

2 対象特性

2-1 妊婦・授乳婦

1 基本的事項

妊娠期及び授乳期は、本人に加えて、児のライフステージの最も初期段階での栄養状態を形づくるものとして重要である。

妊婦・授乳婦については、各栄養素の項において策定の根拠及び値を記述しているが、ここではその要点を整理した。

2 妊婦

2-1 妊娠期の区分

2018年発行の産科婦人科用語集・用語解説集（改訂第4版）¹⁾では、妊娠期を妊娠初期（～13週6日）、妊娠中期（14週0日～27週6日）、妊娠末期（28週0日～）の3区分としている¹⁾。この3区分を用いるが、妊娠末期は妊娠後期と呼ぶことにした。

2-2 妊婦の付加量（推定平均必要量、推奨量）、目安量

推定エネルギー必要量は、妊娠中に適切な栄養状態を維持し正常な分娩をするために、妊娠前と比べて余分に摂取すべきと考えられるエネルギー量を、妊娠期別に付加量として示した。

推定平均必要量及び推奨量の設定が可能な栄養素については、非妊娠時の年齢階級別における食事摂取基準を踏まえた上で、妊娠期特有の変化、すなわち胎児発育に伴う蓄積量と妊婦の体蓄積量を考慮し、付加量を設定した。

目安量の設定に留まる栄養素については、原則として、胎児の発育に問題ないと想定される日本人妊婦の摂取量の中央値を用いることとし、これらの値が明らかでない場合には、非妊娠時の値を目安量として用いることとした。

これらの値をまとめて表1に示す。

表1 妊婦の食事摂取基準（再掲）

エネルギー		推定エネルギー必要量 ^{1,2}				
エネルギー (kcal/日)	(初期)	+50				
	(中期)	+250				
	(後期)	+450				
栄養素		推定平均必要量 ³	推奨量 ³	目安量	目標量	
たんぱく質 (g/日)	(初期)	+0	+0	—	—	
	(中期)	+5	+5	—	—	
	(後期)	+20	+25	—	—	
(% エネルギー)		(初期)	—	—	13~20 ⁴	
		(中期)	—	—	13~20 ⁴	
		(後期)	—	—	15~20 ⁴	
脂 質	脂質 (% エネルギー)	—	—	—	20~30 ⁴	
	飽和脂肪酸 (% エネルギー)	—	—	—	7以下 ⁴	
	n-6 系脂肪酸 (g/日)	—	—	9	—	
	n-3 系脂肪酸 (g/日)	—	—	1.6	—	
炭水化物	炭水化物 (% エネルギー)	—	—	—	50~65 ⁴	
	食物繊維 (g/日)	—	—	—	18以上	
ビタミ ン	脂溶性	ビタミン A (μgRAE/日) ⁵ (初期・中期)	+0	+0	—	—
		(後期)	+60	+80	—	—
		ビタミン D (μg/日)	—	—	8.5	—
		ビタミン E (mg/日) ⁶	—	—	6.5	—
	水溶性	ビタミン K (μg/日)	—	—	150	—
		ビタミン B ₁ (mg/日)	+0.2	+0.2	—	—
		ビタミン B ₂ (mg/日)	+0.2	+0.3	—	—
		ナイアシン (mgNE/日)	+0	+0	—	—
		ビタミン B ₆ (mg/日)	+0.2	+0.2	—	—
		ビタミン B ₁₂ (μg/日)	+0.3	+0.4	—	—
		葉酸 (μg/日) ^{7,8}	+200	+240	—	—
		パントテン酸 (mg/日)	—	—	5	—
		ビオチン (μg/日)	—	—	50	—
ビタミン C (mg/日)	+10	+10	—	—		
ミネラル	多量	ナトリウム (mg/日)	600	—	—	—
		(食塩相当量) (g/日)	1.5	—	—	6.5 未満
		カリウム (mg/日)	—	—	2,000	2,600 以上
		カルシウム (mg/日)	+0	+0	—	—
		マグネシウム (mg/日)	+30	+40	—	—
		リン (mg/日)	—	—	800	—
	微量	鉄 (mg/日) (初期)	+2.0	+2.5	—	—
		(中期・後期)	+8.0	+9.5	—	—
		亜鉛 (mg/日)	+1	+2	—	—
		銅 (mg/日)	+0.1	+0.1	—	—
		マンガン (mg/日)	—	—	3.5	—
		ヨウ素 (μg/日) ⁹	+75	+110	—	—
		セレン (μg/日)	+5	+5	—	—
クロム (μg/日)	—	—	10	—		
モリブデン (μg/日)	+0	+0	—	—		

¹ エネルギーの項の参考表に示した付加量である。

² 妊婦個々の体格や妊娠中の体重増加量及び胎児の発育状況の評価を行うことが必要である。

³ ナトリウム（食塩相当量）を除き、付加量である。

⁴ 範囲に関しては、おおむねの値を示したものであり、弾力的に運用すること。

⁵ プロビタミン A カロテノイドを含む。

⁶ α-トコフェロールについて算定した。α-トコフェロール以外のビタミン E は含んでいない。

⁷ 妊娠を計画している女性、妊娠の可能性のある女性及び妊娠初期の妊婦は、胎児の神経管閉鎖障害のリスク低減のために、通常の食品以外の食品に含まれる葉酸（狭義の葉酸）を 400 μg/日摂取することが望まれる。

⁸ 付加量は、中期及び後期にのみ設定した。

⁹ 妊婦及び授乳婦の耐容上限量は、2,000 μg/日とした。

2-3 妊娠期の適正体重増加量

母体の妊娠中の体重増加量及び妊娠前の肥満度と児の出生時体重や妊娠合併症などとの関連は、次に述べるように、数多くの研究で報告され、それらの結果に基づき、幾つかのガイドラインが定められている。

我が国では、日本産婦人科学会周産期委員会及び日本肥満学会「肥満症診断基準 2011」がそれぞれ 1997 年と 2011 年に表 2 に示したように、妊娠期の適正体重増加量に関する推奨値を定めている^{2,3)}。厚生労働省「健やか親子 21 (2006 年)」は、妊娠前の体格 (body mass index: BMI) (kg/m^2) が 18.5 未満、18.5 以上 25.0 未満、25.0 以上に対して、それぞれ 9~12 kg、7~12 kg、個別対応としている⁴⁾。

アメリカ医学研究所 (IOM) では、妊娠前の肥満度別に適正体重増加量を与えており、妊娠前の BMI (kg/m^2) が 18.5 未満、18.5~24.9、25.0~29.9、30.0 以上に対して、それぞれ 12.7~18.1 kg、11.3~15.9 kg、6.8~11.3 kg、5.0~9.1 kg としている⁵⁾。この範囲から逸脱していた妊婦は出産に関する母子双方への健康障害が多かったことが、合計 131 万人を対象とした 23 の研究をまとめたメタ・アナリシスで報告されている⁶⁾。また、97,157 人を対象とした我が国における後ろ向き前向き研究によって、この基準は日本人でも適用可能であると報告されている⁷⁾。さらに、我が国で最近行われた後ろ向き前向き研究 (対象者 104,070 人) で観察された許容体重増加量は、妊娠前の BMI (kg/m^2) が 17~18.4、18.5~19.9、20~22.9、23~24.9、25~27.4 に対して、それぞれ 10.8~13.6 kg、9.5~12.4 kg、8.4~11.4 kg、5.8~9.6 kg、1.7~6.9 kg であり⁸⁾、BMI (kg/m^2) が 18.5 未満の妊婦においては我が国の既存の推奨値よりも許容体重増加量が多く、IOM が定めた推奨値に近かった。その一方で、他の体格区分の妊婦においては、IOM が定めた推奨値よりも従来の我が国の各ガイドラインが定めた値を支持する結果であった。ただし、それぞれの基準の目的 (どの健康障害を回避しようとしているか) は必ずしも同じでないことに留意すべきである。

どの BMI の群でも、妊娠中の体重増加量が多いほど在胎不当過小のリスクは少なく、逆に在胎不当過大のリスクは多い^{9,10)}。そこで、在胎不当過小のリスクと在胎不当過大のリスクの和が最小になる妊娠中の体重増加量を適正体重増加量と考えると、デンマークにおける研究では、妊娠前の BMI (kg/m^2) が 18.5 以上 25.0 未満の群で 10~15 kg であった⁹⁾。中国における研究でも、妊娠前の BMI を調整した後の結果として 10~15 kg であった¹¹⁾。また、低出生体重児と高出生体重児の出生確率を最小にする体重増加量を調べたベトナムにおける研究では、低 BMI (18.5 kg/m^2 未満)、正常 BMI (18.5~22.9 kg/m^2)、高 BMI (23.0 kg/m^2 以上) の群でそれぞれ 18.8 kg、12.8 kg、6.6 kg であった¹²⁾。在胎不当過小のリスクを検討した我が国における研究では、妊娠中の体重増加量が 9 kg 以下の群で有意なリスクの上昇が観察されている¹³⁾。我が国における別の研究は、BMI が 18.0~23.9 kg/m^2 の群では 0.20~0.30 kg/週が最も適切な体重増加量であったと報告している¹⁴⁾。さらに、過体重 (BMI が 25.0~29.9 kg/m^2) 及び肥満 (BMI が 30.0 kg/m^2 以上) の妊婦 6,781 人を対象とした後ろ向き前向き研究では、望ましい体重増加量は、過体重の妊婦で 0~11.5 kg、肥満の妊婦で 0 kg 又は減量であったと報告している¹⁵⁾。

表2 妊娠中の体重増加の推奨値に関するガイドライン（表中番号 A～D）と最近の我が国における研究結果（表中番号 E）

	出典（団体名等）	体重増加の推奨値 ¹	目的
A	日本産婦人科学会 周産期委員会（1997年） ²	BMI<18：10～12 kg BMI 18～24：7～10 kg BMI>24：5～7 kg	妊娠中毒症 ² の 予防
B	厚生労働省 「健やか親子 21（2006年）」 ⁴	BMI<18.5（やせ）：9～12 kg BMI 18.5～25（ふつう）：7～12 kg BMI>25（肥満）：個別対応	適正な出生体重 ³
C	日本肥満学会 「肥満症診断基準 2011」 （2011年） ^{3,4}	BMI<18.5（やせ）：9～12 kg BMI 18.5～25（標準）：7～12 kg BMI>25（肥満）：個別対応（5 kg 程度が一応の 目安）	産科の異常の 減少 ⁵
D	アメリカ医学研究所 （IOM）（2009年） ⁵	BMI<18.5（やせ）：12.7～18.1 kg BMI 18.5～25（ふつう）：11.3～15.9 kg BMI 25～30（overweight） ⁶ ：6.8～11.3 kg BMI≥30（肥満）：5.0～9.1 kg	適正な出生体重 ⁷
E	我が国で 10.4 万人の妊婦を 調べた後ろ向き前向き研究 ⁸	BMI 17～18.4：10.8～13.4 kg [12.2 kg] ⁸ BMI 18.5～19.9：9.5～12.4 kg [10.9 kg] BMI 20～22.9：8.4～11.4 kg [9.9 kg] BMI 23～24.9：5.8～9.6 kg [7.7 kg] BMI 25～27.4：1.7～6.9 kg [4.3 kg]	妊娠中に注意す べき合併症のリ スクを最も低く すること

ガイドライン（A～D）は、日本産婦人科学会・日本産婦人科医会、産婦人科診療ガイドライン-産科編 2017 を参考とした¹⁶⁾。

¹ 自己申告による妊娠前の体重を基に算定した BMI (kg/m²) を用いる。

² 現在の妊娠高血圧症候群とは診断基準が異なる。

³ 妊娠 37～41 週において、出生体重 2,500～4,000 g を目標として設定。

⁴ この基準の根拠は、必ずしも十分でないとの立場もある。

⁵ 「5 kg 程度が一応の目安」とした根拠として「体重増加の制限により産科的異常の減少が得られる」という立場をとっている。しかし、その根拠として「健やか親子 21（2006年）」のみを引用している。

⁶ BMI25～30 kg/m² は、アメリカでは overweight（WHO 基準では preobese）であり、BMI30 kg/m² 以上から肥満となる。

⁷ 妊娠 39～40 週において、出生体重 3,000～4,000 g を目標として設定。

⁸ 許容体重増加量。[] 内は至適体重増加量。

2-4 妊婦における付加量設定に当たっての留意点

2-4-1 たんぱく質

妊娠期の体たんぱく質蓄積量は、体カリウム増加量より間接的に算定できる。妊娠後期の平均の体カリウム増加量は 2.08 mmol/日であり¹⁷⁻²⁰⁾、これにカリウム・窒素比 (2.15mmol カリウム /g 窒素)¹⁷⁾、及びたんぱく質換算係数 (6.25) を用いて、体たんぱく質蓄積量を次式により算出した。

$$(\text{たんぱく質蓄積量}) = (\text{体カリウム蓄積量}) / (\text{カリウム・窒素比}) \times (\text{たんぱく質換算係数})$$

となる。

ここで、体たんぱく質蓄積量は、妊娠中の体重増加量により変化することを考慮に入れる必要がある。すなわち、最終的な体重増加量を 11 kg とし²¹⁾、諸家の報告による妊娠中体重増加量に対して補正を加えて、それぞれの研究における体カリウム増加量を求め¹⁷⁻²⁰⁾、体たんぱく質蓄積量を「1-2 たんぱく質表 6」のように算定した。

妊娠各期におけるたんぱく質蓄積量の比は、初期：中期：後期=0：1：3.9 であるという報告²⁰⁾を用いて、観察期間が中期・後期である報告については、この期間の総体たんぱく質蓄積量を求め (妊娠日数 280×2/3 を乗ずる)、単純に上記の比率で中期と後期に割り当てた後、それぞれの期間の 1 日当たりの体たんぱく質蓄積量を算出した。

このようにして各研究から得られた値を単純平均して算出すると、初期：0 g/日、中期：1.94 g/日、後期：8.16 g/日となる。たんぱく質の蓄積効率を 43% として¹⁷⁾、

$$\text{推定平均必要量 (新生組織蓄積分)} = (\text{たんぱく質蓄積量}) / (\text{たんぱく質の蓄積効率})$$

とした。

2-4-2 ビタミン A

胎児へのビタミン A の移行蓄積量を付加する必要がある。37～40 週の胎児では、肝臓のビタミン A 蓄積量は 1,800 μg 程度であるので、この時期の体内ビタミン A 貯蔵量を肝臓蓄積量の 2 倍として、3,600 μg のビタミン A が妊娠期間中に胎児に蓄積される^{22,23)}。母親のビタミン A 吸収率を 70% と仮定し、最後の 3 か月でこの量のほとんどが蓄積される²³⁾。これらの事実に基づき、初期及び中期における付加量を 0 (ゼロ) とし、後期における推定平均必要量の付加量を設定した。

2-4-3 ビタミン B₁、ビタミン B₂

妊婦の付加量を要因加算法で算定するデータはないため、エネルギー要求量に応じて増大するという代謝特性から設定した。

2-4-4 ビタミン B₆

胎盤や胎児に必要な体たんぱく質の蓄積を考慮して、設定した。

2-4-5 ビタミン B₁₂

胎児の肝臓中の蓄積量を推定して、吸収率を考慮して、設定した。

2-4-6 葉酸

通常の適正な食事摂取下で 100 µg/日のプテロイルモノグルタミン酸を補足すると妊婦の赤血球中葉酸濃度を適正量に維持することができたというデータ^{24,25)}があることから、この値を採用し、相対生体利用率 (50%)²⁶⁾を考慮して付加量とした。詳しくは、『1 エネルギー・栄養素、1-6 ビタミン、(2) 水溶性ビタミン、⑥葉酸』を参照のこと。

2-4-7 ビタミン C

妊婦の付加量に関する明確なデータはないが、新生児の壊血病を防ぐことができるといわれている摂取量を参考に、設定した²⁷⁾。

2-4-8 マグネシウム

妊婦に対するマグネシウムの出納試験の結果²⁸⁾を基に、妊娠時の除脂肪体重増加量²⁹⁾から除脂肪体重 1 kg 当たりのマグネシウム含有量³⁰⁾を求め、この時期のマグネシウムの見かけの吸収率を加味して、設定した。

2-4-9 鉄

妊娠期に必要な鉄は、基本的損失に加え、①胎児の成長に伴う鉄貯蔵、②臍帯・胎盤中への鉄貯蔵、③循環血液量の増加に伴う赤血球量の増加による鉄需要の増加、があり、それぞれ、妊娠の初期、中期、後期によって異なることから、それぞれの必要量の合計値を求め、吸収率を加味して、設定した。

2-4-10 亜鉛

妊娠期間中の亜鉛の蓄積量の平均値に、非妊娠女性の吸収率を加味して、設定した。

2-4-11 銅

アメリカ・カナダの食事摂取基準における胎児の銅保有量³¹⁾を基に、安定同位体を用いて行われた研究によって得られた銅の吸収率³²⁾の代表値を加味して、設定した。

2-4-12 ヨウ素

新生児の甲状腺内ヨウ素量に、その代謝回転 (ほぼ 100%/日)³³⁾を加味し、妊婦における推定平均必要量の付加量を設定した。

2-4-13 セレン

セレンの栄養状態が適切であれば、体重 1 kg 当たりのセレン含有量は約 250 µg と推定されている³⁴⁾ことから、出生時体重の平均値である約 3 kg の胎児に、胎盤 (胎児の約 6 分の 1 の重量) を合わせた約 3.5 kg に対して必要なセレン量と、妊娠中に生じる血液増加に伴って必要となるセレン量を合わせた量に、食事中セレンの吸収率を加味して、設定した。

2-5 妊婦における目安量設定に当たっての留意点

妊婦ではカルシウム要求性が高まるため、妊娠期間に伴って $1\alpha, 25$ -ジヒドロキシビタミンDの産生能が高くなり、出産後に低下する。しかし、具体的な数値を策定するだけのデータがないことから、適当量の日照を受けることを推奨し、非妊娠時と同じとした。

3 授乳婦

3-1 授乳婦の付加量（推定平均必要量、推奨量）、目安量

推定エネルギー必要量は、正常な妊娠・分娩を経た授乳婦が授乳期間中に妊娠前と比べて余分に摂取すべきと考えられるエネルギー量を、付加量として示した。

推定平均必要量及び推奨量の設定が可能な栄養素については、母乳含有量を基に、付加量を設定した。目安量の設定に留まる栄養素については、原則として、児の発育に問題ないと想定される日本人授乳婦の摂取量の中央値を用いることとし、これらの値が明らかでない場合には、非授乳時の値を目安量として用いることとした。

これらの値をまとめて表3に示す。

3-2 授乳婦の目安量設定に当たっての留意点

授乳婦の目安量の設定状況については、非授乳時の目安量設定の根拠と同一の根拠で目安量の設定が可能かを踏まえ、それが可能な場合にはその根拠による日本人授乳婦の摂取量の中央値を基に目安量を設定することとした。非授乳時の目安量設定の根拠と同一の根拠で目安量の設定ができない場合には、原則として非授乳時の値を目安量として用いた。

なお、ビタミンDについては、母乳栄養児でのビタミンD不足によるくる病、低カルシウム血症の報告なども踏まえ、母乳中に分泌されるビタミンD量も考慮した値とした。

表3 授乳婦の食事摂取基準（再掲）

エネルギー		推定エネルギー必要量 ¹				
エネルギー (kcal/日)		+350				
栄養素		推定平均必要量 ²	推奨量 ²	目安量	目標量	
たんぱく質 (g/日)		+15	+20	—	—	
(％エネルギー)		—	—	—	15～20 ³	
脂 質	脂質 (％エネルギー)	—	—	—	20～30 ³	
	飽和脂肪酸 (％エネルギー)	—	—	—	7以下 ³	
	n-6系脂肪酸 (g/日)	—	—	10	—	
	n-3系脂肪酸 (g/日)	—	—	1.8	—	
炭水化物	炭水化物 (％エネルギー)	—	—	—	50～65 ³	
	食物繊維 (g/日)	—	—	—	18以上	
ビタミン	脂溶性	ビタミンA (μgRAE/日) ⁴	+300	+450	—	—
		ビタミンD (μg/日)	—	—	8.5	—
		ビタミンE (mg/日) ⁵	—	—	7.0	—
		ビタミンK (μg/日)	—	—	150	—
	水溶性	ビタミンB ₁ (mg/日)	+0.2	+0.2	—	—
		ビタミンB ₂ (mg/日)	+0.5	+0.6	—	—
		ナイアシン (mgNE/日)	+3	+3	—	—
		ビタミンB ₆ (mg/日)	+0.3	+0.3	—	—
		ビタミンB ₁₂ (μg/日)	+0.7	+0.8	—	—
		葉酸 (μg/日)	+80	+100	—	—
	パントテン酸 (mg/日)	—	—	6	—	
	ビオチン (μg/日)	—	—	50	—	
	ビタミンC (mg/日)	+40	+45	—	—	
ミネラル	多量	ナトリウム (mg/日)	600	—	—	—
		(食塩相当量) (g/日)	1.5	—	—	6.5未満
		カリウム (mg/日)	—	—	2,200	2,600以上
		カルシウム (mg/日)	+0	+0	—	—
		マグネシウム (mg/日)	+0	+0	—	—
		リン (mg/日)	—	—	800	—
	微量	鉄 (mg/日)	+2.0	+2.5	—	—
		亜鉛 (mg/日)	+3	+4	—	—
		銅 (mg/日)	+0.5	+0.6	—	—
		マンガン (mg/日)	—	—	3.5	—
		ヨウ素 (μg/日) ⁶	+100	+140	—	—
		セレン (μg/日)	+15	+20	—	—
クロム (μg/日)		—	—	10	—	
	モリブデン (μg/日)	+3	+3	—	—	

¹ エネルギーの項の参考表に示した付加量である。

² ナトリウム（食塩相当量）を除き、付加量である。

³ 範囲に関しては、おおむねの値を示したものであり、弾力的に運用すること。

⁴ プロビタミンAカロテノイドを含む。

⁵ α-トコフェロールについて算定した。α-トコフェロール以外のビタミンEは含んでいない。

⁶ 妊婦及び授乳婦の耐容上限量は、2,000 μg/日とした。

4 今後の課題

妊婦・授乳婦におけるエネルギーについては、妊娠期の適正体重増加量との関係も踏まえた詳細な検討が必要である。目安量の設定に留まる栄養素については、付加量ではなく、ある一定の栄養状態を維持するのに十分な量として想定される摂取量としての値を設定した。この考え方の科学性と利用可能性に関する研究が必要である。さらに、今回、目標量は、妊婦においても授乳婦においても非妊娠・非授乳中女性と同じとした。しかしながら、妊娠高血圧症候群や妊娠糖尿病など、妊娠に関連する生活習慣病が存在し、これらを無視することはできない。今後、妊婦専用の目標量を設定する必要性とその可能性について、詳細な研究が必要である。

参考文献

- 1) 日本産婦人科学会編. 産婦人科用語集・用語解説集 (改訂第4版). 金原出版, 2018.
- 2) 中村正雄. 妊娠中毒症の栄養管理指針. 日産婦誌 1999; **51**: N507-10.
- 3) 日本肥満学会編. 肥満症診断基準 2011. 肥満研究 第17巻.
- 4) J3624. 厚生労働省. 「健やか親子21」推進検討会「妊娠期の至適体重増加チャート」について. 妊産婦のための食生活指針, 「健やか親子21」推進検討会報告書. 平成18年「健やか親子21」推進検討会報告書 2006; : 61-74.
- 5) Institute of Medicine. Weight gain during pregnancy: Reexamining the guidelines. National Academies Press, Washington, D.C., 2009.
- 6) Goldstein RF, Abell SK, Ranasinha S, *et al.* Association of gestational weight gain with maternal and infant outcomes: A systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2017; **317**: 2207-25.
- 7) Enomoto K, Aoki S, Toma R, *et al.* Pregnancy outcomes based on pre-pregnancy body mass index in Japanese women. *PLoS One* 2016; **11**: e0157081.
- 8) Morisaki N, Nagata C, Jwa SC, *et al.* Pre-pregnancy BMI-specific optimal gestational weight gain for women in Japan. *J Epidemiol* 2017; **27**: 492-8.
- 9) Nohr EA, Vaeth M, Baker JL, *et al.* Combined associations of prepregnancy body mass index and gestational weight gain with the outcome of pregnancy. *Am J Clin Nutr* 2008; **87**: 1750-9.
- 10) Li N, Liu E, Guo J, *et al.* Maternal prepregnancy body mass index and gestational weight gain on pregnancy outcomes. *PLoS One* 2013; **8**: e82310.
- 11) Liu Y, Dai W, Dai X, *et al.* Prepregnancy body mass index and gestational weight gain with the outcome of pregnancy: a 13-year study of 292,568 cases in China. *Arch Gynecol Obstet* 2012; **286**: 905-11.
- 12) Ota E, Haruna M, Suzuki M, *et al.* Maternal body mass index and gestational weight gain and their association with perinatal outcomes in Viet Nam. *Bull World Health Organ* 2011; **89**: 127-36.
- 13) Harita N, Kariya M, Hayashi T, *et al.* Gestational bodyweight gain among underweight Japanese women related to small-for-gestational-age birth. *J Obstet Gynaecol Res* 2012; **38**: 1137-44.
- 14) Wataba K, Mizutani T, Wasada K, *et al.* Impact of prepregnant body mass index and maternal weight gain on the risk of pregnancy complications in Japanese women. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2006; **85**: 269-76.
- 15) Hirooka-Nakama J, Enomoto K, Sakamaki K, *et al.* Optimal weight gain in obese and overweight pregnant Japanese women. *Endocr J* 2018; **65**: 557-67.
- 16) 日本産婦人科学会・日本産婦人科医会. 産婦人科診療ガイドライン-産科編 2017. 2017.
- 17) King JC, Calloway DH, Margen S. Nitrogen retention, total body 40 K and weight gain in teenage pregnant girls. *J Nutr* 1973; **103**: 772-85.
- 18) Pipe NG, Smith T, Halliday D, *et al.* Changes in fat, fat-free mass and body water in human normal pregnancy. *Br J Obstet Gynaecol* 1979; **86**: 929-40.
- 19) Forsum E, Sadurskis A, Wager J. Resting metabolic rate and body composition of healthy Swedish women during pregnancy. *Am J Clin Nutr* 1988; **47**: 942-7.

- 20) Butte NF, Ellis KJ, Wong WW, *et al.* Composition of gestational weight gain impacts maternal fat retention and infant birth weight. *Am J Obstet Gynecol* 2003; **189**: 1423-32.
- 21) Takimoto H, Sugiyama T, Fukuoka H, *et al.* Maternal weight gain ranges for optimal fetal growth in Japanese women. *Int J Gynaecol Obstet* 2006; **92**: 272-8.
- 22) Montreewasuwat N, Olson JA. Serum and liver concentrations of vitamin A in Thai fetuses as a function of gestational age. *Am J Clin Nutr* 1979; **32**: 601-6.
- 23) Strobel M, Tinz J, Biesalski HK. The importance of beta-carotene as a source of vitamin A with special regard to pregnant and breastfeeding women. *Eur J Nutr* 2007; **46**: 1-20.
- 24) Chanarin I, Rothman D, Ward A, *et al.* Folate status and requirement in pregnancy. *Br Med J* 1968; **2**: 390-4.
- 25) Daly S, Mills JL, Molloy AM, *et al.* Minimum effective dose of folic acid for food fortification to prevent neural-tube defects. *Lancet* 1997; **350**: 1666-9.
- 26) 福渡 努, 柴田克己. パンを主食とした食事に含まれる水溶性ビタミンの遊離型ビタミンに対する相対利用率. 日本家政学雑誌 2009; **60**: 57-63.
- 27) Food and Nutrition Board. Institute of Medicine. Vitamin C. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington, D.C.: National Academy Press. 2000: 95-185.
- 28) Seeling MS. Magnesium balance in pregnancy, magnesium deficiency in the pathogenesis of disease. Plenum Medical, New York, 1980.
- 29) Subcommittee on Nutrition during Lactation. Committee on Nutritional Status during Pregnancy and Lactation. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Nutrition during lactation. National Academies Press, Washington D.C., 1991.
- 30) Widdowson EM, Dickerson JWT. The chemical composition of the body. *In*: Comar CL, Bronner F, eds. Mineral metabolism: an advanced treatise. Volume II. The elements, Part A. Academic Press, New York, 1964: 1-247.
- 31) Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Copper. *In*: Institute of Medicine, ed. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. National Academies Press, Washington, D. C., 2001: 224-57.
- 32) Turnlund JR, Keyes WR, Peiffer GL, *et al.* Copper absorption, excretion, and retention by young men consuming low dietary copper determined by using the stable isotope ⁶⁵Cu. *Am J Clin Nutr* 1998; **67**: 1219-25.
- 33) Delange F. Iodine nutrition and congenital hypothyroidism. *In*: Delange F, Fisher DA, Glinioer D, eds. Research in congenital hypothyroidism. Plenum Press, New York, 1989: 173-85.
- 34) Schroeder HA, Frost DV, Balassa JJ. Essential trace metals in man: selenium. *J Chronic Dis* 1970; **23**: 227-43.