

비타민 및 주요 미네랄(1)

저자 **김성철**

약학박사/영남대 임상약학대학원 겸임교수
약학정보원 학술자문위원

개요

우리 몸에는 14종의 비타민을 비롯한 40여종의 필수 영양 인자가 종합적으로 상호 연계되어 생명 활동을 유지시켜주고 있다. 주지하는 바와 같이 비타민이란 신체의 발육, 일상 활동 및 건강 유지에 필요한 미량의 유기물질을 말한다. 비타민은 단백질, 지방, 탄수화물을 생성, 변환, 분해하는데 필수적이며, 정상적인 신체활동을 하거나 각종 감염으로부터 신체를 보호하는 면역 기능에 있어 중요한 역할을 담당한다. 또한 적혈구, 백혈구, 호르몬, 유전물질을 만드는 기본 물질이며, 신경계의 정상적인 활동에도 필요하다. 이러한 비타민 중 어느 한 종류라도 부족하게 되면 전체적인 조화가 깨지게 되는데, 잇몸에 피가 난다든지 하는 전형적인 비타민 결핍증상이 나타나기 훨씬 전부터 이미 종합적인 컨디션 저하 상태에 놓이게 된다.

키워드

비타민 B₁, 비타민 B₂, 비타민 B₃, 비타민 B₅, 비타민 B₆, 비타민 B₉

1. 서론

요즘 현대인들은 스트레스나 다이어트 등으로 인해 각종 비타민이 결핍되어 있는 경우가 많다. 또한 질병 치료에 처방되는 많은 약물들도 우리 인체 내의 주요 비타민을 파괴하거나 작용을 저해하는 것으로 알려지고 있다. 이로 인해 비타민이 부족하게 되면 피로, 권태, 식욕부진 등이 나타나고 반건강인이 되는 것이다. 그러나 어떤 종류의 비타민이 얼마만큼 소모되는지 그 때 그 때 알아내기란 어려운 일이다. 하지만 분명한 것은 여러 가지 비타민이 서서히 조금씩 모자라게 된다는 것이다. 본 고에서는 각종 비타민과 미네랄의 특징을 파악하고, 외부 환경이나 병용약물 등으로 인하여 비타민이 결핍되거나 약효가 감약될 수 있음을 인지하여 여기에 대비한 복약 지도를 실천하도록 해야 하겠다.

2. 비타민 B₁(Thiamine)

비타민 B₁은 "정신적(두뇌) 비타민"으로 알려져 있다. 그것은 비타민 B₁이 신경조직이나 정신 상태에 좋은 영향을 주기 때문이다. 또한 탄수화물 대사에서 transketolase, pyruvate dehydrogenase, α-ketoglutarate dehydrogenase의 보조인자로 작용하며, 수용성이기 때문에 비타민 B군의 다른 비타민과 같이 여분의 양은 체내에 저장되지 않고 모두 배출되어 버리므로 매일 보충할 필요가 있다.

(1) 효능

성장을 촉진시키고 탄수화물의 소화를 돕는다. 또한 정신 상태를 향상시키고 신경 조직, 근육 및 심장이 정상적으로 활동하게끔 한다. 멀미에 효과적이며, 헤르페스나 대상포진의 치료에도 도움을 준다.

(2) 함유 식품

비타민 B₁은 건조효모, 쌀겨, 무정제의 밀, 오트밀, 땅콩, 돼지고기, 모든 야채, 우유 등에 많이 함유되어 있다.

(3) 일일 권장량

성인에 대한 일일권장량(recommended daily allowance, RDA)은 1.2~1.4mg(임신, 수유기에는 1.4mg)이다. 비타민 B군의 하나로서 비타민 B₁은 비타민 B₂, 비타민 B₆과 균형을 이루어 섭취하면 더욱 효과가 있다. 즉, 비타민 B₁ 50mg에 대해 비타민 B₂ 50mg, 비타민 B₆ 50mg의 형태로 복용하여야 한다. 그리고 효과를 높이기 위해 항스트레스 효과를 가진 판토텐산이나 엽산, 비타민 B₁₂과 함께 섭취하면 더욱 좋다.

(4) 요구량이 증가되는 경우

- ① 임신, 구토
- ② 음주
- ③ 베르니케 뇌증(Wernicke encephalopathy): 장기간 정맥 내 영양 공급, 신경성 식욕부진, 장기간 금식, 기아, 영양 결핍상태의 혈액투석환자, 알코올 중독자에서 나타날 수 있다.
- ④ Beriberi Disease(Dry, Wet)
- ⑤ 탄수화물 식이가 많은 사람(흰 쌀밥, 흰 국수 등)
- ⑥ 고온 다습한 장소

(5) 결핍을 초래하는 경우

- ① 방부제(sulfites): Methylene bridge를 파괴하여 효력을 없앤다.
- ② 날 생선 및 조개류: Thiaminase가 함유되어 있어서 비타민 B₁을 파괴한다.
- ③ 카페인, 탄닌산: Thiazole ring을 산화시켜서 효과를 없앤다.
- ④ Quercetin, rutin: 비타민 B₁의 길항제이다.
- ⑤ 제산제, H₂-antagonists, PPIs(proton pump inhibitors), 항콜린제: 비타민 B₁은 산성 조건에서 안정하기 때문에 이러한 약물을 복용하였을 때 불안정해진다.
- ⑥ 에스트로겐(호르몬 대체요법, 경구용 피임제)
- ⑦ ALA(alpha-lipoic acid): 체내의 비타민 B₁을 고갈시킨다.

(6) 결핍 증상

비타민 B₁이 부족하게 되면 pentose phosphate pathway에서 티아민 의존성 효소인 transketolase 등의 결핍이 나타나 뇌에 고농도의 pyruvic acid과 젖산이 축적되기 때문에 신경세포 손상을 초래하게 된다. 또한 에너지 대사장애, 세포막의 활성, 신경전달물질의 농도에 영향을 주기 때문에 신경이 불안정하고, 근육의 무력, 서맥 등이 생긴다. 그 외에도 위산분비 부족, 소화 장애, 만성변비, 체중 감소가 나타날 수 있고, 당뇨병,

신경쇠약, 우울증을 초래하기도 한다. 장기간의 결핍은 각기병, 신장염, 부종을 일으킬 수 있다.

신경세포는 정보 전달을 많이 하기 때문에 다량의 에너지(glucose)가 필요하게 되는데, 비타민 B₁, B₂, B₁₂ 등의 신경 비타민이 부족하게 되면 에너지 고갈로 인하여 눈의 피로, 전신의 나른함, 만성 피로, 권태, 무기력감 및 통증을 야기하게 된다.

(7) 독성

일반적으로 비타민 B와 같은 수용성 비타민은 독성이 없다. 여분은 모두 배출되며 몸의 조직이나 기관 내에 쌓이지 않기 때문이다. 다량 섭취한 경우에 드물게 일어나는 부작용으로는 떨림, 헤르페스, 부종, 신경증, 빈맥, 알러지 등이 있다.

3. 비타민 B₂(Riboflavin, 비타민 G)

비타민 B₂는 장점막 세포에서 FAD(flavin adenine dinucleotide) 상태로 변화하여 산화, 환원반응을 촉진하는 flavoenzyme의 조효소로 사용되며, 수소 운반 역할을 담당한다. 소화 흡수가 쉬우며, 배출되는 양은 인체의 필요에 따라서 변화한다. 다른 비타민 B와 같이 수용성 비타민이기 때문에 인체에 축적되지 않으며 음식 또는 영양제를 통해 항상 보충하지 않으면 안 된다. 비타민 B₁과는 달리, 비타민 B₂는 열과 산에 강하다.

(1) 효능

성장과 세포의 재생을 돕기 때문에 건강한 피부, 손톱, 발톱, 머리털을 만들어주며, 구강내, 입술, 혀의 염증을 방지한다. 시력을 증진시키고, 눈의 피로를 경감시켜 준다. 다른 물질과 같이 작용함으로써 탄수화물, 지방, 단백질의 대사에도 관여한다.

(2) 함유 식품

우유, 간, 신장, 양조 이스트(맥주효모), 치즈, 녹황색 야채, 물고기, 달걀 등에 많이 함유되어 있다.

(3) 일일 권장량

성인에게 하루 필요한 양은 1.2~1.6mg이다. 대부분의 비타민 B군과 같이 다른 비타민 B군과 균형을 이루면서 섭취하면 가장 효과적이다. 임신, 수유기, 스트레스가 쌓일 경우 이보다 필요량이 증가한다.

(4) 결핍을 초래하는 경우

- ① 알코올
- ② 여성호르몬제
- ③ 항생제(특히 설파제)
- ④ 광선(특히 자외선)과 알칼리는 비타민 B₂를 파괴한다. 우유는 투명한 유리병에 보관할 때 비타민 B₂가 파괴된다.
- ⑤ 조리 중에 사용하는 물에 의해서도 비타민 B₂는 유실될 수 있다.
- ⑥ 궤양이나 당뇨병 때문에 엄격한 식사요법을 오래 계속하고 있는 사람은 비타민 B₂가 부족되어 있기 쉽다.
- ⑦ 모든 스트레스 상태는 비타민 B 복합체의 필요량을 증가시킨다.

(5) 결핍 증상

비타민 B₂ 결핍으로 구강, 입술, 피부, 생식기 부위의 염증, 기능장애 등이 유발된다.

(6) 독성

알려진 독성은 없다. 과다 섭취한 경우에 나타나는 증상으로 생각할 수 있는 것은 가려움, 마비, 통증 등이 있다.

4. 비타민 B₃(Niacin, Niacinamide, Nicotinic acid)

비타민 B₃는 수용성인 비타민 B군의 하나로, 체내에서 필수 아미노산인 트립토판으로부터 합성된다. 비타민 B₃는 에너지대사와 신경전달에 관여하며, 주 생리 작용은 NAD(nicotinamide adenine dinucleotide)와 NADP(nicotinamide adenine dinucleotide phosphate) 상태로 산화, 환원반응을 촉매하는 dehydrogenase의 조효소로 사용되며 수소를 운반하는 역할을 한다. 또한 glycolysis, gluconeogenesis, fatty acid synthesis & degradation에 관여하며, 건강한 피부와 소화관 및 신경시스템을 적절하게 기능화하는데 필요하다. 또한 지방대사에도 관여(저밀도콜레스테롤과 중성지방치 감소, 고밀도콜레스테롤 증가)한다.

비타민 B₃는 성인의 경우 하루 15mg만 섭취하면 결핍증에 걸리지 않는다. 그러나 비타민 B₃는 다른 비타민과는 달리 약리 작용과 부작용이 매우 뚜렷하여 개성이 매우 강한 비타민이다. 비타민 B₃는 혈관 확장 작용이 매우 강해서 많은 사람들이 부작용으로 얼굴이 화끈거리고(flush) 열이 나며 다리가 부어 오르고 소양증이 나타나는 것을 경험하게 된다. Niacinamide의 경우 이러한 홍조의 부작용이 적기 때문에 일반적인 제품에 가장 많이 사용된다. Niacin이나 Nicotinic acid의 경우에도 만복 시에 복용하거나 같은 양의 이노시톨을 함께 복용하면 어느 정도 홍조의 부작용을 막을 수 있다.

(1) 효능

- ① 소화기계의 건강을 촉진시켜서 위장장애를 회복시키며 심한 설사를 완화시킨다.
- ② 심한 편두통을 방지하거나 통증을 사라지게 한다.
- ③ 혈액순환을 촉진시켜 혈압을 강하시킨다.
- ④ 콜레스테롤을 감소시켜 준다.
- ⑤ 구강 및 입술의 염증을 치료하여 구취를 방지해 주는 경우도 많다.
- ⑥ 메니에르 증후군의 불편한 증상을 없애 준다.
- ⑦ 음식을 몸이 다 소비하게끔 에너지를 증가시켜 준다.
- ⑧ 건강한 피부를 만들어 준다.
- ⑨ 에스트로겐, 황체 호르몬, 테스토스테론 등의 성호르몬 합성에 불가결한 성분이다.
- ⑩ 신경계통의 건강 유지와 뇌의 정상기능에 필요하다.

(2) 용법 및 용량

비타민 B₃를 지질저하 목적으로 복용할 때는 하루 500mg부터 시작하여 서서히 6주간에 걸쳐 하루 2~3g

까지 증량하도록 되어 있으나 최근에는 하루 100mg부터 시작하는 방법도 추천되고 있다. 복용시간은 식사 중이나 식사 직후에 복용하며 복용 30분 전에 아스피린(325mg)을 복용하면 부작용을 예방할 수 있다.

(3) 함유 식품

간, 빨간 고기, 무정제 소맥 제품, 맥주 효모, 콩팥, 소맥 배아, 물고기, 달걀, 쥘 피너츠, 가금류의 흰살, 아보카도, 대추야자, 딸기 등에 많이 함유되어 있다.

(4) 일일 권장량

성인에 대한 일일 권장섭취량은 12~18mg이다. 단일제의 경우 보통 500~1,000mg의 정제나 분말 형태로 시판되고 있으며, 양질의 비타민 B 복합제나 멀티비타민에는 보통 50~100mg의 비타민 B₃가 함유되어 있다.

(5) 결핍을 초래하는 경우

- ① 습기
- ② 설파제
- ③ 알코올
- ④ 수면제
- ⑤ 에스트로겐



(6) 결핍 증상

가벼운 결핍시에는 설태, 구내염, 초조감, 신경과민, 피부염, 설사, 건망증, 불면, 만성두통, 소화장애, 빈혈 등이 나타난다. 중증 결핍시에는 펠라그라병(Pellagra disease, 피부병의 일종), 신경쇠약, 신경장애, 무력증이 생기게 된다.

(7) 독성

홍조를 비롯하여 피부 반응이 민감한 사람은 떨림이나 가려움증을 느낄 수 있다. 또한 대량(하루 3g이상)으로 복용할 경우 통풍이나 간독성의 위험이 있다.

5. 비타민 B₅(Pantothenic acid)

비타민 B₅는 수용성의 비타민 B군의 일종으로 장내균에 의해 체내에서 합성된다. Coenzyme A와 ACP(acyl carrier protein)의 구성성분이며, 스테로이드 합성, gluconeogenesis, 에너지 생산, 헴(heme)의 합성 등에 필수 불가결한 비타민이다. 또한 세포의 형성, 정상적인 성장, 중추신경 계통의 발달에 관여하며 부신이 정상적인 기능을 발휘하도록 돕고, 지방이나 당분을 에너지로 바꾸는데 필수적인 작용을 한다.

(1) 효능

항체를 형성함으로써 각종 감염증을 방어하고 상처 치유가 빨리 진행되도록 돕는다. 또한 수술 후의 쇼크 상태를 치료한다.

(2) 함유 식품

고기, 무정제 곡류, 소맥 배아, 겨, 콩팥, 간, 염통, 녹색잎 야채, 맥주 효모, 닭고기, 당밀 등에 많이 함유되어 있다.

(3) 일일 권장량

성인의 일일 권장 섭취량은 10mg이고, 일반적으로 비타민 B 복합제 중에는 10~100mg의 비타민 B₅가 함유되어 있는 것이 가장 일반적인 처방이다.

(4) 결핍을 초래하는 경우

- ① 카페인
- ② 설파제
- ③ 수면제
- ④ 에스트로겐
- ⑤ 알코올

(5) 결핍 증상

저혈당증, 십이지장궤양, 혈액 및 피부 장애가 생기게 된다.

(6) 독성

알려진 독성은 없다.

6. 비타민 B₆(Pyridoxine/Pyridoxal/Pyridoxamine)

비타민 B₆는 단일 물질을 의미하는 것이 아니라 대사와 기능에 관련된 pyridine 구조에 따라 pyridoxine, pyridoxal, pyridoxamine으로 구성된 것으로 체내에서 상호 변형이 가능하며 생물학적 활성의 차이는 없다. 안전성은 pyridoxine이 가장 크다. 비타민 B₆는 아미노산 대사에 필수적이고 적혈구 형성에 보조역할을 하며 신경전달계의 기능을 돕는다.

(1) 효능

- ① 항체, 적혈구를 만드는 데 반드시 필요한 성분이다.
- ② 단백질과 지방질의 적절한 흡수를 돕는다.
- ③ 필수 아미노산인 트립토판의 나이아신(비타민 B₃)으로의 전환을 돕는다.
- ④ 각종 신경 및 피부 질환을 예방한다.
- ⑤ 구토증을 가라앉게 한다.
- ⑥ 노화를 방지하는 핵산의 합성을 촉진한다.
- ⑦ 야간의 근육 경련, 다리 경련, 팔의 마비 등 팔다리의 신경염을 억제한다.
- ⑧ 이뇨 작용을 촉진한다.

(2) 함유 식품

맥주 효모, 밀기울, 소맥 배아, 간, 염통, 멜론, 캐비지, 폐 당밀(원료에서 설탕을 추출하고 남은 당밀), 우유, 달걀, 쇠고기 등에 많이 함유되어 있다.

(3) 일일 권장량

성인의 일일 권장 섭취량은 1.6~2.0mg 정도이며 임신 중이거나 수유 중의 여성은 더 많은 양을 섭취하는 것이 바람직하다. 보통 150~500mg을 함유하고 있는 제품이 시판되고 있으며, 비타민 B₆는 비타민 B₁, 비타민 B₂와 균형을 이루어 섭취하면 더욱 효과가 있다.

(4) 결핍을 초래하는 경우

- ① 결핵약(INAH, cycloserine)
- ② 알코올
- ③ 여성호르몬제
- ④ D-penicillamine
- ⑤ Hydralazine

(5) 결핍 증상

빈혈증, 지루성 피부염, 설염 등이 생기고, 신경증, 불면증, 초조감, 근육 통제력 상실, 편두통 등을 유발한다. 또한 혈중 호모시스테인 수치가 상승하여 심혈관질환 발생 위험이 증가한다.

(6) 독성

특별한 독성은 없으나, 비타민 B₆의 과다 섭취로 손, 발의 감각저하나 보행의 어려움 같은 신경독성이또는 광과민증이 발생할 수 있다. 또한 비타민 B₆는 DOPA에서 dopamine으로 변환하는 것을 촉진하여 DOPA의 고갈을 초래할 수 있으므로 파킨슨씨병 환자 또는 L-DOPA 복용환자는 주의하여야 한다.

7. 비타민 B₉(Folic acid)

비타민 B₉는 수용성이며, 비타민 B군의 하나이다. 적혈구를 만드는 데 필요하며, 단백질 및 당의 대사를 돕는다. 또한 핵산(RNA 및 DNA)의 생산과 인체를 구성하는 세포의 증식에도 중요한 역할을 한다.

(1) 효능

- ① 알츠하이머병과 만성질환증후군에 사용한다.
- ② 체장암, 식도암, 자궁암, 대장암, 위암의 위험을 낮추는 것과 연관 되어있음이 보고되었다.
- ③ 젖의 분비를 촉진시킨다.
- ④ 장내의 기생충이나 식중독을 예방한다.
- ⑤ 보다 더 건강한 피부를 만든다.
- ⑥ 진통제로서 작용한다.

- ⑦ 비타민 B₅ 및 PABA(para-aminobenzoic acid)와 함께 섭취하면 백발을 방지한다.
- ⑧ 쇠약할 때(건강상태가 나쁠 때) 식욕을 증진시켜 준다.
- ⑨ 입안 점막의 궤양을 막아 준다.
- ⑩ 빈혈을 예방해 준다.

(2) 함유 식품

짙은 녹색 야채, 인삼, 쇠간, 노른자, 칸탈루프 멜론, 살구, 호박, 아보카도, 콩류, 무정제 소맥, 검은 라이맥 분 등에 많이 함유되어 있다.

(3) 일일 권장량

성인에 대한 일일 권장 섭취량은 400mcg이며, 임신, 수유기 여성의 경우 1.5~2배의 양을 섭취해야 한다. 시판되는 제품으로 400mcg의 엽산이 들어있는 비타민 B 콤플렉스도 있으나 보통의 비타민 B 콤플렉스에는 100mcg이 들어 있다.

(4) 결핍을 초래하는 경우

- ① 기생충 감염
- ② 알코올 중독자
- ③ 고령자
- ④ 무리한 다이어트를 하는 사람
- ⑤ 여성호르몬제
- ⑥ Topiramate
- ⑦ Aminosalicilyc acid
- ⑧ Dihydrofolate 환원효소 저해제(methotrexate, trimethoprim 등)
- ⑨ Phenytoin 등의 항전간제
- ⑩ Sulfasalazine 등 설파제
- ⑪ Cholestyramine
- ⑫ 습기
- ⑬ 태양 광선

(5) 결핍 증상

엽산의 결핍은 태아에게 언청이, 사지기형, 심장기형 발생의 위험성을 증가시킬 뿐만 아니라, 임신시 영양성 거대적아성 빈혈, 심한 피부질환, 탈모, 순환장애, 회갈색의 색소침착, 피로, 우울증, 습관성 유산과 같은 생식기 장애, 난산 등이 나타날 수 있다.

(6) 독성

독성은 발견되지 않았으나 부작용으로 알레르기성 피부염이 나타날 수 있다.

약사 Point

1) 비타민제 보충을 고려해야 하는 경우

- ① 음식 섭취량이 불충분한 경우(노인, 다이어트를 자주 하는 사람)
- ② 영양 요구량이 증가하는 경우(임신, 수유)
- ③ 대사 요구량이 증가하는 경우(수술, 외상, 골절)
- ④ 소화 장애 또는 흡수 장애(간질환, 위장관 질환, 설사)
- ⑤ 약물·영양소 상호 작용(체중 변화, 전해질 불균형)
- ⑥ 의학적 치료와의 상호 작용(항암 요법, 방사선 치료)
- ⑦ 의학적 치료 목적(나이아신 등)
- ⑧ 질병의 1차 예방(엽산, 비타민 E 등)

2) 각각의 비타민제는 결핍을 초래하는 약물과 음식이 존재하므로 복약지도 시에 주의를 기울여야 한다.

■ 참고문헌 ■

- 1) Bailit JL: Hyperemesis gravidarum: Epidemiologic findings from a large cohort. AmJObstetGynecol193:811-814,2005
- 2) Hill JB, Yost NP, Wendel GD Jr.: Acute renal failure in association with severe hyperemesis gravidarum. ObstetGynecol100:1119-1121,2002
- 3) Soyannwo MA, Armstrong MJ, McGeown MG: Survival of the foetus in a patient in acute renal failure. Lancet2:1009-1011,1966
- 4) Chatwani A, Schwartz R: A severe case of hyperemesis gravidarum. AmJObstetGynecol143:964-965, ¶1982
- 5) Chiossi G, Neri I, Cavazzuti M, Basso G, Facchinetti F: Hyperemesis gravidarum complicated by Wernicke encephalopathy: background, case report, and review of the literature. ObstetGynecolSurv61:255-268,2006
- 6) Selitsky T, Chandra P, Schiavello HJ: Wernicke's encephalopathy with hyperemesis and ketoacidosis. ObstetGynecol107:486-490,2006
- 7) Russell RM: Vitamin and trace mineral deficiency and excess: Harrisons Principles of Internal Medicine. 16thed.NewYork,NY:McGrow-HillBookCo403-411,2005
- 8) Reuler JB, Girard DE, Cooney TG: Current concepts.Wernicke's encephalopathy. NEnglJMed312:1035-1039,1985
- 9) Goodwin TM: Hyperemesis gravidarum. ClinObstetGynecol41:597-605,1998
- 10) Zubaran C, Fernandes JG, Rodnight R: Wernicke-Korsakoff syndrome. PostgradMedJ73:27-31,1997
- 11) Davis RE, Icke GC: Clinical chemistry of thiamin. AdvClinChem23:93-140,1983
- 12) White ML, Zhang Y, Andrew LG, Hadley WL: MR imaging with diffusion-weighted imaging in acute and chronic Wernicke's encephalopathy. AJNRAMJNeuroradiol26:2306-2310,2005
- 13) Yamazaki M (1968), Studies on the absorption of S-benzoylthiamine O-monophosphate : (I) Metabolism in tissue homogenates. Vitamins 38 (1) 12-20.

14. M.L. Volvert, S. Seyen, M. Piette, B. Evrard, M. Gangolf, J.C. Plumier and L. Bettendorff (2008) Benfotiamine, a synthetic S-acyl thiamine derivative, has different mechanisms of action and a different pharmacological profile than lipid-soluble thiamine disulfide derivatives. *BMC Pharmacology* 8: 10.
- 15) Reducing Glycation Reactions for Better Health and Longer Life
- 16) J Lin, A Alt, J Liersch, RG Bretzel, M Brownlee (2000 May). "Benfotiamine Inhibits Intracellular Formation of Advanced Glycation End Products in vivo". *Diabetes* 49(Suppl1)(A143).
- 17) Hammes HP, Du X, Edelstein D, Taguchi T, Matsumura T, Ju Q, Lin J, Bierhaus A, Nawroth P, Hannak D, Neumaier M, Bergfeld R, Giardino I, Brownlee M (2003) Benfotiamine blocks three major pathways of hyperglycemic damage and prevents experimental diabetic retinopathy. *Nat Med* 9(3):294-299
- 18) Stirban A, Negrean M, Stratmann B, et al. (2007). "Adiponectin decreases postprandially following a heat-processed meal in individuals with type 2 diabetes: an effect prevented by benfotiamine and cooking method". *Diabetes Care* 30(10):2514-6.
- 19) tracke H, Hammes HP, Werkmann D, et al. (2001). "Efficacy of benfotiamine versus thiamine on function and glycation products of peripheral nerves in diabetic rats". *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes* 109(6):330-6.
- 20) Stirban A, Negrean M, Stratmann B, et al. (2006). "Benfotiamine prevents macro- and microvascular endothelial dysfunction and oxidative stress following a meal rich in advanced glycation end products in individuals with type 2 diabetes". *Diabetes Care* 29(9):2064-71.
- 21) Babaei-Jadidi R, Karachalias N, Ahmed N, Battah S, Thornalley PJ (2003). "Prevention of incipient diabetic nephropathy by high-dose thiamine and benfotiamine". *Diabetes* 52(8):2110-20.
- 22) 비타민과 미네랄 기본교재 : 김성철 강의 자료
- 23) 약국 경영을 위한 실전 복약지도 : 김성철 저(2007)
- 24) 비타민 결핍을 초래하는 약물 : 김성철 강의 자료(2012)