精密把握の仕方と手指操作特性

○谷井克則 菊池季比古（生命工学工業技術研究所）

Study of finger movement in some phases of the precision grip complex

○Katsunori Tanii & Suehiko Kikuchi

(National Institute of Bioscience and Human-Technology)

目的 手指による物体の把握形態の1つに精密把握がある。把握する円盤状の物体の直径が小さければ母指と示指で把握できるけれども、直径の増大と共に尺側（小指側）の指が動員される。円盤状の物体を精密把握によって回転操作する際、求められる操作内容によって操作速度が重要である場合、速度よりも正確さが重要である場合、もしくは速度と正確さが重要である場合等が想定される。

操作速度が要求される状況での精密把握による回転操作運動において、操作する円盤の直径が異なれば、すなわち精密把握状態が異なれば操作運動に係わる上肢の運動様式も異なると考えられる。例えば、円盤の直径が小さければ手指だけで操作可能と思われるが、直径が大きい場合前腕の回外（または回内）が関与することが推測される。

本研究は速い操作条件下における精密把握状態と回転操作時の運動様式の関係を検討するためにを行った。

方法 操作する円盤の直径は2、4、6、8、10および12cmであり、厚さは14mmであった。これらを回転抵抗が非常に小さいポテンショメータの水平な軸に直角に取り付け、各直径ごとに反応回転操作運動を5回行った。反応合図は視覚合図とし、提示はCRT上のビームをステップ上に変化させることで行った。被験者（右利き）はビームの変動に応じて静的精密把握状態から回外方向への円盤回

転操作を右手で行った。その際の姿勢は椅座位で、右上肢を下垂した状態から右肘をほぼ90度に曲げた姿勢で、椅子の位置は前記の姿勢で垂直な円盤を指先で精密把握できるように調節された。実験中、双極誘導表面筋電図を上腕二頭筋、指伸筋、尺側手根伸筋および尺側手根屈筋から記録した。この他前腕の回外運動の程度を記録するために、P & G社の捻りゴニオメータを前腕内側部に装着した。また静的精密把握状態における第3指の中手指節関節（MP）の屈曲状態を写真撮影した。

結果と考察 本研究における手指の外転および内転の定義は鎌倉他（1986）と同様に、指先が手の外縁に向かって動く運動を外転、これとは逆に指先が手の内側に向かって動く運動を内転とする。

表1は反応運動後の円盤操作角度と前腕回外角度および静的精密把握時の手指の状態を示している。円盤の直径が6cmの大きさまでの前腕回外角度は、直径4cmでの5試行目を除いて10度以下であるが、直径が8cm以上になると前腕回外角度は10度以上であり、直径12cmでは37度以上であった。これらの結果は直径が8cmの円盤の速い回転操作には前腕の回外運動が大きな役割を果たしたことを示しており、直径4cmでの5試行目の前腕回外角度が他の試行よりも大きかったのは円盤操作角度の大きさからみて、前腕の回外が行われたためと考えられる。

直径 2 cm および 4 cm の円盤の回転操作中の尺側手根伸筋の表面筋電図振幅は、初期バースト状筋放電出現後すぐに減弱したが、6 cm 以上ではバースト状筋放電の出現後、筋電図振幅は漸減様相を示し始めた。この傾向は直径 8 cm 以上で明瞭になった。これらの結果は直径 6 cm 以上の円盤の回転操作には前腕の回外運動の他に手関節の尺屈運動も深く関与したことを示唆している。

前腕回外角度および筋電図の結果から直径が 2 cm および 4 cm の円盤の回転操作は、主に手指の外転によって行われ、6 cm になると手指外転に加えて手関節の尺屈運動が係わり始めるか、もしくは尺屈運動が中心的役割を果たすようになるとみられる。表 1 において各

直径における円盤操作角度は前腕回外角度よりも大きい、その角度差の大部分は直径が小さい場合は手指外転によって、また直径が大きい場合は手関節の尺屈運動の協調的参加によって生み出されたと考えられる。

これらの結果から、直径 8 cm 以上の円盤の回転操作における手指外転運動は十分に行われなかったと推察される。直径が 8 cm 以上における中手指節関節の屈曲状態および手指動員数（表 1）は手の縦アーチおよび中手骨頭列が成す手の横アーチが平板化することを示唆している。大きな直径の円盤の回転操作においては、これら 2 つのアーチの平板化が手指関節の可動性を減少させ、手指外転運動を抑制したと考えられる。

表 1 反応運動後の円盤操作角度（O A）と前腕回外角度（S A）および静的精密把握時の手指の状態

		円盤操作角度および前腕回外角度					静的精密把握時の手指状態	
		試行数					中手指節関節	手指動員数
		1	2	3	4	5		
2 cm	O A (°)	153	137	113	158	156	屈曲位	3 本
	S A (°)	5	2	0	0	1		
4 cm	O A (°)	97	80	120	104	144	屈曲位	4 本
	S A (°)	7	6	8	8	16		
6 cm	O A (°)	88	86	81	85	92	やや屈曲位	4 本
	S A (°)	7	9	8	7	8		
8 cm	O A (°)	80	105	122	76	114	中立位	5 本
	S A (°)	12	22	31	12	37		
10 cm	O A (°)	81	74	69	70	68	やや伸展位	5 本
	S A (°)	30	16	15	13	18		
12 cm	O A (°)	91	102	110	96	93	伸展位	5 本
	S A (°)	37	46	48	45	39		