

抜重動作の研究(I)

種々の動作による抜重の効果

野原弘嗣, 飯田貴子*, 八幡康子**

A Study of the Force Reduction caused by the Various Unweiting Motions.

H. NOHARA, T. IIDA* and Y. YAHATA**

Received April 30, 1977

I 緒 論

高いところからの飛びおりや跳躍運動の着地,あるいはスキーの回転におけるキッカケ動作として腕を振りおろしたり,全身や脚を屈曲させたりする抜重動作が無意識のうちに,又は意図的に行われる。

このような運動における動作の方法は,従来から多くの関係書¹⁻⁷⁾で取り扱われている。しかし,抜重動作を行なったときの抜重効果を全身,あるいは身体各部の運動に分けて検討した資料が無い。

筆者らは,飛びおり動作の緩衝能を検討⁹⁾して来たが,その考察において個々の部位の動作の抜重効果を判定する資料の必要性を感じた。

II 実験方法

実験動作は図1に示した7種類の運動である。

被験者を力量計(新興通信工業, JF/500K, 固有振動数125サイクル/秒)の上に立たせ,課題動作による荷重変化を動ひずみ測定器(新興通信工業, DS6/MTY-A),ローパスフィルター(新興通信工業, DS-6502)を通してリニアコーダー(渡辺測器, WTR-281, 紙速度100mm/秒)に記録した。

図1に示した課題動作のIとIIは頭上に挙上した腕を後方から(動作I)および前方から(動作II)真下まで振り下ろす運動である。動作IIIは上体を前屈するようにして振り下ろす運

* 帝塚山学院短期大学, ** 大阪府立大手前高校

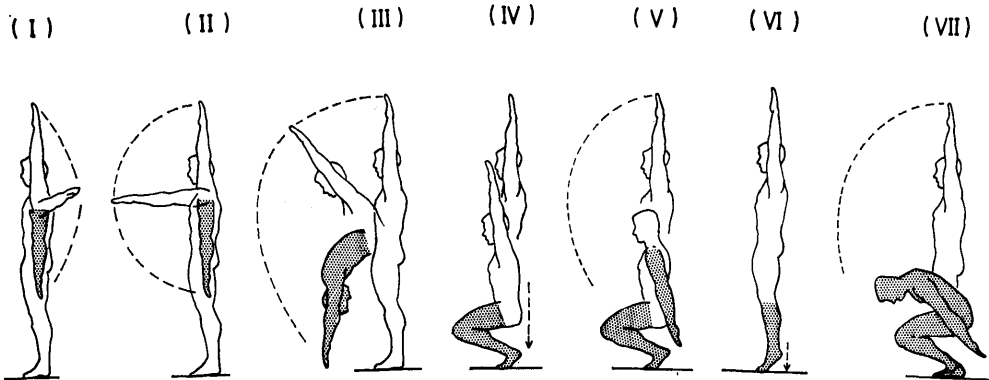


図1. 抜重動作Ⅰ～Ⅶ

動である。動作Ⅳは膝を屈曲してしゃがむ運動であり、動作Ⅴは膝の屈曲に合わせて腕を振り下ろす運動で、前記の動作ⅡとⅣを合わせた運動である。動作Ⅶはつま先立ちから踵を床まで下ろす運動である。動作Ⅶは腕を挙上してつま先立ちした姿勢から腕を振りおろし、上体を前屈し、膝を曲げ、踵を下ろす運動で、前記した動作Ⅲ、Ⅴ、Ⅵを含む運動である。

被験者には課題としたこれらの動作を正確に、しかもできるだけ速く行なうように指示した。

実験の前に課題動作の説明をし、それぞれ数回の練習後に測定を実施した。動作の試技はそれぞれ3回ずつとし、指示通りの動作が実行されなかったときは試技の追加をした。得られた資料のうちで最も大きな抜重値を示したものを検討資料とした。

被験者は20才から35才のスポーツマン6名である。

Ⅲ 実験結果

被験者に指示した課題動作は先に説明した通りであるが、同時に撮影した16mm 映画から点検すると動作の細部については異なった動きも見られた。即ち、腕の振り下ろしのときに腕が

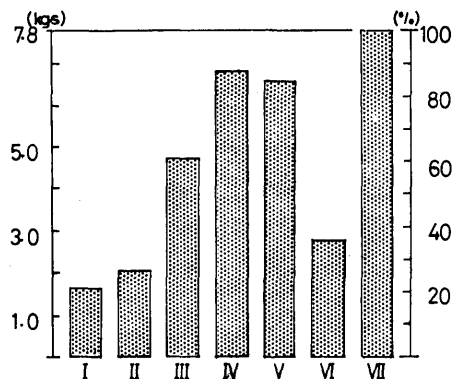


図2 抜重力積の比較
抜重力積および動作Ⅶを10とした相対値を示す。

十分伸びていないとか、膝の屈曲運動に伴って上体が前傾したり、踵が上るなどである。

課題動作を行なったときの荷重の減少値を計測して抜重値とした。抜重値の静止荷重(体重)に対する割合は表1の通りで、6名の平均値は動作ⅠからⅦまでそれぞれ約30%、40%、65%、90%、90%、70%、93%であった。抜重値の大きさは主として運動部位の質量の大きさに影響され、又、同じ質量が運動した場合であれば運動の速さで変わる。

動作に伴う抜重の力積は表2の通りであった。力積計算にはシンプソンの法則を適用した。抜重力積は被験者Cを除く全員がⅦの動作で最大を示した。そこで動作Ⅶの抜重力積を100としたときの他の動作の抜重力積を計算し図2に示した。その結果は動作Ⅰでは22%、Ⅱは25%、Ⅲは62%、Ⅳは90%、Ⅴは85%、Ⅵは37%であった。先の抜重値の結果と同様に、抜重力積においても、運動する質量の大きい全身運動では大きな力積を示し、膝の屈曲を含む運動（動作Ⅳ、Ⅴ、Ⅶ）では平均値で6.57～7.81 kg・s（動作Ⅶの95～100%）であった。しかし、Ⅳの動作は、踵を下げるだけなので、運動の部位はほぼ全身に及ぶものの移動距離が短かく、力積で2.78kg・s、動作Ⅶの力積の35%に止まった。

表1. 抜重の最大値(体重に対する割合：%)

		Subject						f	s. d	$\sum x$	$\sum x^2$	$(\sum x)^2/n$	$\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n}$	I	II	III	IV	V	VI	VII
		a	b	c	d	e	f													
wei- ght	59.9kg	72.5kg	60.5kg	74.9kg	59.9kg	61.7kg	$\bar{x}$	7.68	184.7	5980.6	5685.7	294.9	*	*	*	*	*	*	*	*
I	21.0	36.4	39.6	30.4	35.0	22.3	30.78	7.68	184.7	5980.6	5685.7	294.9	*	*	*	*	*	*	*	*
II	32.0	43.8	28.7	48.8	52.0	38.8	40.68	7.80	244.1	10357.0	9930.8	426.2	**	**	**	**	**	**	**	**
III	65.0	75.2	55.4	61.6	72.0	66.0	65.87	6.50	395.2	26283.8	26030.5	253.3	**	**	**	**	**	**	**	**
IV	94.0	90.9	98.0	88.0	81.0	91.3	90.53	5.25	543.2	49343.5	49177.7	165.8	**	**	**	**	**	**	**	**
V	94.0	81.8	84.2	94.4	97.0	90.3	90.28	5.55	541.7	49091.3	48906.5	184.8	**	**	**	**	—	**	**	**
VI	94.0	76.0	79.2	66.4	68.0	44.7	71.38	16.38	428.3	31915.7	30573.5	1342.2	**	**	**	—	**	**	**	**
VII	98.0	88.4	98.1	100.0	97.0	85.4	92.98	5.54	557.9	52059.5	51875.4	184.1	**	**	**	**	**	—	**	**

*...p<0.05
***...p<0.01

表2. 拔 重 の 力 積

(単位 kg・s)

	Subject						$\bar{x}$	s. d	$\sum x$	$\sum x^2$	$(\sum x^2)/n$	$\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n}$	I	II	III	IV	V	VI	VII
	a	b	c	d	e	f													
I	1.06	2.17	1.51	1.98	1.69	1.44	1.64	0.40	9.85	16.96	16.17	0.79	—	—	—	—	—	—	—
II	2.10	2.46	1.52	2.52	1.97	1.56	2.02	0.43	12.13	25.43	25.52	0.91							
III	4.74	6.21	4.06	4.86	4.65	4.00	4.75	0.80	28.52	138.75	135.57	3.18							
IV	7.36	8.60	5.98	7.46	5.11	6.52	6.83	1.23	41.03	288.16	280.58	7.58							
V	6.32	7.16	5.47	8.25	6.72	5.52	6.57	1.06	39.44	264.82	259.25	5.57							
VI	3.18	3.78	3.04	3.13	1.90	1.66	2.78	0.82	16.69	49.80	46.43	3.37							
VII	8.72	7.45	6.76	10.51	7.78	6.65	7.81	1.66	46.87	379.93	366.13	13.80							

*...p<0.05

**...p<0.01

抜 重 時 間

(単位 msec)

I	365	268	194	313	228	247	269.2	61.6	1615	453647	434704	18943	—	—	—	—	—	—	—
II	257	294	240	284	192	221	248.0	38.5	1488	376446	369024	7422							
III	381	331	430	342	296	323	350.5	47.8	2103	748531	737102	11430							
IV	360	371	315	332	313	350	340.2	24.0	2041	697159	694280	2879							
V	321	365	345	392	323	353	349.8	26.8	2099	737893	734300	3593							
VI	204	195	212	263	189	188	208.5	28.2	1251	264819	260834	3986							
VII	364	377	375	436	321	400	378.8	38.2	2273	868387	861088	7299							

Ⅳ 考 察

抜重動作の効果並びにその影響について、以下の3点から検討する。

1. 動作に伴う抜重の大きさ

身体を重力の方向に動かすことは身体重心がある加速度 (a) で鉛直下方に動くことであり身体の支持床面への荷重 (F) が静止荷重における $F=mg$ (ただし, m =質量, g =重力加速度) から, $F=m(g-a)=mg-ma$ となり ma 分だけ減少する。このようにして得られる荷重の減少が、跳躍運動などでは着地における脚ごとに足部への衝撃を和らげ安全性を高めることになるし、スキークの回転においては雪への荷重が減少してスキー操作を容易にする。

両腕の質量は全身に対しては11%弱 (文献8) p. 273 の表より計算した) ではあるが身体のうちでは極めて敏速に動かし得る部位であるので、静止荷重の30% (動作Ⅰ：後からの振りおろし) から40% (動作Ⅱ：前からの振りおろし) もの抜重を生み出している。先に述べたスキーなどにおいては腕の運動は必ずしも両腕を同時に使う形式をとらないが、腕の運動は手に持っているストックの運動をも含むので移動質量が大きくなりスキーの雪面への抵抗を減少させる技術としては価値が高いものであろう。

動作Ⅴは膝を曲げる運動 (動作Ⅳ) と腕の振りおろし (動作Ⅱ) を複合させた運動であるし、又、動作Ⅶは動作Ⅲ, Ⅴ, Ⅵの複合運動として構成したにもかかわらず、動作Ⅴ, 動作Ⅶの抜重値をみると、複合させた効果が現われていない。その理由の1つは、部分運動を全身運動として統合して実施するときには、部分運動の運動速度が、もっと大きな質量をもつ部位の運動速度によって制約を受ける為であろう。つまり、腕の運動は極めて速いものであるが、膝の屈曲と同時に行動するときには腕のみを全速で動かしたときよりも遅い運動となる。次の理由は、腕のみを動かす場合には比較的大きな運動範囲つまり可動性の限界まで運動させ得るけれども、他の部位の運動と協調をとる統合運動では運動の困難性が増すので本来の動作よりも小さい動作となることが考えられる。例えば、動作Ⅲの上体の前屈運動では手先を床にふれるまでに動かせるが、上体の前屈と膝の屈曲を合わせて行動するときには前屈の範囲に制約が加わる。以上の2点により、全身の統合運動における部分の運動は、部分のみの運動よりも運動の速さや運動の範囲が小さくなり、抜重効果が減少すると考えられる。更に、今回の実験では事前に十分な練習期間において、それぞれの動作に習熟した上で実験に移ったものではなく、実験の直前に動作を数回練習した程度であったので、動作の習熟が不十分だったことも考えられる。

膝の屈曲を含む運動である動作Ⅳ, Ⅴ, Ⅶは静止荷重の90~93%の抜重を示したが、スポーツ場面ことに、大きな飛躍のあとの着地においては、ここで示された抜重値の大きさから考えて、これらの抜重動作の後に転倒や回転運動を加えたり、動作以外の手段、例えば靴底のクッションや着地場所の条件を工夫するべきであろう。

2. 動作に伴う抜重力積の大きさ

抜重効果の第2の視点は抜重 (F) とそれが作用する時間 (t) との相乗積 (Ft)、即ち抜重動作によって生み出される抜重力積から見ることである。

それぞれの動作の抜重時間は表2の下段に示したが、つま先立ちから踵を下ろす動作Ⅵは抜重時間が0.21秒と著しく短かいたために、抜重値においては静止荷重の70%を示しているにもか

かわらず力積値は $2.78\text{kg}\cdot\text{s}$ と著しく小さく動作Ⅶの35%を示すにすぎない。図2に示した力積値の相対的比較に明かなように膝の屈曲運動を含む動作Ⅳ、Ⅴ、Ⅶは抜重力積において最も優位にあり、先に述べた抜重値においても同様に優れていた。従って、膝の屈曲をうまく用いることが跳躍運動における着地の衝撃に対して身体を安全に処理する最も有効な手段であるといえよう。

3. 抜重動作に伴って起る問題

抜重動作の影響についての第3の視点は抜運動を行なったあとに起る二次的な問題である。

図3は抜重動作の記録である。抜重動作による抜重が完了すると、荷重は静止荷重のレベルを越えて再荷重へと変化しているのが見られる。この傾向は単にここに示した試技に特殊なものではなく一般的な現象である。しかも再荷重の最大値は一般に抜重の最大値よりも大きかった。

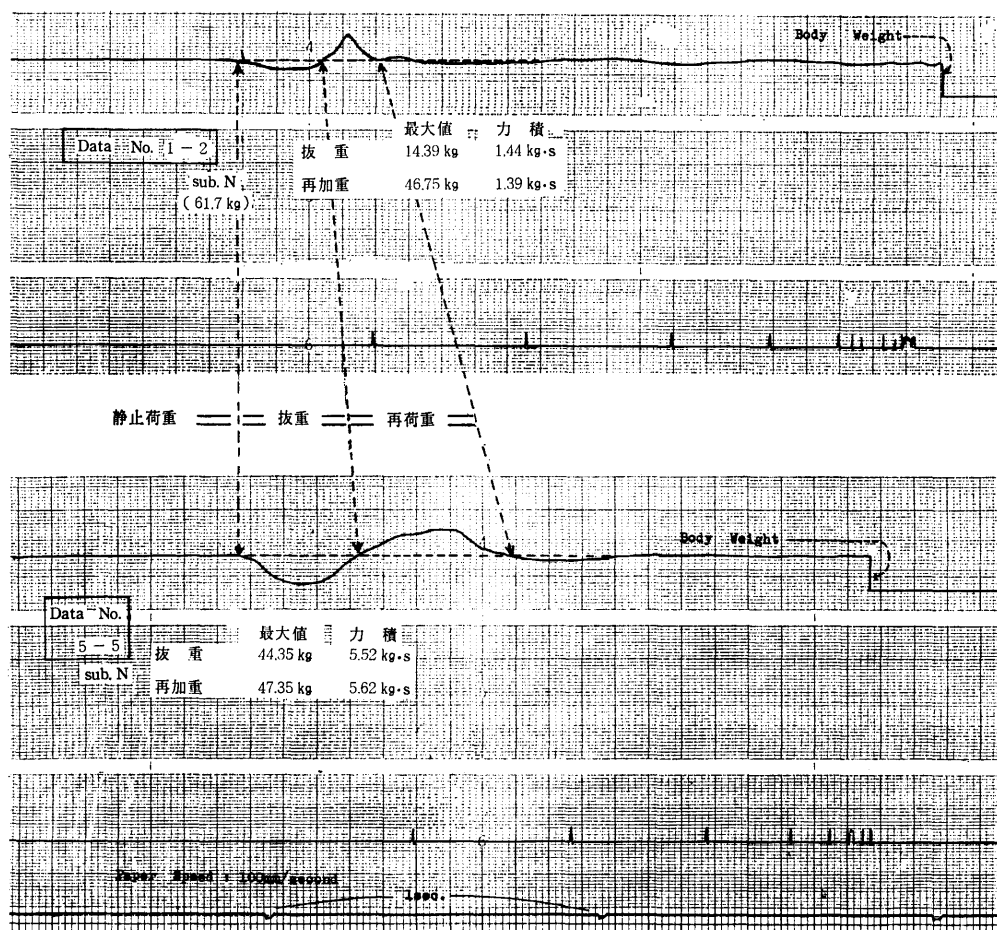


図3. 抜重動作による荷重変化の記録例

同一被験者が腕の振り下ろし（上）および腕を振りつつ膝を曲げる動作（下）を行ったときの例である。静止荷重から抜重，再荷重，再抜重を経ながら静止荷重に戻るのがみられる。

た。抜重動作に伴うこのような特性をスキーマのパラレルターンのキッカケ動作として行なう沈み込み抜重の技法について考えてみたい。沈み込み抜重は最新の回転技術として指導されているものであるが、この技法による抜重では、抜重の最大値は極く一瞬に経過し、続いて抜重動作を起す前よりも大きな再荷重となるであろう。従って有効な抜重レベルにタイミングを合わせてスキーマ操作のできにくい未熟練者にあっては、いわゆる雪面抵抗が最も大きく、スキーマ操作の最も困難な条件下でエッジの切りかえを行なっている場合が多いと推察できる。このことは未熟練者に対するパラレルターンの指導において考慮すべき問題といえよう。

V 総 括

力量計を用いて抜重動作を試験した。課題抜重動作は部分的な運動から、統合された全身運動に至る7種類である。スポーツマン6名を対象に実施して次の結論を得た。

1. 抜重の最大値は静止荷重に対して、腕の運動では30～40%，上体の運動では65%，踵を下ろす運動では70%，膝の屈曲を含む運動では90～93%であった。

2. 抜重力積を、腕、上体、膝並びに足首の運動を統合させた運動を100とした相対的な値で表現すると、腕の運動では22～25%，上体の運動では62%，踵を下ろす運動では37%，膝の屈曲を含む運動では85～100%であった。

3. 動作に伴う抜重の現象は、続いて抜重の大きさ以上の再加重へと経過するので、抜重動作の応用においてはこのような特性を十分考慮すべきである。

実験に協力を願った被験者並びに研究室生に対し、ここに記して感謝します。尚、本論文の要旨は第27回、日本体育学会キネシオロジー分科会で発表した。

文 献

- 1) Morehouse, L. E., J. M. Cooper: Kinesiology, C. V. Mosby Co., ST. Loice, 1950, pp. 278-283.
- 2) Cooper, J. M., R. B. Glassow: Kinesiology, C. V. Mosby Co., ST. Loice, 1963, pp. 180-181.
- 3) Scott, M. G.: Analysis of Human Motion, second edition, Applenton Century crofts, New York, 1963, p. 421.
- 4) Wells, K. F.: Kinesiology, fourth edition, W. B. Saunders Co., Phyladelphia and London, 1966, pp. 136-143.
- 5) Jensen, C. R., G. W. Schultz: Applied Kinesiology, McGraw-Hill Book co., New York, 1970, pp. 229-230.
- 6) Plagenhoef, S.: Pattern of Human Motion, Printice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1971, pp. 41-42.
- 7) Broer, M.: Efficiency of Human Movement, third edition, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1973. pp. 173-181.
- 8) 宮畑虎彦, 高木公三郎: 身体運動学 (初版), 学芸出版, 1957, p. 273.
- 9) 末利博, 千駄忠至, 野原弘嗣: 運動と関係の深い感覚知覚の発達についての研究, 体育科学, 3: 167-175, 1975.

Summary

When a person jumps down, he swings down the arms, bends the knees deeply and flexes the trunk forward after landing. The aim of this study is to investigate these motions.

Six male subjects (20 to 35 yrs.) were examined. The subjects stood upright on the platform with both arms extended over the head. And then they performed seven different kind of motions described below; to swing down the arms from backward (motion I), to swing down the arms from forward (motion II), to flex trunk (motion III), to flex knees (motion IV), to swing down the arms simultaneously with the knees flexion (motion V), to down the hills from the tiptoe position (motion VI), and to swing down the arms from forward with the trunk flexion and the knees flexion (motion VII). Subjects performed these motions as fast as possible. The force were recorded on the recording paper (paper speed at 100mm/second).

The force reduction rates to their body weight caused by each motions were 30% (motion I), 40% (motion II), 65% (motion III), 90% (motion IV and V), 70% (motion VI) and 93% (motion VII) respectively. The reduction rates of the forces of each motions to the value of the motion VII were 22% (motion I), 25% (motion II), 62% (motion III), 90% (motion IV), 85% (motion V), and 37% (motion VI) respectively.

The motions 1 and 2 are the motions of the arms with the same distance but a different course. The time of the motion 1 was 0.27 sec and the motion 2 was 0.25 sec. So to gain the force reduction, the motion 2 is easier than the motion 1.

Though the motion 5 is composed of the motions 2 and 4, the force reduction rates caused by the motion 4 and 5 were approximately equal, and the impulse of the reducing forces caused by the motion 5 was smaller than that for the motion 4. So we can conclude that the effect of the motion 2 was not added to the motion 4. The time of the motion 4 was 0.34 sec and the motion 5 was 0.35sec.

As for our subjects, we can say that their motion, to swing down the arms disturbs a smooth knee flexion. If the motion 5 is practiced repeatedly before the experiment, it's time will be shorter and it's maximum reducing force and impulse will be greater than those of the motion 4.

The motion 6 is the motion of the whole body, and the value of it's maximum reducing force is 71% to the body weight, but the distance of the motion is very short, so the impulse of the reducing forces shows a very small value.

As the motion which includes the knee flexion shows a very large value of maximum reducing force and impulse, we can also conclude that the most important motion of the landing is flexion of the knees.