



IHN Core Educational Curriculum

Slide Toolkit

Module 2:リン恒常性維持の重要性



Disclaimer

- このスライド資料は、医療専門職による疾患教育活動を支援することを目的としています。
- この教育用スライド資料は、国際低リン血症ネットワーク（IHN）の学際的運営委員会の支援を受けて作成されました。
- このスライド資料の内容は、疾患教育目的のみに使用されるものです。
- このスライド資料は、Kyowa Kirin International plc、協和キリン株式会社の資金提供を受けています。
- このスライド資料は、<https://www.kyowakirinhub.com/en-gb/therapy-areas/phosphate-dysregulation/ihn>のコンテンツを日本語に翻訳したものであり、翻訳後に 地方独立行政法人大阪府立病院機構 大阪母子医療センター 研究所長/骨発育疾患研究部門部長 道上敏美 先生 の監修を受けています。
- 監修者は協和キリン株式会社によって、監修費用が支払われています。

Core Educational Curriculum Slide Toolkit

- このスライドツールキットは、Kyowa Kirin International plc、協和キリン株式会社によって疾患教育のみを目的として提供されています。
- このスライドツールキットの主な目的は、以下の内容についての理解を深めることです：
 - ヒトの体内におけるリンの重要な役割と、生涯を通じてのリン恒常性維持の重要性
 - リンの調節、および低リン血症の原因と発症メカニズム
 - リン調節障害を来す疾患とその症状（例：X連鎖性低リン血症（XLH）や腫瘍性骨軟化症（TIO）など）
小児、思春期、成人の筋骨格系の障害に重点を置いた概説
 - リン調節障害の診断および臨床管理方法
 - リン調節障害が改善されることによる症状改善と、その患者におけるメリット

Modules list

Module

1.リンの重要な役割と人体における調節機構

2.リン恒常性維持の重要性

3.リンの調節機構の破綻を主訴とする疾患

IHN core educational curriculum module content

Module	Objectives and content
1. リンの重要な役割と人体における調節機構	• ヒトの体内におけるリン含有化合物およびリンのさまざまな役割を探る • 生涯にわたるリン必要量と年齢ごとの正常な血清リン濃度を確認する • リンの恒常性維持に関与する因子や恒常性維持機構を学ぶ • リン恒常性の主要な制御因子であるFGF23の役割を理解する
2. リン恒常性維持の重要性	• 高リン血症または低リン血症が引き起こされる原因疾患やその病態メカニズムを検討する • リン調節異常が及ぼす、さまざまな身体への影響を概説する
3. リンの調節機構の破綻を主訴とする疾患	• リンの調節異常を特徴とする後天性および遺伝性疾患を概説する • 慢性的な低リン血症を特徴とする疾患を学ぶ



MODULE 2

リン恒常性維持の重要性

Objectives

- リン恒常性異常による高リン血症・低リン血症の原因と機序を検討する
- リン代謝異常が各臓器系統に与える影響を概説する

Contents

- リン恒常性異常
- リン恒常性異常:高リン血症
- リン恒常性異常:低リン血症
- 慢性低リン血症疾患における骨・筋障害
- 知識の確認



リン恒常性の異常: 高リン血症/低リン血症

腎臓・骨・腸管の相互作用によるリン恒常性の調節 (国籍不明データ)

- 血清リン濃度は以下によって調節される¹⁻³
 - 腎臓での排泄と再吸収
 - 腸管からの吸収
 - 血清リンプール、骨貯蔵、細胞内区画との間のリンの移動

血清リンの基準範囲*3

新生児期 (0-5日)	1.5-2.6 mmol/L (4.8-8.2 mg/dL)
小児期 (1-3歳)	1.2-2.1 mmol/L (3.8-6.5 mg/dL)
小児期 (4-11歳)	1.2-1.8 mmol/L (3.7-5.6 mg/dL)
青年期 (12-15歳)	0.9-1.7 mmol/L (2.7-5.4 mg/dL)
青年期 (16-19歳)	0.9-1.5 mmol/L (2.7-4.7 mg/dL)
成人期 (≥20歳)	0.8-1.4 mmol/L (2.5-4.5 mg/dL)

文献3を参考に基準値の表を作成した

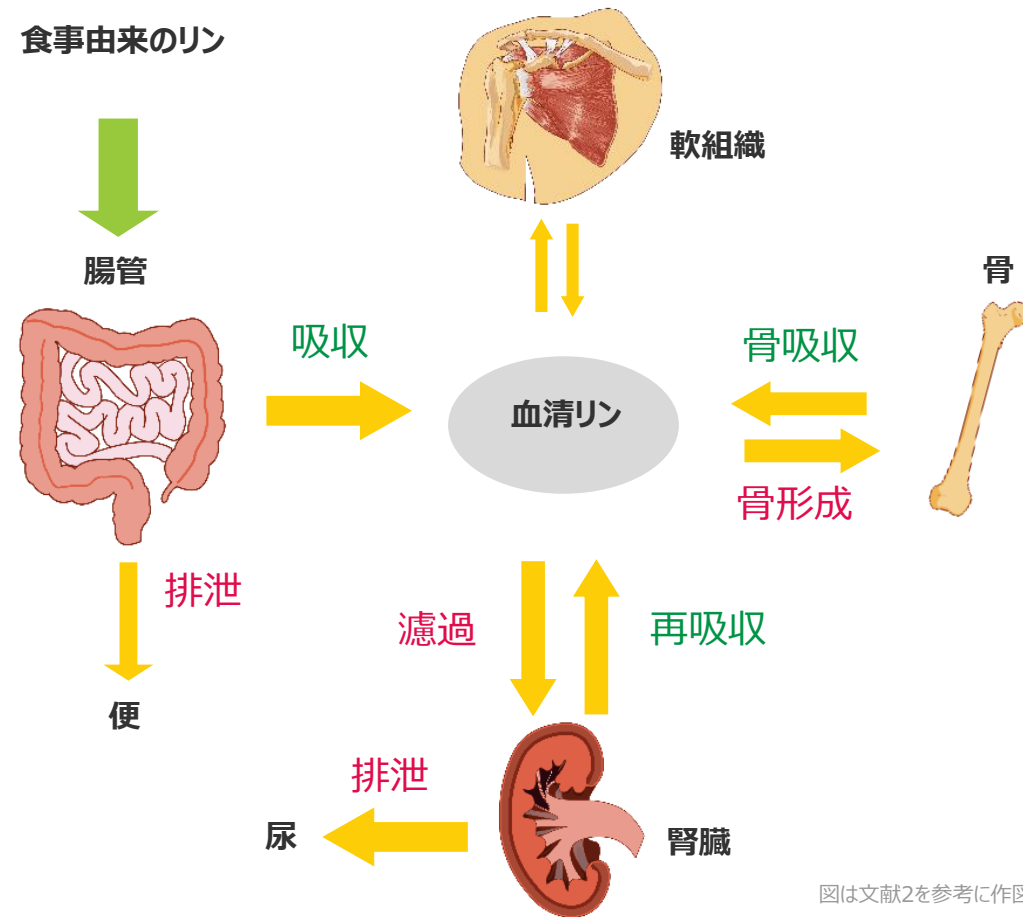
文献3は小児科領域の教科書『Nelson Textbook of Pediatrics Chapter 52 (2011)』を参照し基準値の記載をしており、値を導き出した臨床研究は不明。研究対象者の国籍等も不明であり、解釈をする際には施設の基準値を参照すること

* 値はmmolかmgのリンで示す

1. Penido MSMG, Alon US. *Pediatr Nephrol.* 2012;27:2039-48. 2. Hernando N, Wagner CA. *Compr Physiol.* 2018;8:1065-90.

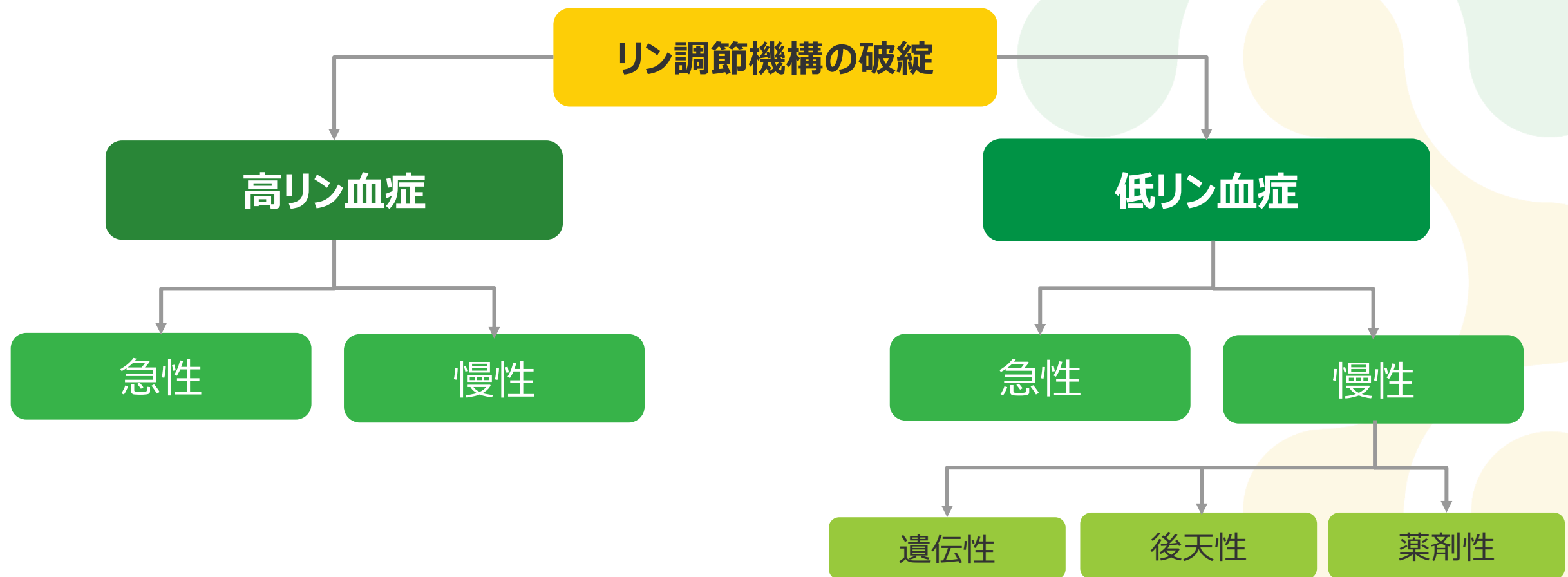
3. Florenzano P, et al. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2020;8:163-74.

食事由来のリン



図は文献2を参考に作図

リン恒常性の破綻による高リン血症または低リン血症





リン恒常性の異常: 高リン血症

高リン血症：定義および病態生理 (国籍不明データ)

高リン血症の定義：

各年齢・性別でのリン基準範囲を超える血清リン濃度*1

小児	成人
2歳未満の小児では、上限値は6～7 mg/dL (1.94～2.26 mmol/L)	>1.45 mmol/L (4.5 mg/dL) (高リン血症) >2.0 mmol/L (6.3 mg/dL) (重症高リン血症)

文献1を参考に高リン血症の定義を表に明記した

文献1は『Primer on the Metabolic Bone Diseases and Disorders of Mineral Metabolism Chapter 74』を参照し記載をしており、値を導き出した臨床研究は不明。研究対象者の国籍等も不明であり、解釈をする際には施設の基準範囲も参照すること

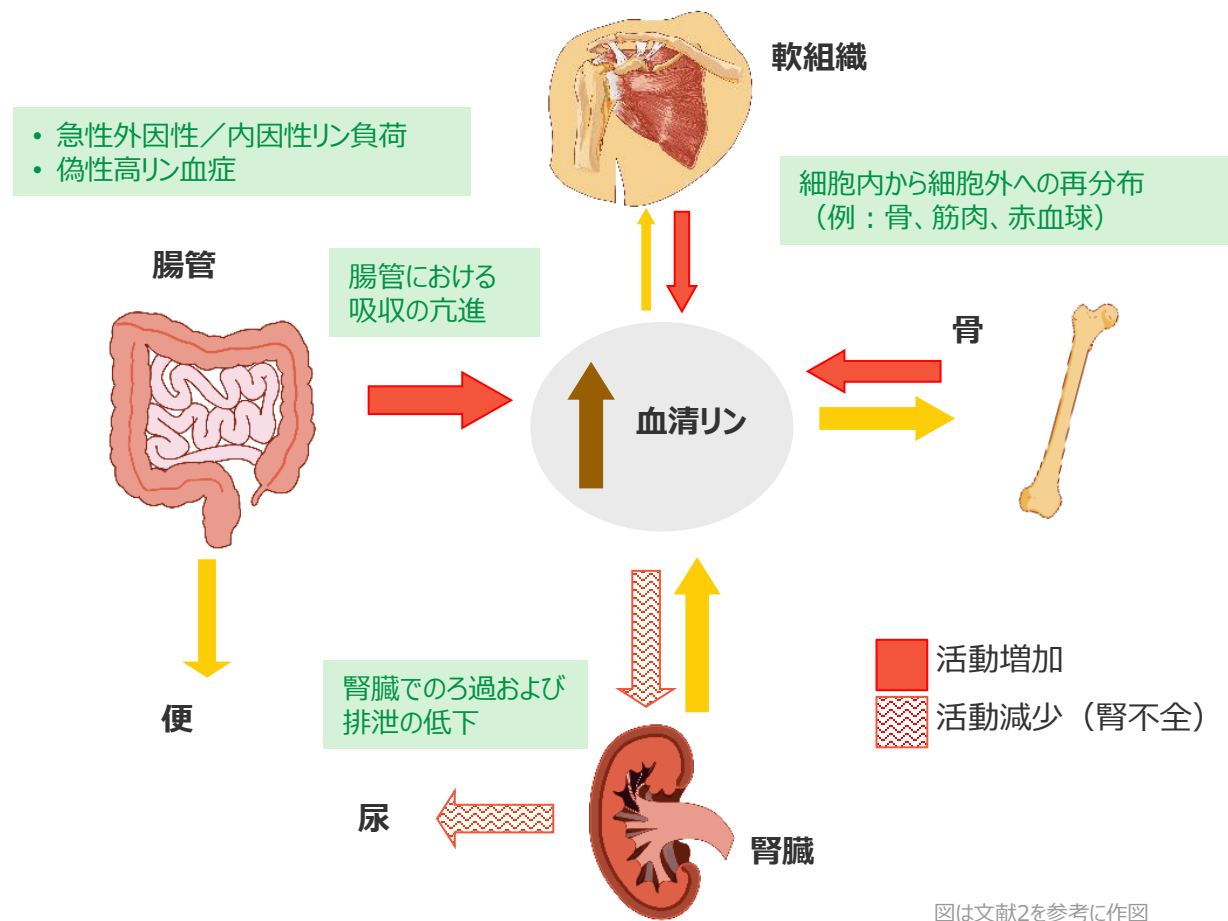
高リン血症の原因

- リンの排泄の低下は、腎不全に起因することが最も多く、急性や慢性の高リン血症を引き起こす¹
- 慢性高リン血症の代表的な原因として、副甲状腺機能低下症（後天性および先天性）、偽性副甲状腺機能低下症、家族性腫瘍性石灰症などがある²

* 値はmmolかmgのリンで示す

1. Koumakis E, et al. *Calcif Tissue Int.* 2021;108:41–73. 2. Lederer E. Hyperphosphatemia. *Medscape* 2020. Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/241185-print>. Accessed: June 2026. 3. Leung J, Crook M. *J Clin Pathol.* 2019;72:741–7.

高リン血症の病態生理³



高リン血症の臨床症状

- 高リン血症は主に無症状であり、観察される症状は一般的に基礎疾患に関連する。最も頻度が高いのは尿毒症に伴う症状（例：倦怠感、息切れ、食欲不振、睡眠障害など）である¹
- 急性高リン血症で見られる可能性のある症状：¹
 - 骨や関節の痛み、かゆみ、発疹
 - 低カルシウム血症の症状（例：筋肉のけいれん、テタニー、口周囲のしびれやピリピリ感）
 - 低血圧
- 慢性高リン血症（特に慢性腎臓病（CKD）を伴う患者）では、以下の症状がみられることがある：²
 - 軟部組織の石灰化
 - 血管の石灰化および左心室肥大

CKD, chronic kidney disease.

1. Lederer E. Hyperphosphatemia. Medscape 2020. Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/241185-print>. Accessed: June 2026.

2. Koumakis E, et al. *Calcif Tissue Int.* 2021;108:41–73.



リン恒常性の異常: 低リン血症

低リン血症：定義および病態生理 (国籍不明データ)

成人における低リン血症の定義*1

軽度	中等度	重度
0.6–0.8 mmol/L (1.8–2.5 mg/dL)	0.4–0.5 mmol/L (1.0–1.7 mg/dL)	<0.3 mmol/L (<0.9 mg/dL)

文献1を参考に低リン血症の定義を表に明記した
低リン血症の重症度分類を定義した臨床研究は不明。研究対象者の国籍等も不明であり、低リン血症の重症度を確認する際には、自施設の基準範囲も参照すること

低リン血症の分類

急性低リン血症

- 主にリンが細胞外から細胞内区画へ再分布することで生じる¹
- 集中治療中の患者や、重度の外傷、敗血症、慢性閉塞性肺疾患、慢性アルコール症の患者によくみられる²

慢性低リン血症

- 主に腎臓からのリン排泄亢進によって起こる³
- 最も多いのは、1,25(OH)₂D欠乏と副甲状腺機能亢進症（原発性、続発性、腎移植後の副甲状腺機能亢進症）である
- FGF23 関連性（遺伝性または後天性）の場合もある

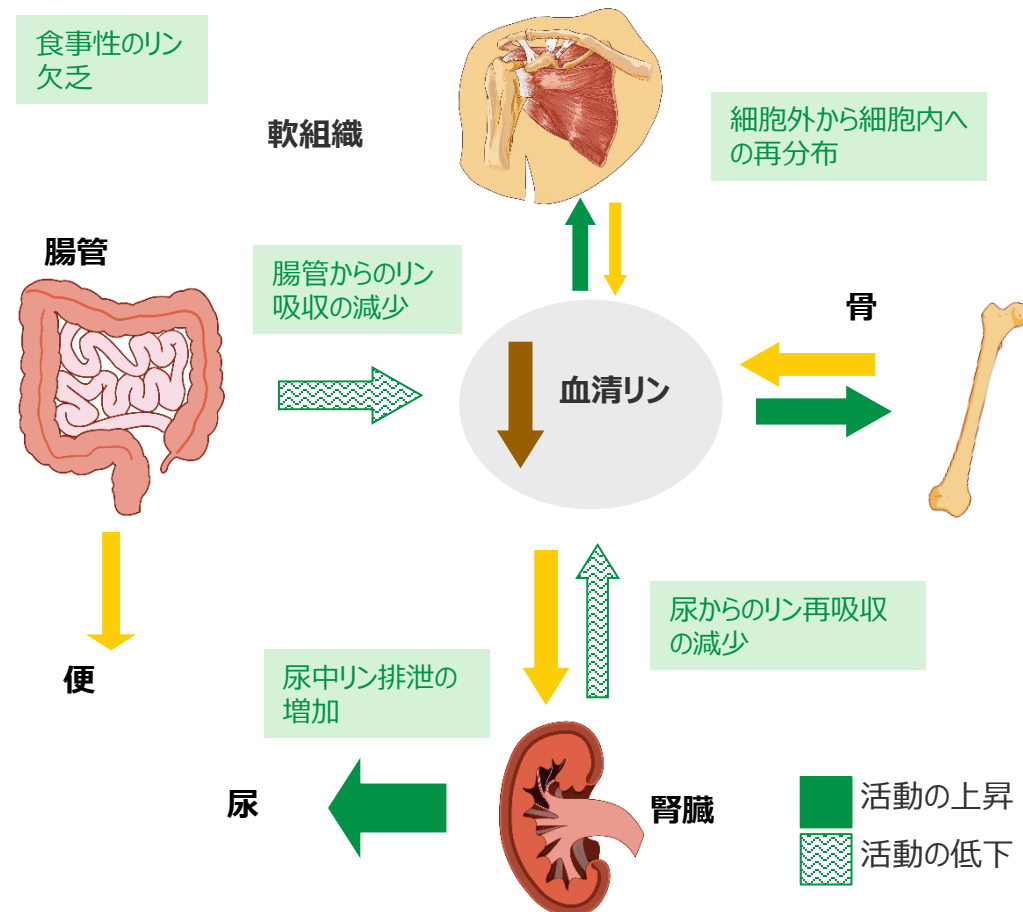
* 値はmmolかmgのリンで示す

. 1,25(OH)₂D, 1,25-dihydroxyvitamin D (calcitriol); FGF23, fibroblast growth factor 23.

1. Florenzano P, et al. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2020;8:163–74. 2. Gaasbeek A, Meinders E. *Am J Med.* 2005;118:1094–101. 3. Leung J, Crook M.

J Clin Pathol 2019;72:741–7.

低リン血症の病態生理³



図は文献2を参考に作図

急性重度低リン血症が各臓器・身体機能に及ぼす影響



神経系障害^{1,2}

- ニューロパチー
(主にリフィーディング症候群による)
- 神経精神症状 (混乱、せん妄)
- ふるえ、けいれん、昏睡



循環器系、筋力系障害^{1,2}

- 心筋症
- 横紋筋融解症
- 近位型ミオパチー



呼吸障害^{1,2}

- 呼吸不全



血液系障害^{1,2}

- 赤血球、白血球および血小板機能障害



慢性重度低リン血症が各臓器・身体機能に及ぼす影響



骨格障害¹⁻³

小児

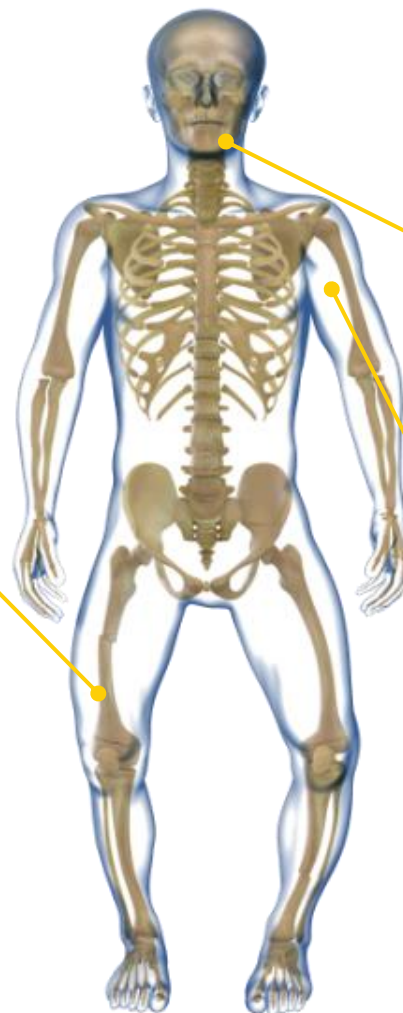
- くる病
- 成長障害

成人

- 身長の低下
- 関節障害（早期発症型変形性関節症）
- 骨折/ 偽骨折

小児ならびに成人

- 低身長
- 骨軟化症
- 骨および関節の痛みと脆弱性
- 下肢変形



歯科障害^{1,3}

- 歯肉膿瘍
- 過度な虫歯
- 歯のぐらつき／歯の脱落



骨格筋障害^{1,3}

- 筋肉の構造および機能障害
- 筋力低下および易疲労感

1. Florenzano P, et al. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2020;8:163–74. 2. Beck-Nielsen SS, et al. *Orphanet J Rare Dis.* 2019;14:58.
3. Florenzano P, et al. *Calcif Tissue Int.* 2020;108:128–42.

慢性低リン血症性疾患における骨および筋肉の障害

小児における慢性低リン血症と骨・骨格異常との関連



成長板の骨化減少および異常（くる病）：¹⁻³

- 成長板の拡大および不規則化が見られる
- 骨形成の低下および骨の長軸成長の障害が生じる
- 骨格変形により、痛みや運動障害が生じる



新しく形成された骨および既存の骨の低ミネラル化¹⁻³

- 荷重によって変形する軟らかく弱い骨（骨軟化症）が見られる
- 下肢の変形や湾曲により、痛みや運動障害が生じる

1. Penido MSMG, Alon US. *Pediatr Nephrol.* 2012;27:2039–48. 2. Uday S and Högl W. *Curr Osteoporos Rep.* 2017;15:293–302.

3. Linglart A, et al. *Endocrin Connect.* 2014;3:R13–R30.

成人における慢性低リン血症と骨・骨格異常との関連



骨質の低下:¹⁻³

- 骨の石灰化障害によって骨軟化症を生じる
- 類骨（オステオイド）が過剰に形成される



骨折/偽骨折:¹⁻⁴

- 骨軟化症は、骨折および偽骨折の頻度増加と関連する



骨折治癒の障害:⁵

- 不十分な石灰化が原因である可能性がある

これら骨格系の障害は、痛みや可動性の低下と関連している^{1,2}

1. Penido MSMG, Alon US. *Pediatr Nephrol.* 2012;27:2039–48. 2. Florenzano P, et al. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2020;8:163–74.
3. Florenzano P, et al. *Calcif Tissue Int.* 2020;108:128–42. 4. Carpenter TO, et al. *J Bone Miner Res.* 2011;26:1381–6.
5. Wigner NA, et al. *J Bone Miner Res.* 2010;25:724–33.

慢性低リン血症と骨格筋構造および機能障害との関連



筋機能の低下:¹⁻³

- ATPは筋収縮における、さまざまな重要な過程のエネルギー源となる
- 低リンによって引き起こされる筋力低下や筋力減少は、筋肉内ATP合成の低下や、リン不足によるホスホクレアチン（クレアチンリン酸）の枯渇が原因となっている可能性がある



筋構造の障害:

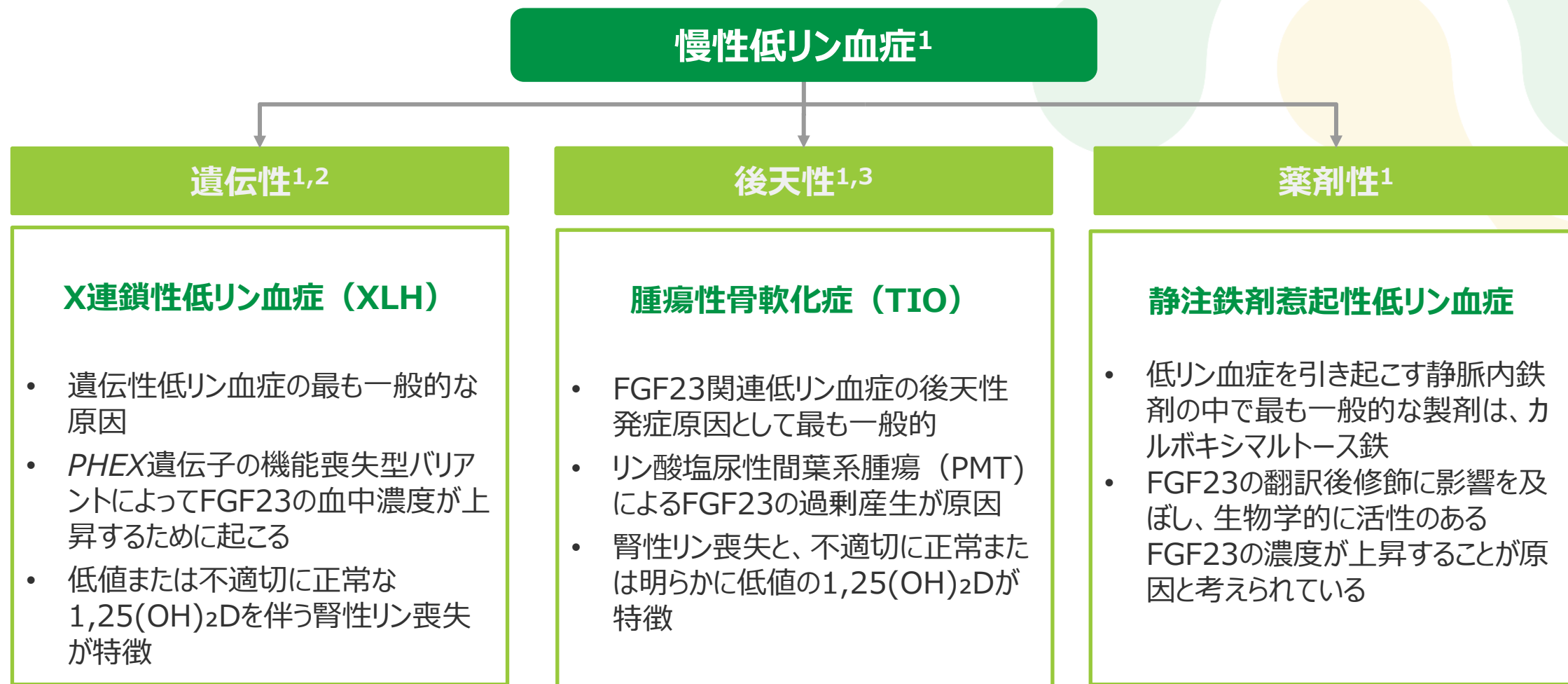
- 低リン血症による筋肉密度の低下および筋肉量の減少は、筋力低下と関連している²

ATP, adenosine triphosphate.

1. Pesta DH, et al. *FASEB J*. 2016;30:3378–87. 2. Veilleux LN, et al. *J Clin Endocrinol Metab*. 2012;97:E1492–E1498.

3. Orlando G, et al. World Congress on Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases 2020. Poster P621.

FGF23関連慢性低リン血症の特徴



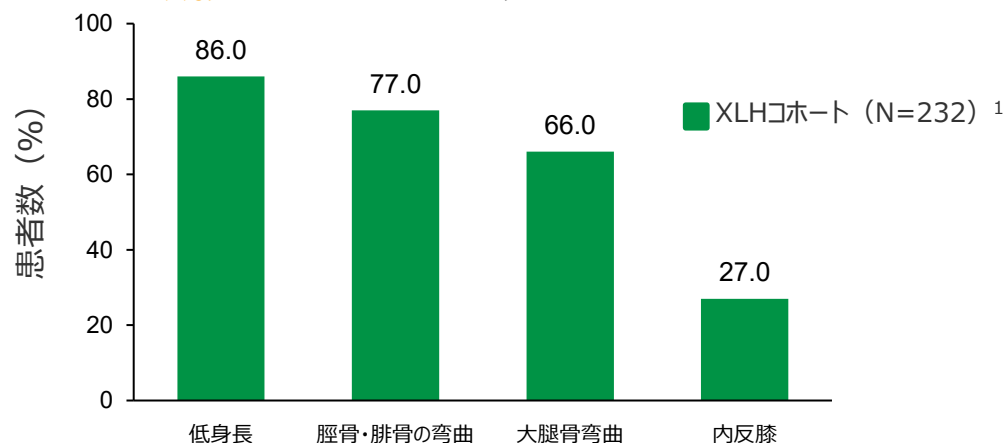
1,25(OH)₂D, 1,25-dihydroxyvitamin D (calcitriol); FGF23, fibroblast growth factor 23; *PHEX*, phosphate-regulating endopeptidase homolog on the X chromosome.

1. Koumakis E, et al. *Calcif Tissue Int.* 2021;108:41–73. 2. Leung J, Crook M. *J Clin Pathol.* 2019;72:741–7.

3. Florenzano P, et al. *Calcif Tissue Int.* 2020;108:128–42.

慢性低リン血症を有する成人における骨格異常（外国人データ）

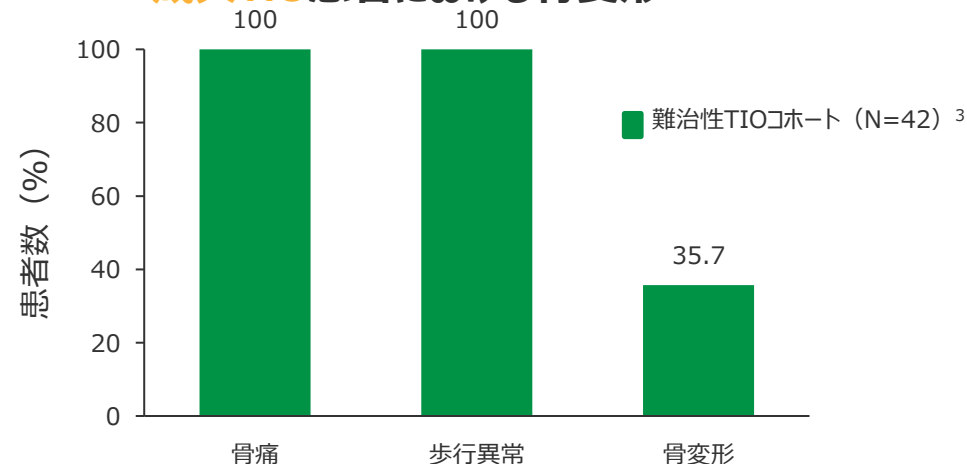
成人XLH患者における骨変形¹



- XLH患者では、骨変形が小児期から成人期まで持続することがある²
- 進行に伴い、整形外科的な課題が増加し、複数回の手術が必要となる場合がある²

目的：希少疾患であるXLH 患者における臨床症状や健康関連の QOL への影響を明らかにする
対象：30 ヶ国における、成人 XLH 232 名、小児 XLH 患者（保護者/介護者）90 名（欧米が約4割を占める）
手法：選択式あるいは自由回答形式の患者自己申告に基づくオンラインアンケート調査。The XLH Network Inc.等の患者支援団体経由での呼びかけによる患者リクルート。
リミテーション：当該研究は患者報告に基づく調査研究であり、選択バイアスやリコールバイアスの影響を受ける可能性がある。また、医療記録による検証や治療アドヒアランスの評価は実施しておらず、疾患負担に影響するすべての要因を収集できていない可能性がある。

成人TIO患者における骨変形³



- 骨および骨格系の異常は、成人TIO患者の疼痛および運動機能障害に寄与する
- 難治性TIOを有する成人の大半は、手術後も骨痛と歩行異常が継続することがある³

目的：手術後の非寛解および再発を含む難治性TIOの発生率を評価し、そのリスク因子を明らかにする
対象：北京協和病院で、TIOが疑われ腫瘍切除術を受けた患者230名のうち、非寛解及び再発した難治性TIO患者42名
手法：単施設の後ろ向き観察研究
リミテーション：一部患者でFGF23データが欠損しており、FGF23の予後予測因子としての評価が十分ではなかった。難治化の関連因子は評価したものの、その病態メカニズムは明らかにできなかった。

反復静脈内鉄剤投与を受けた患者では、低リン血症性骨軟化症による骨変形も報告されている⁴

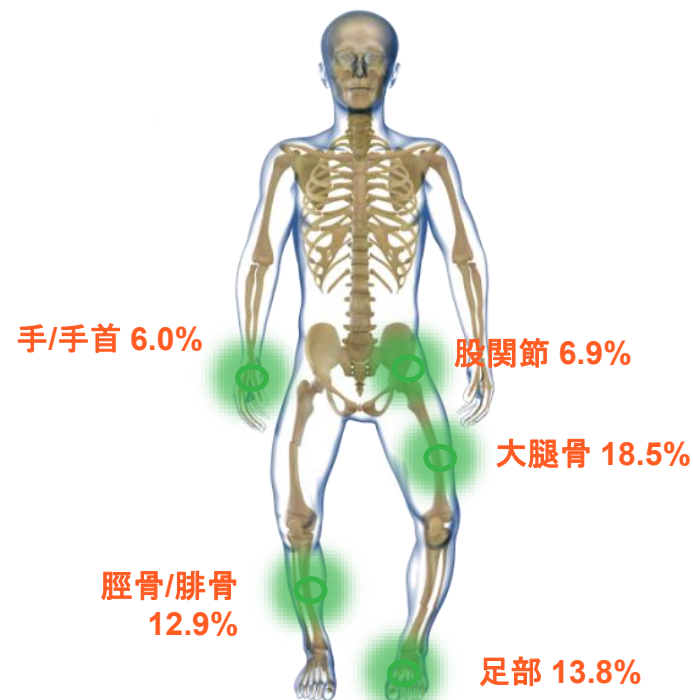
XLH, X-linked hypophosphataemia; TIO, tumor-induced osteomalacia.

1. Skrinar A, et al. *J Endocr Soc.* 2019;3:1321–34. 2. Ferizović N, et al. *Adv Ther.* 2020;37:770–84. 3. Li X, et al. *J Bone Miner Res.* 2020;35:469–

77. 4. Glaspy JA, et al. *Ther Clin Risk Manag.* 2020;16:245–59.

慢性低リン血症を有する成人における骨折の頻度（外国人データ）

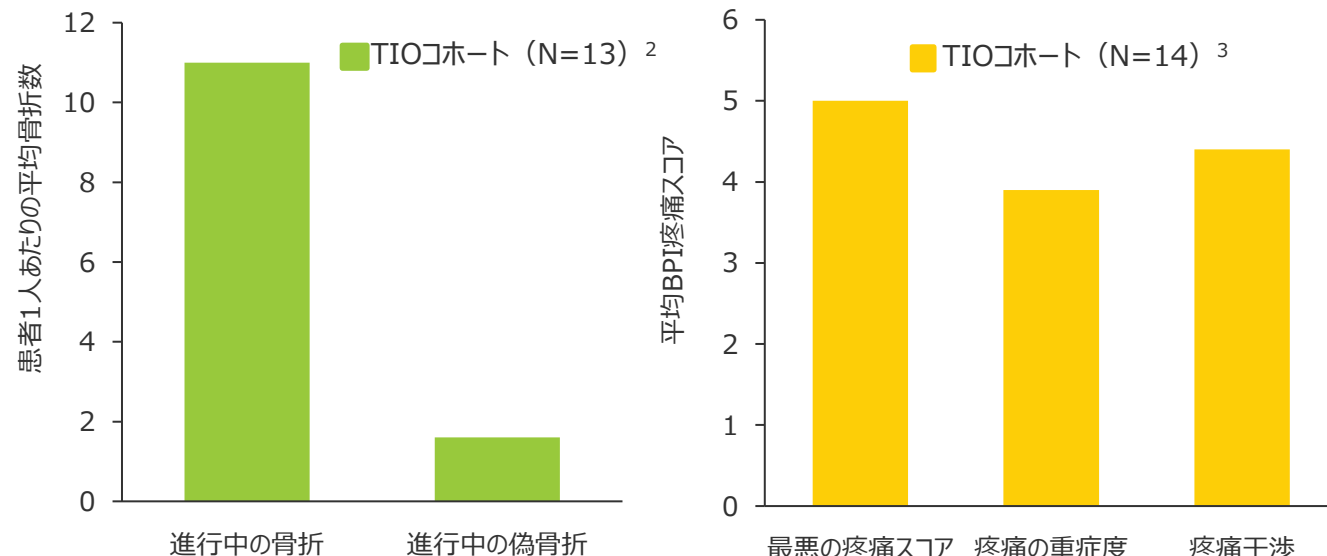
成人XLH患者の骨折歴*（N=232）¹



*本研究では骨折と偽骨折を区別しておらず、報告された割合は両者の合計である

目的：希少疾患であるXLH 患者における臨床症状や健康関連の QOL への影響を明らかにする
対象：30 ヶ国における、成人 XLH 232 名、小児 XLH 患者（保護者/介護者）90 名（欧米が約4割を占める）
手法：選択式あるいは自由回答形式の患者自己申告に基づくオンラインアンケート調査。The XLH Network Inc.等の患者支援団体経由での呼びかけによる患者リクルート。
リミテーション：当該研究は患者報告に基づく調査研究であり、選択バイアスやリコールバイアスの影響を受ける可能性がある。また、医療記録による検証や治療アドヒアランスの評価は実施しておらず、疾患負担に影響するすべての要因を収集できていない可能性がある。

成人TIO患者における骨折発生と疼痛^{2,3}



- 活性型ビタミンD製剤および/または経口リン酸製剤による治療にもかかわらず、多数のTIO患者は疼痛および複数の骨折/偽骨折を経験する^{2,3}

<研究1（文献2）>

目的：切除不能または根治切除が困難なTIO患者において、抗FGF23抗体の有効性及び安全性を評価する

対象：日本および韓国の切除不能または手術で治癒が得られないTIO患者13例

手法：多施設共同、第II相、非盲検試験（open-label study）

リミテーション：症例数が少ない非盲検単群試験の中間解析であり、対照群を欠くことから結果の解釈および一般化には限界がある

<研究2（文献3）>

目的：切除不能または根治切除が困難なTIO患者において、抗FGF23抗体の有効性及び安全性を評価する

対象：切除不能または手術で治癒が得られないTIO患者14例（国籍不明）

手法：多施設共同、国際第II相、非盲検試験（open-label study）

リミテーション：症例数が少ない非盲検単群試験で結果の解釈および一般化には限界がある

反復的な静脈内鉄剤投与を受けている患者においても、低リン血症性骨軟化症による重度の骨痛、および反復性骨折が報告されている⁴

XLH, X-linked hypophosphataemia; BPI, Brief Pain Inventory; TIO, tumor-induced osteomalacia.

1. Skrinar A, et al. *J Endocr Soc.* 2019;3:1321–34. 2. Imanishi Y, et al. *J Bone Miner Res.* 2021;36:262–70.

3. Jan de Beur SM, et al. *JBMR.* 2021;36:627–35. 4. Glaspy JA, et al. *Ther Clin Risk Manag.* 2020;16:245–59.

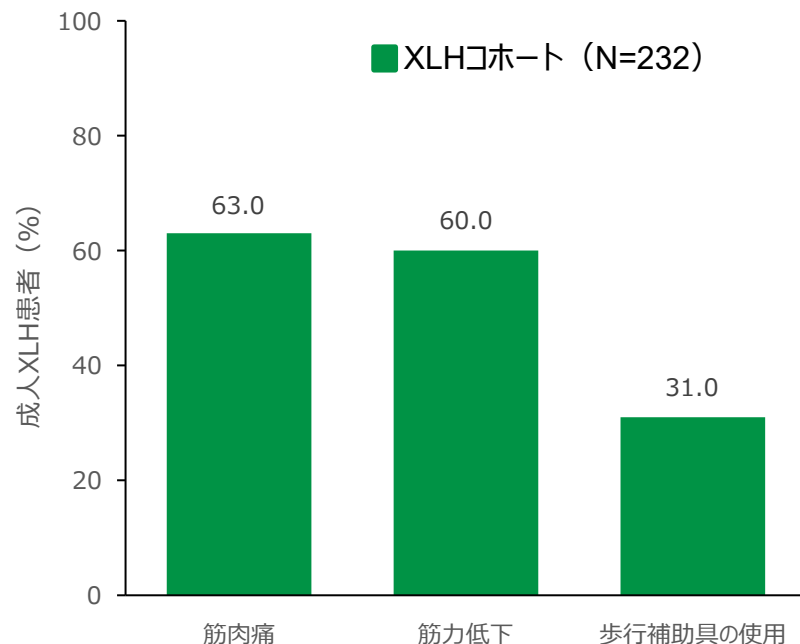
協和キリン株式会社
KYOWA KIRIN

IHN
International Hypophosphataemia Network

2026年10月作成

成人慢性低リン血症患者における筋肉痛および筋力低下 (外国人データ)

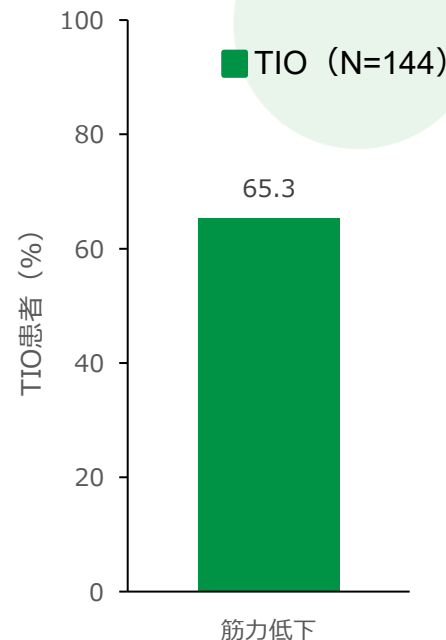
成人XLH患者における筋機能障害¹



■ XLHコホート (N=232)

目的: 希少疾患であるXLH 患者における臨床症状や健康関連の QOL への影響を明らかにする
対象: 30 ヶ国における、成人 XLH 232 名、小児 XLH 患者 (保護者/介護者) 90 名 (欧米が約4割を占める)
手法: 選択式あるいは自由回答形式の患者自己申告に基づくオンラインアンケート調査。The XLH Network Inc. 等の患者支援団体経由での呼びかけによる患者リクルート。
リミテーション: 患者報告に基づく調査研究であり、選択バイアスやリコールバイアスの影響を受ける可能性がある。また、医療記録による検証や治療アドヒアランスの評価は実施しておらず、疾患負担に影響するすべての要因を収集できていない可能性がある。

成人TIO患者における筋力低下²



■ TIO (N=144)

目的: TIOの診断実態を評価し、診断遅延や誤診・見逃し診断の頻度と特徴を明らかにする
対象: 中国、北京協和病院で診療を受けたTIO患者144例を対象
手法: 単施設後ろ向き研究。臨床症状、生化学的所見、診断までの期間、誤診・見逃し診断の実態を解析
リミテーション: 単施設後ろ向き研究であり、誤診・見逃し診断の評価は患者申告に依存するため、リコールバイアスや情報の不確実性を伴う

低リン血症性骨軟化症による筋力低下は、**反復静脈内鉄剤投与を受けている患者においても報告されている**³

XLH, X-linked hypophosphataemia; TIO, tumor-induced osteomalacia.

1. Skrinar A, et al. *J Endocr Soc.* 2019;3:1321–34. 2. Feng J, et al. *Endocr J.* 2017;64:675–83.

3. Glaspy JA, et al. *Ther Clin Risk Manag.* 2020;16:245–59.

Key message

- リン恒常性の調節異常は、高リン血症または低リン血症を引き起こす可能性がある¹
- 高リン血症の最も一般的な原因はリンの排泄低下であり、その多くは腎不全によるものである¹
- 高リン血症は主に無症状である。観察される症状は一般に基礎疾患に関連し、最も頻度が高いのは尿毒症症状である¹
- 急性低リン血症は主に細胞外から細胞内へのリンの再分布によって生じるのに対し、慢性低リン血症は主に腎性リン喪失によって生じる²
- 低リン血症に伴う症状は、患者の年齢、基礎疾患、発症の速さ、リン欠乏の重症度によって異なる²
- 急性重度の低リン血症は主に神経学的、呼吸器系、心血管系、筋骨格系、血液系の障害と関連する^{2,3}
- 慢性低リン血症は、骨格系、筋系、関節系の障害と関連している^{2,3}

References

- Beck-Nielsen SS, et al. FGF23 and its role in X-linked hypophosphatemia-related morbidity, *Orphanet J Rare Dis*. 2019;14:58.
- Carpenter TO, et al. A clinician's guide to X-linked hypophosphatemia. *J Bone Miner Res*. 2011;26:1381–8.
- Feng J, et al. The diagnostic dilemma of tumor induced osteomalacia: a retrospective analysis of 144 cases. *Endocr J*. 2017;64:675–83.
- Ferizović N, et al. Exploring the burden of X-linked hypophosphatemia: an opportunistic qualitative study of patient statements generated during a technology appraisal. *Adv Ther*. 2020;37:770–84.
- Florenzano P, et al. Approach to patients with hypophosphatemia. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2020;8:163–74.
- Florenzano P, et al. Tumor-induced osteomalacia. *Calcif Tissue Int*. 2020;108:128–42.
- Gaasbeek A, Meinders E. Hypophosphatemia: An update on its etiology and treatment. *Am J Med*. 2005;118:1094–101.
- Glaspy JA, et al. Hypophosphatemia associated with intravenous iron therapies for iron deficiency anemia: a systematic literature review. *Ther Clin Risk Manag*. 2020;16:245–59.
- Hernando N, Wagner CA. Mechanisms and regulation of intestinal phosphate absorption. *Compr Physiol*. 2018;8:1065–90.
- Imanishi Y, et al. Interim analysis of a phase 2 open-label trial assessing burosumab efficacy and safety in patients with tumor-induced osteomalacia. *J Bone Miner Res*. 2021;36:262–70.
- Jan de Beur SM, et al. Burosumab for the Treatment of Tumor-Induced Osteomalacia. *JBMR*. 2021;36:627–35.
- Koumakis E, et al. The causes of hypo- and hyperphosphatemia in humans. *Calcif Tissue Int*. 2021;108:41–73.
- Lederer E. Hyperphosphatemia. Medscape 2020. Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/241185-print>. Accessed: June 2026.
- Leung J, Crook M. Disorders of phosphate metabolism. *J Clin Pathol*. 2019;72:741–7.
- Li X, et al. Nonremission and recurrent tumor-induced osteomalacia: a retrospective study. *J Bone Miner Res*. 2020;35:469–77.
- Linglart A, et al. Therapeutic management of hypophosphatemic rickets from infancy to adulthood. *Endocr Connect*. 2014;3:R13–R30.
- Manghat P, et al. Phosphate homeostasis and disorders. *Ann Clin Biochem*. 2014;51:631–56.
- Orlando G, et al. Physical function and mobility in adults with X-linked hypophosphatemia. World Congress on Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases 2020. Poster P621.
- Penido MSMG, Alon US. Phosphate homeostasis and its role in bone health. *Pediatr Nephrol*. 2012;27:2039–48.
- Pesta DH, et al. Hypophosphatemia promotes lower rates of muscle ATP synthesis. *FASEB J*. 2016;30:3378–87.
- Skrinar A, et al. The lifelong impact of X-linked hypophosphatemia: results from a burden of disease survey. *J Endocr Soc*. 2019;3:1321–34.
- Uday S, Hogler W. Nutritional rickets and osteomalacia in the twenty-first century: revised concepts, public health, and prevention strategies. *Curr Osteoporos Rep*. 2017;15:293–302.
- Veilleux LN, et al. Abnormalities in muscle density and muscle function in hypophosphatemic rickets. *J Clin Endocrinol Metab*. 2012;97:E1492–E1498.
- Wigner NA, et al. Acute phosphate restriction leads to impaired fracture healing and resistance to BMP-2. *J Bone Miner Res*. 2010;25:724–33.



知識の確認

1. 高リン血症の最も一般的な原因は何か？

- A. X連鎖性低リン血症
- B. 慢性腎臓病
- C. 腫瘍性石灰沈着症
- D. 腫瘍性骨軟化症（TIO）

2. 慢性低リン血症性疾患で通常影響を受けない臓器系はどれか？

- A. 筋・骨格系
- B. 視覚系
- C. 歯科系

3. 慢性低リン血症に伴う主な骨格系障害は何が含まれるか？

- A. 成長障害
- B. くる病
- C. 骨折・骨軟化症
- D. 上記すべて

4. 慢性低リン血症による重要な筋障害には何が含まれるか？

- A. 骨格筋組成の変化
- B. 筋におけるATP合成の低下
- C. 筋肉量の減少
- D. 筋力低下および易疲労性
- E. 上記すべて

解答

1. B - 慢性腎臓病
2. B - 視覚系
3. D - 上記すべて
4. E - 上記すべて