

柔道関節技の研究

(4) 呼吸・循環機能より見たる生体反応

東京教育大学 小川新吉
阿久津邦男
松本芳三

(1) 緒言

柔道における関節技の総合的研究の一環として、関節技、所謂逆手が被術者の心身の機能、就中呼吸循環器系機能に如何なる影響を及ぼすかを検討し、考察を試みた。

関節技は通常固め技として、いわゆる「十字固め」とか「腕がらみ」など、上肢ことに肘関節が施術の対象となる。そしてこれ等の関節技に関する従来の研究は、殆んど技術的な研究で、生理学的な研究は全くなされていない現状である。

実際の競技の場における関節技をそのまま測定調査することは不可能であるので、本研究では、代表的な肘関節の「十字固め」につき、主として研究を進め、実験室で伸展位の状態における肘関節に、種々なる機械的な負荷をかけ、その際の生体反応を、呼吸曲線、心電図、電流皮膚反射(G・S・R)及び指先における光電容積脈波等によって観察した。

(2) 研究方法

被検者は、表1の基本体力表に示す如く、日ごろ柔道を専門に稽古している大学学生選手の中から、肘関節を傷めたことのないもの五人を選び、また対照としては全く柔道に未経験な一般学生六名を選んで実験を行った。

肘関節における機械的負荷の要領は、図1の写真に示す如くである。被検者を頑丈なベッドの上に仰臥せしめ、被検者の一方の上肢を伸展位におき、肘関節の下には枕をかい、伸展位に伸ばされた手首には保護綿を巻きさらにこれを金属輪で固定した。金属輪はゼンマイ秤を途中に入れた紐につなぎ、紐をひっぱることにより負荷をかけ、その際の負荷量はゼンマイ秤で読取れるようにした。負荷の限度は頑張れる迄とし、もうこれ以上頑張れない場合は反対側の手で「まいった」の合図をすることにした。

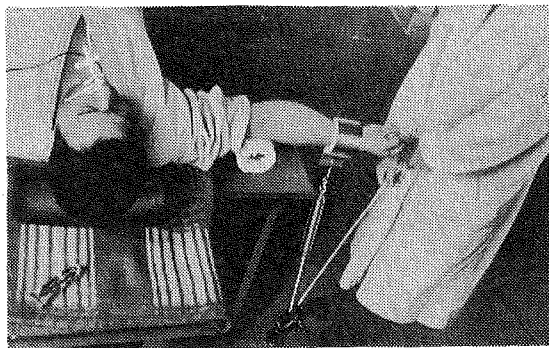
関節技のとり方は、肘関節の位置・方向・回旋度等により、抵抗しうる力に差異のあることが実際の経験上認められるので、拇指を上方にして伸展した場合(これを十字固め第2種とよぶ)と、手掌を上にして水

表1 被検者体力一覧表

被検者	身長	体重	胸囲	年齢	経験年数	段	
柔道選手	杉山	167.5	71.0	100.5	21	7	4
	片岡	173.5	80.5	99.5	21	7	4
	松浦	161.0	61.5	87.5	20	6	3
	金森	166.5	69.5	93.5	19	3	初
	梅原	170.5	76.0	98.0	19	2	2
	平均	167.8	71.7	95.9	20	5	28

一般学生	松田	175.0	68.0	85.5	21		
	佐藤	163.0	54.5	82.5	22		
	斎藤	165.0	50.0	82.0	25		
	山根	156.5	47.5	83.0	22		
	久谷	161.5	56.5	84.5	22		
	唐木	182.0	72.0	91.0	20		
	平均	167.1	58.8	84.8	22		

図1 肘関節に対する負荷の要領



光電プレチスモグラフを用いた。さらに神経系の反射機能を調べる意味で、実施側と反対の腕で電流皮膚反射(G・S・R)を測定した。

肘関節に負荷を与えるときの危険を除くため、負荷を徐々に行うようにし、3～5秒位で負荷の頂点(「極め」の頂点)に入るようにした。

(3) 結果とその考察

① 肘関節に対する負荷の大きさについて

5人の柔道選手とその6人の対照(一般学生)について、手掌を上にした場合(第1種)と、拇指を上にした場合(第2種)について実験を行ったが、これらの被検者の関節技の負荷の大きさをここに示す。すなわち、被検者が頑張った場合と、無抵抗の場合の限界値を負荷強度(kg)で示したのが第2表である。

表は同一条件で2度繰返した実測値と、その平均値、及び柔道経験の有無による差異を一括整理したものである。

まず抵抗、無抵抗による差異であるが抵抗して頑張った方が、第1種・第2種とも4～6kg大きい限界値を示し、その傾向は柔道経験の有無また個人によってあまりかわらない。

次に手掌上位(第1種)と母指上位(第2種)の関節の状態による差異を比較してみると、手掌上位の場合が何れの条件下でも約4kg程度大きい。柔道経験の有無や抵抗の有無によって、その差が殆んどないことは、関節技をとる場合、拇指上位は水平位より軽い力で技を極めることができ、極めて有利であることを実証しているものである。これは主として肘関節の解剖学的構造に起因するものと考えられる。

また柔道部員と一般学生の成績を比較してみると、柔道部員においては、いずれの場合でも4～5kg大きい値を示している。これは柔道では上肢の引手が極めて基本的で重要な動作であるため、機械的負荷に対する肘関節の抵抗が鍛錬されていると考えるのが妥当であろう。

本篇ではとくに力学的研究を主体としていないので、以上の測定は、ここに選ばれた被検者がどの程度の負荷に耐え、またどの程度の負荷を与えられたかを示すものである。

② 呼吸にみられる変化

平にした場合(これを十字固め第1種とよぶ)を区別し、夫々につき、出来るだけ頑張って抵抗した場合と、全く無抵抗の場合とにつき比較した。

仰臥位で負荷をかけ(「極め」に入り)いわゆる「まいった」の合図があって、負荷を解いたが、測定は安静状態に復帰するまで連続して行った。

先ず心電図は胸廓前面より誘導し、呼吸運動の描記は鼻孔に貼着したサーミスターにより、末梢血管の血流状態の観察には指尖用の

図2 光電プレチスモグラフおよびG・S・R測定要領

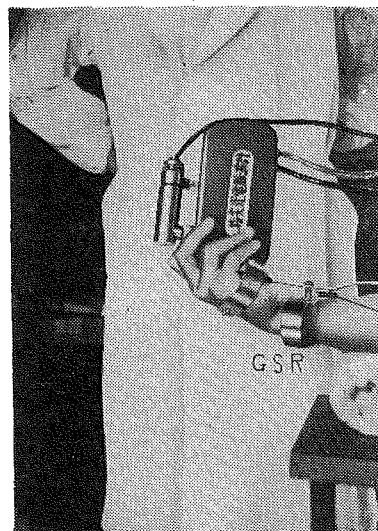


表2 機械的負荷の限界値(単位kg)

条件 被検者		第1種(手掌上位)		第2種(拇指上位)					
		抵抗	無抵抗	抵抗	無抵抗				
柔道選手	S	26.0 27.0	26.5	15.0 14.6	14.8	18.2 19.6	18.9	11.4 11.4	11.4
	K	25.0 28.0	26.5	17.0 21.5	19.3	24.5 25.0	24.8	10.8 13.8	12.3
	M	23.5 26.5	25.0	18.4 19.0 19.8	19.1	20.5 20.5	20.5	13.8 15.6	14.7
	K	20.0 21.0	20.5	16.4 17.8	17.1	18.6 20.2	19.4	16.5 17.4	17.0
	U	19.5 20.5	20.0	16.8 16.8	16.8	14.9 15.0	14.9	12.2 13.5	12.9
	\bar{x}		23.7		17.5		19.7		13.7
一般学生	M	21.0 21.5	21.3	15.4 16.0	15.7	17.0 17.0	17.0	12.4 13.2	12.8
	S _A	16.1 16.5	16.3	13.0 13.4	13.2	11.8 13.6	12.7	10.0 10.8	20.4
	S _M	17.8 19.2	18.5	11.4 12.5	12.0	11.2 11.8	11.5	9.2 9.5	9.1
	Y	15.0 15.8	15.4	8.7 8.6	8.2	11.8 14.8	13.3	7.2 8.4	7.8
	H	14.0 14.4	14.2	10.2 11.6	10.9	7.0 8.2	7.6	4.4 4.5	4.5
	K	15.0 18.2	16.6	10.5 13.2	11.9	18.0 18.2	18.1	10.8 12.2	11.5
	\bar{x}		17.1		12.0		13.4		9.4

鼻孔に貼着したビート型サーミスターにより、呼息及び吸息時の気流の変動による鼻孔の温度変化を機械曲線に化して呼吸運動を描記した。サーミスター使用要領は図3の如くである。サーミスターの特性からみて、呼吸量の量的評価は難しいが、吸息呼息の時間関係および増減の概要は、比較的よく把握されると考えられる。

図4はその代表的一例であり、図の曲線の下降期は吸息、上昇期は呼息である。関節技に入る前に既に呼吸は若干亢進しており、^①極め、始めと同時に吸息相に入り、^②負荷、が加重されるに従って呼吸は停止するか、あるいは呼息位での断続的な小さい変動がみられる。負荷の限界時点、または頑張って抵抗している際には、呼吸運動は全くみられない。負荷を解くと

すぐ浅くて早い呼吸運動が開始されるが、呼吸位相の関係については被検者によってまちまちである。一般に浅い短い呼息で始る例が多い。

そして負荷(極め)を解いてからの呼吸位相の回復は、拇指上位の方が水平位よりも、おそくま

図3 曲線の実験

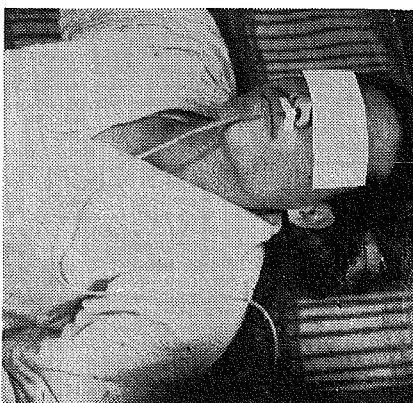
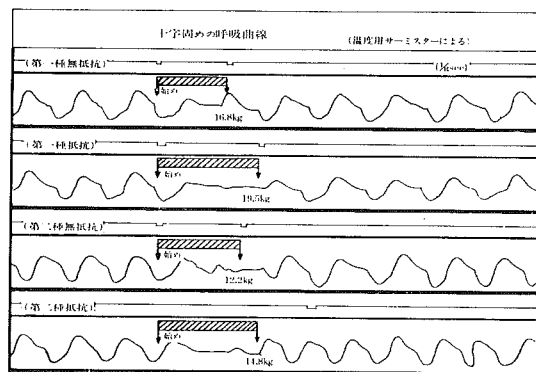


図4 呼吸曲線にみられる変化



た抵抗した場合の方が無抵抗の場合よりも遅い。また柔道経験のある人の方が、経験のない人にくらべると回復が早い。これらのことから、呼吸位相の回復は関節技の負荷(極め)の際の疼痛の大小に関係するものと考えられる。負荷が加えられたときに常に呼吸が吸気相に移行し、そしてこの位相で呼吸停止の状態にとどまることは柔道の絞め技をかけたときにも認められることである(1)。吸息位での呼吸停止の状態、ないし努責の状態は筋緊張をたかめるので「がんばり」の効果を増すものといえよう。技が解かれたあとの呼吸の回復が母指上位の方がおそいというのは、疼痛の甚しいために回復がおくれるのであろう。

* (1) 猪飼道夫他：柔道絞めの生理学的研究 講道館柔道科学研究会紀要 第1輯 (1958)

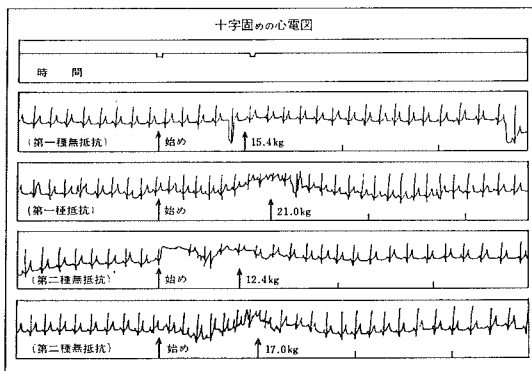
③ 心臓機能にみられる変化

右上肢に負荷が加えられる関係上、心電図の誘導は胸部誘導を採用した。図5は前記4つの条件による柔道選手の心電図の一例である。

図5によると、いずれの条件の場合でも、極め、始めると著しい変化がみられ、解くと速かに回復経過を辿る。

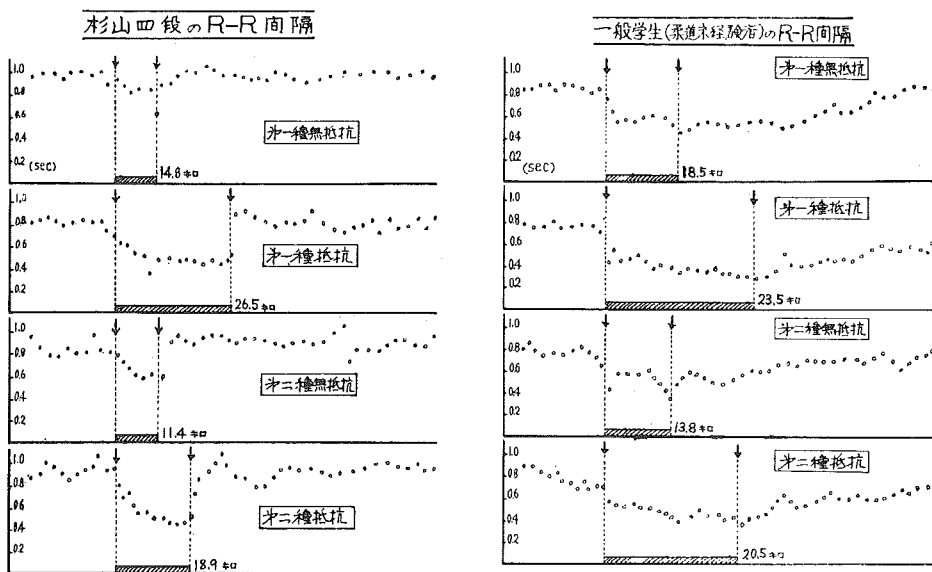
はじめにR-R間隔について考察を進めると、第6図、第7図は柔道選手及び対照とした非鍛錬者のR-R間隔を整理したものである。

図5 心電図の変化



第6図

第7図



R-R間隔は、関節に負荷を加える前、すでに心理的な原因で短くなる者もあるが、余り変化の起らない者もあり、一様でない。しかし負荷がかかると直ちに短くなる。通常「参った」の合図のかかるときは、最も短縮されたところで、負荷を除くと回復する。

先づ抵抗の有無による心拍間隔の変化についてみると、図6および図7のごとく、頑張って抵抗した場合には、負荷時間も長くなるし、大きい限界値を示すから、心拍間隔も無抵抗の場合に比較して、短縮のしかたが著しい。

次に手掌水平位(第1種)であるか母指上位(第2種)であるかによって違いがあるかどうかを、無抵抗、抵抗による負荷時間の類似した例について検討すると、負荷中の短縮状態や回復過程について特に差異はみられない。

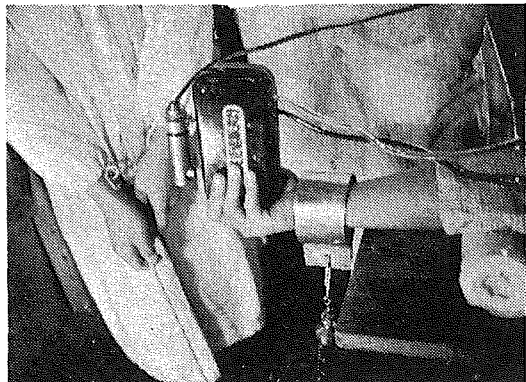
また柔道の経験の有無による心拍間隔の変化に差異はない。柔道絞めの場合には、はだか絞めでは直ちに心拍間隔が短縮したが、送り襟絞と片十字絞とでは心拍間隔の著明な延長があった(1)。はだか絞めの心拍間隔の短縮は喉頭部の疼痛によると考えられるが、関節技の場合も、同様に疼痛のためと考えられる。二種の関節技で心拍間隔の変動に差異のないことは関節の位置の如何にかかわらず、がんばりの限界を定めるものは、疼痛が一定の値に達することであるためと考えられる。また柔道経験の如何によっても差がないことも、同様に考えられる。すなわち、経験によってがんばり得る負荷の大きさは増すが、まいったときの疼痛ないし苦痛は同一であろう。

④ 末梢における血流状態の変化

関節技をかけたときのストレスの強度を血管運動神経を介して見るために、透過光式による光電プレチスモグラフを図8に示す如く、指尖に装置し、末梢血流状態の変動を連続記録した。

測定は、被検者の指尖部にピックアップを装着し、徐々に関節に負荷を加え「参った」の合図ののち約1分間連続して記録した。

図 8



第1種、第2種および「腕がらみ」の夫々について抵抗して頑張った場合、無抵抗の場合を測定し、同時に負荷側および反対側の指尖部血流量の変化も測定して検討した。

光電プレチスモグラムの変化は実際の血流量の変化と直接比例すると考えられるので、血流量の安静時値に対する変化を百分率で示したものが表6である。

表6に示すように、関節技の動作に入ると、即ち用意の状態に既に血流量は減じ、負荷が始まると、負荷の強さにつれて減少して「参った」の際が最も減少する。負荷を解くと5乃至10秒内外で安静時値に復帰する。

負荷側と反対側の指尖部とは、両側共に負荷によって血流量が著明に減少する。図9は「十字固め」および「腕がらみ」の場合の負荷で、頑張って抵抗した場合の両側指尖血流量の変化を示したものである。血流量の減少の程度は負荷側において著しく「参った」の際には約60%にまで減少を示す。これにたいし反対側では80%前後までである。これは図8の如く、手首につけた輪により、20kg以上も直接荷重されるため、深部及び表在性の動脈が圧迫されたのが原因と考えられる。しかし反対側に同時に20%の減量がみられることから、明らかに血管反射の現象も加重されていることが知られる。

また血流量の変化は、関節の状態即ち手掌上位か母指上位か、「十字固め」か「腕がらみ」などには余り関係なく、回復過程もよく似た傾向を示している。ただ負荷側指尖においては、負荷中に不規則な波型の乱れが現れ、量的に正しく計算の出来ない時期があった。

次に抵抗無抵抗の差異による血流量の変化をみると、抵抗した場合血流量の減少は、同側で10%

表3 機械的負荷による指尖部血流量の変化

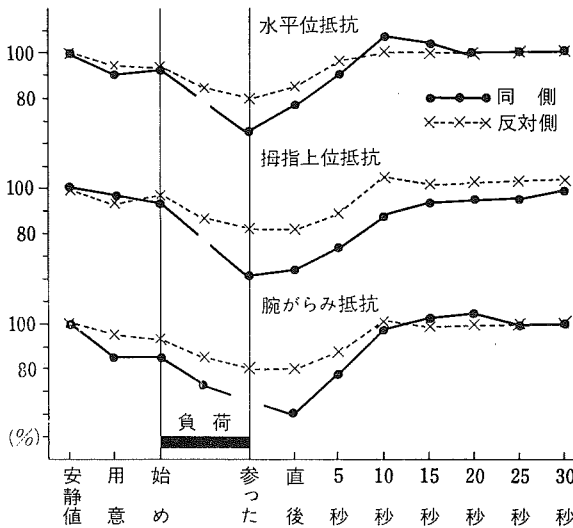
条件		第1種(手掌上位)		第2種(拇指上位)		腕がらみ	
		抵抗	無抵抗	抵抗	無抵抗	抵抗	無抵抗
負荷側 人示指 尖部	正常値	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	用意	90	100	98	96	85	93
	負荷始め	92	100	93	96	85	95
	第二段階	?	80	?	85	72	90
	参った	65	76	62	?	?	84
	直後	77	77	64	74	60	81
	5秒	90	90	73	90	77	90
	10秒	105	98	89	92	98	98
	15秒	104	101	94	105	102	98
	20秒	100	105	95	106	100	98
	25秒	100	105	95	100	100	98
	30秒	100	105	97	100	100	96
	60秒	100	105	95	100	100	98
反対側 人示指 尖部	正常値	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	用意	92	98	98	94	95	100
	負荷始め	92	93	98	90	94	100
	第二段階	85	86	88	84	85	94
	参った	80	86	84	86	80	90
	直後	85	94	84	80	80	94
	5秒	96	102	88	86	88	100
	10秒	101	104	107	98	100	100
	15秒	100	100	104	97	102	102
	20秒	100	100	104	98	100	102
	25秒	100	100	104	98	100	100
	30秒	100	100	104	97	100	100
	60秒	100	100	104	97	100	100

* 光電プレチスモグラフによる杉山四段

~20%もの差がみられたが反対側では目立った差異は認められなかった。特に「腕がらみ」においては抵抗した場合の方が負荷側の血流量が20%も少ない。

Lovén は動物の左後肢の N. crurens anterior. または N. peroneus の中枢端を電氣的に刺激したときに、同側の後肢では血管拡張がおこるが、対側(右後肢)では、血管収縮のおこることを見ている。しかし本実験の場合にはこれと異なり、関節負荷を与えた側も対側ともに指尖の血

図9 指尖における血流量の変化



対側の成績である。負荷が始ると著しい変動を示すが、負荷を解くと細かい動きは消え、間もなく動きがなくなる。抵抗して頑張った場合は無抵抗の場合より動揺が大きく、また手掌上位の場合よりも拇指上位の場合に一層著しい例が多い。

(4) 総括

① 関節に負荷が加えられた場合

の呼吸の変化は、負荷と同時に吸息に入り、無呼吸あるいは断続的な呼息がみられ、負荷をとくと一般に早くて浅い呼息にうつる例が多い。

② 心拍間隔の変化は、G・S・Rの変化と関係深く、負荷前から不規則である。負荷始めと共に短縮し「参った」の合図の際が最も短かく0.3~0.4秒程度にもなる。頑張って抵抗すると、負荷時間が長くなるが、心拍間隔はより短縮され、手掌上位の場合よりも拇指上位の場合の方が著明である。心拍間隔の回復経過は直ちに回復するものから、20秒も要するものまであり、個人差が大きい。抵抗した場合は長く、柔道未経験者は経験者よりも長い。

③ 光電プレチスモグラフによる指尖部における血流状態の変化をみると、準備姿勢により既に血流量に変化が現われ、負荷開始と共に急激に減少する。「参った」の合図の際には安静値の約60%程度に減少し、抵抗の場合は無抵抗の場合より減少が著明である。また反対側の腕においても、量的には少ないが、同様の減少傾向を示す。従って負荷側の指尖部における血流量の減少は、力学的な血管圧迫による変化の上に、さらに疼痛による血管反射による末梢血管の反射的収縮が加重されていることがわかる。

また「腕がらみ」においても同様の結果が得られたが、「十字固め」の肘関節過伸展の場合と違

流量の減少がある。したがって、この場合は知覚神経の求心性衝撃が血管縮小神経の中枢に上行し、これが両側の指尖血管に作用すると見られる。

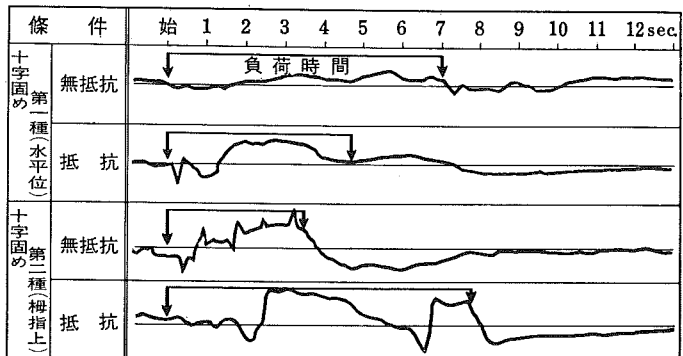
* Evans, Ch. L.: Principles of Human Physiology. J. and A. Churchill. 1952, p.661-663.

⑤ 電流皮膚反射 (G・S・R) について

G・S・Rの測定は図2のごとく固定し、負荷側および反対側について、第1種、第2種および抵抗の有無について夫々測定した。

G・S・Rは負荷前からかなりの動揺がみられるが、用意と同時に一層動揺している。図10は一流選手「十字固め」による反

図10 G・S・Rの変化



って複雑な捻りの要素も加わるためと思われるが、負荷側指尖には更に著しい血流量減少がみられた。

④ GSRにおいても著明な変動が見られるが、一般には抵抗した場合、および拇指上位の場合にとくに著しい。

こうした呼吸・循環器系あるいはG. S. Rなどの自律機能の面からみて、柔道の極め技としての関節技は生体に大きなストレスとなることが考えられる。