

특집 : Vitamin D Revolution: Health Benefit of Vitamin D for Optimal Health

비타민 D 혁신: 비타민인가, 호르몬인가?

신미영 · 권인숙*

안동대학교 생활과학대학 식품영양학과

Vitamin D: Is It a Vitamin or a Hormone?

Mee-Young Shin and In-Sook Kwun[†]

Department of Food Science and Nutrition, Andong National University, Gyeongbuk 760-749, Korea

서론

비타민 D가 인체에 꼭 필요한 영양소 물질로 발견된 때가 약 1920년경으로 거의 100년의 기간이 되었다. 처음 비타민 D가 발견된 것은 인체의 영양소 결핍을 치료하는 연구자와 의사들에 의해서 아동들의 뼈가 충분히 경화되지 않는 골연화증*(osteomalacia 또는 ricket이라고 불리는 구루병, Fig. 1)이 비타민 D가 부족하면 생긴다는 것을 알게 되었을 때이다. 따라서 처음 발견 당시부터 비타민 D는 뼈 건강과 밀접한 관계가 있는 것으로 잘 알려져 있으며, 오늘날까지도 유제품 등에 추가하여 뼈의 건강을 증진

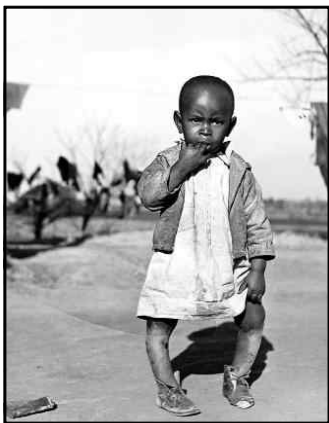


Fig. 1. 구루병(ricket). 구루병은 영양 결핍으로 비타민 D 섭취가 부족하거나 또는 일광이 부족하여 신체 내에서의 비타민 D 합성이 부족할 때 뼈가 충분히 경화되지 못하고 물러지는 현상으로 그림에서처럼 뼈가 잘 휘어지는 현상으로 주로 성장기 아동에게 일어나기 쉽다. 생활수준이 높은 선진국에서도 식사편중과 햇빛이 부족한 생활환경에서는 아동들에게 일어날 수 있으므로 주의가 요구된다.

시키는 강화식품용 영양소 중에 대표적인 것으로 알려져 있다.

이제까지 비타민 D는 비타민(vitamin: carbon-containing amine chemicals)류에 속하는 영양소로 알려져 왔지만 체내에서 합성된다는 점, 식품을 통해 섭취한 비타민 D 형태는 체내에서 다시 신체가 필요로 하는 형태로 변환되어야 한다는 점을 비롯해서, 비타민 D가 기능을 나타내고자 하는 조직세포에까지 혈류를 타고 운반되어 가서 세포에 신호전달을 해줌으로써 비로소 조직세포가 비타민 D의 기능을 나타낸다는 점 등 기존의 영양소 비타민 D로서만 알고 있던 것과는 다른 여러 특징들을 보이고 있다. 이러한 점이 근래에 여러 면에서 활발히 연구·보고되고 있으며, 비타민 D에 대한 새롭고 흥미로운 기능들이 많이 알려지고 있다. 따라서 뼈를 튼튼하게 한다는 기존의 기능 외에 항암기능, 항염증성 기능, 당뇨병 및 심혈관계 질병 예방기능 등이 보고되고 있다. 본 총설에서는 비타민 D의 비타민과 호르몬으로서의 정의, 비타민 D의 고유 기능이었던 뼈 형성 촉진 기능 및 근래에 소개되는 비타민 D의 새로운 기능들에 대해서 설명하고자 한다.

비타민의 정의

비타민의 정의

원래 비타민(vitamin)의 어원은 ‘우리 몸에 꼭 필요한 물질이지만 체내에서 만들어지지 않기 때문에 식품으로부터 섭취해야만 하는 우리 몸에 꼭 필요한(vital) 탄소를 함유하는 화합물(carbone-containing chemicals)’이다. 이러한 용어 정의 면에서 보면 비타민 D는 영양소의 하나인

[†]Corresponding author. E-mail: iskwun@andong.ac.kr

Phone: 054-820-5917, Fax: 054-820-6188

* 골연화증(osteomalacia)은 칼슘의 부족으로 골(뼈)이 잘 경화(mineralization 또는 calcification) 되지 못하여 골이 휘는 현상으로 주로 자라나는 아동들에게서 많이 나타나는 증상이며(osteomalacia 적인), 이와 비슷하게 여겨지는 골다공증(osteoporosis) 역시 뼈에 칼슘이 부족한 현상은 같으나 주로 중년기 이후 성인에게 많이 나타나는 현상이다. 이는 기존의 뼈 조직에서 칼슘이 빠져 나와서 칼슘이 부족해진 뼈는 작은 충격에도 쉽게 잘 부러지는 현상을 말한다(osteoporosis 적인).

비타민 규범에 속하지만, 한편으로는 이러한 정의에서 약간 벗어나서 비타민의 속성에 어긋나는 특성을 가지고 있다. 즉, 비타민은 체내에서 합성이 되지 않아 주로 식품으로부터 공급을 받아야 하지만, 비타민 D는 체내 합성이 가능하다는 점이다.

비타민 D는 태양 빛이 있으면 우리 몸에서 콜레스테롤의 일종인 7-dehydrocholesterol을 이용하여 피하조직에서 합성할 수 있다(Fig. 2). 비타민 D 급원 식품을 살펴보면 다양한 식품에 골고루 함유되어 있어서 섭취할 수 있기 보다는 주로 생선, 난황 등으로 매우 제한적이다. 이렇게 비타민 D 함유식품이 제한적인 것은 우리 몸이 합성을 할 수 있기 때문에 외부로부터의 섭취에 크게 신경을 쓰지 않아도 될 수 있게 된 자연환경적인 설정이라고도 볼 수 있다. 예를 들면 우리 몸이 꼭 필요로 하면서도 체내 합성은 되지 않아서 식품으로부터 섭취해야 하는 영양소들은 오히려 다양한 식품들에 골고루 들어 있어서(무기질인 인의 경우가 이에 해당됨) 일상적인 식이생활에서 쉽게 결핍되지 않도록 해 놓은 것이 자연의 현명한 섭리이다. 또한 식품으로부터 섭취를 한 비타민 D도 다른 비타민들과 같이 우리 몸에서 흡수된 형태 그대로 기능을 할 수 있는 것이 아니고, 우리 몸 조직세포들이 신체가 원하는 비타민 D의 형태로 바꾸어서 쓰는 점도 다른 비타민들과는 다른

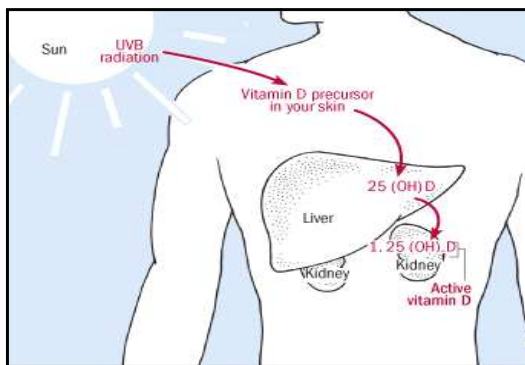


Fig. 2. 신체가 햇빛과 체내 cholesterol을 이용하여 비타민 D를 합성하는 과정. 햇빛(자외선, ultraviolet B)은 피부조직에서 비타민 D 전구체(vitamin D precursor, vitamin D₃ 또는 cholecalcitriol로 불림)를 합성하고, 이렇게 합성된 vitamin D₃는 피부세포 밖으로 분비되어 혈관을 타고 간으로 가서 간세포에 의해서 25(OH)D로 합성된 다음, 또 다시 세포 밖으로 분비되어 신장으로 가서 신장세포에 의해서 1,25(OH)₂D로 합성되면 신장세포가 세포 밖으로 분비해서 혈관을 통해 온 몸의 각 조직세포에 가서 비타민 D의 기능을 하게 된다. 신장세포가 합성하는 마지막 단계의 비타민 D의 형태, 즉 1,25(OH)₂D 형태가 되어야 우리 몸의 세포가 활용할 수 있는 비타민 D의 형태라 하여 1,25(OH)₂D를 활성형 비타민 D라고 한다. (UVB, ultraviolet B; vitamin D precursor, previtamin D₃ or provitamin D₃ 25(OH)D, cholecalcitriol 1,25(OH)₂D, 1,25-dihydroxycholecalciferol, calcitriol active vitamin D, 활성형 비타민 D, 1,25(OH)₂D를 지칭함. (출처 <http://www.health.harvard.edu/newsweek/vitamin-d-and-your-health.htm>)

점이다. 아래에서 비타민 D의 체내 합성에 대해서 좀 더 상세히 설명하고자 한다.

비타민 D의 체내 합성

신체는 비타민 D를 합성할 수 있다. 좀 더 구체적으로 설명하면, 햇빛을 받게 되면 우리 몸의 피부조직에서는 체내의 cholesterol로부터 만들어진 7-dehydrocholesterol이란 물질이 햇빛의 자외선(ultraviolet)에 의해서 비타민 D₃로 변한다(Fig. 2). 7-dehydrocholesterol은 햇빛에 의해서 비타민 D₃로 되기 때문에 provitamin D₃ 또는 비타민 D 전구체(vitamin D precursor)라고 불리기도 한다(pro-라는 접두어는 '이전의' 뜻임). 이렇게 피부조직에서 만들어지는 비타민 D의 합성과정은 피부 표면의 바로 밑 하층 구조를 이루고 있는 피하조직의 세포(점선 부분)에서 일어난다(Fig. 3).

피하조직세포에서 합성된 vitamin D₃는 피부 세포 밖으로 분비되어 혈관을 타고 간으로 가서 간세포 안에 존재하는 미토콘드리아(mitochondria: 세포 안의 소기관으로서 주로 에너지 생성을 담당함) 및 마이크로솜(microsome: 세포내 소포체의 일부가 분리되어서 만들어진 물질로서, 운반체의 기능을 하거나 스테로이드 같은 물질을 합성하기도 함) 효소에 의해서 25(OH)D 물질로 합성된다. 그런 다음 세포 밖으로 분비되어 혈관을 통해 신장으로 가서 신장세포에서 1,25(OH)₂D로 합성된 다음, 신장세포 밖으로

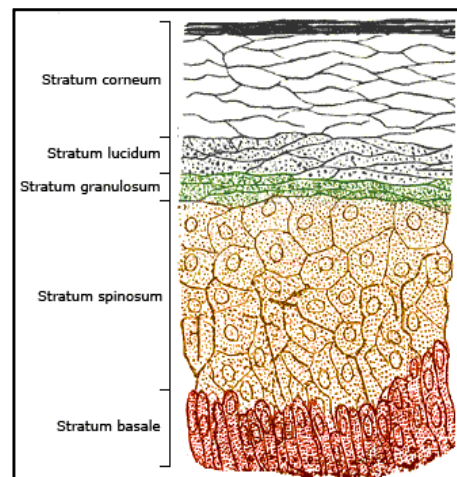


Fig. 3. 비타민 D를 합성하는 피부조직의 구조. 이 그림은 피부조직을 나타내는 그림으로서 그림에서 하부 두 층(점선 표시 부분)을 이루는 부분의 세포들이 비타민 D를 주로 합성한다. 그림에서 세포 핵(동그란 부분)을 포함하는 많은 세포들이 이 피부조직 층들에 존재하는 것을 볼 수 있다. 이 부분의 피부세포들은 cholesterol로부터 만들어진 7-dehydrocholesterol을 vitamin D₃(또는 단순히 비타민 D라고도 할 수도 있으며, cholecalciferol이라고 명명되고 있음)를 만들어서 세포 밖 혈관으로 분비하면 세포 밖으로 분비된 비타민 D는 혈관을 타고 간(liver)으로 가서 신체가 요구하는 비타민 D의 형태로 바뀌게 된다.

로 분비되면 혈관을 통해 온 몸의 각 조직세포에 가서 비타민 D의 생리적 기능 및 대사를 행하게 된다. 신장세포가 합성하는 마지막 단계의 비타민 D의 형태, 즉 1,25(OH)₂D 형태가 되어야 우리 몸의 세포가 활용할 수 있는 비타민 D의 형태라 하여 이를 ‘활성형 비타민 D’ 라고 한다(Fig. 2). Fig. 4와 Fig. 5는 우리 몸이 cholesterol로부터 활성형 비타민 D₃로 만들어질 때까지의 비타민 D 종류를 제시하였으며, 그림의 설명에서 이들에 대해 자세히 설명하였다.

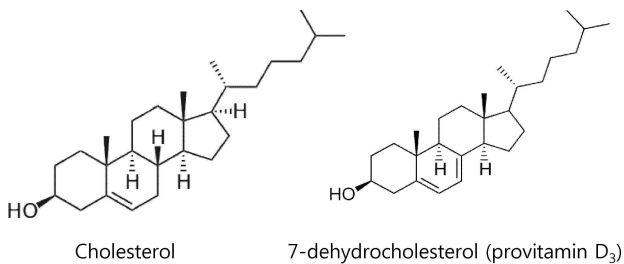


Fig. 4. Cholesterol과 7-dehydrocholesterol (provitamin D₃)의 구조.

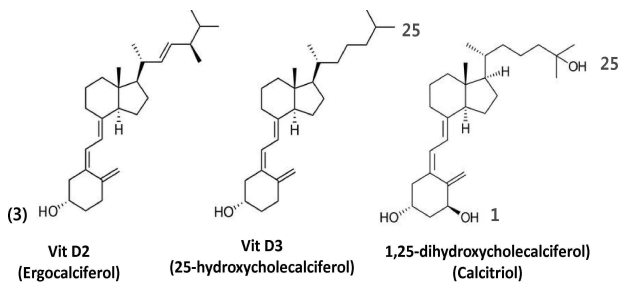


Fig. 5. 비타민 D의 종류들. 피부조직에서 콜레스테롤로부터 만들어지거나 식품으로 들어오는 비타민 D의 형태는 비타민 D₃(cholecalciferol, 중앙 부분의 화합물)이며, 간에서 25번 탄소에 OH(hydroxyl기)를 하나 붙이고, 다시 신장에서 1번 탄소에 OH를 하나 더 붙여서 최종적으로 활성형 1,25-dihydroxycholecalciferol(calcitriol, 활성형 비타민 D)을 만들게 된다. 가끔 버섯 같은 식품에서 섭취할 수 있는 비타민 D₂형도 ‘활성형 비타민 D₃(calcitriol)’로 전환되어 사용될 수 있다.

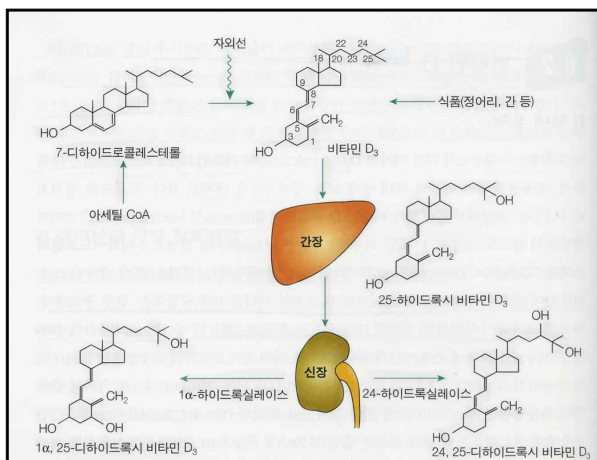


Fig. 6. 체내 비타민 D의 대사과정.

마지막으로 Fig. 6에서 보는 바와 같이 우리 몸은 신체 내에서 콜레스테롤로부터 만들어지거나 식품으로부터 섭취되는 비타민 D₃로 일단 우리 몸에 들어오면 일련의 과정을 거쳐서 비타민 D의 기능을 하게 되므로 햇빛을 많이 받던가, 비타민 D의식이섭취가 부족하지 않도록 신경 쓰는 것이 중요하다고 할 수 있다. 지금까지의 설명을 보면 비타민 D의 합성과정이 얼핏 보면 복잡해 보이나, 근래에 와서 왜 비타민 D가 호르몬으로도 불리는 지에 대한 이해를 돕기 위해서 이에 대해서 좀 더 상세히 부연 설명을 하였다.

호르몬의 정의와 기능

호르몬이란 우리 몸에서 세포에 신호를 전달해서 세포가 이에 대한 반응을 보이도록 하는 일종의 세포신호 전달 물질(messenger molecules for cell signaling)이다. 일반적으로 호르몬은 세포가 만들어서 분비하므로 유전 정보를 가지는 DNA의 염기서열로부터 RNA, 그리고 단백질로 합성되는 과정으로 만들어지는 경우가 대부분 이에 속한다. 호르몬은 일단 신체의 어느 특정 조직세포에서 만들어지면 그 조직세포들이 분비해서 혈관을 통해 이동해서 다른 조직세포로 가서 작동하게 된다. 예를 들어 인슐린의 경우를 생각해 보자. 인슐린은 췌장의 beta-세포에서 만들어져서 분비되어 혈관을 타고 원하는 조직 세포로 이동한다. 이때 근육 세포가 운동을 하기 위해 에너지가 필요하다면, 인슐린이 근육세포에게 세포 신호를 줌으로써 혈액 중의 포도당이 근육세포 안으로 들어가서 에너지를 만들 수 있도록 한다. 이러한 과정을 통해서 인슐린은 혈액 중의 혈당을 조절하는 작용을 하게 된다.

이러한 설명에 근거하면 비타민 D가 비록 단백질은 아니지만 체내의 피부조직, 간조직을 거쳐 최종적으로 신장 세포에서 ‘활성형 비타민 D’가 만들어져 혈관을 통해 몸의 각 필요 조직에 가서 세포에 신호를 주고 이에 대한 세포 기능이 나타나는 과정이 호르몬과 유사하다고 볼 수 있다. 따라서 근래에는 비타민 D를 꼭 영양소 비타민에 국한하지 않고 호르몬으로서도 보는 것이다. 호르몬에 대한 정의와 비타민 D의 입장에서의 설명을 Fig. 7에서도 설명하였다.

비타민 D의 호르몬 기능: 체내세포합성 및 세포신호전달 기능

신체 내 세포에 의한 합성 과정

비타민 D의 체내에서의 합성과정에 대해서는 앞부분에서 이미 충분히 설명을 하였다(위의 비타민 D의 체내 합성 부분 참조 요망). Fig. 8에서는 체내에서 만들어진 활성형 비타민 D가 세포 내로 이동하여 세포 내에서의 기능을

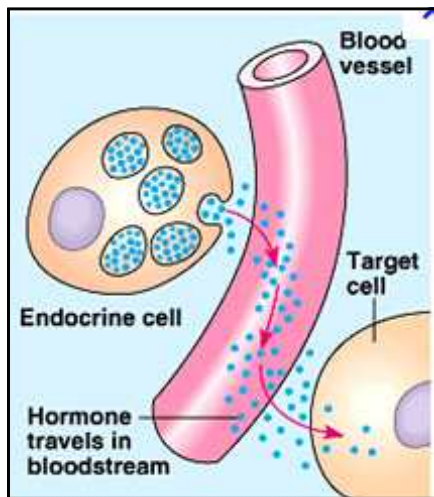


Fig. 7. Hormone and hormonal cell signaling. 호르몬이란 특정한 세포들이 만드는 단백질로서 보통은 세포가 만들어서(endocrin cell) 혈관으로 분비해주면(secretion), 혈관을 타고(hormone travel in blood stream) 특정 목표 세포(target cell: 호르몬이 작동하고자 하는 목표 세포)로 가서 호르몬 세포신호전달(hormonal cell signaling)을 하게 되는 과정이다. 비타민 D는 이러한 호르몬 특성에 부합되는 특성을 가지고 있는데, 즉 최종적으로 신장세포(kidney cells)에서 활성형 1,25(OH)₂ vitamin D(calcitriol) 호르몬 형태로 합성되어서 혈관으로 분비되면, 원하는 세포에 가서 각 기능을 하게 되는 것이다.

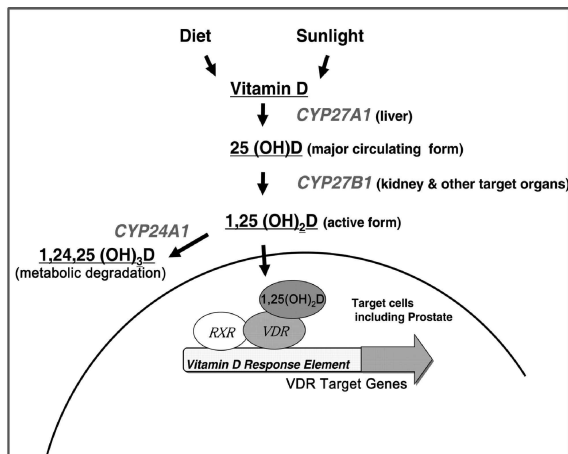


Fig. 8. 비타민 D의 체내 합성 경로와 세포 내로의 이동 및 기능. 식이로부터의 섭취 또는 자외선에 의해서 만들어진 비타민 D는 최종적으로 1,25(OH)₂D 활성형으로 되어 혈관을 타고 운반되다가 필요한 세포 내로 이동하고, 세포 내에서 DNA 상의 특정한 단백질(예를 들면 소화관에서 Ca의 흡수를 도와주는 단백질이 필요한 경우 등) 유전정보부분이 작동하여 뼈의 건강을 증진시키는 단백질의 합성을 도와주게 된다. (출처: Carcinogenesis 2009;30:769-776)

하는 연결과정을 보여주고 있다.

비타민 D의 세포신호전달 기능

혈액 중의 활성형 비타민 D가 세포 내로 이동되고 세포 내에서의 세포신호전달을 어떻게 하는지, 그리고 세포 내

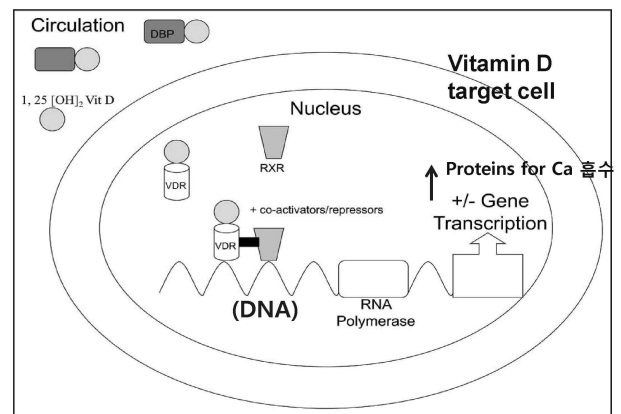


Fig. 9. 비타민 D의 세포 내 이동 및 세포신호전달 기능. 최종적으로 신장세포에서 합성되어 혈액 중으로 분비된 '활성형 비타민 D'(1,25(OH)₂ Vit D)는 혈액 중에 이 비타민을 결합하는 단백질(vitamin D-binding protein, DBP)과 결합하여 세포막을 통과하여 세포 내로 이동하게 된다. 이때 비타민 D가 작동하고자 하는 세포를 호르몬의 정의에 의해서 호르몬의 목적 세포(target cell)라고 할 수 있다. 세포 내의 세포질에는 비타민 D를 감지하는 비타민 D 수용체(vitamin D receptor, VDR) 단백질이 있으며 세포 내로 들어온 비타민 D는 DBP에서 떨어져 이 VDR에 결합하게 된다. 일단 비타민 D가 비타민 D 수용체 단백질과 결합하게 되면 이는 비타민 D의 세포 내에서의 신호전달을 하게 되는데, 즉 DNA 상의 특정한 유전 정보를 가진 부분(나중에 합성될 단백질의 정보를 가지고 있는 DNA 염기서열 부분)에 결합하고, 이러한 결합에 의해서 RNA 합성 및 최종적으로 단백질 합성을 하여 세포 밖으로 내보내게 한다. Circulation, 혈관계; DBP, vitamin D binding protein; 1,25(OH)₂ Vit D, 활성형 비타민 D; nucleus, 세포핵; VDR, vitamin D receptor; RXR, retinoid X receptor; DNA, deoxyribonucleic acid; RNA, ribonucleic acid; RNA polymerase, RNA 중합효소, RNA를 만드는 효소; +/- gene transcription, 유전자 전사(여기서는 mRNA 합성을 뜻함)를 촉진 또는 저해. (출처: Am J Cardiol 2010;106:798-805)

에서 어떻게 기능을 하게 되는지에 대해서 Fig. 9에서 좀더 상세히 설명을 하고자 한다. 신장세포에서 최종적으로 합성된 '활성형 비타민 D'(1,25(OH)₂ Vit D)는 혈액 중으로 분비되면 혈액 중에 이 비타민 D를 결합시키는 단백질(vitamin D-binding protein, DBP)과 결합하여 세포막을 통과하여 세포 내로 이동하게 된다. 이때 비타민 D의 작용을 받게 되는 세포를 호르몬의 정의에 의해서 호르몬 작용의 목적세포(target cell)라고 할 수 있다. 세포 내의 세포질에는 비타민 D를 감지하는 비타민 D 수용체(vitamin D receptor, VDR) 단백질이 있으며, 세포 내로 들어온 비타민 D는 비타민 D 결합 단백질(vitamin D binding protein, DBP)에서 떨어져서 비타민 D 수용체(vitamin D receptor, VDR) 단백질에 결합하게 되고, 일단 비타민 D가 비타민 D 수용체 단백질과 결합하게 되면 이는 비타민 D가 세포 내에서 신호전달을 하게 되는 것으로 볼 수 있다. 즉 DNA 상의 특정한 유전 정보를 가진 부분(나중에 합성될 단백질의 정보를 가지고 있는 DNA 염기서열 부

분)에 결합하고, 이러한 결합에 의해서 RNA 합성 및 최종적으로 단백질 합성을 하여 세포 밖으로 내보내게 한다.

Fig. 9에서 보는 바와 같이, 비타민 D가 뼈 건강에 좋다고 하는 것도 사실은 비타민 D의 세포 내 신호전달 관점에서 보면 비타민 D가 뼈에 칼슘을 많이 축적하기 위해서 소화관에서 Ca의 흡수를 높일 수 있는데, 이를 위해서는 소화관에서 Ca의 흡수를 높일 수 있는 단백질의 유전자를 많이 전사(transcription, mRNA를 만드는 것)시키고, 이에 해당되는 단백질이 많이 만들어져서 소화관으로부터 Ca이 많이 흡수되면 뼈 건강이 증진될 수 있는 것이다.

비타민 D의 뼈 건강 촉진 기전

이제까지 비타민 D의 비타민으로서의 특성과 호르몬이라고 정의될 수 있는 점에서 설명을 하였다. 잠시 복잡해 보였던 이러한 내용들을 떠나서, 우리가 흔히 알고 있는 비타민 D의 뼈 형성 촉진 조절 기능에 대해서 간단히 설명하고자 한다. Fig. 10에서 보면, 비타민 D(‘활성형 비타민 D’ 형태인 $1,25(\text{OH})_2$ vitamin D, calcitriol)는 혈액 중의 Ca 농도를 높일 수가 있으며, 이렇게 높아지는 혈액의 Ca

은 여유분이 뼈로 가서 침착되어 뼈의 칼슘화(calcification 또는 mineralization)를 촉진시켜서 뼈 형성을 도와 줄 수 있다. 그림에서 보면 비타민 D가 혈액 중의 Ca의 농도를 높이는 경우는 두 가지 방법이 있는데 하나는 소장에서의 Ca의 흡수를 높여서 혈액 중에 Ca 농도를 높이는 경우로서, 이 경우 혈액 중의 여분의 Ca이 뼈로 저장되어 뼈의 칼슘화를 촉진시킬 수 있다. 그러나 또 다른 경우의 혈액 중의 Ca 농도를 높이는 경우는 혈액 중의 Ca 농도가 일정 수준 이하로 내려가면 근육 세포나 기타 Ca을 필요로 하는 세포 대사 기능이 방해를 받으므로 이를 방지하기 위해 우리 신체는 일정한 수준의 Ca을 뼈로부터 용출시켜서 혈액의 Ca 수준을 정상으로 유지하려고 한다. 따라서 이러한 경우에는 오히려 뼈의 Ca이 빠져 나와서 뼈가 약해지게 되므로 혈액 중의 Ca 농도 수준이 일정하게 유지될 수 있도록 Ca 섭취에 신경을 써야 한다. 이와 같이 혈액 중의 비타민 D는 양면적인 성격의 기능을 함으로써 혈액 중의 Ca 수준이 저하되지 않는 한은 소화관으로부터 Ca 섭취를 증가시켜 뼈의 칼슘화를 촉진시켜서 뼈 건강을 도와 줄 수 있다.

비타민 D의 호르몬으로서의 새로운 기능들

지금까지의 설명을 정리하면 비타민 D는 식이와 체내 합성으로 우리 몸에 들어와 신장조직에서 최종적으로 활성형 비타민 D의 형태가 되어서 혈액을 통해 운반되어 필요한 조직세포 안으로 들어가서 세포 내 신호전달을 하게 되면, 해당되는 단백질 합성을 촉진시킴으로써 우리 몸의 생리적 기능에 관여한다는 내용으로 정리할 수 있다. 이와 같이 비타민과 호르몬의 특성을 동시에 가지고 있는 비타민 D가 1) 소장 내에서 Ca의 흡수를 도와주는 단백질 합성을 촉진시키고, 2) 조골세포(osteoblast, 골 형성 세포)와 파골세포(osteoclast, 골용해 세포)의 세포 분화와 기능을 조절함으로써 뼈 건강을 촉진시키는 작용 이외에 근래에 와서는 생리적으로 여러 다른 유익한 기능을 가지고 있다는 연구 결과들이 많이 보고되고 있다(Fig. 11).

근래에 보고된 비타민 D의 기능에는 암세포의 증식을 저하시키고, 암세포가 죽는 것을 조절하여 암을 예방하는 항암기능, 면역기능에 관여하는 단백질 합성을 촉진시켜서 염증 및 염증 관련 질병을 예방할 수 있는 기능, 심혈관계 질병을 예방할 수 있는 단백질들의 합성을 촉진시켜서 심혈관계 질병 및 고혈압 예방을 할 수 있는 기능, 그리고 항당뇨병성 기능 등 여러 연구결과들이 보고되고 있다. 이러한 비타민 D의 기능은 호르몬으로서의 역할처럼 세포 내에서 세포가 만드는 단백질 합성을 조절할 수 있는 세포신호전달 기능에 근거한다고 볼 수 있다. 다만 이 총

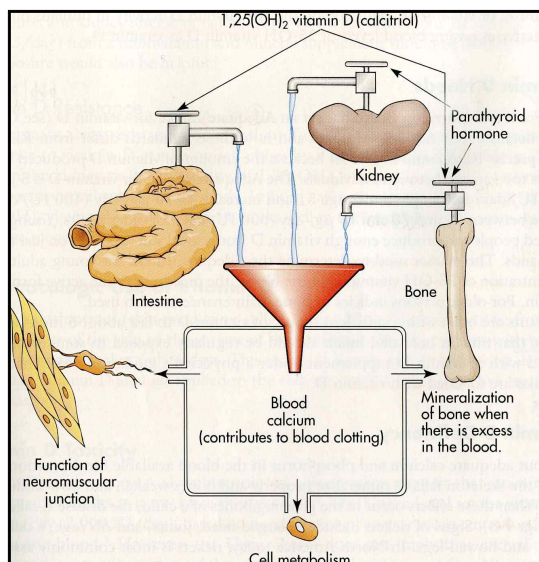


Fig. 10. Vitamin D가 체내에서 뼈 형성을 촉진시키는 기전. 비타민 D는(정확하게 활성형 비타민 D인 $1,25(\text{OH})_2$ vitamin D(calcitriol)) 소장에서의 Ca의 흡수를 높여서 혈액 중에 Ca 농도를 높여서, 혈액 중의 여분의 Ca이 뼈로 저장되어 뼈의 무기질화를 촉진시킴으로써 뼈 건강을 촉진시킬 수 있다. 그러나 혈액 중의 Ca의 농도가 일정 수준 이하로 내려가면 혈액 중의 Ca의 농도를 일정 수준으로 맞추기 위해서 오히려 뼈에 저장되어 있는 Ca을 혈액으로 용출시켜 뼈의 칼슘 침착을 저하시켜 뼈의 무기질화를 저하시키는 이중적인 면을 가지고 있다. 따라서 평소 식이 중으로나 일광을 통한 비타민 D의 합성으로부터의 공급이 충분하게 하면 혈액 중의 Ca 농도를 높여서 뼈의 칼슘화를 촉진시키는 쪽으로 유지할 수가 있다. (출처: Perspectives in Nutrition, 6th edition 2011, McGraw Hill)

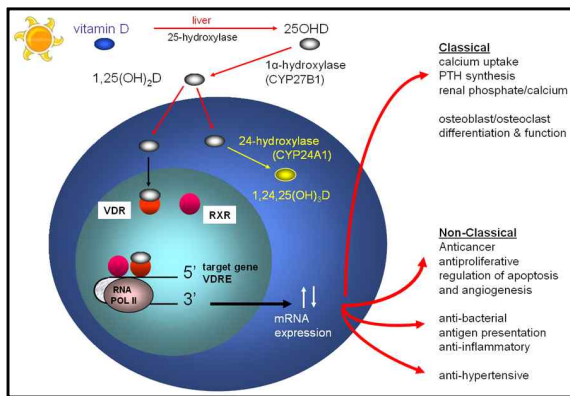


Fig. 11. 비타민 D의 새로운 생리활성적 기능들. 비타민 D는 소장에서의 칼슘의 흡수를 도와주는 단백질을 합성하여 소장의 Ca 흡수를 높이고, 조골세포 분화 등에 관여하는 단백질의 합성을 촉진시킴으로써 뼈 건강을 증진시키는 기능 이외에 (classical 기능) 암세포의 증식을 방해하는 단백질의 합성을 통한 항암기능, 항염증성 기능, 심혈관계 예방 기능 및 항당뇨병성 기능 등에 대한 새로운 기능들(non-classical 기능)이 밝혀지고 있다. (출처: <http://ortho.ucla.edu/body.cfm?id=205>)

설에서는 지면의 제한 상 각각의 질병에 대한 비타민 D의 구체적 예방기능에 대한 설명을 충분히 하지 못하며, 이는 다음 기획의 총설에서 더 많이 논의될 수 있으리라 생각된다.

결 론

지금까지 본 총설에서는 비타민 D가 이제까지의 고유의 기능이었던 뼈 건강 촉진의 기능에 부연하여 비타민 및 호르몬으로서의 정의, 상세한 비타민 D의 체내 합성과정, 호르몬 물질로서의 체내 합성 배경과 세포신호전달의 의미, 그리고 근래 새로이 소개되고 있는 비타민 D의 생리활성 기능에 대해서 설명하였다. 기존의 신체 vital 물질로

만 알고 있었던 비타민 D가 여러 질병들 즉, 암, 면역, 심혈관계 및 당뇨병 예방 및 치료에 대해서도 긍정적인 기능을 가지고 있다는 사실은 비타민 D 고유의 특정 기능이며, 따라서 식이 및 체내 합성을 통해 비타민 D의 기능을 신체가 잘 활용할 수 있도록 하는 것은 좋은 건강 생활 습관으로 볼 수도 있을 것이다.

참고문헌

- Adams JS, Hewison M. 2008. Unexpected actions of vitamin D: new perspectives on the regulation of innate and adaptive immunity. *Nat Clin Pract Endocrinol Metab* 4: 80-90.
- Anderson PH, Atkins GJ. 2008. The skeleton as an intra-organ for vitamin D metabolism. *Molecular Aspects of Medicine* 29: 397-406.
- Artaza JN, Mehrotra R, Norris KC. 2009. Vitamin D and cardiovascular system. *Clin J Am Nephrol* 4: 1515-1522.
- Colston KW. 2008. Vitamin D and breast cancer risk. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* 22: 587-599.
- Dusso AS, Brown AJ, Slatopolsky ES. 2005. Vitamin D. *Am J Physiol Renal Physiol* 289: F8-F28.
- Editorials. 2011. Vitamin D deficiency is not good for you. *Diabetes Care* 34: 1245-1246.
- Grundmann M, Frauke von Versen-Hoynck. 2011. Vitamin D- roles in women's reproductive health? *Reproductive Biology and Endocrinology* 9:146 (e journal. <http://www.rbej.com/content/9/1/146>).
- Holick MF. 2007. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med* 357: 266-281.
- Vitamin D and your health: Breaking old rules, raising new hopes. <http://www.health.harvard.edu/newsweek/vitamin-d-and-your-health.htm>.