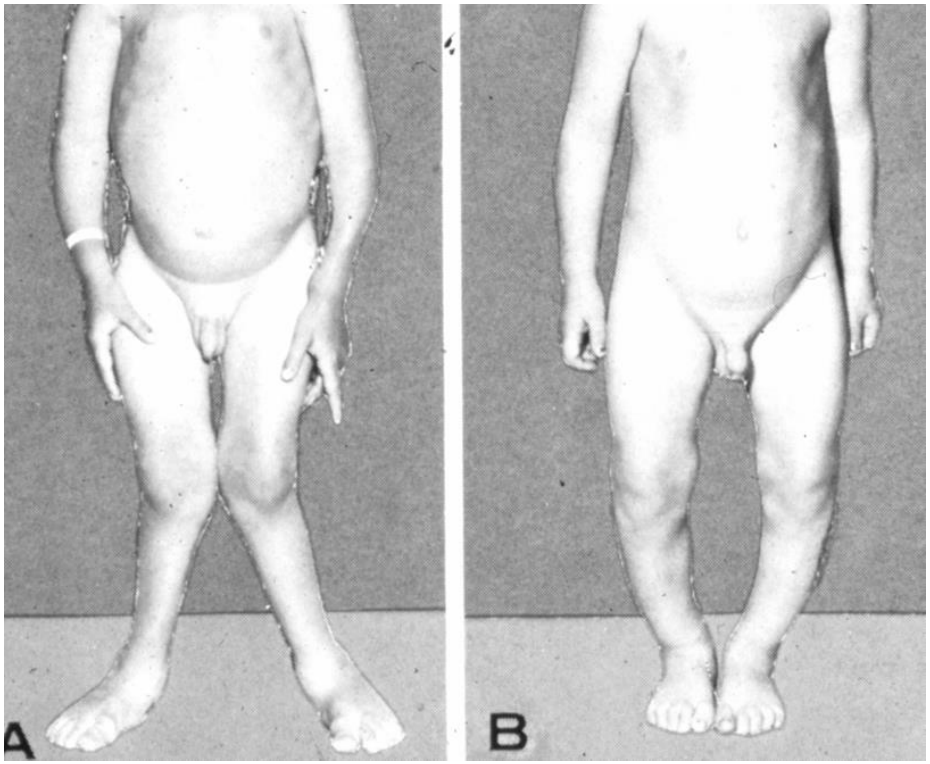
VITAMINE D

ET PERFORMANCE SPORTIVE

Gérard GUILLAUME

La vitamine D est surtout connue pour son rôle dans le métabolisme phosphocalcique et la prévention du rachitisme



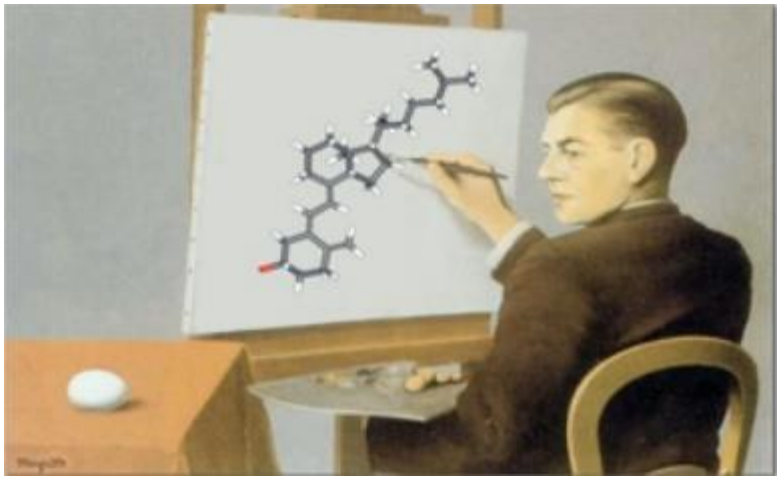
Le terme vitamine D prête à confusion

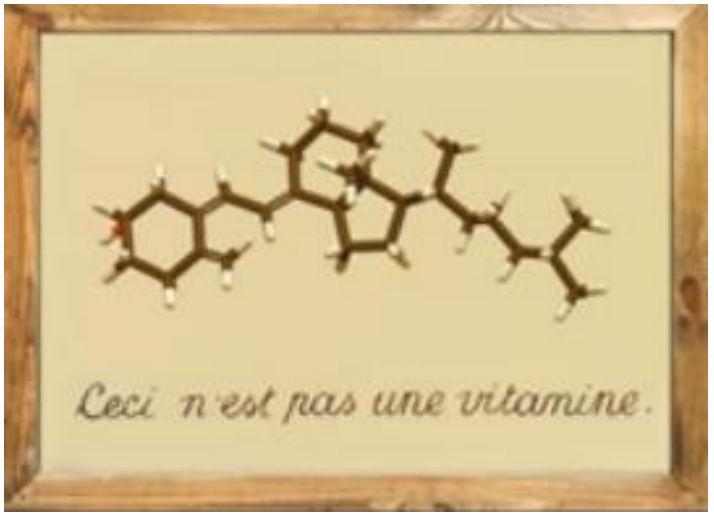
- Ce n’est pas une vitamine
- Vitamine D2
- Vitamine D3

❖ CE N'EST PAS UNE VITAMINE

Ceci n'est pas une pomme
René Magritte 1964

La vitamine D est une HORMONE





Clinique infirmière de l'Amérique du Nord .2021 mars;56(1):47-57

la vitamine D est plutôt une hormone multifonctionnelle ou une prohormone.

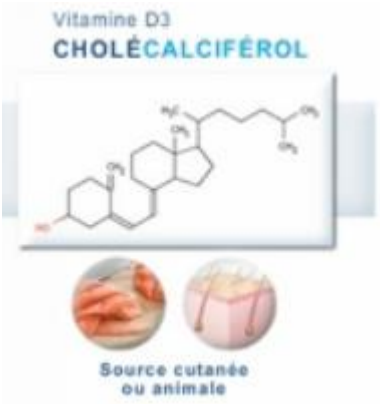
En effet, la vitamine D contribue à de nombreux processus dans l'organisme.

essentielle au maintien de l'homéostasie phosphocalcique de l'organisme.
a des effets stimulants sur le système immunitaire,
le système cardiovasculaire,
la masse musculaire
le système endocrinien,
et d'autres voies métaboliques,
joue également un rôle dans la dépression, la douleur et le cancer.

❖ VITAMINE D3 et VITAMINE D2

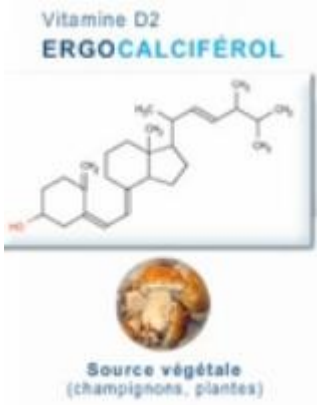
VITAMINE D3 ou cholécalciférol

Origine humaine ou animale



VITAMINE D2 ou ergocalciférol

Origine végétale, champignons, lichen



La vit D3 est considérée comme plus efficace

Sources de vitamine D

- **Exposition au soleil, UVB**

” vitamine du soleil”

10 à 30 minutes d’exposition au soleil des bras et des jambes, entre 10 h et 14 h,

2 à 3 fois par semaine, recommandée pour prévenir les carences.

niveaux insuffisants fréquemment chez les sportifs s’entrainant principalement en intérieur :musculation, crossfit, sports en salle,

mais aussi chez les sportifs de plein air (cyclisme, course à pied, triathlon, football…).

Aliments riches en vitamine D

- **Poissons gras (saumon, maquereau, sardine, thon).**

- **Jaune d’oeuf.**
- **Produits alimentaires enrichis en vitamine D (produits laitiers, levure diététique).**
- **Huile de foie de morue.**
- **Les abats (le foie).**

entre 40 et 150 UI par portion, ce qui ne répond pas aux besoins journaliers

Vitamine D_2 et D_3:	Quantités
Huile de foie de morue	1360 UI D_3, une cuillère à soupe
Thon, saumon cuits	200 à 360 UI D_3 pour 100g
Champignons Shiitakes	100 UI D_2 pour 100g frais
	1600 UI D_2 pour 100g séché au soleil
Jaune d'œuf	20 UI
Produits laitiers, jus d'orange	60-100 UI dans 2dl

METABOLISME DE LA VITAMINE D

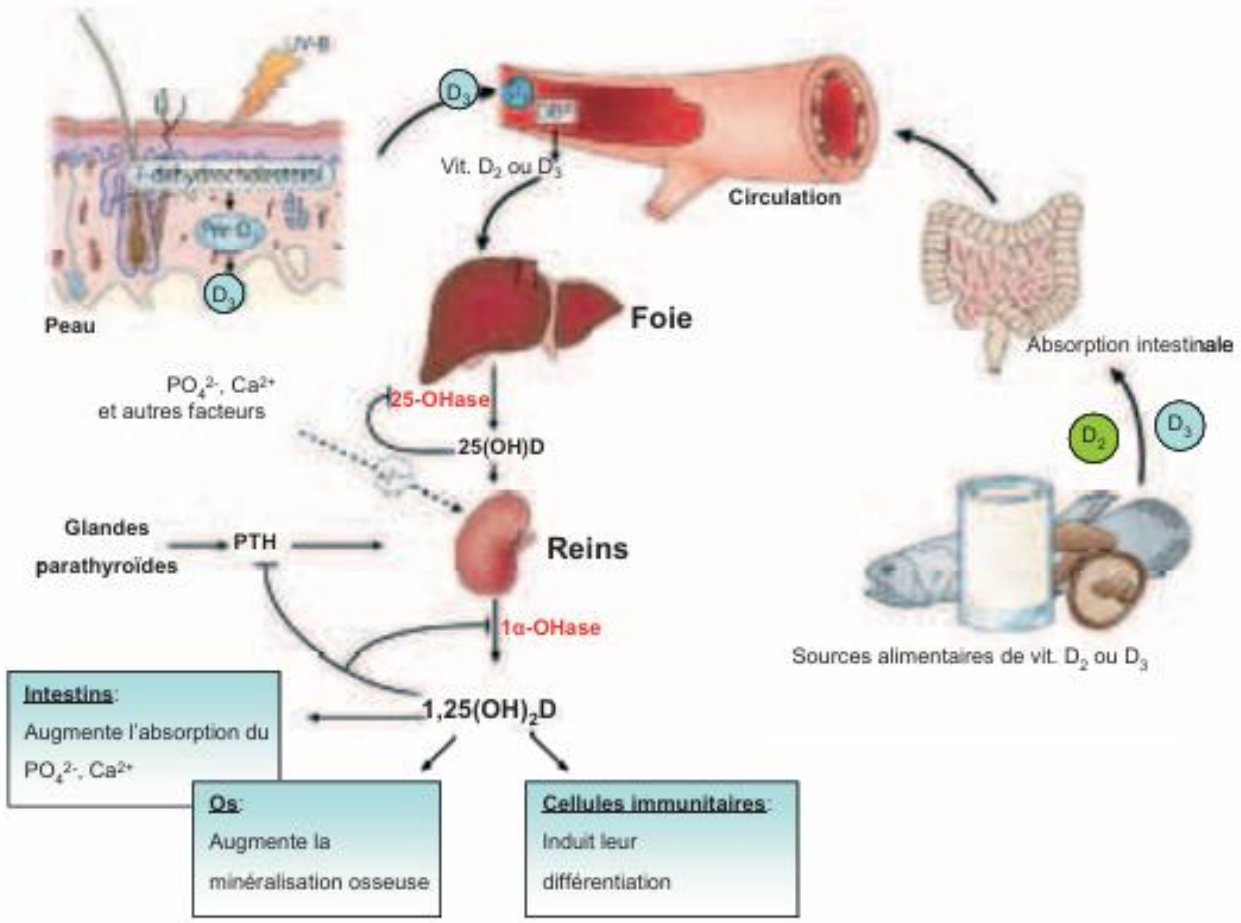
Processus complexe en plusieurs étapes

1. **Synthèse cutanée**

- **La vitamine D3 (cholécalciférol) est synthétisée dans la peau sous l'action des rayons ultraviolets B (UVB) du soleil à partir du 7-déhydrocholestérol, un dérivé du cholestérol.**

2. **Transport vers le foie**

- **La vitamine D3 synthétisée est transportée vers le foie par la circulation sanguine, liée à une protéine de transport appelée protéine de liaison à la vitamine D (DBP).**

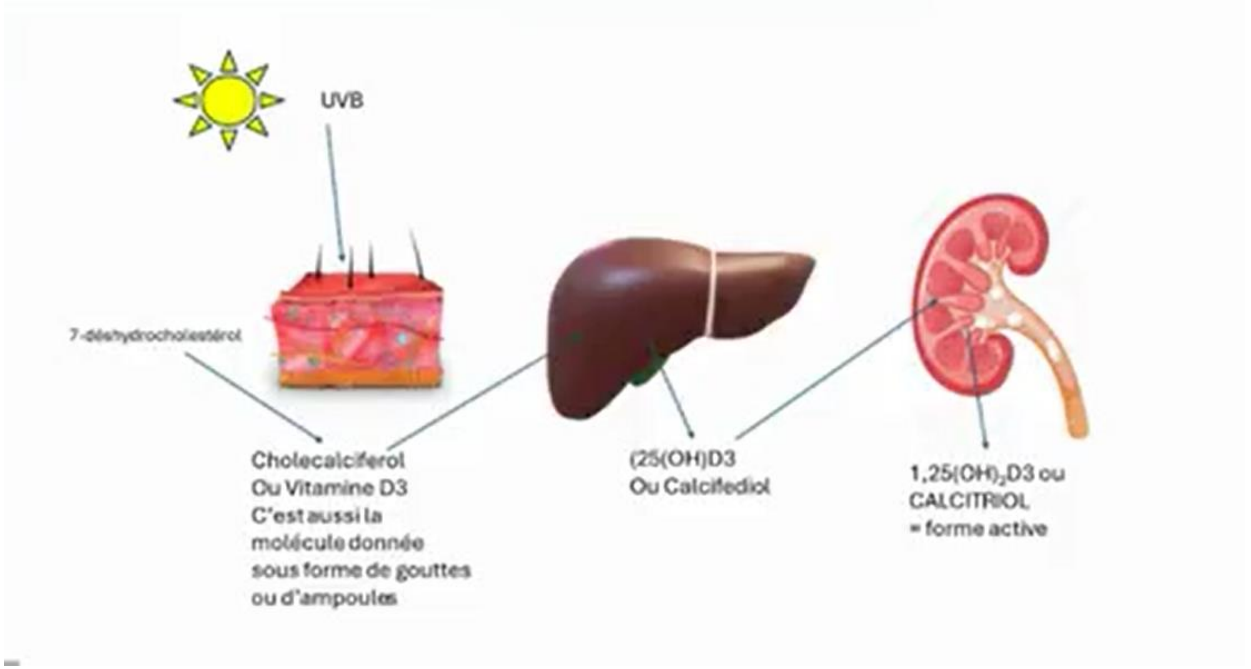


Adapté de K. Deeb et al, 2007, Nature Reviews Cancer, 684–700

Métabolisme schématique de la vitamine D (D_2 et D_3).
Les 2 hydroxylases sont indiquées en rouge.

3. Hydroxylation dans le foie

- **Dans le foie, la vitamine D3 est hydroxylée par l'enzyme 25-hydroxylase (CYP2R1) pour former la 25-hydroxyvitamine D (calcidiol ou 25(OH)D).**
- **Co facteur Magnésium**
- **Forme principale de stockage de la vitamine D dans l'organisme.**



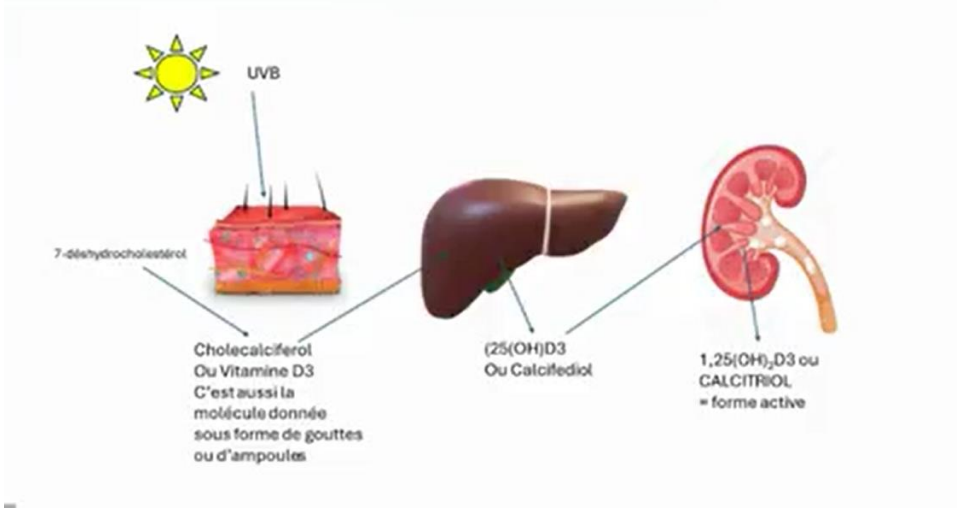
4. Transport vers les reins

.La 25-hydroxyvitamine D est à nouveau transportée par la circulation sanguine vers les reins, toujours liée à la DBP.

5. Deuxième hydroxylation dans les reins

.Dans les reins, la 25-hydroxyvitamine D subit une deuxième hydroxylation par l'enzyme **1α hydroxylase** (CYP27B1) pour former la **1,25-dihydroxyvitamine D (calcitriol ou 1,25(OH)2D).**

. C'est la forme biologiquement active de la vitamine D.



6. Régulation de la synthèse de la 1,25-dihydroxyvitamine D

- La production de calcitriol est régulée par plusieurs facteurs :
  - **Hormone parathyroïdienne (PTH)** :
    Stimule la 1α-hydroxylase en réponse à une baisse du calcium sanguin.
  - **Niveaux de calcium et de phosphate** :
    Des niveaux bas de calcium ou de phosphate augmentent la production de calcitriol.
  - **Facteur de croissance fibroblastique 23 (FGF23)** :
    Inhibe la 1α-hydroxylase et stimule la dégradation de la 1,25-dihydroxyvitamine D.

7. Action de la 1,25-dihydroxyvitamine D

- **Le calcitriol agit comme une hormone stéroïdienne en se liant à son récepteur nucléaire, le récepteur de la vitamine D (VDR), présent dans de nombreux tissus.**
  Ses principales actions incluent :
  - **Augmentation de l'absorption intestinale du calcium et du phosphate.**
  - **Stimulation de la réabsorption rénale du calcium.**
  - **Régulation de la minéralisation osseuse.**
  - **Modulation du système immunitaire.**

8. Dégradation et excrétion

- **La 1,25-dihydroxyvitamine D est dégradée par l'enzyme 24-hydroxylase (CYP24A1) en formes inactives, qui sont ensuite excrétées dans la bile et les urines.**

RECEPTEURS A LA VITAMINE D

Toutes les cellules de notre organisme possèdent un récepteur à la vitamine D
et la possibilité de transformer la 25OHD en 1,25(OH)2D. calcitriol

Dès lors, cette dernière peut, dans nos cellules, activer ou réguler certains gènes.

Cette capacité explique les découvertes étonnantes réalisées ces dix dernières années sur celle qui est en réalité une prohormone.

LA VITAMINE D : CARBURANT DE NOS CELLULES

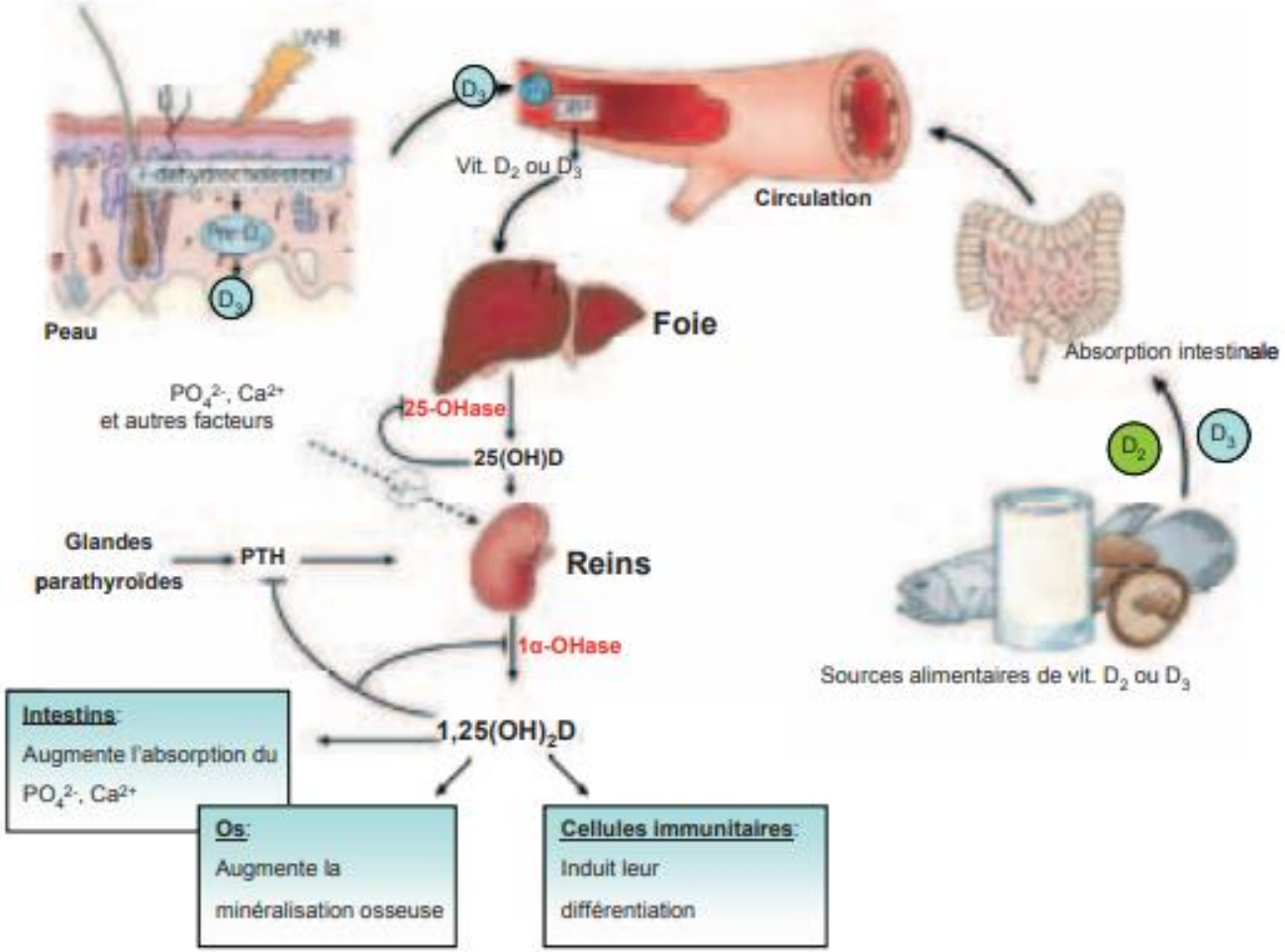
cellules nerveuses, cellules épithéliales, cellules endothéliales, cellules musculaires, cardiovasculaires, immunitaires,

Toutes nos cellules ont des récepteurs à la vit D et l'utilisent comme carburant, en cas de carence elles fonctionnent mal

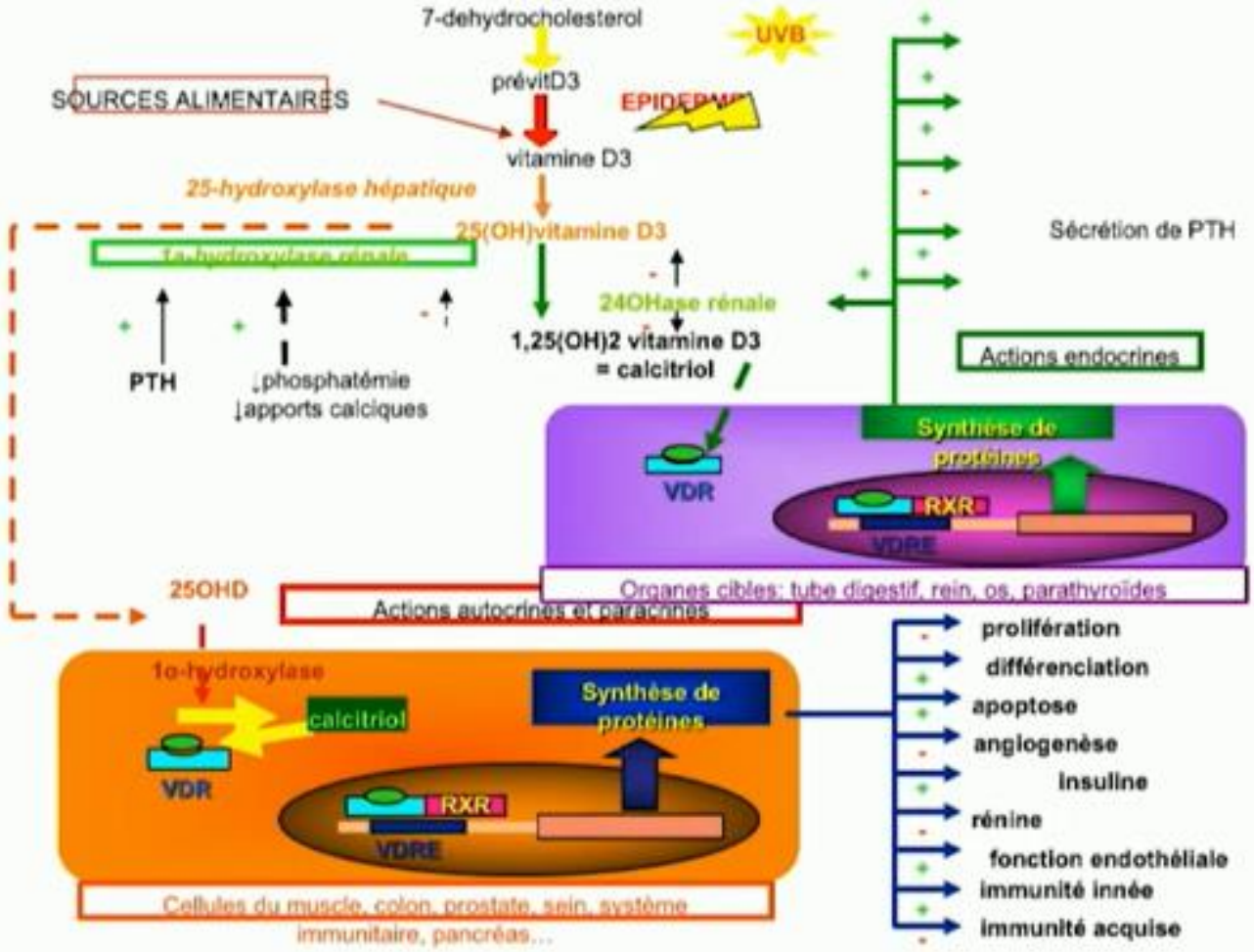
- **Absorption de phosphore et de calcium au niveau des intestins**
- **Rôle central dans l'homéostasie du système Rénine-Angiotensine**
- **Importante pour la différenciation cellulaire, la multiplication cellulaire**

- **pour l'intégrité tissulaire (renforce les jonctions serrées, jonctions adhérentes, jonctions intercellulaires qui permettent une cohésion des tissus (au niveau IG pour la qualité de la perméabilité des muqueuses)**
- **Produit des molécules qui ont une activité anti microbienne,**

  par son action sur les gènes elle produit des molécules à activité antibactérienne, anti parasitaire, anti fongique, antivirale



Adapté de K. Deeb et al, 2007, Nature Reviews Cancer, 684–700



Rhumato.net - © 2019 Santor Edition

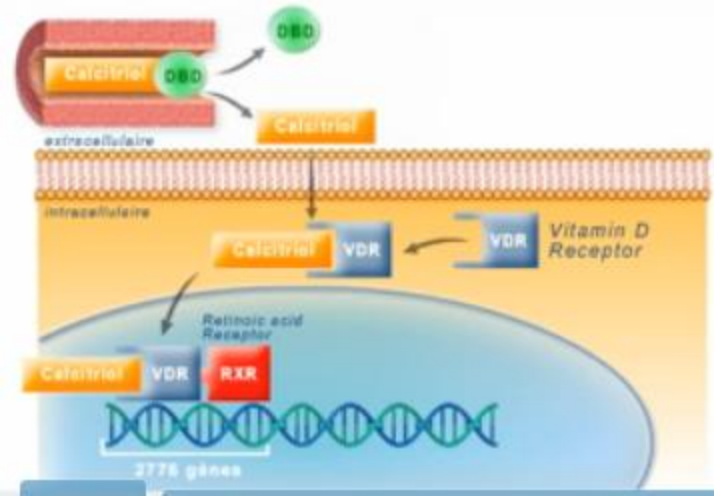
LE RECEPTEUR INTRACELLULAIRE DE LA VITAMINE D VDR

Le récepteur de la vitamine D (VDR) est une protéine de la superfamille des récepteurs nucléaires

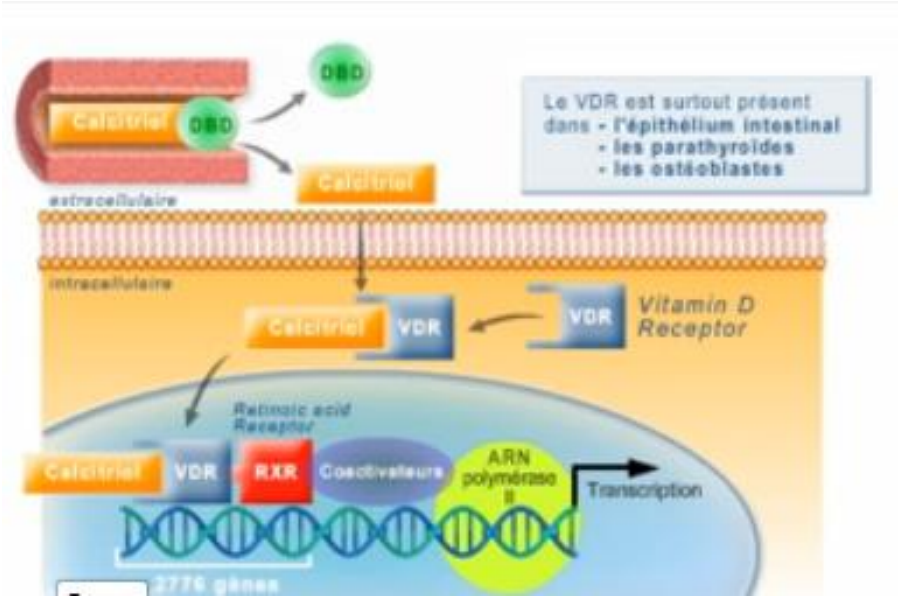
Après avoir lié le calcitriol, le VDR gagne le noyau où il s'associe au récepteur de l'acide rétinoïque, RXR

Le complexe VDR-RXR se lie à l'ADN

Ensemble ils modulent l'expression des gènes



2776 gènes du génome humain sous le contrôle de la vit D



La liaison à l'ADN s'accompagne d'un recrutement de protéines nucléaires qui interviennent comme co-activateurs, ce qui active l'ARN polymérase et le processus de transcription

Le VDR a d'abord été identifié dans l'IG, les parathyroïdes, les ostéoblastes

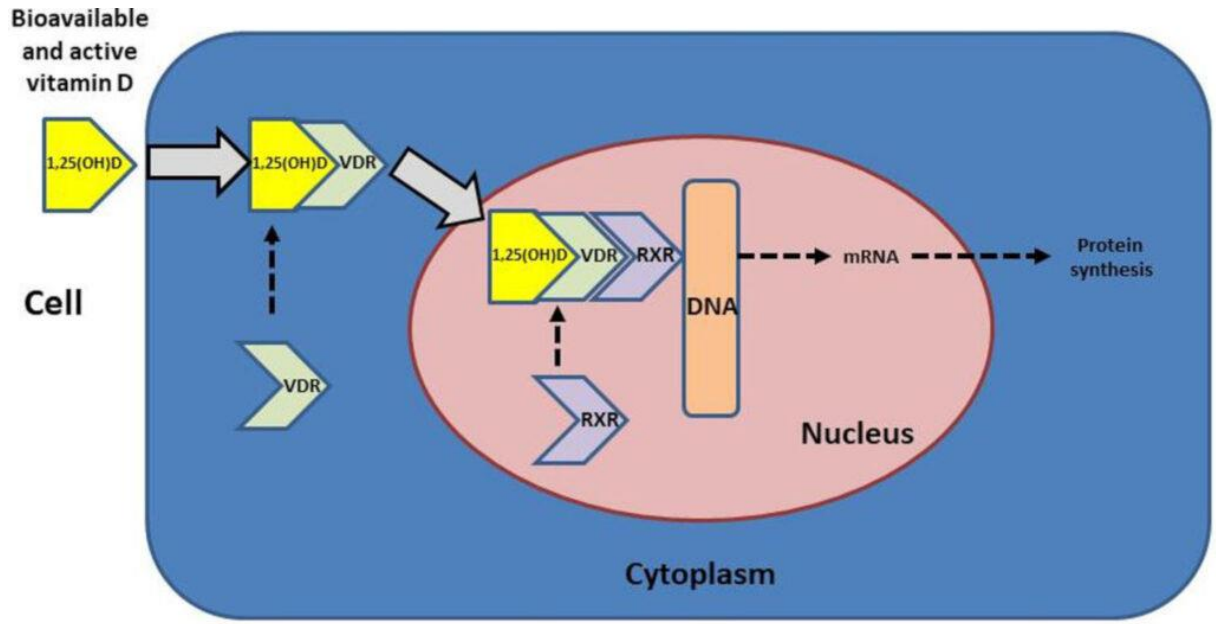
En fait presque toutes les cellules produisent le VDR

Le nombre de gènes que va activer la vit D est dépendant de son taux sanguin de calcidiol (forme circulante)

30 ng/ml : activation de 291 gènes

50 ng/ml : activation de 1000 gènes,

possible d'activer jusqu'à 2000 gènes



Plos one 2013 8(3): e58725.

Près de la 1/2gènes activés sont liés au système immunitaire

toutes cellules immunitaires ont des récepteurs VDR à la vitD au niveau du noyau cellulaire

les cellules de l'immunité innée (monocytes, macrophages, cellules dendritiques, granulocytes, mastocytes, NK,

cellules de l'immunité aquise : lymphocytes B, CD4 auxilliaires, CD8 cytotoxiques , macrophages-histiocytes ;

au niveau des sinusoides hépatiques les cellules de Kupffer,

toutes les cellules du SN (neurones, oligodendrocytes, astrocytes, cellules microgliales ;

cellules de l'endothélium vasculaire,
cellules épithéliales

LA VITAMINE D NE SE REDUIT PAS AU RACHITISME

- **Prévention et traitement de l'ostéoporose**
- **Réparation des fractures**
- **Régulation de l'immunité**
- **Réduction des infections hivernales**
- **Réduction des MAI**
- **Maladies allergiques, asthme**
- **Intervention dans les maladies inflammatoires chroniques, neurodégénératives**
- **Déclin cognitif**
- **Dans les CANCERS**
- **Au cours de la grossesse**
- **mortalité globale plus élevée de 36% chez les sujets carencés**

Annals of Int Med 25Oct22. vol 175 N 11

Med Sci (Paris) Volume 26, Number 4, Avril 2010

DOSAGE VITAMINE D
GRANDES VARIATIONS INDIVIDUELLES

Lieu de résidence, pays, ensoleillement
Couleur de peau
Masse graisseuse +++
Polymorphisme génétique (modifie la capacité à synthétiser le calcitriol)
Synthèse sous la dépendance des cytochromes P450
Polymorphisme du récepteur à la vitamine D
Action d'autres hormones: PTH, T3, IGF
Fonction hépatique, rénale

DOSAGE DE LA VITAMINE D

1 µg vitamine D = 40 UI
Valeur minimale : 30 ng/ml
Valeur optimale : 50 ng/ml
Carence : entre 10 et 30 ng/ml
Excès toxique : > 150ng/ml

Résultats en nmol/l
30ng/ml = 75 nmol/l (x2,5)

40% des Français ont un dosage < à 20ng/ml

80% des Français ont un dosage < à 30ng/ml

NE PAS SE FIER AUX RECOMMANDATIONS OFFICIELLES !!!

« Il est inutile de doser la 25(OH)D s'il n' y a pas de perturbation du métabolisme phosphocalcique, ou osseux; en l'absence de pathologie hépatique, rénale ou intestinale ou si l'exposition au soleil est normale »

Déremboursement du dosage par Marisol Touraine, 2014

sauf, rachitisme, ostéomalacie, transplantation rénale, chirurgie bariatrique, chutes répétées des sujets âgés

VERITABLE DENI DE SCIENCE

RÉSUMÉ DES RECOMMANDATIONS POUR LE GÉNÉRALISTE 2022, MISE A JOUR 4 FÉVRIER 2025

- **Les enfants nécessitent une supplémentation quotidienne en vitamine D de 400 à 800 UI durant toute leur croissance**

- **Taux sérique cible en vitamine D pour un adulte: 50 nmol/L et plus**
- **Cible de vitamine D supérieure à 75 nmol/L à partir de 65 ans ou en cas de pathologie à risque ou de chutes.**

- **Dosage initial de la vitamine D uniquement pour certaines pathologies**

- **Une supplémentation en calcium est nécessaire en cas de comorbidités**

RECOMMANDATIONS AMERICAINES -US

25 % de la population américaine et 60 % des habitants d'Europe centrale présentent des taux inférieurs à 20 ng/ml, les concentrations devraient être augmentées au-dessus de 30ng/ml.

Des **concentrations sériques > 30 ng/mL (75 nmol/L) réduisent significativement les risques de maladie et de mortalité**

Cela est possible grâce à une supplémentation quotidienne de 2 000 UI/jour (50 mcg/jour) de vitamine D3 , qui prévient les maladies et les décès.
De plus, une dose quotidienne comprise entre 4 000 et 6 000 UI de vitamine D3 pour atteindre des taux sériques de 25(OH)D compris entre 40 et 70 ng/ml offrirait une meilleure pr**Nutriments 14 janvier 2025 ;17(2):277****ur la**

Vitamine D
les enfants insuffisamment supplémentés en France

17 % seulement parmi les moins de 16 ans ont une prescription conforme aux recommandations de supplémentation en vitamine D

. **Arch Pediatr 2025 Apr;32(3):163-167.**

VITAMINE D ET SPORT

.

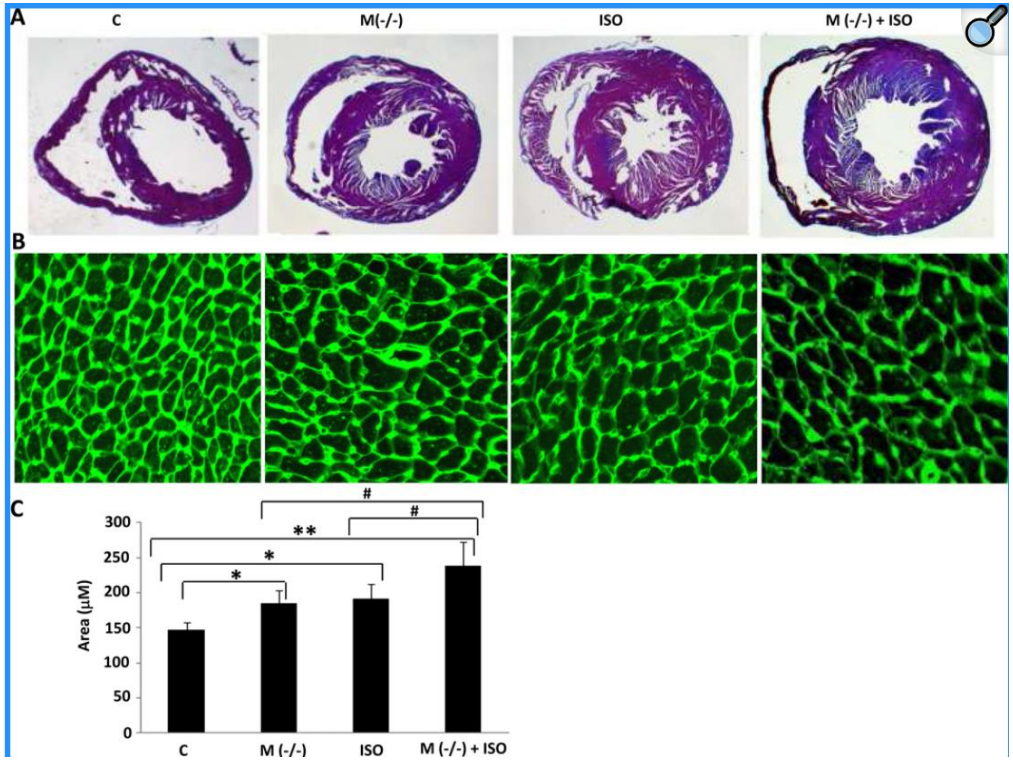
Les muscles font partie des cibles de la vitamine D

Les muscles possèdent des récepteurs de la vitamine D

L’inactivation des récepteurs VDR des muscles de souris.
réduit la masse musculaire des souris
elles courent moins longtemps et moins vite

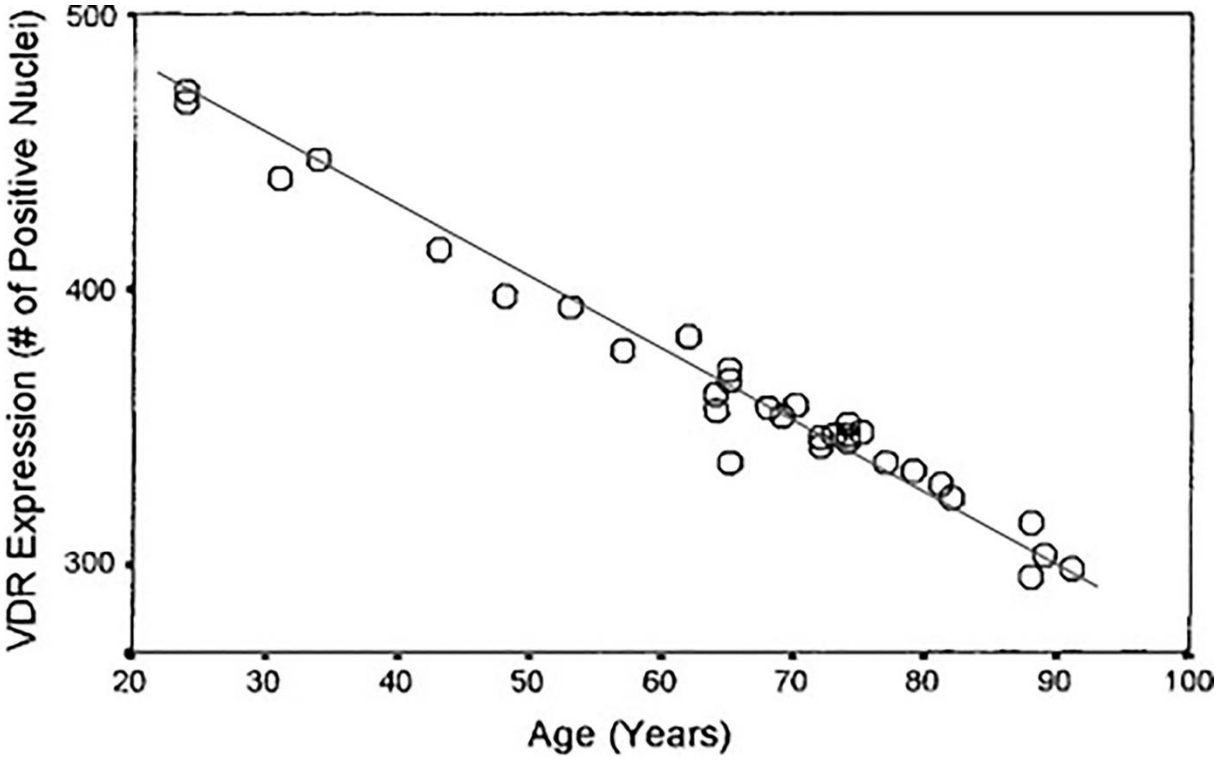
Journal of cachexia, sarcopenia and muscle. 21 juin 2019;10(6):1228-1240.

La suppression spécifique du gène du récepteur de la vitamine D dans les cardiomyocytes entraîne une hypertrophie cardiaque, qui ne pompe plus le sang correctement



Circulation. 26 septembre 2011 ; 124(17) : 1838–1847.

AU COURS DU VIEILLISSEMENT
le nombre de récepteurs VDR des muscles diminue



carence en vitamine D responsable
de faiblesse musculaire
de douleurs musculo-squelettiques diffuses

Médecine et science du sport et de l'exercice 45 (1): p157-162, janvier 2013

La vitamine D 25(OH) est associée à une plus grande force musculaire chez les hommes et les femmes en bonne santé

, *Journal of Science and Medicine in Sport* : vol 18 , num 5, P 575 -580-Sept 2015

La vitamine D prévient la fonte musculaire des sujets âgées

***Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* , vol 88, num 12, 1er déc 2003, P 5766–5772**

La vitamine D préserve la masse musculaire

Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism , vol 98, num 12, 1er déc 2013, P E1927–E1935,

La vitamine D influence des hormones comme la leptine, et la myostatine, qui limite la croissance musculaire.

La vitamine D imite les stéroïdes anabolisants en supprimant la myostatine pour optimiser la croissance musculaire, en redirigeant l'énergie du stockage des graisses vers le tissu musculaire et en stimulant le taux métabolique

Les niveaux optimaux de vitamine D varient de 60 à 80 ng/mL (150 à 200 nmol/L).

Research Square[Prépublication]. 8 mai 2024 : rs.3.rs-4202165

Corriger le déficit en vitamine D chez les sportifs pour optimiser les performances

Fréquence du déficit en vit D chez les athlètes, 44 à 67% d'entre eux

Entrave le fonctionnement optimal des muscles,

altère les performances sportives,

les capacités de récupération après l'entraînement

augmente le risque de blessures.

une supplémentation en vitamine D 5000 UI/J 8 semaines
améliore les performances sportives

la vitesse maximale (sprint),
la puissance (saut vertical)
la force (squat et développé couché)

- **J Sports Sc.2013;31(4):344-53.**

La supplémentation en vitamine D peut augmenter la performance musculaire de deux façons

- **En améliorant la croissance et le développement cellulaire, en particulier des fibres musculaires rapides, responsables de la force et de la puissance.**
- **Améliorer la sensibilité du signal du cerveau vers le muscle, conduisant à une contraction musculaire plus rapide et plus efficace**

FORCE
VITESSE
PUISSANCE
ENDURANCE

Comment la vitamine D agit sur le fonctionnement des muscles

La vitamine D favorise tout d'abord l'assimilation du calcium et du phosphore

La vitamine D accélère la reconstitution des réserves d'énergie dans le muscle

fabrication d'ATP par les mitochondries
en reconstituant le stock de phosphocréatine

Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism , vol 98, num 3, 1er mars 2013, P E509–E513

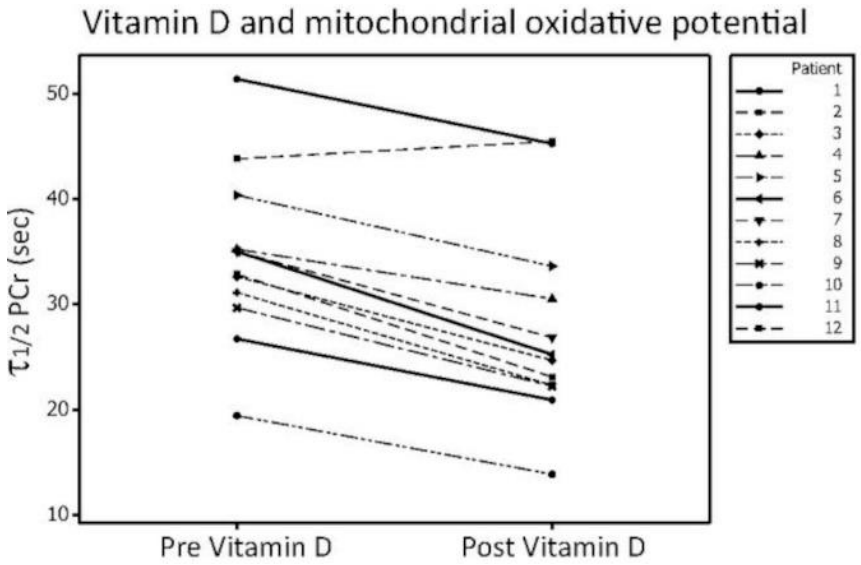
La carence en vitamine D est associée à une atrophie musculaire et à une fonction mitochondriale réduite chez les patients souffrant de lombalgie chronique

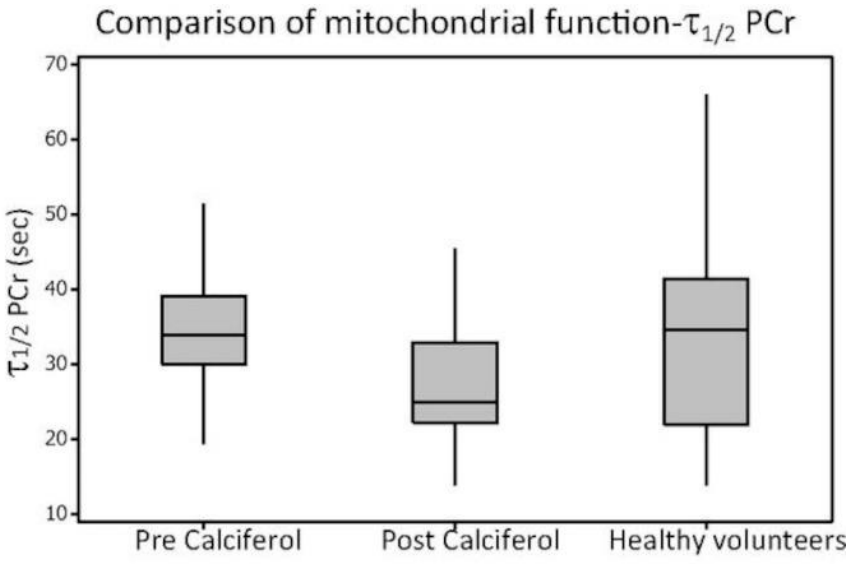
Cet article fait partie du numéro spécial : Stress oxydatif dans les maladies musculaires: thérapies actuelles et futures 2019

la supplémentation en vitamine D est un moyen efficace de contrer la baisse de l'enzyme mitochondriale citrate kinase

Elle permet en plus d'atténuer la production du facteur de transcription FoxO impliqué dans l'atrophie musculaire,

Vitamine D et mitochondrie





La vitamine D faciliterait le prélèvement de calcium par les mitochondries

Lors de la contraction musculaire, du calcium est déversé en grande quantité dans le cytoplasme, des cellules.

Les mitochondries en prélèvent une partie.

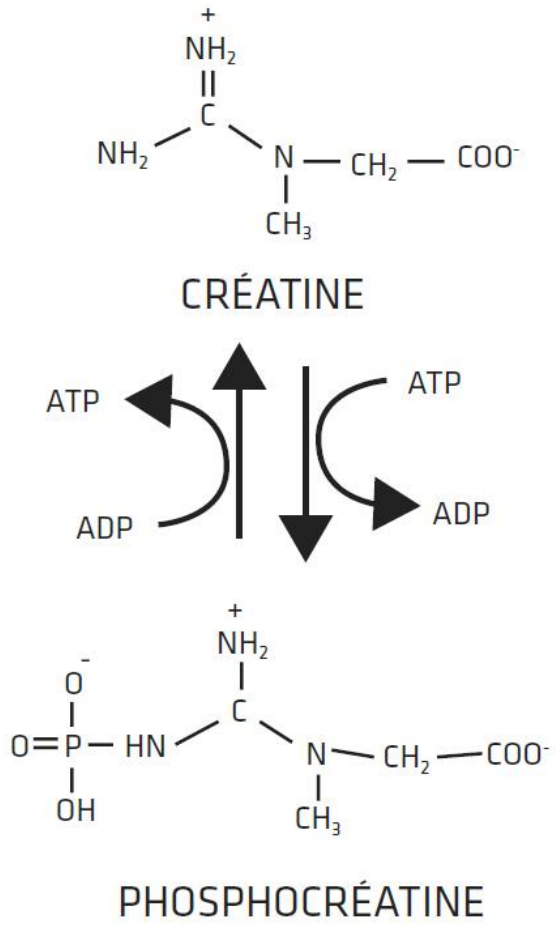
L'entrée de calcium dans la mitochondrie **stimule l'activité d'enzymes** impliquées dans la production de l'ATP.

Des expériences chez l'animal ont montré qu'un manque de vitamine D conduit à un **déficit en calcium dans les mitochondries**, ce qui entrave leur fonctionnement.

JMMC : vol 13, num 2, p171-183, Février 1981

Évaluation de la phosphorylation oxydative mitochondriale du muscle soléaire par spectroscopie par résonance magnétique du phosphore 31.

amélioration significative de la récupération de la phosphocréatine après la prise d'une dose fixe de vitamine D pendant 10 à 12 semaines



La phosphocréatine, un réservoir d'énergie immédiatement disponible.

J Clin Endocrin Metabol 2013:98 E509-513

Vitamine D pour la cicatrisation des plaies, des blessures et des cicatrices

La vitamine D qui joue un rôle crucial dans la régulation du système immunitaire,
favorise la cicatrisation des blessures en augmentant la production de cathélicidine, un peptide antimicrobien.

Le Journal de biochimie nutritionnelle Volume 134 ,décembre 2024, 109733

VITAMINE D ET SOMMEIL

La vitamine D influence le sommeil profond

Elle joue un rôle essentiel dans la production d'acétylcholine,

Une carence peut perturber le cycle de sommeil et contribuer à des troubles respiratoires pendant le sommeil.

Alzahrani et al. ; JPRI, 32(35) : 97-113, 2020 ;

SPORTIFS A RISQUES

- **S’entrainent le plus souvent en intérieur (musculation, crossfit, sport en salle).**
- **S’entrainent tôt le matin, ou tard le soir.**
- **Ont une pigmentation de la peau foncée.**
- **Vivent plus au Nord.**
- **Portent des vêtements à l’entrainement qui couvrent la plupart ou la totalité de leur corps.**
- **Utilisent régulièrement une crème solaire à écran total.**
- **Souffrent d’une pathologie gastro-intestinale (maladie cœliaque, syndrome de l’intestin irritable), foie, rein**

Carence en vitamine D très fréquente chez le sportif

Des carences même dans les pays ensoleillés

63 % des participants avaient des taux de vitamine D insuffisants,
prévalence plus élevée chez les danseurs (94 %),
les joueurs de basket- ball (94 %)
taekwondo (67 %).

80 % des athlètes qui pratiquent des sports d'intérieur ont une carence,

contre 48 % pour ceux qui pratiquent leur sport en extérieur.

Clin J Sport Medicine 2010; 20; 368-371

Au Moyen-Orient,

81 % des athlètes déficients,

avec une concentration sérique inférieure à 20 ng/ml (50 nmol/l).

des déficiences graves chez les plus jeunes.

La moitié avec une densité osseuse déficiente.

Sports Med 2015; 45: 365-378

. **En Tunisie, sur 150 athlètes de haut niveau,**

14,7 % avaient une carence en vitamine D inférieure à 10 ng/ml (25 nmol/l),

55,3 % entre 10 et 20 ng/ ml (25 et 50 nmol/l)

21 % entre 20 et 30 ng/ml (50 et 75 nmol/l).

Les concentrations significativement plus faibles chez les athlètes qui exerçaient à l'intérieur
ainsi que chez les athlètes de sexe féminin
et les moins de 18 ans.

Biol Sport 2015: 32; 281-287

dans de nombreux sports :

course à pied,
cyclisme,
musculation,
crossfit,
sports de combat
basketball,
football,
natation,
danse.

La question de la posologie est cruciale

« Il est possible que des dosages dépassant les recommandations en vitamine D
(c'est-à-dire jusqu'à **4000-5000UI par jour**),
en combinaison avec **50 à 100mcg jour de vitamine K1 et K2**
puissent assister la performance athlétique »

Dylan T Dahlquist et col : Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery. J Intern Soc Sports Nutr : 2015 Aug 19:12:33.

Vitamine K2 et Magnésium

Il est conseillé de prendre de la vitamine D avec de la vitamine K2 et du magnésium National Institutes of Health

évite la toxicité de la vitamine D.

vitamine K2 et magnésium aident à déposer le calcium dans les os plutôt que dans les artères,
et préviennent ainsi l'hypercalcémie, qui peut survenir à la suite d'une toxicité de la vitamine D.

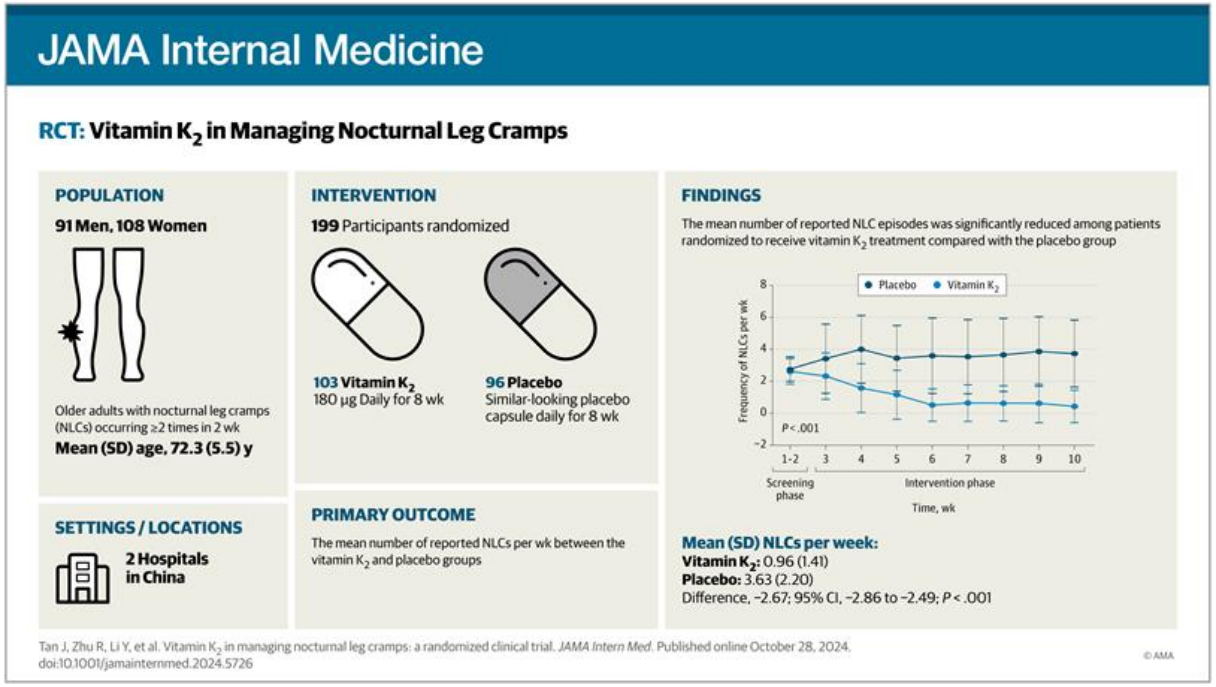
. **Int Journal Endocrinology: 2017 Sep 12;2017:7454376.**

la vitamine K2, produite par les bactéries intestinales et présente dans les aliments fermentés et les produits animaux, a un impact significatif sur la santé des os et du cœur

La vitamine K2 est plus efficace que la K1 pour améliorer la densité osseuse et prévenir la calcification artérielle, ce qui la rend importante pour la santé cardiovasculaire et squelettique

It's advisable to take vitamin D with K2 and magnesium when supplementing, as this will prevent vitamin D toxicity.

Vit K2 et crampes nocturnes

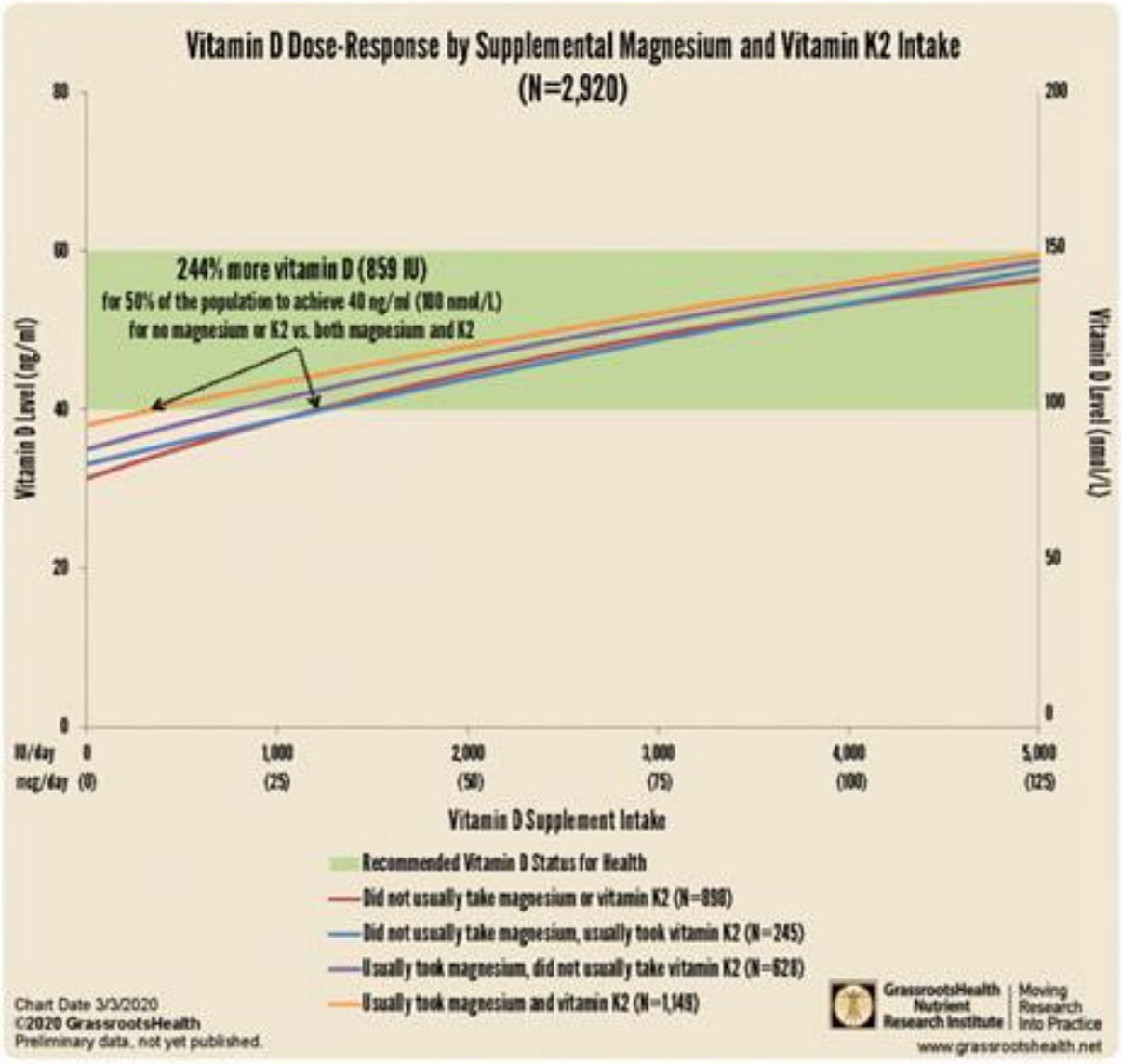


1 gélule 180µg jour

Jing Tan et all: Vitamin K_2 in Managing Nocturnal Leg Cramps A Randomized Clinical Trial. *JAMA Intern Med.* 2024;184(12):1443-1447.

Le magnésium facilite l'utilisation de la vitamine D par l'organisme

Posologie 6mg/Kg/jour



les 3 suppléments combinés , di mi nuent l es bes oi ns de vi t ami ne D oral e

GrasrootsHealth Preliminary data 3/3/2020

30 minutes d’exposition au soleil, quelques fois par semaine, suffisent pour maximiser la production naturelle de vitamine D par votre peau

QUELLE VITAMINE D

La D3 est recommandée,
proche de notre vitamine D naturelle
une demi-vie plus longue

La vitamine D est liposoluble, elle est mieux absorbée lorsqu'elle est accompagnée d'un lipide.

sous forme de gouttes à base d'huile, de gélules ou de comprimés.

Ampoules : pour des doses plus élevées ou des prises espacées

Choisir selon ses préférences et avis médical

APRES DOSAGE

DEDROGYL 15 mg/100 ml, solution buvable en gouttes

1 goutte = 5 µg.
calcifédiol 15 mg pour 100 ml de solution buvable
Intérêt si insuffisance hépatique , on saute l'étape hépatique

Rocaltrol
Calcitriol 0,25 microgramme, capsule molle
si insuffisance rénale 0,50 µg par jour,

Ampoules à forte dose : aucun intérêt
Sauf dose de charge dans Covid

Les doses quotidiennes sont à privilégier

800 à1000 UI

Pickering M-E et al. Daily or intermittent vitamin D supplementation in patients with or at risk of osteoporosis: Position statement from the GRIO

HAUTES DOSES DE VITAMINE D

Groupe de recherche et d'information sur les ostéoporoses (GRIO) 2025

les doses intermittentes élevées de vitamine D (comme 60 000 UI/mois ou plus) peuvent augmenter le risque de chutes, de fractures et de mortalité prématurée dans certaines populations,

Pickering M-E et al. Daily or intermittent vitamin D supplementation in patients with or at risk of osteoporosis: Position statement from the GRIO

***« Une supplémentation quotidienne devrait être la règle lorsque c’est possible.* » GRIO 2025**

Vit D et SEP

100 000 unités internationales de cholécalciférol par voie orale toutes les2 semaines.
Des doses suprathérapeutiques de vitamine D peuvent provoquer une élévation du taux de calcium, des calculs rénaux, des nausées, des vomissements, de la confusion, etc

Perry Wilson Medscape Rhumatologie 10/3/2025

The D-Lay MS Randomized Clinical Trial: JAMA . 2025 Apr 22;333(16): 1413-1422.

COVID 19 aigu hospitalisé

Au-delà de 60 ans, l'Académie de Médecine recommande de doser immédiatement la 25(OH)D sérique
et d'administrer une dose de charge de 50 000 à 100 000 unités de vitamine en cas de carence

Académie de Médecine 22 mai 2020

A RETENIR

- **Doser la vitamine D 25(OH D2-D3) > 30ng/l**
- **Valeur optimale : 50 ng/ml**
- **1 µg vitamine D = 40 UI**
- **carburant de nos cellules : cellules nerveuses, épithéliales, endothéliales, musculaires, cardiovasculaires, immunitaires,**
- **Impliquée dans la performance sportive**
- **La carence en vitamine D est associée à une atrophie musculaire et à une fonction mitochondriale réduite et à une baisse de la performance sportive**

- **jusqu'à 4000-5000UI par jour,**
  vitamine K2 100mcg à 180 mcg/jour
  Magnésium 6 mg/kg/jour.

10 à 30 minutes d'exposition au soleil des bras et des jambes, entre 10 h et 14 h,

2 à 3 fois par semaine,