

カルシウム，鉄の摂取時刻差による 便，尿への排泄量の影響 —Part I—

Influence on the Amounts of Fecal and Urinary Excretion of Calcium and Iron by the Intake Time Difference —Part I—

原 田 澄 子 桑 守 豊 美 新 村 哲 夫 鈴 木 正 成

HARADA Sumiko, KUWAMORI Toyomi, SHIMMURA Tetsuo and SUZUKI Masashige

I. 目的

日本人の平均栄養摂取状況を見ると，殆どの栄養素は所要量を充足しているが，カルシウムは不足している。¹⁾ カルシウムの補給には牛乳が最も適しているが，食事と同時に摂取した場合，食事の鉄と牛乳のカルシウムの双方の吸収が抑制されることが報告されている。^{2), 3)}

特に思春期や妊婦，授乳婦には健康の維持増進のため適切なカルシウム，鉄が必要であり^{4), 5)}，スポーツ選手にとっても鉄，カルシウムは基礎体力，競技力の向上に必須である。^{6), 7)}

そこで，筆者等は鉄の吸収を低下させず，カルシウムの吸収率の高い摂取方法を検討するため，運動選手を対象に鉄強化の食事とともに，スキムミルクを食事と同時に摂取する群と，食後2時間後および4時間後に摂取する群の3グループに分け，カルシウムと鉄の摂取量と便および尿からの排泄量の関連を検討した。

II. 方法

1. 対象および，スキムミルクの摂取時刻

対象は高校生男子9名(クロスカントリー部員)である。

対象者をスキムミルクの摂取時刻別に食事と同時群，2時間後群，4時間後群に区分した。

なお，対象の年齢，身長，体重は表1に示した。

被験者には本人および保護者に本研究の目

表1 スキムミルクの摂取区分と対象の状況

スキムミルク の摂取時刻	対象	年齢 (才)	身長 (cm)	体重 (kg)
同 時 群	A	18	172	71
	B	16	178	59
	C	18	173	62
2 時 間 後 群	D	18	175	65
	E	17	173	63
	F	17	170	57
4 時 間 後 群	G	16	170	59
	H	16	173	62
	I	18	173	56

はらだ すみこ (食物栄養学科) くわもり とよみ (食物栄養学科)
しんむら てつお (富山県衛生研究所) すずき まさしげ (筑波大学)

的，方法等について充分説明し同意を得，参加については自由意志によった。

2. 時期

実験時期は平成9年10月3日～5日（2泊3日の合宿）である。

3. 食事の調製と提供

1日目の夕食を試験食とした。試験食は，ステーキ専門店のステーキ定食にレバーの甘煮を追加した鉄強化食である。献立は表3のとおりである。カルシウム源として雪印乳業株式会社製のスキムミルク「毎日骨太スキム」16g入り2本を用い，食事と同時に，2時間後，4時間後に摂取した。

試験食の便が判断できるように，食事摂取直後に食紅粉0.3gを飲用した。また，試験食相当の便が予知できるよう試験食摂取の3時間前と翌日の朝食1時間前にトウモロコシとわかめのサラダを摂取した。

なお，試験食の前の食事である昼食は全員高等学校での給食を摂取した。

4. 食事とスキムミルク，便，尿，血液の

試料の調製

(1) 試験食とスキムミルクの調製

試験食である定食および追加料理，スキムミルクは各々を計量後ミキサーにかけて均一にし，サンプリングを行った。試料はナイロン袋に入れ-20℃で測定時まで保存した。

(2) 便の調製

便は，とうもろこし入り便が排泄された次の便から赤色が完全になるまでの便を採取した。採取した便は一列に並べ，試験食に相当する便を筆者ら2名が確認し，計測後均一になるように攪拌後サンプリングし，-20℃で保存し

表2 試験食の献立名と追加料理及びスキムミルク

(1) ステーキ定食

- ・ご飯
- ・味噌汁（わかめ，えのき，みつば，味噌）
- ・ステーキ（牛もも肉，油，にんにく，もやし，醤油，みりん）
- ・サラダ（ハム，きゅうり，レタス，プチトマト，貝割れ大根，ドレッシング）
- ・漬物（たくあん，しば漬，高菜漬）

(2) 追加料理

- ・レバーの甘煮（レバー，醤油，砂糖）

(3) スキムミルク（カルシウム650mg相当）

た。

なお，試験食相当便の排泄時間は個人差があったが，試験食摂取から18～48時間の間に排泄された。

(3) 尿の調製

試験食を摂取する前に排尿を済ませ，試験食摂取後より24時間の尿を採取した。

(4) 血液

試験食摂取の翌日の朝食前の空腹時に腕静脈より採血を行った。

5. カルシウム，鉄の測定

(1) 試験食及び便中の鉄，カルシウム量
湿式灰化法で分解後，原子吸光で測定した。

試薬

硝酸（有害金属測定用：比重1.38），蒸留水，過塩素酸（有害金属測定用：60%）

器具

試料計量用ビーカー，共栓付試験管，メスフラスコ，100mlケルダールフラスコ，ピペット，ミキサー他

測定方法

- ① ラップに包み凍結した試料は解凍後よく捏ね，試料とした。

- ② 捏ねた試料を1または5 g（予め、含有量を予測し含有成分量の多いものは1 g，少ないものは5 g）を電子天秤で秤量し、蒸留水25mlで洗いながら100mケルダールフラスコに入れた。
- ③ 濃硝酸5 mlをメスピペットで加え、1晩放置した。（スタットプロテイン反応）
- ④ 濃硝酸5 mlを追加した。
- ⑤ ホットプレート上で加熱し、無色透明になるまで分解した。この時、分解を早めるために過塩素酸1.0ml，硝酸5 mlを加えた。
- ⑥ 蒸留水で20mlにメスアップした。
- ⑦ 含有成分量により希釈濃度を加減し、原子吸光で測定した。

（2）尿中のカルシウム量の測定

検査機関にカルシウム量の測定を依頼し、測定した。

（4）血液中のカルシウム，鉄量等の測定

以下の項目を検査機関に依頼し、測定した。

- ①カルシウム，②血清鉄，③血清フェリチン，
④ヘモグロビン，⑤GOT，⑥GPT

Ⅲ 結果および考察

1. 食事の摂取重量及び便重量と尿量

試験食の摂取重量と試験食相当便の重量，24

時間蓄尿量を表3に示した。

摂取した食事重量は1081～1283 gであったが，便重量は95～210 gで食事重量の7～19%の便が排泄されたと考えられた。

試験食相当の便を判断するため食紅を飲用したが，赤色便と普通便の判断が難しかった。また，試験食相当便の排泄を予知する方法として消化の悪いわかめとトウモロコシのサラダを試験食摂取の3時間前に摂取したが，わかめ，トウモロコシいずれの排泄も試験食相当便より大幅に早く排泄され，試験食に相当する便を判断する方法として適切とはいえなかった。

24時間蓄尿量は920～1740mlであった。

2. 試験食，便および尿中のカルシウム量

試験食，便及び尿中のカルシウム量を表4に示した。

試験食からのカルシウムの摂取量は662～675mgであったが試験食に相当する便中の排泄量は個人差があり505～2002mgであった。摂取量の75～302%が排泄されていたと推測された。

本実験では9人中5人が摂取量より排泄量が多かったが，その理由を本報では明らかにすることができなかった。

次にスキムミルクの摂取時刻別のカルシウム

表3 試験食重量，便重量と食事量に対する便比率および尿量

スキムミルク の摂取時刻	対象	試験食(摂取) 重量(g)	便(排泄) 量(g)	比率(%)	24時間 蓄尿量(ml)
同 時 群	A	1273	100	7.9	1480
	B	1081	210	19.4	990
	C	1273	105	8.2	1110
2 時間後群	D	1273	160	12.6	1240
	E	1273	95	7.5	1740
	F	1273	90	7.1	920
4 時間後群	G	1081	100	9.3	1360
	H	1273	135	10.6	1155
	I	1273	105	8.2	1350

表 4 試験食, 便, 尿中のカルシウム量

スキムミルクの 摂取時刻	対象	摂取 カルシウム量 (mg)	便中 カルシウム量 (mg)	便カルシウム /試験食 カルシウム量 (%)	24時間 尿中カルシウム (mg/日)	便中カルシウム +尿中カルシウム	便+ 尿中カルシウム /試験食中 カルシウム量(%)
同 時 群	A	675	854	126	240	1094	162
	B	662	1676	253	180	1856	280
	C	675	1944	288	180	2124	315
2 時間後群	D	675	556	82	330	886	131
	E	675	505	75	290	795	118
	F	675	1351	200	250	1601	237
4 時間後群	G	662	2002	302	180	2182	330
	H	675	737	109	280	1017	151
	I	675	632	94	230	862	128
	平均	672	1140	170	240	1380	206

の排泄量をみると、摂取量に対する排泄率は個人差があったが、同時群の排泄率は3人とも高く、2時間後群は1人が高く、4時間後群は2人が高かった。

同時群は他の2群に比べて排泄率が高く、吸収率が低いと考える。対象が少なく断定はできないがSusan J.等の報告³⁾に類似した結果と考える。

試験食を摂取した夕食後から24時間蓄尿中のカルシウム量は個人差があり、180～330mgであった。

尿への排泄は、摂取後30分から行なわれることが報告されているので、本報では試験食摂取後24時間蓄尿中のカルシウム量を測定した。試験食摂取後から24時間の尿中のカルシウム量は夕食と朝食、昼食の3食分を反映した排泄量と推測できるが、24時間蓄尿中への排泄量は試験食相当便中の量に比べて少なかった。

スキムミルクの摂取時刻別に尿中カルシウム排泄量をみると、便中とは異なり2時間後群が一番多く、同時群が最も少なかった。吸収量が少なかった事も要因の1つと考える。

表 5 試験食, 便中の鉄量

スキムミルク の摂取時刻	対象	摂取鉄量 (mg)	便中鉄量 (mg)	便中鉄量/ 摂取鉄量(%)
同 時 群	A	9.4	7.0	75
	B	9.3	13.0	141
	C	9.4	11.3	120
2 時間後群	D	9.4	4.0	43
	E	9.4	8.4	90
	F	9.4	9.1	97
4 時間後群	G	9.3	8.4	90
	H	9.4	13.7	146
	I	9.4	4.9	52

3. 試験食及び便中の鉄量

試験食および便中の鉄量を表5に示した。

試験食の鉄の摂取量は9.3～9.4mgであった。試験食に相当する便中の排泄量は、カルシウム同様個人差があり4.0～13.7mgで43～146%が排泄されたと推測された。

次にスキムミルクの摂取時刻別の鉄の排泄率をみると、同時群の排泄は3名とも高く、4時間後群は3名中2名、2時間後群は3名中1名が高い結果であった。鉄もカルシウム同様、同時群の吸収率が低いと推測できた。

表 6 血液検査結果

スキムミルク の摂取時刻	対象	カルシウム mg/dl	フェリチン mg/dl	ヘモグロビン g/dl	血清鉄 $\mu\text{g}/\text{dl}$	G O T IU/dl	G P T IU/dl
同 時 群	A	-	52.0	15.2	106	24	21
	B	-	38.8	13.9	86	22	13
	C	9.9	57.8	14.1	76	23	11
2 時間後群	D	9.2	9.5	13.3	64	21	12
	E	9.5	9.9	12.1	39	15	9
	F	9.5	29.1	13.2	84	24	10
4 時間後群	G	-	70.6	14.1	88	17	15
	H	-	24.1	14.5	96	17	15
	I	9.4	14.9	12.8	86	13	11

4. 血液検査結果

血液検査結果を表6に示した。

肝機能は全員正常であったが、ヘモグロビンが13g/dl未満の低値の者が2人、その内の1人は血清鉄も低く異常値であった。

本研究では、血液検査を翌朝に行ったため、血清鉄やカルシウム量への試験食の影響や、貧血の場合鉄の吸収がよいとされている事など考えられるが、1回の測定しか行なわなかったため本報では対象の身体条件として参考にするに留める。

今後、便の採取を正確にできる方法の検討を行い、対象を増やし、牛乳の摂取時刻差によるカルシウム及び鉄の排泄量を検討し、これらの効果的な摂取の仕方を考えていきたい。

Ⅳ. 要約

高校生男子クロスカントリー部員を対象に、鉄含量の多い試験食とともに、スキムミルクを同時、2時間後、4時間後に各々摂取し、便、尿中のカルシウム、鉄量を測定し、スキムミルクの摂取時刻により排泄量に差が見られるか否かについて検討を行なった。

1. 食事量1081～1283gに相当する便は95～210gであった。

2. 試験食摂取後から24時間の蓄尿量は920～1740mlであった。

3. カルシウムについて

①試験食からの摂取量は662～675mgであった。

②試験食相当便からの排泄量は505～2002mgで75～302%の排泄率であった。

③試験食摂取後からの24時間蓄尿からの排泄量は180～330mgであった。

④スキムミルクの摂取時刻別に見ると、便への排泄量は同時摂取者が多かった。尿への排泄は逆に2時間後摂取者が多かった。

4. 鉄について

①試験食中の鉄量は9.3～9.4mgであった。

②試験食中の便中の鉄量は4.0～13.7mgで、43～146%の排泄率であった。

③摂取時刻別にみると、便への鉄の排泄量は同時摂取者が多かった。

最後に調査にご協力を頂いた高校生、監督、並びにスキムミルクをご提供頂いた雪印乳業株式会社中部支社に深謝いたします。

参考文献

- 1) 厚生省 国民栄養の現状 平成11年 国民栄養調査結果
- 2) Roichi Itohら：Estimation of Available Dietary in Meals of “Healthy” Elderly Japanese, Nutrition Reports International January Vol.37 No.1(1988) p127-135
- 3) The inhibitory Effect of Dietary Calcium on Iron Bioavailability : A Cause for Concern Nutrition Reviews, Vol. 53 No.3 p77-80
- 4) 訳 西村晴美 井上修二：乳製品は本当に思春期の少女の骨密度を改善するか？ Nutrition Reviews, Vol.53 No.11
- 5) 訳 小川めぐみ 五十嵐脩：家庭内で食事を通じて鉄欠乏を防ぐ方策 Nutrition Reviews, Vol. 55 No.6 p233-239
- 6) 鈴木正成：ジュニアのためのスポーツ栄養学 食糧庁／米流通消費対策室財団法人全国米穀協会
- 7) 坂本静男：杏林書院 体育の科学 Vol.50 (2000)
- 8) Susan J. 等：人体における高カルシウム食の有害な影響 Nutrition Reviews, Vol. 55 No.1 p1-9
- 9) 村田卓士ら：ヒトにおける卵殻カルシウム添加チョコレートの脂肪吸収抑制効果に関する検討, 栄養学雑誌 Vol.51 No.4(1998) p 165-171
- 10) カルシウムと健康：農林水産省, 畜産振興事業団