

6.1.5. リン (P)

1. 基本的事項

リンは、細胞の中のリン酸化を必要とするエネルギー代謝に必須な成分である。成人の生体内には最大 850 g のリンが存在し、その 85% が骨組織、14% が軟組織、1% が細胞内、細胞外液及び細胞膜に存在している。

血清中のリン濃度の基準範囲は、0.8~1.6 mmol/L と、カルシウムに比べて広く、食事からのリン摂取量の増減がそのまま血清リン濃度と尿リン排泄量に影響する。血清リン濃度と尿リン排泄量は副甲状腺ホルモンによって調節されている¹²⁶⁾。腸管におけるリンの吸収は、通常の摂取量ではほとんどが受動輸送によるものであり、その吸収率は成人で 60~70% と一定している¹²⁷⁾。日常食から摂取するリンの量は調理による損失を考慮しても不足になることはなく、むしろ食品添加物として各種リン酸塩が加工食品に広く用いられている関係で、現在ではリンの摂取過多も問題視されている。

リンは有機リンと無機リンに大別できる。これら 2 種類のリンの吸収、代謝については異なる可能性が示唆されているが、十分な研究結果は得られていない。

2. 目安量

2-1. 成人・小児 (目安量)

日本人の 18~28 歳の女性を対象とした出納試験によると¹¹³⁾、リンの平衡維持に必要な摂取量は 22.58 mg/kg 体重/日であった。これに性及び年齢階級別の基準体重を乗じて推定平均必要量とすると、18~29 歳の女性では 1,143 mg/日となり、これより推奨量を求めると、現在の摂取量^{3,4)}ならびにアメリカ/カナダの食事摂取基準における推奨量 700 mg/日¹²⁸⁾に比べても高値となる。また、血清中リン濃度を基準範囲に維持できる摂取量、ならびに成長に伴う蓄積量から必要量の検討を試みたが、日本人に関する成績はほとんど見当たらなかった。平衡維持量に関するデータも 18~29 歳の女性に限定されていることから、推定平均必要量と推奨量は設定せず、目安量を設定することとした。

平成 17 年及び 18 年国民健康・栄養調査^{3,4)}によると、リンの摂取量中央値は 970 mg/日である。リン摂取量をもっとも多いのは 12~14 歳の男子で 1,243 mg/日となっている。ただし、この調査には加工食品に添加されているリンの量は加算されていないために、実際の摂取量はこの値よりも多いことも考えられる。平均 (±標準偏差) 年齢 68 (±6) 歳の高齢女性を対象に陰膳法によって実測を行った結果 (平均±標準偏差) では、1,019±267 mg/日と報告されており¹²⁹⁾、国民健康・栄養調査^{3,4)}とほぼ同様の値である。

以上から、1 歳以上については、アメリカ/カナダの食事摂取基準¹²⁸⁾を参考に、平成 17 年及び 18 年国民健康・栄養調査^{3,4)}の摂取量中央値を目安量とした。

2-2. 乳児 (目安量)

日本人の母乳中リン濃度は平均 150 mg/L であると報告されており^{9,10)}、この値に離乳前乳児の 1 日当たりの哺乳量 0.78 L^{11,12)}をかけると 117 mg/日になる。丸め処理を行って 120 mg/日を 0~5 か月児の目安量とした。

6～11 か月児について、母乳中のリン濃度と6～11 か月の哺乳量^{13,14)}から計算される母乳由来のリン摂取量 (79 mg/日) と、離乳食由来のリン摂取量 (183 mg/日)¹⁵⁾を足し合わせた 262 mg/日 (丸め処理を行って 260 mg/日) を目安量とした。

2-3. 妊婦・授乳婦：付加量

妊婦のリン必要量は、胎児の正常な発育に必要な値を加えて考えなければならない。出生時の総リン量は 17.1 g との報告がある¹³⁰⁾。これが妊婦への付加量と考えると、61 mg/日の付加量となる。ところで、妊娠時のリンの吸収率は 70%、非妊娠時は 60～65% との報告がある¹¹³⁾。そこで、18～29 歳の目安量 (900 mg/日) に 70% と 60% をかけるとリン吸収量はそれぞれ 630 mg/日、540 mg/日となる。この差 (90 mg/日) は上記の付加量 (61 mg/日) を上回っているため、妊婦にリンを付加する必要はないと判断した。

授乳婦の血清中リン濃度は母乳への損失があるにもかかわらず高値であり¹¹³⁾、授乳婦ではリンの骨吸収量の増加と尿中排泄量の減少が観察されている¹¹³⁾。そのため、授乳婦にリンを付加する必要はないと判断した。

3. 耐容上限量

腎機能が正常なときは、高濃度のリンを摂取すると副甲状腺ホルモンの分泌が亢進して血中のリン濃度を正常範囲に維持するようにはたらく¹²⁶⁾。食品添加物としてリンを多量に摂取した場合、総摂取量が 2.1 g/日を超えると副甲状腺機能の亢進をきたすという報告もある¹³¹⁾。また、1.5～2.5 g/日の無機リン (リン酸) を食事に添加することにより副甲状腺ホルモンレベルが上昇することも知られている^{132,133)}。リンの過剰摂取は、腸管におけるカルシウムの吸収を抑制するとともに、急激な血清無機リン濃度の上昇により、血清カルシウムイオンの減少を引き起こし、血清副甲状腺ホルモン濃度を上昇させる¹²⁷⁾。しかし、それが骨密度の低下につながるか否かについては、否定的な報告もある¹³⁴⁾。一方、カルシウムの摂取量が少ない場合には、リンの摂取は用量依存的に成人女性の血中の副甲状腺ホルモン濃度を上昇させ、骨吸収マーカー (I 型コラーゲン架橋 N-テロペプチド) を上昇、骨形成マーカー (骨型アルカリフォスファターゼ) を低下させるという報告から¹³⁵⁾、リンとカルシウムの摂取量の比も考慮する必要があると考えられる。Ca/P 比が 0.26 (480/1,850 mg) のときには、血中副甲状腺ホルモン及び尿中骨吸収マーカーの濃度が上昇するが、Ca/P 比 0.58 (1,080/1,850 mg) 以上では副甲状腺ホルモン及び骨代謝マーカーの濃度は正常であった¹³⁶⁾。スペインの報告では、Ca/P 比 0.74 以上では、それ以下に比べて骨密度が有意に高いとしている¹³⁷⁾。また、デンマークにおいて閉経期の女性を対象に行われた横断研究では、骨密度と食事の Ca/P 比との間に正の相関が認められた¹³⁸⁾。したがって、性及び年齢によっては Ca/P 比の低い食事により、骨量が減少する可能性がある。

しかし現在のところ、高リン摂取または低カルシウム/リン比の食事摂取によって骨減少が起こるといふ人での研究は十分でない。そのため、副甲状腺ホルモンレベルの向上を指標として耐容上限量を算定するのは、少なくとも、現段階では困難であると考えられた。

リンの摂取量に応じて血清無機リンが上昇することが知られており、関係式が示されている。

$$\text{血清無機リン} = 0.00765 \times \text{吸収されたリン} + 0.8194 \times (1 - e^{(-0.2635 \times \text{吸収されたリン})})$$

ここで、血清無機リン (mmol/L)、吸収されたリン (mmol/日) が提案されている¹³⁹⁾。

これに、リンの吸収率を 60%¹¹³⁾ と見込み、血清無機リンの正常上限 4.3 mg/dL¹⁴⁰⁾、リンの分子

量（30.97）を用いると、血清無機リンが正常上限となる摂取量が3,686 mg/日となる。これを健康障害非発現量と考え、性及び年齢によってはCa/P比の低い食事により骨代謝に影響がある可能性を考慮して不確実性因子を1.2として、3,072 mg/日（丸め処理を行って3,000 mg/日）を成人の耐受上限量とした。小児については、十分な研究報告がないため、耐受上限量は算定しなかった。