

カルシウム代謝に及ぼす運動と食事の影響

—高食塩下の尿中カルシウム排泄に及ぼすウエイトトレーニングの影響—

筑波大学体育科学系教授 鈴木正成

1. 目的

高食塩を摂取すると、尿中へのカルシウム排泄が促進されることが明らかにされている。日本人の50%以上はカルシウム摂取不足であると言われており、さらに日本人の食事は一般的に高塩食であるので、日本人の食事は骨の形成とそのカルシウム維持に不利であると考えられる。一方、運動は、骨へのカルシウムの沈着を促進することが明らかにされており、時にウエイトトレーニングは筋骨の形成に効果的であると考えられているので、これらの運動は日本人の生活の中に取り入れられることが勧められるものである。

ところで、生体には日内リズムがあり、体内の代謝活性は日内で変動している。よって、カルシウムを摂取するタイミングは体内のカルシウム代謝に影響する可能性がある。そこで、本研究では、高塩食を摂取して尿中へのカルシウム排泄を促進する中でウエイトトレーニングを負荷して筋骨づくりを刺激するといった相反する2つの条件の中で、カルシウムを摂取するタイミングが尿中へのカルシウム排泄に影響するか否かを検討した。

2. 方法

(1) 実験期間

平成4年11月13日～11月21日（前期）

12月4日～12月12日（後期）

(2) 実験内容 (Fig. 1)

被験者として、健康な成年男子学生6名（22～30才）を用いて、A group（3名）とB group（3名）に分けた。被験者の体重は 68 ± 3 (means \pm SD) kg (57～80kg)、身長は 171 ± 2 cm (163～175cm)であった。実験期間前期では、1,000mg

のカルシウム（加工乳140mlおよびワダカルシウム錠剤20錠）をA groupには昼食後に、またB groupには夕食後に摂取させ、実験期間後期には、カルシウム摂取のタイミングをA groupとB groupで入れ変えた。1日2食制（11時30分-12時30分及び20時-21時）として実験食を摂らせた。実験食としては全実験期間を通して1日20gの食塩（NaCl）を摂取する高食塩食を用いた。実験食のタンパク質、炭水化物および脂質のカロリー比は15:54:31とした（Table 1）。なお実験期間の前期と後期のそれぞれ初めの3日間を高食塩食の適応期間とした。実験期の前期と後期のいずれにおいても4日目-9日目の6日間に連日24時間尿を採取した。

実験期の前期と後期のそれぞれ4日目と7日目に、被験者に約1時間程度（19時-20時）の高い強度のウエイトトレーニングを行わせた。ウエイトトレーニングの内容は胸、肩、腕、背中、腹、腰および脚の全身を鍛える運動とした。

(3) トレーニング負荷法

ベンチプレス、バックプレス、ベントオーバーロウイング、アームカール、スクワット、シットアップ、ハイパーバックエクステンションの7種目とした。

ウエイトトレーニングは、実験前に測定した各個人の最大重量の80%の重量を用いて、運動不可能となるまで行なわせ、それを毎日2セット行なった。

(4) 分析項目および方法

24時間尿中ミネラル量（Na、Ca、P、Mg、K）を誘導結合プラズマ（ICP）発光分析法を用いて分析した。

3. 結果及び考察

(1) 体重（Table 2）

体重は、実験開始時と終了時で同じであった。

(2) 尿量（Table 3、Fig. 2）

尿量は、多少の個人差はあるが、実験期間中、一定していた。

(3) 尿中ミネラル排泄量（Table 4、Figs. 3と4）

尿中ナトリウム排泄量は、実験開始から終了まで一定であった。

尿中カルシウム排泄量は、カルシウムを摂取するタイミングにかかわらず、ウエイトトレーニング日に比べて非ウエイトトレーニング日2日目で減少する傾向にあった。尿中へのカルシウム排泄は、昼食後にカルシウムを摂るか、夕食後にカルシウムを摂るかのタイミングの違いによる有意な差は認められなかったが、後者の条件における尿中カルシウム排泄は、6日間の採尿実験期間のうち5日間で低値を示す傾向にあった。睡眠中に成長ホルモンの分泌の大きなピークがあり、それが筋骨の形成を促進すると考えられる。よって夕食後にカルシウムを摂ると、体内でのカルシウムの利用が促進されることが考えられるが、本実験の結果は、この仮説と一致するものである。しかし、これを明らかにするためには、さらに詳細な研究が必要であろう。

尿中リン排泄量は、カルシウムを摂取するタイミングの違いに関係なく、ウエイトトレーニング日に比べて非ウエイトトレーニング日の2日間で大きい傾向にあった。

尿中マグネシウム排泄量は、カルシウムを昼食後に摂取する条件において、ウエイトトレーニング日に比べて非ウエイトトレーニング日の2日間で小さい傾向にあった。しかし、カルシウムを夕食後に摂取する条件では、非ウエイトトレーニング日の2日目においてのみ尿中マグネシウム排泄量は小さい傾向にあった。

尿中カリウム排泄量は、カルシウムを摂取するタイミングの違い及びウエイトトレーニングによる一定の影響は受けなかった。

Table 1. Composition of experimental diets.

(day)	1	2	3	4	5	6
Mineral						
Na (g/day)	6.0	6.5	5.7	6.5	5.7	6.0
P (g/day)	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3
K (g/day)	3.5	3.2	2.8	3.2	2.8	3.5
Ca (mg/day)	589	652	644	652	644	589
Mg (mg/day)	370	329	319	329	319	370
Protein (g/day)	108	99	113	99	113	108
Fat (g/day)	103	104	80	104	80	103
Carbohydrate (g/day)	408	345	375	345	375	408
Calorie (kcal/day)	3014	2714	2730	2714	2730	3014

* このTable 1に記した食事組成はLBM60kgのものである。

LBM50および70kgの食事組成はそれぞれ5/6,7/6をNa以外の全組成にかけたものとなる。

** 1日のCa摂取量は実験期間中、食事による摂取以外に7gカルシウム錠剤にて1000mgを全被験者が摂取するようにした。

Table 2. Characteristics of the subjects.

Number of subjects	6		
Sex	Male		
Age (year)	26 ± 3	(Min, 22; Max, 30)	
Height (cm)	171 ± 2	(Min, 163; Max, 175)	
Weight (kg)	Initial day	68 ± 3	(Min, 57; Max, 80)
	Final day	68 ± 3	(Min, 57; Max, 80)
Period A	Initial day	68 ± 3	(Min, 57; Max, 80)
	Final day	68 ± 3	(Min, 57; Max, 80)
Period B	Initial day	68 ± 3	(Min, 57; Max, 80)
	Final day	68 ± 3	(Min, 57; Max, 80)

A 昼食後カルシウム摂取
B 夕食後カルシウム摂取

Table 3. Urinary volume.

(day)	A	B
1	1242 ± 50	1206 ± 109
2	1150 ± 66	1267 ± 71
3	1315 ± 131	1185 ± 36
4	1378 ± 136	1306 ± 136
5	1232 ± 98	1228 ± 68
6	1278 ± 194	1261 ± 116
Average	1265 ± 46	1244 ± 33

A 昼食後カルシウム摂取期間
B 夕食後カルシウム摂取期間

Values are means ± SEM.

Table 4. Urinary mineral excretion.

(day)	Na (mg/day)		Ca (mg/day)		P (mg/day)		Mg (mg/day)		K (mg/day)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	7127 ± 343	6932 ± 612	202 ± 12	187 ± 27	906 ± 54	869 ± 107	131 ± 14	130 ± 14	2781 ± 172	3010 ± 79
2	6341 ± 301	6860 ± 361	176 ± 27	207 ± 24	1041 ± 145	1079 ± 91	109 ± 16	131 ± 11	2057 ± 227	2015 ± 217
3	7029 ± 477	6310 ± 287	185 ± 14	144 ± 23	1024 ± 92	1079 ± 41	93 ± 8	91 ± 6	2466 ± 190	2540 ± 58
4	7187 ± 376	6734 ± 401	213 ± 25	196 ± 28	935 ± 89	937 ± 122	115 ± 15	119 ± 14	2773 ± 193	2863 ± 237
5	6900 ± 653	6880 ± 419	193 ± 23	174 ± 30	1097 ± 105	1248 ± 120	99 ± 6	123 ± 14	2348 ± 374	2465 ± 243
6	6765 ± 690	6606 ± 568	181 ± 23	164 ± 19	1059 ± 92	1194 ± 114	88 ± 14	95 ± 3	2717 ± 161	3041 ± 294
Average	6881 ± 188	6743 ± 175	192 ± 8	180 ± 10	1009 ± 40	1074 ± 47	106 ± 5	116 ± 5	2518 ± 100	2633 ± 106

A 昼食後カルシウム摂取
B 夕食後カルシウム摂取
Values are means ± SEM.

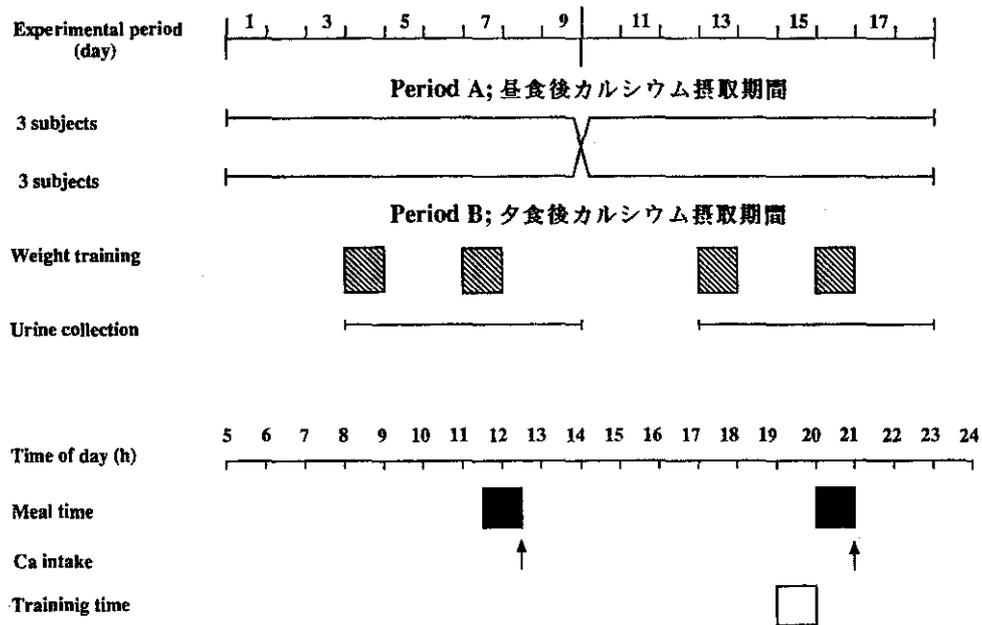


Fig. 1. Experimental design.

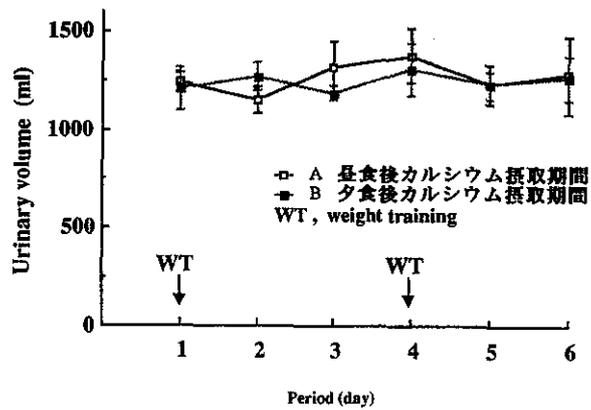


Fig. 2 Urinary volume.

Values are means \pm SEM.

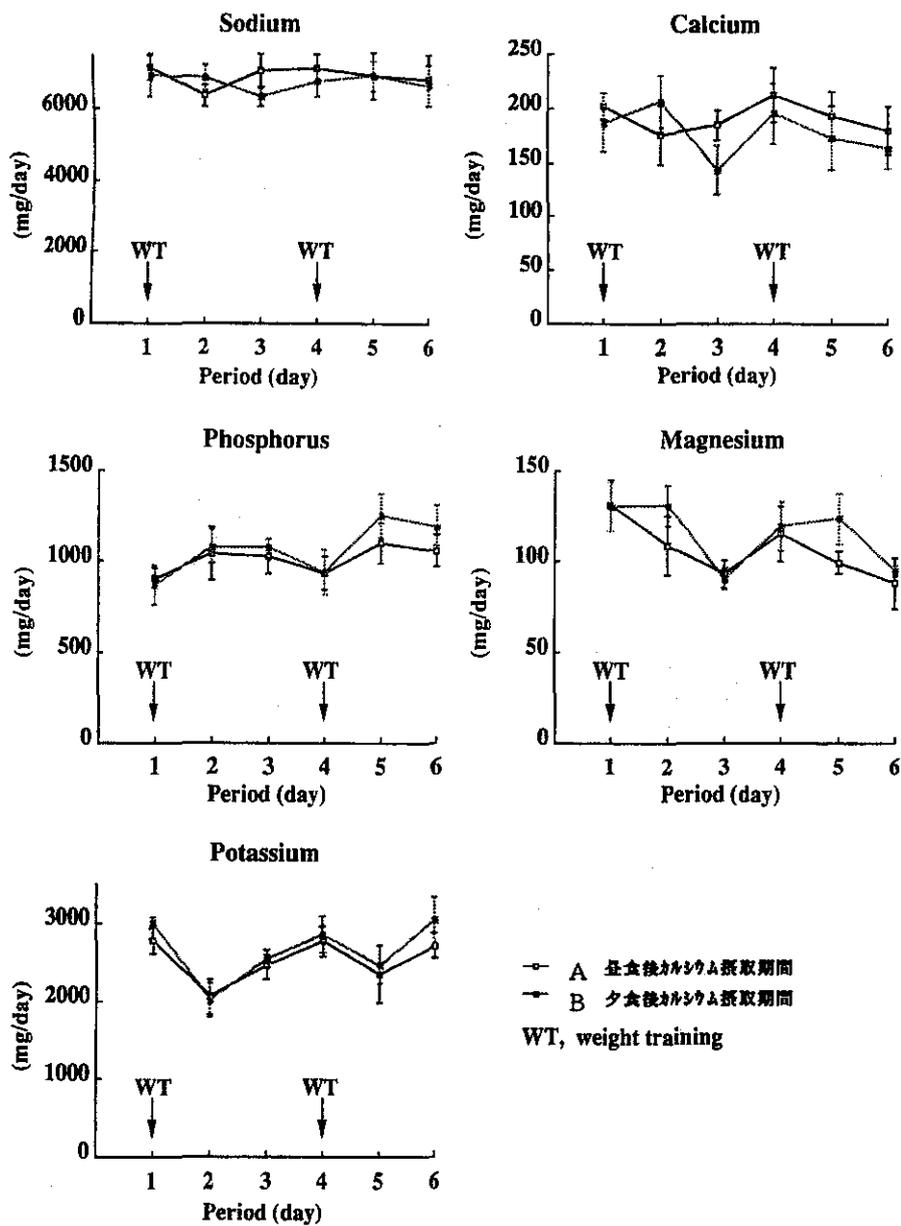


Fig. 3. Urinary mineral excretion.
 Values are means \pm SEM.

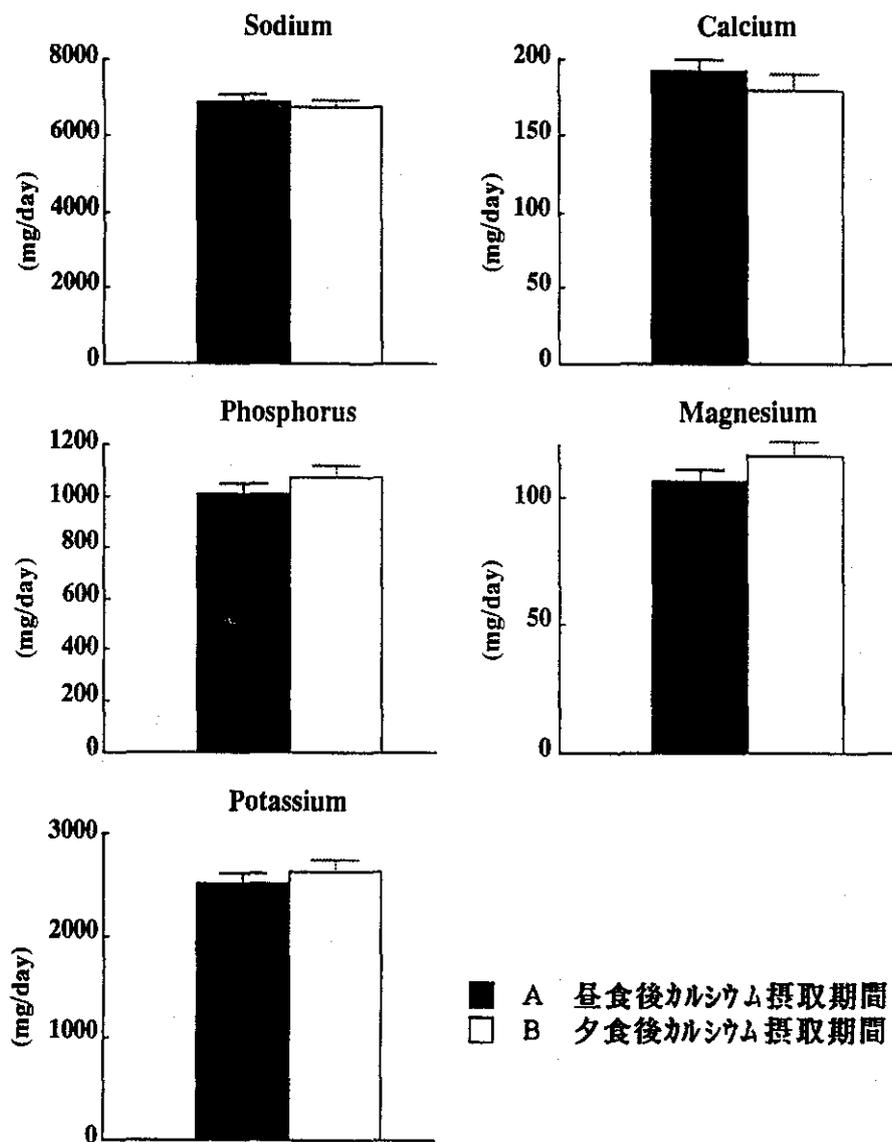


Fig. 4. Average values of urinary mineral excretion (day 1-6).

Values are means \pm SEM. Average values of day 1-6 in each experimental period.