

# 前腕筋群の形態と機能に顕れる弓道の競技特性

身体運動科学研究領域

5017A001-1 相澤岳

研究指導教員:川上 泰雄 教授

## 【背景】

弓道において、和弓は独特な上下非対称構造を持ち、発射時に弓は回転挙動する。弓道は、道具自体の進化による弓の回転の制御ではなく、身体による解決を志向した。そのことで、独自の弓・矢のデザインの発達と、人間と道具との相互作用を極めて高いレベルで達成したと言われている。

上記に関して、発射時における弓、矢、弦相互のメカニクスは未だ詳細な定量解析がなされておらず、矢が弓から分離する機序は定量解析されていない。機序と的中率との関わりは不明である。また、弓道においては、発射前は左右の上肢を3次元的に用いて弓と弦に弾性エネルギーを蓄える技術、発射（弦別れ）後は、弓別れ、矢が弦から分離する（矢別れ）までのごく短い時間内に、矢へ弾性エネルギーを伝えて飛翔させる技術が要求される。これは、発射時に、屈曲した右腕が、支持していた弦をスムーズに分離する技術と、発射後に、伸展していた左腕が、回転する弓を支持しながら制御する技術に集約される。そのために、弓道選手は左右の前腕に対して異なる機能が求められ、上級者においては、目視が可能なほどの形態上の左右差が前腕部に表れるが、技術と前腕筋群、的中率との関わりは不明である。近的競技では、矢の発射角度の誤差を約  $0.7^{\circ}$  以内に収める必要があり、上記の技術は極めて高いレベルで実現されなければならない。指導現場においては、このような技術の定量評価基準が的中率しか存在しない問題がある。

本研究では、同一の道具による条件において、射手の技術定量評価を、矢の初速  $V_0$  を引尺（弓を引いた長さ）で正規化した  $V_{0NORM}$  により可能であることを仮説とする。発射前後の上肢、矢が弓から分離する機序を導入した、弓矢と弦の分離機序、 $V_{0NORM}$  や左右前腕筋群の形態的特徴を通じて、弓道の競技特性、特に  $V_0$  獲得の方略、的中率との関わりを探ることを目的とする。

## 【方法】

東京都学生弓道連盟リーグI部、関東学生弓道連盟リーグIII部に所属する大学弓道部の健康な男子部員15名（年齢  $20.5 \pm 1.5$  歳、身長  $170.9 \pm 4.9$  cm、体重  $61.4 \pm 7.2$  kg、経験年数  $6.0 \pm 2.3$  年、通常の中率:  $75.3 \pm 10.9$  %、通常使用弓力:  $15.3 \pm 1.2$  kgf；平均値  $\pm$  標準偏差）を被験者とした。また、利き腕による筋発達の差と弓道以外の動作による筋発達の差を防ぐために、右利きで筋力トレーニングを行っていない者とした。道具は、グラスファイバー弓（直心 II 12 kgf）、アルミ矢（1913, 直径 7.5 mm）、右手袋（カケ）は被験者が通常用いているものとし、弓道場にて、近的競技と同一条件である距離 28 m、直径 36 cm の的へ、25 試技とした。

### 測定項目

- ・接触部位の圧力センサにより、弦と右手袋（カケ）との分離（弦別れ）、弓と矢の接触位置変位開始と分離（10kHz）
- ・高速度カメラにより、弦と矢の分離（矢別れ）、弓を引いた長さ（引尺）（960fps）
- ・2個のコイルにより、矢の初速  $V_0$ （20kHz）
- ・Bモード超音波により、前腕近位 30% 水平断面における各筋横断面積

### データ処理、統計処理

$V_{0NORM} = (V_0 \text{ 平均値}) / (\text{引尺平均値})$ 、 $V_{0NORM}$  変動係数を算出し、引尺と  $V_0$ 、弓具それぞれの分離時と  $V_0$ 、引尺、 $V_{0NORM}$ 、変動係数、左右の各筋横断面積、通常の中率との相関関係を Spearman の順位相関係数で検定し、有意水準は 5 % 未満とした。 $V_{0NORM}$  から、 $V_0$  と引尺の相関関係を Pearson の相関係数で検定、群分けして、群間差を Mann-Whitney 検定、群内の相関関係を Spearman の順位相関係数で検定し、有意水準は 5 % 未満とした。左右の筋横断面積の合計、左右の各筋横断面積、それぞれの左右差を Wilcoxon の符号付順位で検定し、有意水準は 5 % 未満とした。

## 【結果】

1 人の被験者を除き、弦別れから矢別れまでの時間内に、弓矢接触終了が見られた。経験年数が最短で、 $V_{0NORM}$  は最低値であったため、除外した。

$V_0$  と引尺は有意な正の相関 ( $\rho=0.771$ ,  $p<0.01$ )、長掌筋は左が有意に発達していた。

$V_{0NORM}=46.80$  による群分けにおいて、 $V_{0NORM}>46.80$  (上位群) は、 $V_0$  と引尺は有意な正の相関 ( $r=0.992$ ,  $p<0.01$ ) だが、 $V_{0NORM}<46.80$  (下位群) は相関が見られなかった。群間において、通常の中率、各分離機序の時間長、各前腕筋に有意差は見られなかった。

上位群は、左長掌筋が有意に発達していた。 $V_0$  と、弦別れから弓矢接触終了時間長 ( $\rho=0.893$ ,  $p<0.01$ )、弦別れから矢別れ時間長 ( $\rho=0.775$ ,  $p<0.05$ ) に有意な正の相関が見られた。通常の中率と弦別れ動作時間差 ( $\rho=-0.898$ ,  $p<0.01$ )、弦別れから矢別れ時間長 ( $\rho=-0.811$ ,  $p<0.01$ )、左腕橈骨筋 ( $\rho=-0.857$ ,  $p<0.05$ )、右尺側手根伸筋 ( $\rho=-0.857$ ,  $p<0.05$ ) に有意な負の相関が見られた。弦別れ動作時間差と、弦別れから矢別れ時間長 ( $\rho=0.925$ ,  $p<0.01$ )、弦別れから弓矢接触終了時間長 ( $\rho=0.823$ ,  $p<0.05$ )、右尺側手根伸筋 ( $\rho=-0.879$ ,  $p<0.01$ ) に有意な正の相関が見られた。弦別れから弓矢接触位置変位開始時間長と変動係数 ( $\rho=0.821$ ,  $p<0.05$ )、弓矢接触位置変位開始から矢別れ時間長と左長掌筋 ( $\rho=0.821$ ,  $p<0.05$ )、変動係数と左長掌筋 ( $\rho=-0.857$ ,  $p<0.05$ )、変動係数と右回外筋 ( $\rho=-0.786$ ,  $p<0.05$ ) に有意な相関が見られた。

下位群は、左長掌筋が有意に発達していた。弓矢接触終了から矢別れ時間長と  $V_0$  ( $\rho=0.847$ ,  $p<0.05$ )、 $V_{0NORM}$  ( $\rho=0.847$ ,  $p<0.05$ ) に有意な正の相関が見られた。通常の中率は相関がなく、弦別れ動作時間差と変動係数 ( $\rho=0.883$ ,  $p<0.05$ )、左総指伸筋と変動係数 ( $\rho=0.937$ ,  $p<0.01$ ) に有意な正の相関が見られた。弦別れから弓矢接触終了時間長と左長掌筋 ( $\rho=0.793$ ,  $p<0.05$ )、右腕橈骨筋 ( $\rho=0.901$ ,  $p<0.01$ ) に有意な正の相関が見られた。弓矢接触位置変位開始から矢別れ時間長と右腕橈骨筋 ( $\rho=-0.821$ ,  $p<0.05$ ) に有意な負の相関が見られた。左長掌筋と右腕橈骨筋 ( $\rho=0.893$ ,  $p<0.05$ ) は有意な正の相関、左長掌筋と  $V_{0NORM}$  ( $\rho=-0.857$ ,  $p<0.05$ )、右腕橈骨

筋と  $V_0$  ( $\rho=-0.857$ ,  $p<0.05$ )、 $V_{0NORM}$  ( $\rho=-0.857$ ,  $p<0.05$ ) と有意な負の相関が見られた。

## 【考察】

上位群は、引尺に応じた  $V_0$  出力である。左腕橈骨筋は半回内作用により、狙いをずらすように働き、的中率を低下させ、また、右尺側手根伸筋による尺屈は、弦別れ動作を阻害し、弦別れ動作時間差を大きくして、的中率を低下させる可能性がある。発達した左長掌筋は  $V_{0NORM}$  変動係数低下に寄与することが示唆された。これは、弦別れから矢別れまでの各機序の時間長が、相互に負の相関を持つことによる。

右回外筋は回外により、弦のひねりを抑制して、 $V_{0NORM}$  変動係数低下に寄与することが示唆された。下位群は、引尺に応じた  $V_0$  出力でなく、発達した左長掌筋が  $V_{0NORM}$  低下への寄与が示唆された。右腕橈骨筋の前腕中間位へ戻そうとする半回内作用は、回外により弦のひねりを抑制して、 $V_0$  を抑制する可能性がある。また、右腕橈骨筋は、弦別れから弓矢接触終了時間長と正の相関、弓矢接触位置変位開始から矢別れまでの時間長に負の相関がある。

$V_0$  と相関のあるのが、上位群は、弦別れから弓矢接触位置変位開始までであり、下位群は、弓矢接触位置変位開始から矢別れまでと異なる方略を示している。

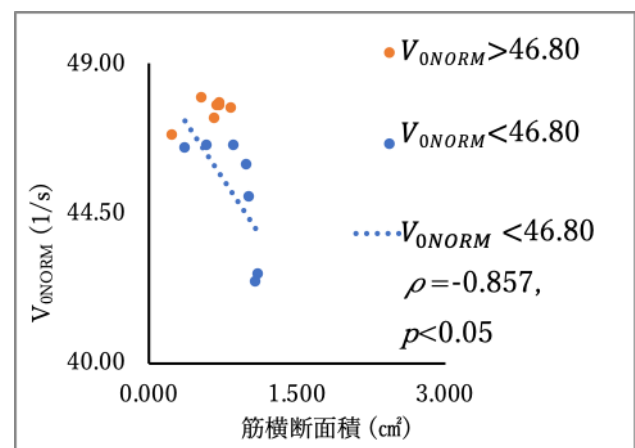


図 左長掌筋と  $V_{0NORM}$  の相関

## 【結論】

弦別れから矢別れまでの間に、弓矢接触終了が見られた。 $V_{0NORM}$  による技術定量評価の可能性が示唆された。引尺に応じた  $V_0$  出力の有無から  $V_{0NORM}$  のしきい値が示唆され、発射機序、前腕筋群、通常の中率との関わりの相違が示唆された。