

回日本骨粗鬆症学会、平成 17 年 10 月 14 日、大阪.

14. 尾崎玲央、津川尚子、上西一弘、石田裕美、岡野登志夫「思春期におけるビタミンD 栄養と骨代謝」日本薬学会第 126 年会、平成 18 年 3 月 29 日、仙台
15. 津川 尚子、須原 義智、鎌尾 まや、尾崎 玲央、岡野 登志夫、田中 清、白木 正孝「日本人高齢女性における血中ビタミンK 濃度と骨代謝マーカーおよび骨折との関係」第 28 回ビタミン学会、平成 18 年 5 月 27 日、徳島
16. 津川尚子、尾崎玲央、上西一弘、石田裕美、岡野登志夫「副甲状腺ホルモンならびに踵骨骨密度を指標とした思春期ビタミンD 栄養の評価」第 24 回骨代謝学会、平成 18 年 7 月 7 日、東京
17. 鎌尾まや、津川尚子、須原義智、岡野登志夫「日本人の食事摂取基準策定を目的とした日本人授乳婦の脂溶性ビタミン栄養調査」フォーラム 2006 衛生薬学・環境トキシコロジー、平成 18 年 10 月 31 日、東京

図 1-3 ビタミン K 類の標準検量線

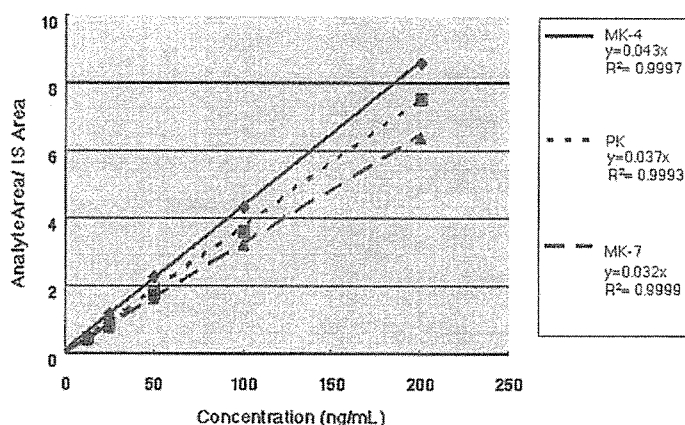


Figure S-1. Calibration Curves for Vitamin K Homologues

表 1-1 標準血清におけるビタミン K 濃度の測定と精度評価

		PK	MK-4	MK-7
Quantitation limit (pg/mL)		40	50	80
Recovery				
	Mean±S.D. (ng/mL)	1.89 ± 0.05	0.43 ± 0.02	3.19 ± 0.20
	RSD (%)	2.65	4.65	6.27
	Recovery (%)	98 ± 3	102 ± 5	102 ± 6
Intra-assay				
Control serum	Mean±S.D. (ng/mL)	0.95 ± 0.04	0.27 ± 0.01	1.44 ± 0.08
	RSD (%)	6.21	4.79	5.85
Inter-assay				
Control serum	Mean±S.D. (ng/mL)	1.03 ± 0.06	0.21 ± 0.02	1.51 ± 0.04
	RSD (%)	6.21	9.10	2.97

図 1-4 PK、MK-n および内部標準物質の化学構造

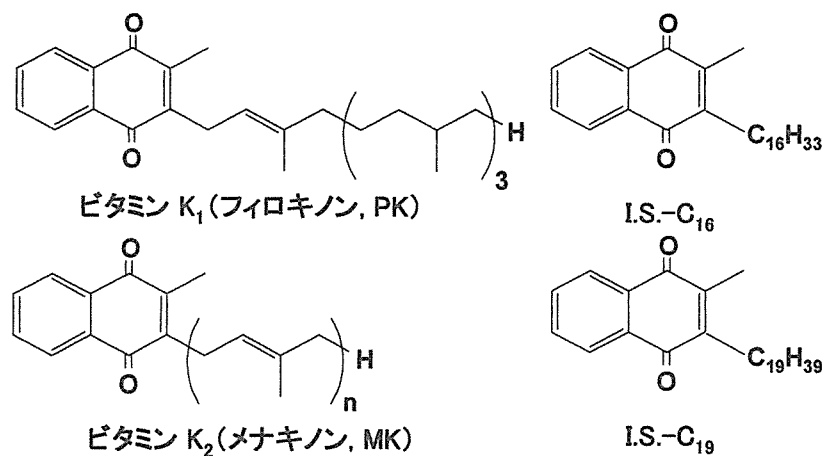


表 1-2 添加回収実験の結果

		PK	MK-4	MK-7
低濃度添加 (n=5)	平均±標準誤差 (%)	103±5.2	93±8.6	97±6.1
	変動係数 (%)	5.0	9.2	6.3
中濃度添加 (n=5)	平均±標準誤差 (%)	99±2.3	101±2.5	101±4.6
	変動係数 (%)	2.3	2.5	4.6
高濃度添加 (n=5)	平均±標準誤差 (%)	99±2.0	99±5.2	104±3.2
	変動係数 (%)	2.0	5.3	3.1

PK 添加量 : 低濃度 0.4 ng、中濃度 0.8 ng、高濃度 1.6 ng

MK-4 添加量: 低濃度 0.1 ng、中濃度 0.2 ng、高濃度 0.4 ng

MK-7 添加量: 低濃度 0.75 ng、中濃度 1.5 ng、高濃度 3.0 ng

表 1-3 日内変動および日差変動

		PK	MK-4	MK-7
日内変動 (n=10)				
コントロール血清	平均±標準誤差 (ng/mL)	0.145±0.014	0.179±0.014	0.067±0.013
	変動係数 (%)	9.6	7.5	19.3
健常人血漿	平均±標準誤差 (ng/mL)	1.270±0.084	0.353±0.021	0.693±0.061
	変動係数 (%)	6.6	6.0	8.8
日差変動 (n=10)				
コントロール血清	平均±標準誤差 (ng/mL)	0.152±0.008	0.191±0.011	0.076±0.011
	変動係数 (%)	5.3	5.7	13.9
健常人血漿	平均±標準誤差 (ng/mL)	1.193±0.058	0.332±0.031	0.598±0.038
	変動係数 (%)	4.9	9.2	6.3

表 1-4 健常人および MK-4 を投薬されている骨粗鬆症患者の血漿中
ビタミン K 濃度

		PK	MK-4	MK-7
健常人 (n=20)				
蛍光検出法	平均±標準誤差 (ng/mL)	1.814±1.107	0.149±0.172	16.27±20.5
LC-APCI/MS 法	平均±標準誤差 (ng/mL)	2.163±1.340	0.392±0.457	17.53±22.5
骨粗鬆症患者 (n=10)				
蛍光検出法	平均±標準誤差 (ng/mL)	0.621±0.245	46.83±46.41	4.179±6.28
LC-APCI/MS 法	平均±標準誤差 (ng/mL)	0.850±0.272	51.89±44.88	4.128±6.37

図 1-5 蛍光検出法と LC-APCI/MS 法の相関

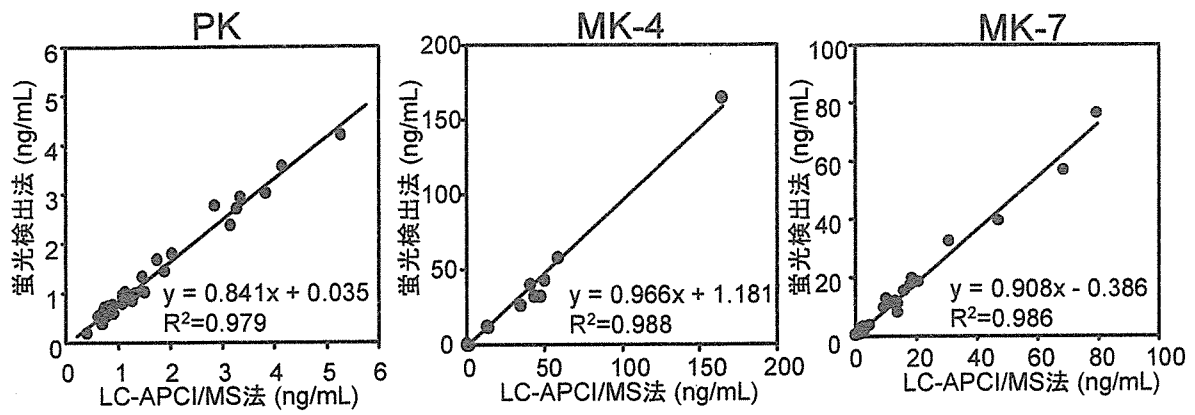


図 1-6 25(OH)D₂/D₃、24, 25(OH)₂D₃ 及び [2H₆]-25(OH)D₃ の化学構造

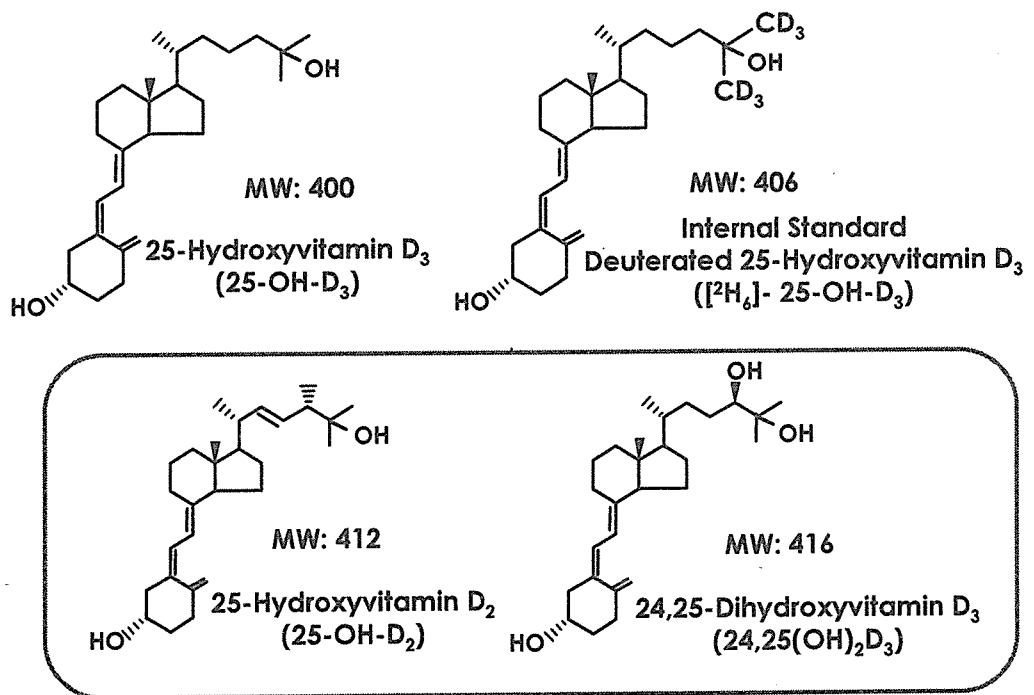


図 1-7 LC-APCI/MS/MS 分析におけるクロマトグラム

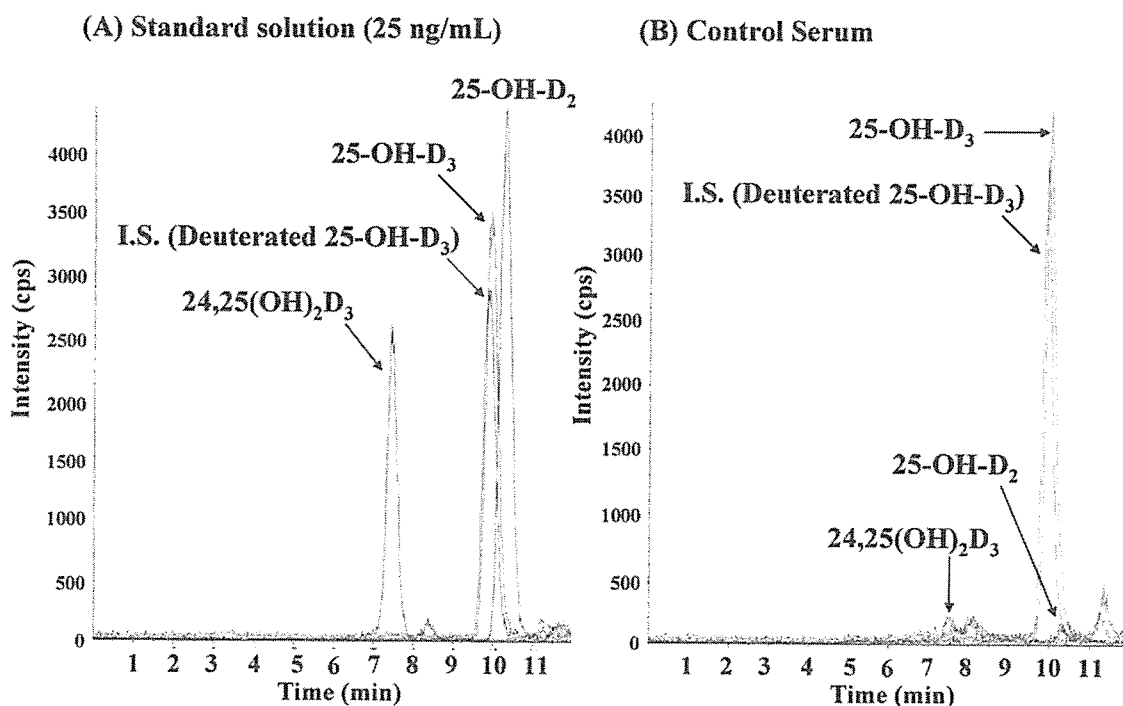
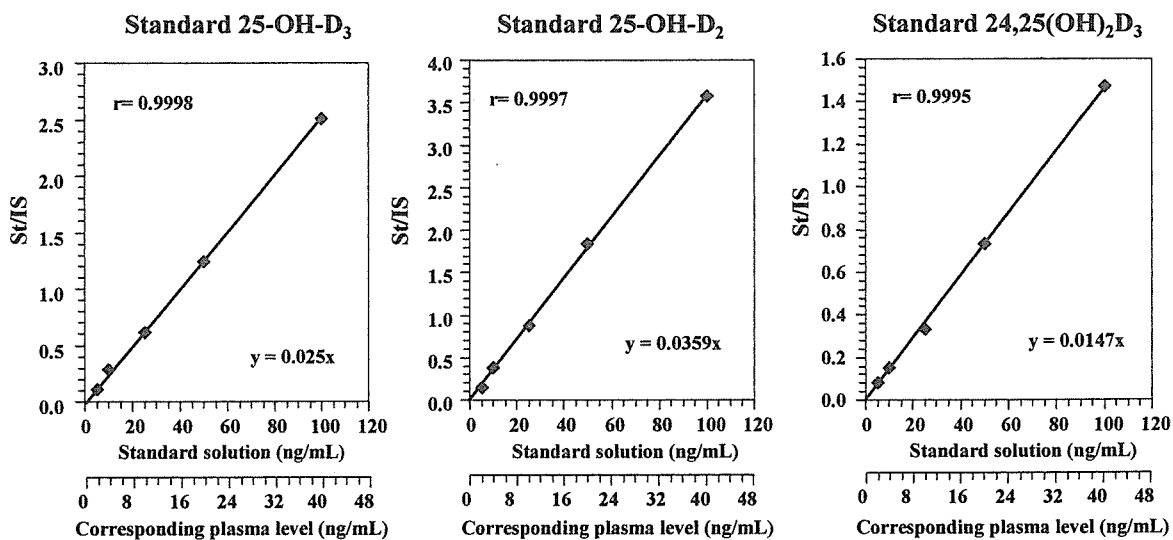


図 1-8 ビタミン D 代謝物の標準検量線



Calibration curves for 25-OH-D₃, 25-OH-D₂ and 24,25(OH)₂D₃.

Deuterated 25-OH-D₃ was used as internal standard for three vitamin D metabolites. All values were calculated as ratios St (intensity of standard are) / IS (intensity of internal standard area). The measured data of samples were converted to the concentration in 1 ml of plasma according to the following equation: plasma concentration (ng/mL) = measured data x (20/50).

表 1-5 標準血清を用いたビタミン D 代謝物濃度の精度評価

Metabolites	Mean ± SD	RSD %
25-OH-D₃		
Intra assay (n=10)	20.0 ± 1.1 ng/mL	5.7
Inter assay (n=5)	18.6 ± 0.5 ng/mL	2.5
Recovery (n=5)	103.8 ± 4.3 (%)	4.1
25-OH-D₂		
Intra assay (n=10)	2.5 ± 0.1 ng/mL	4.5
Inter assay (n=5)	2.7 ± 0.1 ng/mL	5.1
Recovery (n=5)	99.3 ± 2.2 (%)	2.2
24,25(OH)₂D₃		
Intra assay (n=10)	2.8 ± 0.3 ng/mL	11.4
Inter assay (n=5)	2.5 ± 0.3 ng/mL	9.9
Recovery (n=5)	98.8 ± 5.1 (%)	5.2

図 1-9 LC-APCI/MS/MS 法と RIA 法による 25(OH)D 濃度測定値の比較

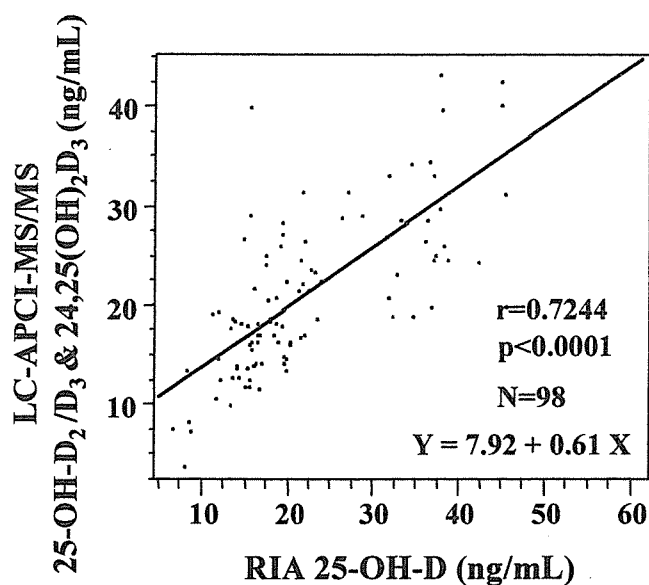


表 1-6 25(OH)D 濃度と血中 PTH 濃度との相関

	Whole PTH		Total intact PTH	
	r	p value	r	p value
LC-APCI MS/MS				
25-OH-D ₃	- 0.2078	0.0401*	- 0.2323	0.0213 *
25-OH-D ₂ /D ₃	- 0.2294	0.0231 *	- 0.2489	0.0135 *
25-OH-D ₂ /D ₃ & 24,25(OH) ₂ D ₃	- 0.2273	0.0244 *	- 0.2461	0.0146 *
RIA 25-OH-D	- 0.0817	0.4240	- 0.0587	0.5660

図 1-10 内部標準物質の化学構造

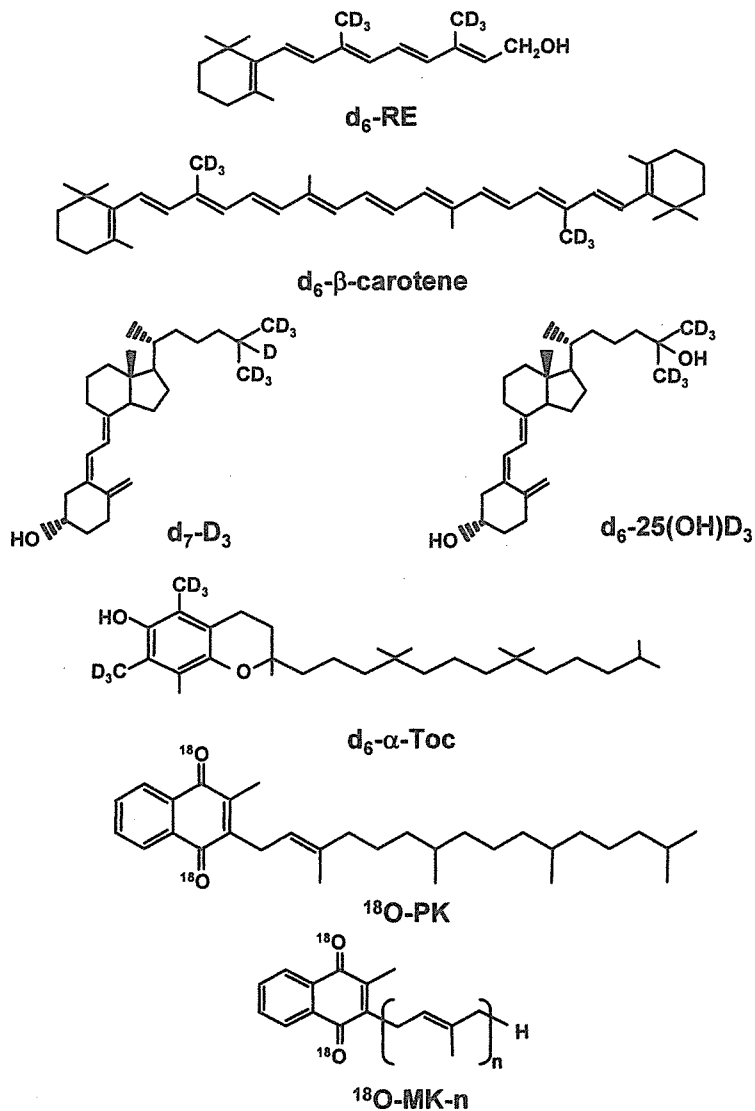


図 1-11 LC-APCI/MS/MS 分析におけるクロマトグラム

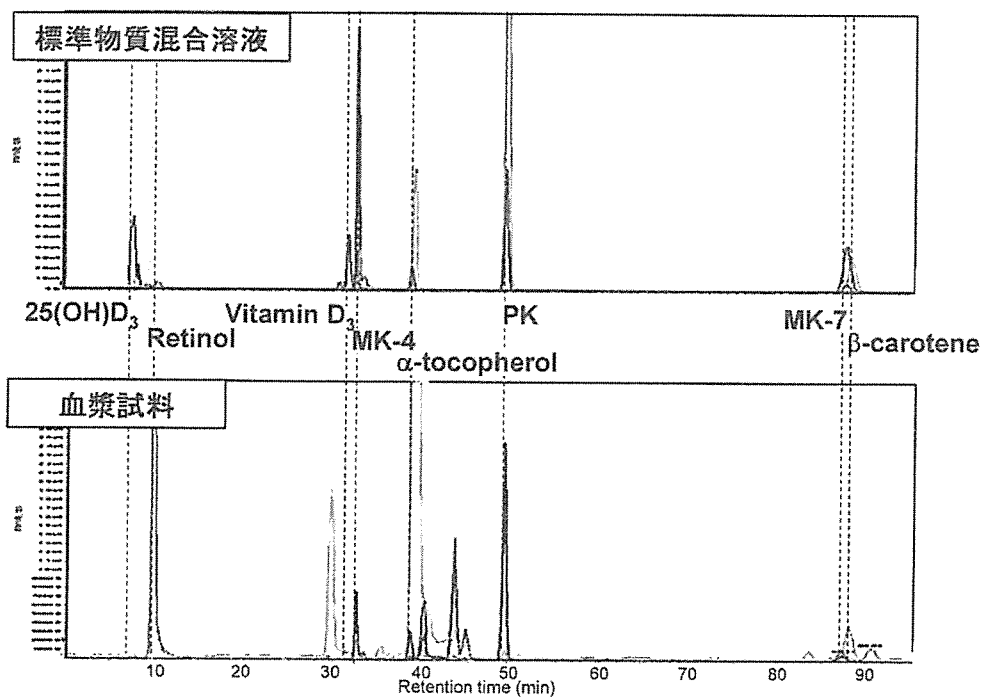


表 1-7 検出限界とプール血漿における添加回収率

	Retinol	β -carotene	Vitamin D ₃	25(OH)D ₃
検出限界(pg)	500	250	250	250
添加回収率				
Mean \pm S.D(%)	96.34 \pm 4.19	92.86 \pm 4.74	96.90 \pm 7.74	105.98 \pm 5.42
C.V.(%)	4.34	5.10	7.98	5.12

	α -tocopherol	PK	MK-4	MK-7
検出限界(pg)	100	25	25	50
添加回収率				
Mean \pm S.D(%)	109.7 \pm 17.37	112.14 \pm 10.76	101.21 \pm 6.61	101.85 \pm 5.10
C.V.(%)	6.72	9.60	6.53	5.00

表 1-8 プール血漿における測定精度

	Retinol ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	β -carotene ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	Vitamin D ₃ (ng/mL)	25(OH)D ₃ (ng/mL)
同時再現性				
Mean \pm S.D.	55.52 \pm 1.63	28.46 \pm 2.27	0.33 \pm 0.03	22.67 \pm 1.49
C.V.(%)	2.94	7.97	8.81	6.56
日差再現性				
Mean \pm S.D.	60.19 \pm 3.29	29.80 \pm 1.71	0.33 \pm 0.06	22.67 \pm 1.01
C.V.(%)	5.47	5.73	17.20	4.47

	α -tocopherol (mg/mL)	PK (ng/mL)	MK-4 (ng/mL)	MK-7 (ng/mL)
同時再現性				
Mean \pm S.D.	13.11 \pm 0.70	1.77 \pm 0.15	1.92 \pm 0.11	7.49 \pm 0.44
C.V.(%)	5.33	8.45	5.88	5.86
日差再現性				
Mean \pm S.D.	12.68 \pm 0.47	1.91 \pm 0.18	2.01 \pm 0.10	7.01 \pm 0.68
C.V.(%)	3.69	9.28	4.76	9.68

表 1-9 プール血漿測定値の従来法との比較

	Retinol ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	β -carotene ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	25(OH)D ₃ (ng/mL)	α -tocopherol (mg/mL)
LC-APCI/MS/MS法	55.52 \pm 1.63	28.46 \pm 2.27	22.67 \pm 1.49	13.11 \pm 0.70
従来法	55.99 \pm 3.57 (蛍光検出HPLC法)	22.03 \pm 2.05 (可視検出HPLC法)	22.78 \pm 0.89 (化学発光法)	13.00 \pm 0.37 (蛍光検出HPLC法)

	PK (ng/mL)	MK-4 (ng/mL)	MK-7 (ng/mL)
LC-APCI/MS/MS法	1.77 \pm 0.15	1.92 \pm 0.11	7.49 \pm 0.44
従来法	1.49 \pm 0.12 (蛍光検出HPLC法)	1.95 \pm 0.11 (蛍光検出HPLC法)	7.66 \pm 0.42 (蛍光検出HPLC法)

値はMean \pm S.D.

図1-12 標準溶液および血漿抽出液の LC-APCI/MS/MS クロマトグラム

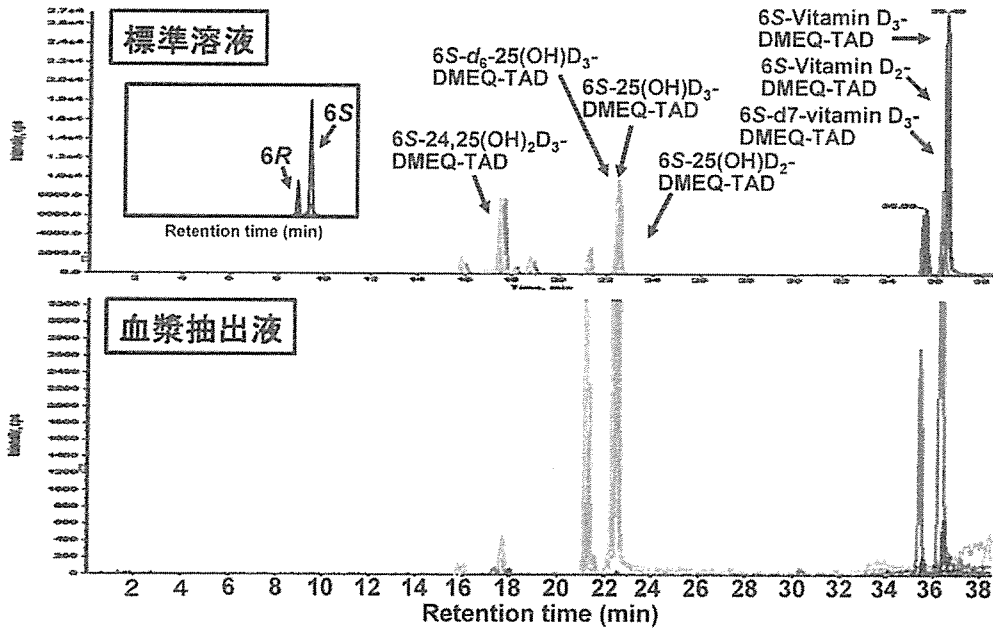


表 1-10 検出限界及びプール血漿を用いて算出した添加回収率、日内再現性、日差再現性

	D ₃	D ₂	25(OH)D ₃	25(OH)D ₂	24,25(OH) ₂ D ₃
検出限界 (pg)	2	2	3	3	6
添加回収率					
Mean ± SD (%)	108.5 ± 2.5	108.7 ± 4.2	97.6 ± 2.2	92.5 ± 3.3	94.2 ± 6.0
C.V. (%)	2.3	3.9	2.2	3.6	6.4
日内再現性					
Mean ± SD (ng/mL)	0.729 ± 0.015	0.064 ± 0.005	21.48 ± 0.485	0.575 ± 0.018	1.311 ± 0.056
C.V. (%)	2.0	7.8	2.3	3.2	2.3
日差再現性					
Mean ± SD (ng/mL)	0.823 ± 0.051	0.066 ± 0.009	21.50 ± 1.41	0.580 ± 0.044	1.387 ± 0.099
C.V. (%)	6.2	13.7	6.5	7.6	7.1

表 1-11 プール母乳を用いて算出した添加回収率及び日内再現性

	D ₃	D ₂	25(OH)D ₃	25(OH)D ₂
添加回収率				
Mean ± SD (%)	97.5 ± 3.8	105.0 ± 4.7	93.9 ± 3.0	90.9 ± 8.8
C.V. (%)	3.9	4.5	3.1	9.7
日内再現性				
Mean ± SD (ng/mL)	0.040 ± 0.002	0.014 ± 0.002	0.117 ± 0.005	0.006 ± 0.001
C.V. (%)	5.4	11.9	4.0	9.8

表 1-12 母乳試料における添加回収率と同時再現性

	Retinol	β -carotene	Vitamin D ₃	25(OH)D ₃
添加回収率				
Mean \pm S.D. (%)	97.59 \pm 5.38	97.37 \pm 7.04	97.68 \pm 17.66	100.41 \pm 2.19
C.V.(%)	5.52	8.16	18.08	2.18
同時再現性				
Mean \pm S.D.	0.49 \pm 0.01 (μ g/mL)	0.03 \pm 0.00 (μ g/mL)	0.84 \pm 0.04 (ng/mL)	0.19 \pm 0.01 (ng/mL)
C.V.(%)	6.03	3.82	4.80	2.93

	α -tocopherol	PK	MK-4	MK-7
添加回収率				
Mean \pm S.D. (%)	96.33 \pm 5.49	97.53 \pm 8.34	99.35 \pm 7.91	97.08 \pm 5.56
C.V.(%)	5.70	8.55	7.96	5.73
同時再現性				
Mean \pm S.D.	2.84 \pm 0.06 (mg/mL)	0.38 \pm 0.01 (ng/mL)	0.21 \pm 0.00 (ng/mL)	0.12 \pm 0.01 (ng/mL)
C.V.(%)	2.05	3.71	1.85	9.64

図 1-13 標準溶液および血漿抽出液の LC-APCI/MS/MS クロマトグラム

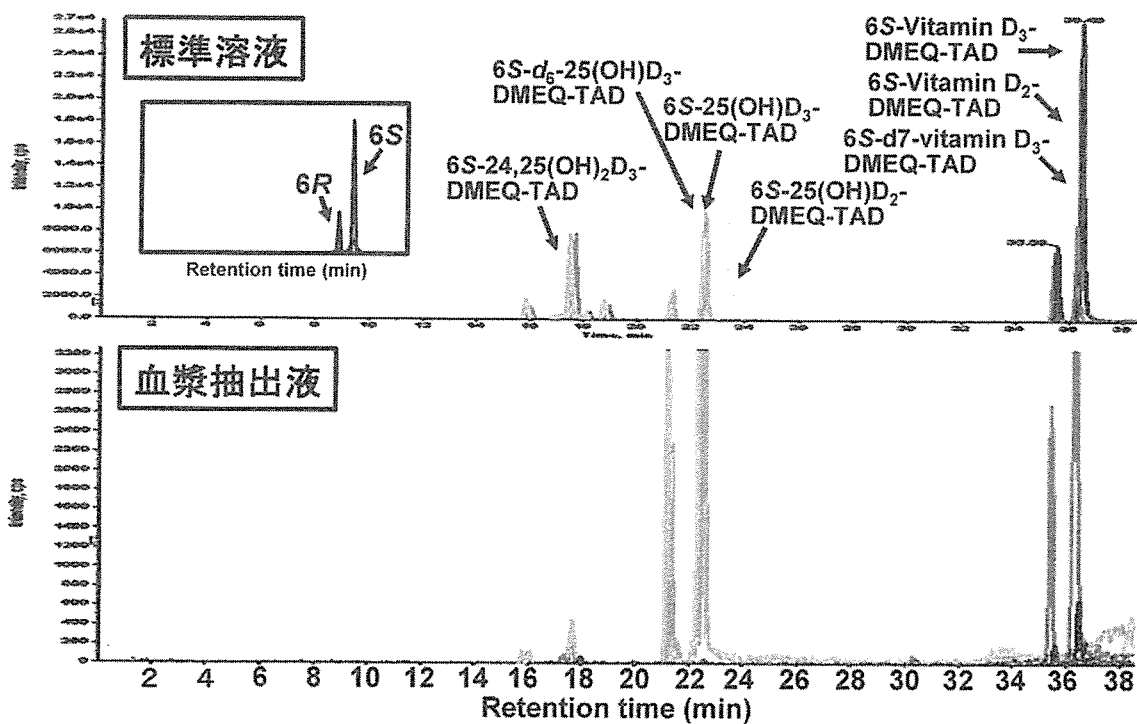


表 1-13 検出限界及びプール血漿を用いて算出した添加回収率、日内再現性、日差再現性

	D ₃	D ₂	25(OH)D ₃	25(OH)D ₂	24,25(OH) ₂ D ₃
検出限界 (pg)	2	2	3	3	6
添加回収率					
Mean ± SD (%)	108.5 ± 2.5	108.7 ± 4.2	97.6 ± 2.2	92.5 ± 3.3	94.2 ± 6.0
C.V. (%)	2.3	3.9	2.2	3.6	6.4
日内再現性					
Mean ± SD (ng/mL)	0.729 ± 0.015	0.064 ± 0.005	21.48 ± 0.485	0.575 ± 0.018	1.311 ± 0.056
C.V. (%)	2.0	7.8	2.3	3.2	2.3
日差再現性					
Mean ± SD (ng/mL)	0.823 ± 0.051	0.066 ± 0.009	21.50 ± 1.41	0.580 ± 0.044	1.387 ± 0.099
C.V. (%)	6.2	13.7	6.5	7.6	7.1

表 1-14 プール母乳を用いて算出した添加回収率及び日内再現性

	D ₃	D ₂	25(OH)D ₃	25(OH)D ₂
添加回収率				
Mean ± SD (%)	97.5 ± 3.8	105.0 ± 4.7	93.9 ± 3.0	90.9 ± 8.8
C.V. (%)	3.9	4.5	3.1	9.7
日内再現性				
Mean ± SD (ng/mL)	0.040 ± 0.002	0.014 ± 0.002	0.117 ± 0.005	0.006 ± 0.001
C.V. (%)	5.4	11.9	4.0	9.8

2. 日本人授乳婦を対象とした脂溶性ビタミンの栄養調査

表 2-1 各脂溶性ビタミンの母乳中濃度及び乳児の母乳からの推定摂取量

ビタミン名	化合物名	0-5 ヶ月		6-11 ヶ月	
		母乳中濃度 Mean ± SD	推定摂取量 Mean ± SD	母乳中濃度 Mean ± SD	推定摂取量 Mean ± SD
A	<i>all-trans</i> -retinol	0.47 ± 0.27 (µg/mL)	368 ± 210 (µg RE/day)	0.27 ± 0.12 (µg/mL)	211 ± 94 (µg RE/day)
	β-carotene	0.064 ± 0.063 (µg/mL)		0.043 ± 0.048 (µg/mL)	
D	D ₃	0.092 ± 0.131 (ng/mL)	0.46 ± 0.26 (µg/day)	0.034 ± 0.016 (ng/mL)	0.47 ± 0.21 (µg/day)
	D ₂	0.072 ± 0.156 (ng/mL)		0.181 ± 0.099 (ng/mL)	
	25(OH)D ₃	0.082 ± 0.037 (ng/mL)		0.073 ± 0.041 (ng/mL)	
	25(OH)D ₂	0.0032 ± 0.0023 (ng/mL)		0.0033 ± 0.0018 (ng/mL)	
E	α-tocopherol	5.2 ± 5.1 (µg/mL)	4.1 ± 4.0 (mg/day)	2.5 ± 1.0 (µg/mL)	1.9 ± 0.8 (mg/day)
K	PK	3.8 ± 2.2 (ng/mL)	5.2 ± 2.8 (µg/day)	3.4 ± 1.5 (ng/mL)	4.3 ± 1.8 (µg/day)
	MK-4	1.8 ± 0.7 (ng/mL)		1.5 ± 0.4 (ng/mL)	
	MK-7	1.6 ± 2.3 (ng/mL)		0.9 ± 0.9 (ng/mL)	

表 2-2 各脂溶性ビタミンの母乳中濃度と関連因子との関係¹

	母乳中濃度									
	all-trans-retinol		β-carotene		D ₃		D ₂		25(OH)D ₃	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
年齢	-0.177	0.121	-0.118	0.302	0.212	0.063	0.190	0.095	0.180	0.115
出産後日数	-0.351	0.002	-0.343	0.002	-0.050	0.666	-0.152	0.185	-0.105	0.360
BMI	0.137	0.265	-0.059	0.631	-0.102	0.407	-0.060	0.627	-0.022	0.856
母乳中脂質濃度	0.152	0.188	0.088	0.448	0.079	0.494	-0.087	0.452	0.473	<.001
血漿中濃度 ²	0.098	0.483	0.684	<.001	0.485	<.001	0.281	0.042	0.499	<.001
食事摂取量 ³	0.226	0.064	0.209	0.087	0.202	0.098	0.185	0.132	0.001	0.994

	母乳中濃度									
	25(OH)D ₂		α-tocopherol		PK		MK-4		MK-7	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
年齢	-0.226	0.047	-0.166	0.147	0.051	0.657	-0.032	0.783	-0.083	0.477
出産後日数	-0.102	0.374	-0.312	0.005	-0.262	0.021	-0.360	0.001	-0.101	0.378
BMI	0.006	0.960	0.072	0.561	-0.043	0.726	-0.011	0.929	-0.118	0.339
母乳中脂質濃度	0.202	0.078	0.276	0.015	0.549	<.001	0.510	<.001	0.080	0.492
血漿中濃度 ¹	0.297	0.031	0.090	0.524	0.159	0.256	-0.031	0.826	0.419	0.002
食事摂取量 ²	0.048	0.697	0.037	0.765	0.213	0.081	0.251	0.039	0.217	0.075

¹ 太字は有意(p<0.05)であることを示す。

² 母乳中濃度と同一化合物の血漿中濃度との関係を示す。

³ all-trans-retinol、β-carotene に対してはビタミン A 摂取量、D₃、D₂、25(OH)D₃、25(OH)D₂ に対してはビタミン D 摂取量、α-tocopherol に対してはビタミン E 摂取量、PK、MK-4、MK-7 に対してはビタミン K 摂取量との関係を示す。

表 2-3 母乳中および血漿中ビタミン D 濃度、ビタミン D 摂取量の季節間変動

		冬季 (n=27)	夏季 (n=18)	p ¹
		Mean ± SD	Mean ± SD	
母乳中濃度 (ng/mL)	D ₃	0.117 ± 0.031	0.077 ± 0.038	0.417
	D ₂	0.134 ± 0.036	0.013 ± 0.045	0.042
	25(OH)D ₃	0.062 ± 0.007	0.101 ± 0.008	0.001
	25(OH)D ₂	0.003 ± 0.001	0.003 ± 0.001	0.847
血漿中濃度 (ng/mL)	D ₃	0.267 ± 0.167	0.672 ± 0.160	0.093
	D ₂	0.026 ± 0.006	0.013 ± 0.006	0.180
	25(OH)D ₃	17.5 ± 1.9	18.9 ± 1.8	0.582
	25(OH)D ₂	0.56 ± 0.04	0.33 ± 0.03	<0.001
	24,25(OH) ₂ D ₃	0.93 ± 0.23	1.68 ± 0.22	0.025
食事摂取量 (μg/day)		8.7 ± 1.3	8.3 ± 1.3	0.835

¹ ANOVA により算出した。太字は有意(p<0.05)であることを示す。

3. 脂溶性ビタミンに関する潜在性欠乏の評価

表 3-1 血中ビタミン K 濃度と骨代謝関連因子との関係

	K ₁		MK-4		MK-7	
	r	p	r	p	r	p
Age	-0.146	0.004	-0.006	0.916	-0.125	0.013
BMI	0.147	0.004	0.093	0.092	0.086	0.087
Cholesterol	0.122	0.016	-0.017	0.759	0.156	0.002
Triacylglycerol	0.342	<0.001	0.047	0.398	0.062	0.221
K ₁	—		—		—	
MK-4	0.153	0.005	—		—	
MK-7	0.173	0.001	0.009	0.875	—	
ucOC	-0.216	<0.001	0.020	0.720	-0.227	<0.001
ucOC/intactOC	-0.203	0.001	-0.005	0.927	-0.181	0.001
NTx	-0.071	0.189	-0.066	0.249	-0.015	0.781
DPD	-0.223	<0.001	-0.065	0.254	-0.091	0.101
BAP	0.013	0.815	0.001	0.988	0.004	0.937

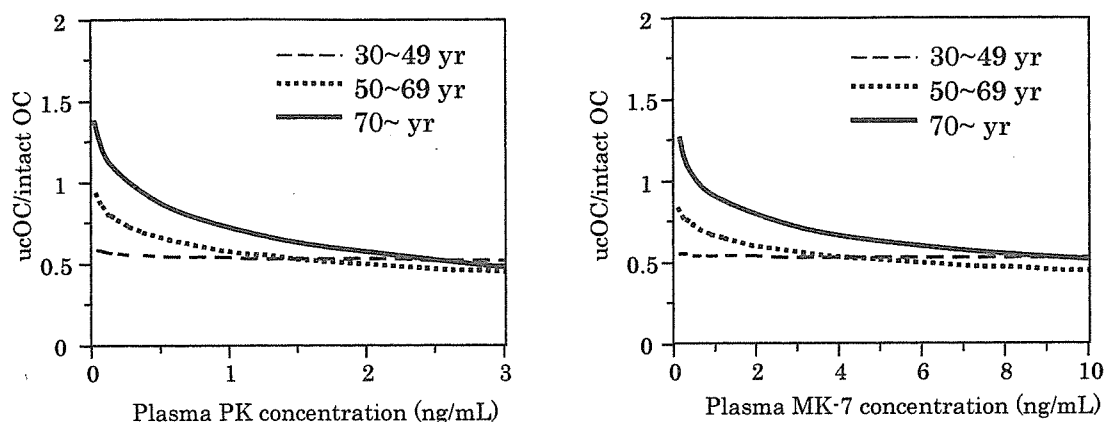
Pearson's correlation coefficient (*r*) and the corresponding *p* values were used to evaluate the relationship of the plasma vitamin K concentration with each parameter.

表 3-2 ステップワイズ重回帰分析による ucOC、ucOC/intactOC 比、尿中 DPD と年齢、PK、MK-7 との関係

	ucOC		ucOC/intactOC		DPD	
	r ²	<i>p</i>	r ²	<i>p</i>	r ²	<i>p</i>
Age	0.054	<0.001	0.030	0.008	0.095	<0.001
PK	0.047	0.001	0.041	0.002	0.050	<0.001
MK-7	0.052	<0.001	0.033	0.009	no relation	

Stepwise multiple linear regression analyses were performed to explore determinants of ucOC, ucOC/intactOC or DPD. Plausible predictors (age, BMI, cholesterol, triacylglycerol, PK, MK-4, MK-7) were included in the original model. Forward stepwise regression was performed, and a *p* value greater than 0.25 was used for variable removal.

図 3-1 年齢層別の血中 PK, MK-7 濃度と ucOC/intactOC 比の関係



Regression curves and p values were obtained from non-linear logarithmic regression analysis using the plasma PK or MK-7 concentration and ucOC/intact OC. Number of subjects were 30~49 yr ($n=52$), 50~69 yr ($n=208$) and 70~yr ($n=136$). The equations of regression curves using the plasma PK concentration and ucOC/intact OC were $y = 0.546 - 0.015 \log x$ ($p=0.8151$) for 30~49yr, $y = 0.589 - 0.117 \log x$ ($p=0.0020$) for 50~69 yr and $y = 0.748 - 0.224 \log x$ ($p=0.0101$) for 70~yr. Intercepts of three age groups were significantly different ($p<0.001$, ANCOVA). The equations of regression curves using the plasma MK-7 concentration and ucOC/intact OC were $y = 0.550 - 0.006 \log x$ ($p=0.8401$) for 30~49yr, $y = 0.677 - 0.094 \log x$ ($p<0.0001$) for 50~69 yr and $y = 0.870 - 0.172 \log x$ ($p=0.0005$) for 70~yr. Significant differences were detected in intercepts ($p<0.001$, ANCOVA) and slopes ($p<0.022$, ANCOVA) of three age groups.

表 3-3 対象者の背景

パラメーター	全対象者	学年別			ANOVA (学年間比較)
		中学1年 (12-13 y)	高校1年 (15-16 y)	高校3年 (17-18 y)	
< 男子 >					
Body height (cm)	165.3 ± 9.9***	153.8 ± 7.6	169.2 ± 5.9 ***	171.5 ± 5.4 ***	<0.001
Body weight (kg)	56.7 ± 12.0 ***	45.3 ± 9.0	59.2 ± 9.4 ***	64.7 ± 8.8***	<0.001
BMI (kg/m ²)	20.6 ± 3.0	19.0 ± 2.8	20.6 ± 2.7	22.0 ± 2.8 ***	<0.001
25OHD (ng/mL)	24.3 ± 7.3***	23.5 ± 6.2 *	24.5 ± 7.4 ***	24.8 ± 7.9 ***	0.179
PTH (pg/mL)	39.0 ± 17.1	44.7 ± 18.1	40.1 ± 17.8	32.6 ± 12.8	<0.001
Vitamin D intake (μg/d)	10.0 ± 2.7 **	9.9 ± 2.9	10.1 ± 2.5	9.9 ± 2.7	0.808
Ca intake (mg/d)	554 ± 289***	555 ± 282	562 ± 315 ***	553 ± 288***	0.945
< 女子 >					
Body height (cm)	156.9 ± 5.7	153.5 ± 5.4	158.2 ± 5.3	158.1 ± 5.3	<0.001
Body weight (kg)	50.6 ± 7.5	45.8 ± 7.0	52.2 ± 7.4	52.6 ± 6.3	<0.001
BMI (kg/m ²)	20.5 ± 2.5	19.4 ± 2.5	20.8 ± 2.7	21.0 ± 2.1	<0.001
25OHD (ng/mL)	21.1 ± 6.8	22.2 ± 6.0	21.2 ± 6.7	20.1 ± 7.4	0.005
PTH (pg/mL)	38.0 ± 15.4	43.4 ± 17.3	38.8 ± 14.9	32.1 ± 11.8	<0.001
Vitamin D intake (μg/d)	10.1 ± 2.5	10.2 ± 2.6	10.0 ± 2.4	10.1 ± 2.5	0.783
Ca intake (mg/d)	471 ± 199	507 ± 221	459 ± 187	454 ± 189	0.010

*<0.05, **<0.01, ***<0.001: 男女間比較 (Student's t-test)

表 3-4 ステップワイズ重回帰分析による血中 PTH 濃度に対する影響因子の解析

Group		Significant variables	Estimate	r ²	p
<男子>	全対象者	25OHD	-0.468	0.042	<0.001
		Ca intake	-0.006	0.010	0.011
	中学1年(12-13 y)	25OHD	-0.633	0.058	0.003
		Ca intake	-0.013	0.016	0.033
	高校1年 (15-16 y)	25OHD	-0.333	0.022	0.035
高校3年 (17-18 y)	25OHD	-0.369	0.046	0.001	
<女子>	全対象者	Ca intake	-0.013	0.017	<0.001
	中学1年(12-13 y)	Ca intake	-0.016	0.025	0.010
	高校1年 (15-16 y)	Ca intake	-0.020	0.047	<0.001
	高校3年 (17-18 y)	25OHD	-0.247	0.024	0.020

予測因子(血中 25OHD濃度、Ca摂取量、ビタミンD摂取量)

表 3-5 男子学生におけるカットオフ値の評価

血中25OHD濃度 (ng/mL)	中学1年		高校1年		高校3年	
	血中PTH濃度 (pg/mL)	p	血中PTH濃度 (pg/mL)	p	血中PTH濃度 (pg/mL)	p
<15	56.6±21.2	0.019	50.6±26.3	0.011	31.4±12.3	0.696
≥15	44.0±17.7		39.3±16.9		32.7±12.9	
<20	49.1±20.8	0.027	44.0±21.1	0.028	36.1±16.8	0.010
≥20	32.8±16.5		38.5±16.1		31.1±10.5	
<25	46.6±19.8	0.061	41.7±19.0	0.103	35.0±14.7	0.003
≥25	41.6±14.3		38.0±16.0		29.8±9.80	

表 3-6 女子学生におけるカットオフ値の評価

血中25OHD濃度 (ng/mL)	中学1年		高校1年		高校3年	
	血中PTH濃度 (pg/mL)	p	血中PTH濃度 (pg/mL)	p	血中PTH濃度 (pg/mL)	p
<15	44.1±29.9	0.841	39.6±15.9	0.692	34.4±12.5	0.086
≥15	43.3±15.3		38.7±14.6		31.3±11.5	
<20	44.0±19.0	0.689	39.9±15.4	0.228	33.8±12.9	0.034
≥20	43.0±16.1		37.8±14.3		30.4±10.3	
<25	43.7±18.7	0.692	39.4±15.6	0.308	33.0±12.5	0.049
≥25	42.6±12.9		37.3±12.7		29.5±9.20	

表 3-7 血中 25(OH)D 濃度の分布

	平均	標準 偏差	パーセンタイル								
			0 (最小値)	2.5	10	25	50 (中央値)	75	90	97.5	100 (最大値)

〈男子〉											
中学1年	23.5	6.2	5.4	12.7	16.2	19.2	23.0	27.4	31.4	37.8	42.5
高校1年	24.5	7.4	3.4	12.4	16.3	19.2	23.6	28.4	34.5	42.4	46.8
高校3年	24.8	7.9	8.2	11.4	15.1	18.9	24.2	30.4	35.7	40.9	50.1

〈女子〉											
中学1年	22.2	6.0	10.3	12.9	14.9	17.6	21.9	25.9	29.9	36.3	40.6
高校1年	21.2	6.7	7.2	10.5	13.3	16.1	20.1	25.6	30.6	36.8	40.0
高校3年	20.1	7.4	5.7	8.4	11.4	14.3	19.0	24.5	29.9	36.6	42.2

(ng/mL)

表 3-8 ビタミン D 摂取量の分布

	平均	標準 偏差	パーセンタイル								
			0 (最小値)	2.5	10	25	50 (中央値)	75	90	97.5	100 (最大値)

〈男子〉											
中学1年	9.9	2.9	2.0	4.5	6.5	8.5	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0
高校1年	10.1	2.5	4.0	6.0	8.0	8.5	10.0	12.0	14.0	16.0	16.0
高校3年	9.9	2.7	4.0	4.2	6.5	8.5	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0

〈女子〉											
中学1年	10.1	2.6	4.0	6.0	6.5	8.5	10.0	12.0	12.5	16.0	20.0
高校1年	10.0	2.4	4.5	6.0	6.5	8.5	10.0	12.0	14.0	14.7	16.0
高校3年	10.1	2.5	4.0	4.5	6.5	8.5	10.0	12.0	14.0	16.0	20.0

(μ g/d)