動終了後減少しはじめ、徐々に安静時の水準に達する。発声運動時に、脈博の増加する程度はその曲の持つ発声運動の強さと内容とに正比例するものである。すなわち

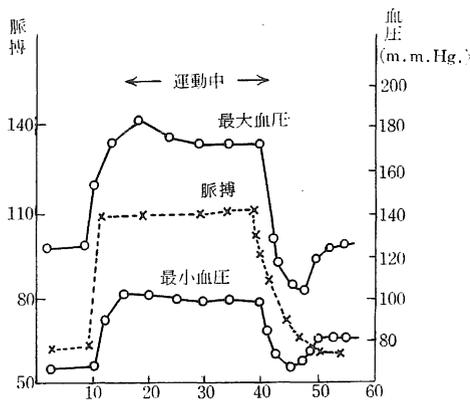
前述の如くベーンブリッジ反応は勿論のこと、内容のもつ精神的興奮の度合がそれを強く左右するからである。その他年齢や、個人の練習程度によっても異ってくる。

(注) 運動競技の場合における脈搏の増加程度を年齢別にしらべたものを参考までにかゝげてみよう。

18才～25才	毎分190～210
50才	〃 160～170
70才	〃 150

これでもわかる如く年齢の増すにつれて脈搏の増加程度が低くなる。年齢の増すにつれて脈搏の増加が少いのは「よい適応を示している」とはみなされない。おそらくそれは心臓機能が漸次弱まって適応の力が低下したものとされている。しかしスポーツマンでは安静時の脈搏が少いのと同様に、運動時における脈搏の増し方も少く、安静時に回復する時間が短縮するのは運動に対する適応がよくなったことによるものと考えられる。

血圧は発声運動の初期に急激に上昇し、次いで低下し、その後は一定の水準に保たれる。発声運動が終了すると次第に低下し、一般に脈搏よりも早く回復する。(ここで血圧とっているのは動脈血圧のことを意味しており、最大血圧についても最小血圧についても同様の経過を示す) 血圧が運動終了後に回復するときに運動前の水準より低くなるようなことがある。これを陰性期と呼ぶ。又、最大血圧と最小血圧との差を脈圧というが、これが歌唱中に増加している。



練習(運動)による血圧、脈搏の変化
(ウーサイによる)

動脈血圧および脈圧が増加するのは末梢血管の抵抗が増すことによるのではなくて、心臓から押し出す分時搏出量が増加することによる。図の血圧の曲線をくわしく眺めてみると、血圧が初期に上昇し、その後わずかに低下することがある。これは血圧の初期の上昇が動機となって、これが血管内の圧受容器に作用して代償性に血圧を下降させることによるものである。運動終了後に血圧が下降するのは心臓搏出量が減少することによるのであり、終了数分後に最小血圧の上昇するのは運動中に拡がった血管が収縮することによるのである。

4 練習時の血液の変化

発声時には体内の物質代謝が盛になるにつれて血液成分が質的にも量的にも変化する。発声時には血液中の水分が減少するが、それは血液中の水分が組織へ流れ出すことによるのである。このようなときに水を多く飲むと、飲んだ水は血液に入り、血液中の水は組織に流れ出る。組織に流れ込んだ水は汗となって出る。このような状態では飲んだ水は血液の水分を増すというよりは汗を多く造って疲労を増すという結果を生み、決してプラスにはならない。従って練習中は水分を制限してある限界まで訓練する方がよい。しかし血液水分がある限度以上に少くなることは身体に障害を与えるので、体力と練習経過に応じて適当に摂取すべきである。又、血液の水分を組織の方へ逃さないためには水の中に食塩或は砂糖を入れ、一定の浸透圧を持った水分を飲むのがよい。しかし組織の水分も発汗によって減少しているので、練習後は水を飲んで血液の水分を増し、血液の水分を組織に流して組織の水分も増さねばならない。

血液中の赤血球の数は運動によって増加する。これは酸素の運搬には都合のよい適応である。血液中の糖分はゆるやかな運動では著しい変化はないが、短時間の激しい運動では増加する。これは交感神経の緊張が高まること及び副腎髄質からのアドレナリンの分泌が高まることに由来する血糖の上昇が消費を上廻るからである。しかし長時間の激しい運動(例えばマラソンとかオペラ)では血糖の消費が上廻るの

で、自然血糖が減少する。血液乳酸は運動によって増加し、休息によって減少する。訓練された人にとっては休息による血液乳酸の消退が早い。

5 練習時の尿の変化

発声運動によって血液に起る変化は、やがて尿の変化となってあらわれてくる。しかし血液と尿の間には腎臓という関所がある関係で、血液変化がそっくりそのまま尿となってあらわれるということにはならない。発声運動によって変化する血液成分では乳酸がまず第一に問題になる。血液中の乳酸が多くなると、尿の酸性は増す。運動が激しいときには尿に蛋白が出る（漕艇その他の激しいスポーツでは尿中に赤血球の排出さえみられる）又、激しい練習直後には尿量が減少するものであるが、之は腎臓の血流循環が減少して尿の生成が少なくなることからくるのである。近年は尿の成分の変化をしらべて、練習の強度や疲労度を推測することも医学では盛にすすめられている。声帯の疲労度を測定するよりは、まずこの方が先に行なわなければならない。

6 練習時の体温調節

筋活動の際に放出されるエネルギーの75%は熱になり、25%が力の発生となる。したがって練成時には体力で多くの熱が発生する。体内に発生した熱は呼気の水蒸気の温度をあげることによって放散され、汗の電化熱として皮膚の温度を高め、この熱が対流によって放散される。体温の上昇は、ヘモグロビンが酸素を運搬することを促進し、筋の中の物質代謝を盛にするので、体温上昇は練習の適応をよくするものと考えられている。これはウォーミング・アップ（Warming-up）の内容を形成する要素である。ウォーミング・アップの理解に役立つ現象は、これ以外にも次のようなことが知られている。つまり筋では体温上昇はその活動を盛にするし、血管については末梢血管を拡張して物質代謝の産物を除去し酸素を供給することを盛にすることである。

7 合理的な練習

イ 発声の学習

我々日本人の血液の中には古くから『理屈はぬきとして何がなんでもやればいいのか』という美風（？）がひそんでいるようだ。つまり合理性とか主体性とかは隅の方に追いやられ、もっぱら抽象的で非現実的なトレーニングが東洋風あるいは東洋的という美名のもとに巾をきかしてきたのが現状であった。これでは例え如何に優れた素質の持主であったにしても、その才能を十分に発揮することが出来ないで終るばかりか、下手をすると生涯取返しのつかぬ疾病をも引き起こしかねないのである。逆に例え素質的には多少恵まれない人であっても、合理的な練習法さえほどこせばその人の持てる素質以上に力が発揮されることは絶対間違のないところである。

歌唱にしろスポーツにしろ、凡そ技術の伴うものには定ってと申してよくウォーミング・アップからはじまり最後の整理運動に至るまでがほぼ一致した過程を通っているものである。練習によって技術が上達するのを生理学的に考察すれば、一般に歌唱能力とは誰でもが一応は年と共に発達するものであり、なお一定の年齢に達した後でも同一の運動を繰り返せばそれが上達するものである。殊に声楽の場合では器楽の場合とは異なり、三ツや四ツの幼児期から正規の歌唱訓練に入る様なことは極く例外を除いては無理であり、普通の場合変声期を過ぎた年頃（満十八才ころ）から開始するので、年齢的にはかなりのギャップがあることになる。しかし三十才を過ぎてやろうと思えばかなりの上達をみるものでもあるので、声楽の場合ではあまり年齢は問題にされないのである。

歌唱能力を最大に発揮するためには雑然としている人間の能力を整理し、妨げとなるものを抑え、必要なものだけを選び出すというのがトレーニングであり、これが「歌唱学習」である。

「学習」とは「引き出す」という言葉の意味をもっているが、生理学的にも類似した考察をすることが出来る。つまりトレーニングに移る前には我々身体の運動機能の中枢の中に多くの独立した活動の中心が出来ていて、為に統一動作が出来ない。ところがトレーニングによって

各々独立していた多くの活動の中心のうちで、その場合に必要のないものは消滅し、必要のあるもののみが共同して一定の方向性を持った活動の中心を形成するようになる。従って動作が統一され、まとまった巧みな技術がそこに生れるようになるのである。これを練成と呼ぶ。実際人間の身体ではこのような状態は大脳、脳幹、小脳、背髄などの中枢神経系の中でおきる。このように練習によっておきる必要な動作の要素と、不要な動作の要素の取舍選択は中枢神経系の内での疎通および抑制という現象と関連するものと考えられる。すなわち必要な動作を起し易くするのが疎通であり、不用な動作を起しにくくするのが抑制である。しかし学習は以上のべた疎通と抑制のみでは出来るものではない。すなわち新しい動作の様式、つまりフォームは意識して憶えなくてはならない。これは大脳の仕事に属するものである。つまり大脳は目や耳、四肢の動きの感じからきた興奮をキャッチし、これを一定の変化として残すものであり、記憶、練習、経験以上三者の土台をなすものである。つまり「歌唱の学習」では、その初歩の段階では極めて意識的に行われるが、それを繰り返してつゞけることによって次第に意識の関与が少くなり、遂には歌唱を開始する意志の発動だけで一定のフォームに合致した動作が無意識に出来る段階に立ち到ることが出来るという過程を経るのである。

ロ 発声のフォームについて

歌唱の際に正しい頭、手足、胴の配置は、その人の意志によってきめられるが、とっさの場合には意志以外の働きによることが多い。例えば誤ってどこか高いところから落ちるとき等には無意識のうちに手、足を伸べて防禦の姿勢をとる。又、歩いている中に急に何か足の裏に釘がさったときにも思わず足を縮める。このように気付いているときには意志によって姿勢をとる。え、それに対する処置をこうするが、突然に事態が変わったときには意志の働く暇もなく、無意識のうちに一定の姿勢の変化や動作がおきる。これを衝動々作乃至は反射動作という。衝動々作にはいくらか情緒が原因として

含まれるものがあり、反射動作とは情緒が原因とならないで知覚だけが原因となるものである。我々の日常生活に於ける姿勢や動作は、意志動作、衝動々作、反射動作が色々の割合に混合したものであって、これら三種が全く独立して起るということは少い。たゞその割合が意志に関係することが多いか少いかという差異はある。歌唱に必要なことはその姿勢、動作が意志動作を通り越して正しい意味での衝動、反射の両動作にまで到達することが出来るようにまで努力することである。つまり歌唱動作で最も重要な声帯振動のより効果的共鳴法が突差の場合にも無意識の中に正しく行われるように練成すべきである。これを歌唱では「身体保持法」と呼んでいる。

(注) 声帯振動に直接密接な関係にある口腔、鼻腔の配置から頭蓋壁共鳴の全用にわたっては、頸部を圧迫しない状態において顎を軽く引くことが大切であり、胴体部は第二の声帯とも申してよい横隔膜の共鳴振動がスムーズにはこぶよう、特にその部分に圧迫を加えない極めて自然な保持が大切である。したがって両手、両脚は前記2ツ(声帯・横隔膜)の振動共鳴部が極もよく活動出来得るように協力配置すべきである。

このような身体各部の配置法は人によって多少異なるので、これを個人による姿勢又は動作(型又は様式)と呼ぶ。練習はこの姿勢又は動作の型を意志によって理想的なものに仕上げる過程である。したがって不用な型を抑制し、有利な型を助長することが練習の効果である。練習を繰り返すことにより、意志の関与が少くなって、理想的な姿勢や動作の型が無意識のうちに出来上るようになる。これが「正しいフォーム」と呼ばれるものである。一度正しいフォームが出来上ると、それはその後も保ってけるものである。生理学的にみても末梢神経及び中枢神経の間に特定の連絡が起り易くなった状態である。しかしこの状態は全く安定した構造をもったものではなく構能的な連絡によるものである。意志の力によって変えることも出来ると同時に、聴衆の前で歌うのが恥かしかったり恐ろしかったりするというような精神的動揺

によって乱れるものである。これが「フォームの乱れ」といわれるものであり、如何に熟練した人にあっても起こるものである。つまり出来上がった姿勢や動作の型に衝動々作がそこに混入したためにおこる現象であり、演奏家には最も警戒されるものである。

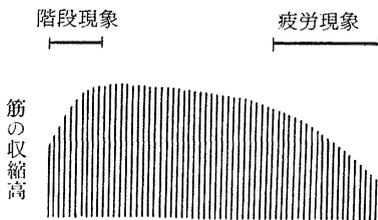
ハ 準備運動と整理運動

準備運動の利益の一番主なるものは「自己の能力を充分に出すことが出来る」ということである。歌唱の場合にはその種類は次の二ツに分けることが出来る。すなわち

A 準備体操

B 発声練習

がそれである。能力を充分に出し得ることの出来る理由としては次の動物実験がそれを示している。つまり取り出した動物の筋を刺戟して筋の収縮曲線を記録すると、筋の収縮は次第に増加し、一定の回数だけその水準を保持し、やがて疲労があらわれて次第に収縮の大きさは減少される。このように初めての収縮よりも暫らく回数を重ねた時の方が収縮がより大きくなると



筋の収縮は次第に増加（階段現象）やがて減少する（疲労現象）

いう現象は、一定の準備運動をしたのちには「働き」がよくなることを証明している。この現象のみならず体温の上昇が筋のはたらきを一層つよめるといふ研究も行われている。つまり準備運動をすると身体があたゝまるが、それが筋の温度を高め筋の作業量を高め、更に筋力の増加がみられるのである。しかし面白いことに外界の温度が上昇して暑過ぎると逆に筋の働きは劣る。この現象は真夏の演奏会で独唱した経験のある人なら誰もが一度は味わうことであり、途中で急に音量がゲンと落ちるとするのがその症状である。暑すぎる夏と、逆に筋肉を冷やす冬との二場は独唱会が少ないというのも之

様な理由がそこに潜んでいるからである。同じようなことが体育の選手にもみられることで人間の運動能力（走・跳・投の能力）に季節的变化がみられるのは以上の関係を示している。筋の部分的な温度上昇の方が全身の温度上昇よりも有効である。したがって準備運動のあとは頸部は勿論のこと他の部分もなるべく冷さぬようにすべきである。筋を働かせると筋の中に炭酸ガスが生じ、これは筋の中の毛細血管を抜けて血行をよくするので、予じめ軽い筋運動をしておけば筋の中の血流が盛んになって、その後の運動能力を高める。準備運動はこの点にも効果はあるのである。又、循環、呼吸機能にしても、歌唱活動にしても、歌唱活動に先立って軽度の準備運動を行って、それらの機能の活動水準を一定のレベルにまで高くしておいた方がその機能を充分に發揮するためにも有利である。

（注） 準備運動の具体的なものをあげると

- イ 頸部の運動（頭部を左右交互に廻転、前後左右交互に傾倒）
- ロ 胸郭下部の柔軟体操
- ハ 両肩の拔力運動

練習終了後は再び安静な状態にまで引きもどしておくことが、身体保護と次の歌唱に再びよい能力を出すことのためにも大切なことである。これを整理運動という。つまり歌唱活動によって生じた筋の中のCO₂などの代謝物質は整理運動によって排泄されやすくなり疲労を軽減する。

ニ 練習効果

練習を繰返すことによって技術の上達のみでなく筋力及び持久力も増加することは医学的にも証明されることである。『人間の身体は適度にこれを使用するとその働きを漸次増すようになる。』これを使用の法則(law of use)と名づけられている。身体を使用すると組織の新陳代謝が盛んになって、その組織の機能が增大する。そのような生体反応を適応(adaptation)という。(前述したとおり)発声活動をすると呼吸が盛になり脈搏数が増すなどの現象も生体の適応作用であるが、これは一時的適応である。これに対して運動又は練習を繰返すとき筋

が太くなり、筋力が増し持久力が増して疲れにくくなるという現象は永久的な適応である。練習効果を論ずる場合にはこの一時的適応と永久的適応の二者を分けて研究していく必要がある。後者を別名訓練効果ともいう。

とにかく身体はうまく訓練すると永い間には永久的な変化を生ずる。之を筋についてしらべてみると筋力が増大している。筋力増大の原因は筋を構成する筋繊維の太さが増していることである。その上筋力を永く出し続けていても疲れにくくなる。この原因は『筋肉のエネルギー源が豊富になり、回復がたやすく行われること』であり、それは筋のミオヘモグロビンの量、グリコーゲン及磷酸クレアチンの貯蔵量の増加がみられ、乳酸を排除する能力が増強している。血液中の予備アルカリ量は練習効果又はコンディションを示すものであり、経験者では一般にその量が多く、激しい運動に際して内的環境を一定に保つに適していることを示す。又、赤血球の数も練習の結果増加する。その原因として骨髄における造血機能の増進が考えられる。運動時に一時的に流血中の赤血球が増加するのは脾臓の収縮によるものである。呼吸機能では訓練者にとっては肺臓壁が肥厚し、弾力繊維が増加していることが知られており、スポーツでは「スポーツ肺」と呼ばれている。声楽をこれ職業としている人であっても殆んどがこれに近いわけであって、普通人が発声運動時に一分間2.5 lの酸素を消費するとみなすと、訓練者では4.0 lの酸素を消費する率となる。酸素を消費する能力の多いというのは、即ち出し得るエネルギーの量が大きいということである。酸素の利用率も訓練者では増加している。このことは訓練者では同じ空気から未訓練者よりもよけいに酸素を吸収することが出来ることを示すものである。これには肺活量の増加も関係している。

心臓は練習によってその強さ、効率及び持久力を増す。スポーツマンにあっては心臓の肥大を生ずるものであり、心臓X線像が何よりもそれを鮮明に示している。一度生じた心臓の肥大は、その運動を中止した後にも残るものであ

て、やはり強さ、効率、持久力を保持しつづける。『基礎代謝量』は訓練者と未訓練者とではそう大差はない。

中枢神経系に対し、練習によってskillが増しその結果運動の効率がよくなる。練習によって大脳皮質運動領の血液循環がよくなって運動機能を高めるといわれる。

ホ. 練習と食物

筋運動のためには含水炭素(糖)と脂肪が消費される。食物中の含水炭素の量が少いときには呼吸商(R.Q)の値が小さくなる。発声運動時には体内に含水炭素が多く消費されるので筋活動によって疲れたときには糖分を摂取すると再び運動能力を高めることが出来る。これとは逆に血液中の糖分の量が少いときには疲労の症状が早くあらわれる。その外、尿にケトン体があらわれ、ちょうど安静時に含水炭素の少い、しかも脂肪の多い食物を摂取するときと同様の状態がみられる。スポーツマンや筋作業に従事する人では蛋白質や脂肪に対する食欲が増すというが、之は脂肪が含水炭素の消耗の身代りをするというのみでなく、量の割合に発生するエネルギーが多いという利点がある。又蛋白質はビタミンB複合体が充分摂取されるときエネルギー源として利用される率も高い。

6 練習の限界

A 疲労の様式

疲労とは作業能力低下の状態をいうものである。疲労のあらわれる時期は、その歌唱労働力の強さが大きければ大きいほど一般に早い。すなわち疲労は作業量に比例してあらわれるのである。殊に歌唱では精神、肉体両面を駆使する関係から、両者の疲労が同時にあらわれる。疲労現象についての対策には次のことをまず調べる必要がある。

イ 作業能力に低下があらわれたとき精神的、肉体的に如何なる変化があらわれているか?

ロ 精神的、肉体的変化が疲労限界をこえて危険と思われる時を定める

ハ 疲労の回復方法

疲労現象があらわれると、機能の変化がどのよ

「発 声 の 生 理」

うにおこるかをみるために次の三ツに分類して考えてみる。すなわち

イ 作業能力の面における質と量の変化

ロ 自覚症

ハ 内部環境の変化

がそれである。

B 疲労対策

疲労が現われることを恐れる必要はない。疲労が現われないほどの練習は訓練効果も少いが疲労が蓄積すればかえって訓練効果がなくな

る。疲労が蓄積しないように練習と負荷をするのが指導者に課せられた務である。そこで疲労対策が生れてくる。それには

イ 原因を除く

ロ 訓練によって体力を増す

ハ 管理をよくする

ニ 疲労の回復法

がある。この各々については紙面の都合で述べられないのが甚だ残念である。