

AS VITAMINAS DO COMPLEXO B



VITAMINA B

As vitaminas são substâncias muito importantes para o desempenho das funções corporais. O complexo B é formado por várias vitaminas que coexistem em alguns alimentos e que se complementam para fazer a manutenção da saúde. As vitaminas que fazem parte do complexo são a B₁ (Tiamina), B₂ (Riboflavina), B₃ (Niacina), B₅ (Ácido Pantotênico), B₆ (Piridoxina), B₇ (Biotina), B₉ (Ácido Fólico) e B₁₂ (Cobalamina).

AS VITAMINAS

As vitaminas são compostos orgânicos presentes nos alimentos, essenciais para o funcionamento normal do metabolismo. Atuam na transformação de energia, mesmo que não sejam fontes, agem em diferentes sistemas e auxiliam nas respostas imunológicas do organismo, protegendo-o.

A palavra vitamina é derivada da combinação das palavras: *vital* e *amina*, e foi concebida pelo químico polonês Casimir Funk, em 1912, que isolou a vitamina B₁, ou a tiamina, do arroz. Isso determinou uma das vitaminas que prevenia o Beribéri, doença deficitária marcada por inflamações, lesões degenerativas dos nervos, sistema digestivo e coração.

As vitaminas são moléculas orgânicas (contendo carbono) que funcionam principalmente como catalisadores para reações dentro do organismo. Um catalisador é uma substância que permite que uma reação química ocorra usando menos energia e menos tempo do que levaria em condições normais. Se esses catalisadores estiverem faltando, como na carência de vitaminas, as funções normais do organismo podem entrar em colapso, deixando o organismo suscetível a doenças.

As vitaminas são tanto solúveis em gordura como em água. As solúveis em gordura são as vitaminas A, D, E e K. Essas vitaminas se acumulam dentro da gordura armazenada no organismo e dentro do fígado. As vitaminas solúveis em água incluem a vitamina C e as vitaminas B, ambas armazenadas no fígado.

A carência de vitaminas no organismo, chamada hipovitaminose ou avitaminose, é responsável pelo surgimento de doenças. Para o organismo não sofrer nenhuma carência de vitaminas, é recomendado fazer uso diário de alimentos como frutas, legumes, verduras, carnes, ovo, leite e grãos.

A classificação das vitaminas é feita apenas por sua solubilidade e não pelas funções que exercem. Cada uma é responsável por uma ou mais funções específicas, independentemente do grupo a que pertencem. As principais vitaminas são: A, B, C, D, E e K.

O COMPLEXO B

À medida que progrediam os estudos sobre as vitaminas, ficou evidente que todo o grupo de substâncias, provenientes da mesma fonte - os levedos - e solúveis em água, deveria ser classificado junto à vitamina B. Assim nasceu a denominação de complexo vitamínico B. A experiência clínica demonstrou que as manifestações de doenças por carência de uma vitamina do complexo B podem ser curadas mais eficazmente se forem administrados, além da vitamina em déficit, outros componentes do complexo. As melhoras resultantes seriam devidas a uma “ação do complexo” mais completa do que a soma das ações individuais realizadas por cada uma das vitaminas.

Algumas das vitaminas do complexo foram designadas com números que seguiam a letra (B₁, B₂, B₃, etc.), porém na maioria dos casos receberam nomes especiais. As vitaminas do complexo B são um grupo de oito vitaminas: tiamina (B₁), riboflavina (B₂), niacina (B₃), ácido pantotênico (B₅), piri-

doxina (B₆), biotina (B₇), ácido fólico (B₉), cianocobalamina (B₁₂). Estas vitaminas são essenciais para a decomposição química de carboidratos em glicose, fornecendo energia para o organismo; para a decomposição química das gorduras e proteínas, ajudando no funcionamento normal do sistema nervoso; e para o tônus muscular no estômago e no trato intestinal; além de serem benéficas para a pele, cabelos, olhos, boca e fígado.

As vitaminas do complexo B são encontradas no levedo de cerveja, fígado, grãos de cereais integrais, arroz, nozes, leite, ovos, carnes, peixe, frutas, hortaliças verdes e muitos outros alimentos.

A Tabela abaixo apresenta algumas fontes alimentares de vitaminas do complexo B.

ALIMENTOS RICOS EM VITAMINAS B

VITAMINA	FONTES
Tiamina (B ₁)	Cereal, pão, carne, arroz, levedura, milho, nozes.
Riboflavina (B ₂)	Grãos, leite, carne, ovos, queijo, ervilhas.
Niacina (B ₃)	Carne, leite, ovos, peixe, legumes, batatas.
Piridoxina (B ₆)	Carnes orgânicas, arroz integral, peixe, manteiga, soja.
Ácido fólico (B ₉)	Levedo, fígado, hortaliças verdes, grãos de cereais integrais.
Ácido pantotênico	Carnes, legumes, grãos de cereais integrais.
Biotina	Bife de fígado, gema de ovo, levedo de cerveja, cogumelos.
B ₁₂	Fígado, carne, ovos, aves domésticas, leite.

VITAMINA B₁ - TIAMINA

Como já mencionado, a tiamina foi a primeira vitamina a ter sua estrutura química determinada, razão pela qual é chamada de vitamina B₁. Em 1911, o químico polonês Casimir Funk identificou no farelo de arroz um fator “antiberibéri” capaz de corrigir a doença em animais e seres humanos. Como a substância era uma amina considerada essencial à vida, foi denominada de “*vital amin*”, que acabou sendo abreviada para “vitamina”, apesar de se descobrir, posteriormente, que a maioria das substâncias conhecidas como vitaminas não são aminas. Em 1926, sua forma cristalina foi isolada e, em 1936, a estrutura química da tiamina foi elucidada.

Inicialmente, essa vitamina foi chamada de aneurina ou vitamina antineurítica. Seguiram-se inúmeros estudos nos quais a tiamina teve sua função metabólica definida como coenzima.

A tiamina é formada pela ligação de metileno entre uma molécula de pirimidina substituída e um anel tiazol. A forma fisiologicamente ativa é a tiamina pirofosfato (TPP), coenzima que atua como uma co-carboxilase na descarboxilação oxidativa de alfacetoácidos, como o piruvato e o alfacetoglutarato. Participa também nas reações da transcetolase na via da pentose fosfato, fornecendo ribose para a síntese de nucleotídeos e ácidos nucleicos. Tem papel na síntese de ácidos graxos, por

promover a redução da nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH). Há evidências que a TPP e a tiamina trifosfato (TT) participam da transmissão do impulso nervoso.

Em alimentos, a tiamina pode ser encontrada na forma fosforilada (produtos de origem animal) ou livre (produtos de origem vegetal). Durante o processo de absorção, a tiamina livre é fosforilada à TPP pela tiamina pirofosfoquinase, enzima presente na mucosa intestinal. No ambiente intracelular, a TPP é defosforilada por fosfatases microsossomais. No plasma, a tiamina encontra-se como monofosfato de tiamina (60%) e o restante na sua forma livre, que pode ser rapidamente fosforilada no fígado. Todos os tecidos captam as formas livres ou fosforiladas e são capazes de transformá-las em di e trifosfato de tiamina, pela ação da pirofosfoquinase. No cérebro e em outros tecidos nervosos, parte da tiamina é fosforilada à TPP pela tiamina fosforiltransferase.

A tiamina dos alimentos pode ser absorvida na sua forma livre ou como fosfato de tiamina, pela ação das fosfatases intestinais. A absorção ocorre principalmente no duodeno, mas também no jejuno e em menor proporção no íleo. Quando a oferta é baixa, a tiamina é absorvida por transporte ativo saturável, dependente da adenosina trifosfatase, dependente de sódio, enzima presente na membrana basolateral do endotélio vascular.

Alguns estudos têm demonstrado que o conteúdo de fibras dietéticas e os compostos fenólicos presentes nos alimentos interferem na biodisponibilidade da tiamina. A deficiência pode não ser atribuída à carência alimentar, sendo secundária à infecção pelo fungo *Penicillium citreonigrum*, que libera a toxina citreoviridina, inibindo sua absorção da vitamina. Outras enzimas, encontradas em peixes de rio, também podem causar deficiência de tiamina. Existem vários derivados sintéticos da tiamina, inclusive com características lipossolúveis, que apresentam melhor absorção que a forma hidrossolúvel.

Estima-se que o conteúdo total de tiamina no corpo humano seja de 30mg, estando pouco armazenada no organismo, especialmente no coração, rins, fígado e cérebro.



Diariamente, cerca de 1mg é degradada nos tecidos; no organismo, a tiamina tem meia-vida de 9 a 18 dias. Em altas temperaturas, o suor pode conter de 30 a 56nmol de tiamina/L, representando uma perda significativa da vitamina. Quantidades excedentes de tiamina e seus metabólitos são excretadas na urina, além de pequenas quantidades na bile. O tioromo é o principal produto de excreção urinária, além de pequena quantidade de vitamina livre, as formas mono e difosfato, a tiamina

dissulfito e cerca de 20 outros metabólitos.

A tiamina é encontrada em quantidades relativamente pequenas em uma ampla variedade de alimentos. São consideradas fontes ricas de tiamina nas leveduras, no farelo de trigo, nos cereais integrais e nas castanhas. Hortaliças, frutas, ovos, carne de frango, carneiro e boi são fontes intermediárias, enquanto o leite contém quantidades relativamente baixas de tiamina. Por se tratar de uma vitamina hidrossolúvel, o processo de cozimento determina perda de cerca de 80% do conteúdo de tiamina dos alimentos.

Atualmente, a deficiência primária de tiamina é rara, embora possa ser encontrada em populações cuja alimentação é rica em carboidratos. Quadros de deficiência ocorrem em alcoolistas, pacientes submetidos à nutrição parenteral, portadores de má absorção intestinal (incluindo as cirurgias bariátricas disabsortivas) e indivíduos sob tratamento dialítico.

VITAMINA B₁ - TIAMINA

Benefícios à saúde - Mantém o sistema nervoso e circulatório em bom funcionamento. Previne o envelhecimento, melhora a função cerebral, combate a depressão e a fadiga.

Fontes - É abundante em vegetais de folhas (alface romana, espinafre), berinjela, cogumelos, grãos de cereais integrais, feijão, nozes, atum, carne bovina e de aves.

Deficiência - Pessoas com deficiência de vitamina B₁ apresentam inapetência, baixa aceitação da dieta e consequente perda de peso, confusão mental e fraqueza muscular. Em casos mais grave pode haver comprometimento do coração.

VITAMINA B₂ - RIBOFLAVINA

A riboflavina foi isolada do soro de leite em 1879, recebendo o nome de lactocromo. Posteriormente, a vitamina foi isolada em diferentes alimentos ou substâncias, sendo chamada de lactoflavina, ovoflavina, hepatoflavina, verdoflavina, uroflavina e vitamina G. Atualmente, é conhecida como vitamina B₂, ou riboflavina, nome atribuído à cor amarela do grupo flavínico (do latim *flavus*, “amarelo”) e devido à presença de ribose em sua estrutura.

A forma fosforilada da riboflavina foi identificada no extrato de levedura, em 1932. Sua estrutura química foi elucidada em 1933, e sua síntese foi feita em 1935. A estrutura da forma fosforilada riboflavina-mononucleótido (FMN) foi identificada em 1937. No ano seguinte, pesquisadores isolaram e caracterizaram a riboflavina-adenina dinucleótido adenino da flavina (FAD) e demonstraram a sua participação como coenzima.

A partir dessa época, seguiram-se inúmeros experimentos em animais de laboratórios, tanto para elucidar os efeitos da fortificação de alimentos com riboflavina como para verificar as manifestações clínicas da deficiência dessa vitamina. A determinação das necessidades nutricionais e a biodisponibilidade da riboflavina foi avaliada entre 1940 e 1960. O teste da atividade da glutatona redutase para avaliação dos níveis de riboflavina foi proposto em 1968, sendo utilizado desde então.

A riboflavina é formada por um anel isoaloxazina com uma cadeia ribitol, denominada 7,8 dimetil-10-isoaloxazina. Na natureza, a riboflavina é encontrada na forma livre, como FMN e FAD. Em tecidos biológicos, é encontrada principalmente como FAD, em menor extensão como FMN e como grupos prostéticos de flavoproteínas responsáveis por processos de óxido-redução.

As formas fisiologicamente ativas, FAD e FMN, têm papel vital no metabolismo como coenzimas para uma grande variedade de flavoproteínas respiratórias, algumas das quais contendo metais (como a xantina oxidase). A riboflavina atua como cofator redox no metabolismo gerador de energia, sendo essencial para a formação dos eritrócitos, a neoglicogênese e na regulação das enzimas tireoideanas.

Com exceção de leite e ovos, que contém grandes quantidades de riboflavina livre, a maior parte da vitamina presente nos alimentos encontra-se sob a forma de FMN e FAD ligada a proteínas.

A hidrólise feita pelo suco gástrico libera a riboflavina e a absorção ocorre principalmente no jejuno. O mecanismo é pouco conhecido, mas aparentemente a absorção depende



do número de transportadores no epitélio intestinal ou da variação da atividade desses transportadores, regulados pela disponibilidade corporal da vitamina. Embora pouco absorvida, a riboflavina pode ser produzida pela flora bacteriana do intestino grosso.

Grande parte da riboflavina absorvida é fosforilada na mucosa intestinal pela flavoquinase e entra na circulação sanguínea como riboflavina fosfato. No plasma sanguíneo, liga-se de

forma inespecífica a proteínas, como albumina e algumas imunoglobulinas, além da ligação específica às proteínas transportadoras de riboflavina, especialmente durante a gestação. A concentração sanguínea total é de cerca de 0,03 uM, estando na forma de riboflavina livre (50%), FAD (40%) e em menor concentração como FMN (10%).

O armazenamento corporal da riboflavina é restrito e ocorre principalmente no fígado, baço e músculo cardíaco. Os mecanismos homeostáticos não permitem grandes variações na concentração de riboflavina no cérebro. Quando as necessidades metabólicas são atingidas, ocorre aumento da excreção urinária da riboflavina e de seus metabólitos, até que a absorção intestinal seja saturada.

A distribuição da riboflavina nos alimentos é ampla, mas a sua concentração é baixa. Entre os alimentos fonte pode-se destacar o leite e seus derivados, carne e vísceras (fígado e rins), vegetais folhosos verdes (couve, brócolis, repolho e agrião), ovos e ervilhas. Nos países em desenvolvimento, as principais fontes de riboflavina são os vegetais verdes; nos países desenvolvidos, os produtos lácteos.

A riboflavina é moderadamente solúvel em soluções aquosas, termoestável e sensível à radiação ultravioleta. Assim, durante o cozimento dos alimentos, estima-se uma perda de cerca de 20% da sua concentração, podendo chegar a 50% se houver exposição solar durante o processo. Durante o processamento de grãos há perda considerável do teor de riboflavina dos alimentos.

Pessoas com baixa ingestão de riboflavina constituem-se no grupo de risco para a deficiência, que são os idosos, as mulheres em uso crônico de contraceptivos orais, as crianças e os adolescentes de baixo nível socioeconômicos. Os quadros de deficiência podem ocorrer em pessoas com baixa ingestão, no alcoolismo, em pacientes com doenças que cursam com estresse orgânico grave (como nas queimaduras e no pós-operatório de grandes cirurgias), além da má absorção intestinal. A deficiência de riboflavina tem sido também observada em pacientes com doenças crônicas debilitantes (infecção pelo HIV, tuberculose, endocardite bacteriana subaguda), diabetes,

hipertireoidismo e cirrose hepática. Recém-nascidos sob fototerapia prolongada para tratamento de hiperbilirrubinemia podem apresentar evidências bioquímicas de deficiência de riboflavina, devido à fotólise dessa vitamina.

VITAMINA B₂ - RIBOFLAVINA

Benefícios à saúde - Previne catarata, ajuda na reparação e manutenção da pele e na produção do hormônio adrenalina.

Fontes - Pode ser encontrada em vegetais, grãos integrais, leite e carnes.

VITAMINA B₃ - NIACINA



A niacina é um termo genérico que engloba o ácido nicotínico e a nicotinamida, dois nucleotídeos piridínicos que atuam como precursores da coenzima nicotinamida-adenina-dinucleotídeo (NAD, coenzima I) e de sua forma fosforilada (NADP, coenzima II). Por participarem do ciclo do ácido cítrico, essas coenzimas são essenciais para as reações produtoras de energia celular. Há no mínimo 200 enzimas dependentes de NAD e NADP que atuam no metabolismo dos carboidratos, dos aminoácidos e dos lipídios, além de participarem na síntese de hormônios adrenocorticais a partir da acetil coenzima A (CoA), na deidrogenação do local etílico e na conversão de ácido láctico em ácido pirúvico.

O NAD participa do reparo do DNA e na transcrição, e o NADH, forma reduzida de NAD, é substrato para a NADH desidrogenase da cadeia respiratória mitocondrial. A niacina pode ser sintetizada *in vivo* a partir do aminoácido essencial triptofano em quantidade correspondente a 60:1 (60mg de triptofano pode ser convertido em 1mg de niacina). Em média, 1g de proteína provê 10mg de triptofano ou 0,17mg de equivalente de niacina (NE). A síntese de niacina a partir do triptofano ocorre tanto pela flora intestinal quanto nos tecidos.

Mesmo em baixa concentração, a absorção do ácido nicotínico e da nicotinamida ocorre rapidamente em toda a extensão do intestino delgado. Os nucleotídeos da nicotinamida são hidrolisados e a nicotinamida liberada é absorvida por difusão facilitada. Circula no plasma na forma livre, onde é transportada para o fígado e convertida a NAD(H) e NADP(H), com a participação da vitamina B₆.

A nicotinamida e o ácido nicotínico são abundantes na natureza. Há predominância de ácido nicotínico em vegetais, enquanto a nicotinamida predomina nos produtos animais. A alimentação é a principal fonte de niacina, sendo encontrada na carne vermelha, leite e derivados, ovos, fígado, peixe, leveduras, cereais integrais e em vários vegetais (brócolis, tomate, cenoura, aspargo, abacate e batata-doce). A carne vermelha é uma das melhores fontes de equivalentes de niacina, por sua abundância na vitamina pré-formada e em triptofano. A contribuição dos vegetais e frutas depende da quantidade ingerida, visto que tais alimentos não são ricos em niacina. Embora, leite e ovos contenham pequenas concentrações de niacina pré-formada, seu conteúdo em triptofano provê quantidade suficiente para a síntese *in vivo*. A niacina dos alimentos é relativamente resistente ao processo de cozimento. O milho tem grande quantidade de niacina, embora essa vitamina tenha baixa biodisponibilidade no organismo. Por ser componente da função respiratória enzimática, a necessidade de niacina está vinculada ao gasto energético. A estimativa da necessidade de niacina para o organismo também leva em consideração a síntese dessa substância a partir do triptofano.

A pelagra clássica é uma doença nutricional caracterizada pela deficiência grave de niacina e associada ou não ao déficit do aminoácido essencial triptofano. A doença pode ser primária (deficiência alimentar) ou secundária a uma enfermidade subjacente. Classicamente, tem sido descrita deficiência primária de niacina em populações com alimentação à base de milho. Além da baixa concentração de niacina no milho, existe elevada concentração de leucina no sorgo, que bloqueia a síntese do ácido nicotínico. O alcoolismo crônico é a principal causa de deficiência de niacina, como resultado de ingestão insuficiente, má absorção intestinal e aumento da excreção urinária.

VITAMINA B₃ - NIACINA

Benefícios à saúde - Reduz triglicérides e colesterol. Auxilia no funcionamento adequado do sistema nervoso e imunológico.

Fontes - Os alimentos ricos nesta vitamina são levedura, carnes magras de bovinos e de aves, fígado, leite, gema de ovos, cereais integrais, vegetais de folhas (brócolis, espinafre), aspargos, cenoura, batata-doce, frutas secas, tomate, abacate.

VITAMINA B₅ - ÁCIDO PANTOTÊNICO



Em 1933, descobriu-se uma substância essencial para o crescimento de leveduras, que foi denominada de ácido pantotênico, por estar presente em uma variedade de tecidos, pois em grego, a palavra *panthos* significa “em todos os lugares”.

O ácido pantotênico é composto pelo ácido pantóico ligado a uma subunidade beta-alanina, por ligação peptídica. O ácido pantotênico é um componente da coenzima A (CoA), assumindo um papel central nas reações de liberação de energia a partir dos carboidratos. Quando o ácido pantotênico liga-se a um grupo beta-mercaptoetilamina, torna-se pantoteína. A fosfopantoteína faz ligação covalente a várias proteínas, particularmente aquelas envolvidas no metabolismo dos ácidos graxos, estando envolvida na síntese de compostos como os hormônios esteroides, o colesterol e os fosfolípidios.

A coenzima A dos alimentos é hidrolisada no lúmen intestinal, liberando o ácido pantotênico. A absorção intestinal ocorre por transporte ativo dependente do sódio, mas também por difusão simples, numa razão constante por todo o intestino delgado. No sangue, o ácido pantotênico absorvido liga-se aos eritrócitos. A captação do ácido pantotênico plasmático pela maioria dos tecidos (coração, músculo e fígado) ocorre por mecanismo ativo dependente de sódio; a sua passagem para o sistema nervoso central ocorre por difusão facilitada. Nas células, a CoA é sintetizada do ácido pantotênico, a partir da enzima pantotenato quinase. Por sua vez, o catabolismo da CoA leva à formação do pantotenato, excretado na urina. Há boa correlação da excreção urinária com os níveis de ingestão alimentar do ácido pantotênico.

O ácido pantotênico dos alimentos ocorre principalmente como CoA. É amplamente distribuído em todos os alimentos, especialmente em carnes de vaca e frango, batata, aveia e outros cereais integrais, tomate, fígado e vísceras, fermento, gema de ovo e brócolis. O processo de coção destrói 15% a 50% do ácido pantotênico das carnes e 37% a 78% da vitamina presente nos vegetais.

Portadores de insuficiência renal submetidos ao trata-

mento dialítico constituem-se em grupo de risco, assim como os indivíduos alcoolistas. Pessoas idosas e mulheres que usam contraceptivos orais podem apresentar baixos níveis séricos de ácido pantotênico. O diabetes melito induz aumento da excreção urinária, e síndromes disabsortivas podem cursar com graus variados de deficiência.

VITAMINA B₅ - ÁCIDO PANTOTÊNICO

Benefícios à saúde - Auxilia na formação de células vermelhas do sangue e na desintoxicação química. Previne degeneração de cartilagens e ajuda na construção de anticorpos.

Fontes - Está presente em carnes, ovos, leite, grãos integrais e inteiros, amendoim, levedura, vegetais (brócolis), algumas frutas (abacate), ovário de peixes de água fria, geleia real.

VITAMINA B₆ - PIRIDOXINA



Em 1938, pesquisadores distinguiram um fator diferente da riboflavina que determinava doença de pele em ratos, identificando-o como vitamina B₆. Na ocasião, as pesquisas se concentraram na determinação de sua estrutura química e o termo piridoxina foi primeiramente empregado em 1939. As outras formas naturais da vitamina (piridoxal e piridoxamina) foram demonstradas em 1945. Na década de 1950, apareceram as primeiras evidências de que a vitamina B₆ era um nutriente essencial para os seres humanos.

A vitamina B₆ é encontrada em três formas biológicas: piridoxina, piridoxal e piridoxamina. A forma c-enzimática é o piridoxal 5-fosfato (PLP) e piridoxamina-5-fosfato. Como coenzima, o piridoxal fosfato está envolvido em várias transformações metabólicas de aminoácidos (incluindo descarboxilação, transaminação e racemização), assim como

nas etapas enzimáticas no metabolismo de aminoácidos sulfurados e hidroxilados. Assim, a vitamina B₆ está implicada na gliconeogênese, na conversão de triptofano em niacina, na síntese de diversos neurotransmissores, como histamina, dopamina, norepinefrina e ácido δ-aminobutírico (GABA) e na função imune síntese de interleucina-2 e proliferação de linfócitos). As transaminases dependentes de piridoxina são importantes também na ligação do oxigênio à hemoglobina, de forma que deficiências graves dessa vitamina resultam em anemia. A vitamina B₆ é uma das três vitaminas necessárias ao metabolismo da homocisteína (juntamente com o ácido fólico e a vitamina B₁₂), ocorrendo elevação dos níveis séricos desse aminoácido quando há menor disponibilidade de piridoxina.

Por difusão passiva, as três formas de vitamina B₆ são rapidamente absorvidas pelo intestino delgado, especialmente no jejuno. É sintetizada pelos microorganismos da flora intestinal, mas não há evidência de absorção efetiva por essa fonte. A concentração sanguínea é de cerca de 6 µg/dL, estando ligada à albumina plasmática ou à hemoglobina dos eritrócitos. No fígado, as formas não fosforiladas são convertidas naquelas metabolicamente ativas. O armazenamento da vitamina ocorre no tecido muscular, ligado ao glicogênio. A via urinária é a principal forma de excreção da piridoxina, especialmente como ácido-4-piridóxido, formado pela ação da aldeído-oxidase hepática em piridoxal livre.

As três formas da vitamina estão amplamente presentes em alimentos de origem animal e vegetal, ligadas às proteínas. O piridoxina encontra-se especialmente nas plantas, enquanto o piridoxal e a piridoxamina são mais encontrados nos produtos de origem animal. Na fortificação dos alimentos, suplementos nutricionais e produtos farmacológicos, a forma mais utilizada é o hidrocloreto de piridoxina.

Os principais alimentos ricos em vitamina B₆ são a levedura de cerveja, o fígado e outras vísceras, carne de galinha, cereais integrais, soja e castanhas. Leite, ovos e frutas são fontes com concentrações relativamente baixas. A piridoxina é sensível à oxidação, à radiação ultravioleta, ao aquecimento e ao cozimento. O congelamento de vegetais causa uma redução de até 35%, e a moagem de cereais reduz em 70% a 90% a biodisponibilidade da vitamina. As perdas decorrentes do cozimento e processamento de alimentos podem alcançar os 40% no teor da vitamina B₆ nos alimentos.

Por ser utilizada no metabolismo dos aminoácidos, a necessidade de vitamina B₆ do organismo depende da ingestão proteica, sendo estimada em cerca de 0,016mg de piridoxina por grama de proteína ingerida.

Ocorre aumento da necessidade da vitamina B₆ com a ingestão excessiva de proteínas, com o exercício, diálise, gravidez e administração continuada de estrogênios. Os hormônios femininos estão implicados na inibição da atividade da piridoxina no metabolismo do triptofano. O consumo abusivo de álcool aumenta as necessidades da vitamina, pois o acetaldeído (metabólito ativo do etanol) favorece a degradação da piridoxina. Assim, os grupos de risco para a deficiência são os portadores de síndrome disabsortiva, alcoolistas, idosos com baixa ingestão alimentar e pessoas que fazem uso crônico de drogas com efeito antagonista à

piridoxina. As drogas mais relacionadas com o antagonismo são a isoniazida, penicilamina, hidralazina, cicloserina e as tiazolidonas. Essas drogas formam complexos com a fração aldeído da vitamina, inibindo sua função.

VITAMINA B₆ - PIRIDOXINA

Benefícios à saúde - Reduz o risco de doenças cardíacas, ajuda na manutenção do sistema nervoso central e no sistema imunológico. Além disso, alivia enxaquecas e náuseas.

Fontes - Cereais integrais, semente de girassol, feijões (soja, amendoim, feijão), aves, peixes, frutas (banana, tomate, abacate) e vegetais (espinafre).

VITAMINA B₇ - BIOTINA

Em 1901, pesquisadores documentaram um fator essencial para o crescimento de leveduras. A partir dessa época, foram desenvolvidos estudos com animais, até que, em 1927, observou-se que ratos alimentados com clara de ovo cru desenvolviam queda de pelos, lesões de pele e distúrbios neuromusculares. As formas cristalinas obtidas a partir da gema de ovo e do fígado foram comparadas e identificadas como sendo uma única substância. O papel da biotina como vitamina só foi reconhecido a partir de 1960.

A estrutura da biotina é formada por dois anéis, sendo um com grupo ureídico e o outro contendo cadeia lateral formada por átomo de enxofre e ácido valérico na cadeia lateral. Nos alimentos de origem animal ou vegetal e no organismo, a maior parte da biotina encontra-se ligada a enzimas, sendo que apenas uma pequena parte é encontrada na forma livre. Quando ocorre proteólise da enzima, há liberação da biocitina, composto hidrossolúvel metabolicamente ativo.

A biotina age como um cofator essencial para acetil-CoA, propionil-CoA, beta-metilcrotonil-CoA e enzimas piruvato carboxilase, importantes na síntese de ácidos graxos, no catabolismo de aminoácidos de cadeia ramificada e na via gliconeogênica. A biotina também tem papel na regulação da expressão gênica.

A biocitina presente nos alimentos sofre processo de hidrólise pela biotidina do suco pancreático e secreções da mucosa intestinal para gerar biotina livre. A absorção ocorre por difusão passiva lenta e por transporte ativo dependente de sódio nas porções mais proximais do intestino delgado (duodeno e jejuno) e também no cólon. Quando há redução no pool corporal da vitamina, ocorre mecanismo regulatório da absorção, pelo aumento do número de carreadores da mucosa que possuem alta afinidade estrutural à biotina. A biotina circula livre no sangue (80%) e por ligação reversível ou covalente a proteínas plasmáticas. Tem

sido questionada a existência de um carreador plasmático específico para a biotina.

Nos tecidos, a biotina é incorporada às enzimas carboxilases. No turnover normal das proteínas celulares, ocorre liberação de biocitina ou oligopeptídeos contendo complexo biotina-lisina. No organismo, a biotina pode ser resintetizada pela ação da biotinidase. A excreção da biotina livre ocorre nos rins, contra gradiente de concentração. A biotina não incorporada às carboxilases é oxidada e metabolizada, sendo excretada na urina. Há pequena excreção biliar e quantidades expressivas de biotina são encontradas nas fezes, derivada da síntese por bactérias colônicas. A captação tecidual da biotina é relativamente vagarosa e o sistema de transporte, saturável. Quando isso ocorre, a reabsorção é reduzida e há excreção renal de biotina.

A biotina é largamente distribuída em alimentos, embora com baixa concentração. A maior fonte alimentar é o fígado bovino. Carnes, cereais, grãos, frutas e vegetais são fontes pobres nessa vitamina. A biotina pode ser sintetizada pela flora intestinal, mas não há informações sobre sua absorção.

Os relatos da deficiência primária de biotina são escassos e ocorrem em populações que consomem grandes quantidades de ovo cru. O quadro é atribuído à presença da avidina, uma glicoproteína presente na clara do ovo não cozida com alta afinidade pela biotina, tornando-a não biodisponível.

Sinais similares de deficiência de biotina foram observados em indivíduos com má absorção intestinal, em pacientes submetidos a nutrição parenteral por períodos prolongados, quando a oferta vitamínica por essa via é inadequada.

A deficiência marginal de biotina pode acontecer durante a gestação, determinando manifestações cutâneas discretas. O feto pode sofrer consequências do aporte deficiente da vitamina, visto que a passagem da biotina pela placenta é precária mesmo em condições normais. Soma-se a isso o aumento das necessidades, especialmente das carboxilases dependentes de biotina envolvidas na proliferação celular. A atividade reduzida dessas enzimas poderia causar alterações lipídicas e provocar desenvolvimento fetal anormal.

Indivíduos que usam alguns anticonvulsivantes por longos períodos podem estar predispostos à deficiência de biotina, pela inibição da absorção intestinal e o aumento do catabolismo tecidual dessa vitamina. O álcool inibe o transporte intestinal e os hormônios esteroides aceleram o catabolismo da biotina nos tecidos.

VITAMINA B₇ - BIOTINA

Benefícios à saúde - Promove o crescimento celular, auxilia na produção de ácidos graxos e redução de açúcar no sangue. A vitamina B₇ previne a calvície e também alivia dores musculares..

Fontes - Pode ser encontrada em carne de aves, fígado, rins, gema de ovo, couve-flor e ervilha.

VITAMINA B₉ - ÁCIDO FÓLICO



O termo ácido fólico se aplica a toda uma família de vitamínicos com atividade biológica equivalente. Outros termos, como folato e folacina, também são empregados indistintamente para designar estes compostos. Em alguns casos, também se utiliza o termo vitamina B₉.

Em 1931, a hematologista britânica Lucy Wills descreveu um “ novo fator hematopoiético” em levedura, que teria a capacidade de curar a anemia microcítica tropical prevalente na maioria das mulheres da Índia.

Posteriormente, esse mesmo fator foi encontrado no extrato de fígado, o qual curava a anemia nociva; a este novo e desconhecido composto foi denominado de “fator Wills”.

Depois destas descobertas, houveram diferentes tentativas de identificar esta substância como uma nova vitamina, atribuindo-lhe diversos nomes, como vitamina M ou vitamina Be, relacionados com o animal utilizado para o estudo, macacos e galinhas.

Em 1941, HK Mitchell durante um estudo dos fatores de crescimento do *Lactobacillus casei* y *Streptococcus lactis*, foi proposto pela primeira vez o termo “ácido fólico”.

A palavra “fólico” deriva do latim *folium*, que significa folha. O ácido fólico foi isolado em 1943, pela equipe de pesquisadores de E.L. Robert Stokstad (Laboratórios Lederle), sendo em seguida, determinada sua estrutura química e, em 1945, a síntese do ácido pteroilmonoglutâmico.

A identificação do ácido fólico como uma substância capaz de curar a anemia megaloblástica ocorreu em 1945. Desde então, a deficiência de folato é reconhecida como uma das deficiências de vitaminas com maior prevalência em todo o mundo.

Atualmente, além da utilização terapêutica do ácido fólico para tratamento da anemia megaloblástica e da deficiência subclínica desta vitamina, uma nova pesquisa estuda suas potenciais funções na prevenção de defeitos de nascimento, doenças cardiovasculares, câncer e, ainda, a manutenção da função cognitiva durante o processo de envelhecimento e inclusão na presença de sintomas relacionados a doenças neurodegenerativas.

A absorção do ácido fólico em concentrações fisiológicas no homem é feita principalmente no primeiro terço do

intestino delgado, por processo ativo saturável dependente de pH e de sódio, apesar de ocorrer também em toda a extensão do mesmo. Porém, em altas concentrações, atravessa diretamente a parede dos enterócitos sem tais.

O folato encontra-se no plasma distribuído em três frações: o folato livre, e os ligados aos transportadores de baixa e de alta afinidade que são responsáveis pelo transporte do folato para as células da medula, reticulócitos, fígado, fluido cerebrospinal e células tubulares renais. Supõe-se que este transporte seja ativo e mediado por um carreador, uma vez que ocorre contra um gradiente de concentração.

As reservas normais no organismo variam de 5 a 10 mg, onde metade encontra-se no fígado, principalmente na forma de poliglutamato.

O ácido fólico é amplamente distribuído na natureza, sendo encontrado praticamente em todos os alimentos naturais na forma de folato. As principais fontes são as vísceras, carnes, verduras com folhas verde-escuras (espinafre, aspargo e brócolis), leguminosas (ervilhas, feijão e lentilha), laranja e gema de ovo.

O ácido fólico é um nutriente essencial para a vida da célula, de modo que a sua deficiência leva ao desenvolvimento de doenças de gravidade variável. O distúrbio mais comum que ocorre como resultado da deficiência de ácido fólico é anemia macrocítica ou megaloblástica, cujas manifestações clínicas são muito semelhantes as da anemia induzida por vitamina B₁₂.

VITAMINA B₉ - ÁCIDO FÓLICO

Benefícios à saúde - Promove a saúde dos cabelos e da pele, além de ser essencial na síntese de DNA. A vitamina B₉ fornece nutrientes para garantir a manutenção dos sistemas imunológico, circulatório e nervoso. Também ajuda no combate do câncer de mama e de cólon.

Fontes - Suas fontes incluem folhas verdes, fígado, carnes, peixes, cereais integrais, leguminosas, etc.

VITAMINA B₁₂ - COBALAMINA

A vitamina B₁₂ está funcionalmente relacionada ao ácido fólico e rendeu dois prêmios Nobel durante a história de sua descoberta. Em 1824, houve a primeira descrição de uma anemia letal devido a transtornos digestivos e, em 1860, foi relatada uma nova possível causa relacionada a uma grave atrofia gástrica para este tipo de anemia descrito. Durante um século, essa patologia permaneceu com um caráter “mortal”, por isso sua denominação em 1872, de anemia perniciosa de Biermer. Em 1925, foi demonstrado em experimentos com cães que a doença poderia ser curada a partir da ingestão de grandes quantidades de fígado. Em 1926, partindo desta observação, pesquisadores descreveram a

eficácia da alimentação com fígado no tratamento da anemia perniciosa, o que rendeu o primeiro Prêmio Nobel a esses pesquisadores. Em continuidade à história de descobertas, outros pesquisadores sugeriram como causa da anemia a incapacidade de completar alguns mecanismos essenciais da digestão gástrica, uma vez que certos tipos da anemia só poderiam ser tratados a partir de doses de vitamina B₁₂ injetável. Em 1929, foi descrito a existência de um fator secretado pelas células parietais do estômago, o fator intrínseco, necessário para corrigir a anemia perniciosa e que agia em conjunto a um fator extrínseco, obtido a partir do fígado. A busca por um princípio ativo no fígado culminou com o isolamento e a cristalização da vitamina B₁₂ em 1948.

Em 1964, o segundo Prêmio Nobel da história da cobalamina foi destinado a Dorothy Hodgkin, por determinar a estrutura química cristalina da vitamina a partir de cristalografia por raios X.

Em 1959, a cobalamina teve sua função bioquímica, bem como sua função como coenzima, estabelecida e, em 1963, descobriu-se sua atuação como cofator na reação de síntese da metionina a partir da metilação da homocisteína. Estabeleceu-se, enfim, as interações metabólicas da vitamina B₁₂ com o ácido fólico e sua associação com a anemia megaloblástica.

A cobalamina é uma substância complexa formada por um átomo de cobalto situado dentro de um anel de corrina, formando um anel tetrapirrólico, de fórmula molecular C₆₃H₈₈CoN₁₄O₁₄P.

O íon cobalto pode ser ligado variavelmente a grupos metila, 5´desoxiadenosil, hidróxi ou ciano, dando origem às diferentes formas da vitamina: metil-cobalamina, desoxiadenosil-cobalamina, hidróxi-cobalamina e ciano-cobalamina, respectivamente, sendo as duas primeiras suas formas coenzimáticas.

A vitamina B₁₂ é sintetizada exclusivamente por microorganismos, como as bactérias. A cianocobalamina estável precisa ser convertida em coenzimas ativas no organismo. Essas coenzimas ativas são a metil-cobalamina e a desoxiadenosil-cobalamina, essenciais para o crescimento celular e a replicação.

A cobalamina ingerida pela dieta chega ao estômago, onde consegue ser libertada da união com suas proteínas alimentares a partir da ação do ácido gástrico e da pepsina,





para depois ligar-se a outras proteínas, a proteína R e a haptocorrina, procedentes da saliva e do suco gástrico. As células parietais gástricas secretam uma glicoproteína indispensável à absorção da vitamina B₁₂, que é o fator intrínseco.

A cobalamina participa como cofator para duas enzimas: a metilmalonil-CoA redutase e a metionina sintetase. A primeira está envolvida no metabolismo dos aminoácidos, do colesterol, da timina e dos ácidos graxos. A segunda participa da remetilação da homocisteína a metionina, etapa em que há a ligação entre o metabolismo do folato e da cobalamina, regenerando o tetra-hidrofolato por meio de reação de desmetilação. As duas coenzimas ativas, desoxiadenosil-cobalamina e metil-cobalamina, são necessárias para a conversão do metilmalonil-CoA a succinil-CoA, que é essencial para o metabolismo de lipídeos e carboidratos, assim como para a síntese de metionina. Dessa forma, também está envolvida na síntese de DNA e RNA, pois a síntese de metionina é essencial para o metabolismo de aminoácidos, para a síntese de purinas e pirimidinas, para várias reações de metilação e ainda para a retenção intracelular de ácido fólico.

Os microorganismos são as últimas fontes naturais de vitamina B₁₂ existentes. A cobalamina, após ser produzida pelas bactérias, é incorporada aos tecidos animais pela inges-

tão de alimentos contaminados ou pela ruminação. Ocorre síntese por microorganismos presentes no cólon, mas a vitamina não pode ser absorvida por meio dessa via. Os seres humanos, portanto, dependem da ingestão da vitamina pela dieta de origem animal, havendo por isso desenvolvimento de deficiência de cobalamina em vegetarianos restritos.

As fontes usuais de cobalamina são peixes, mariscos, carnes, ovos (gema), leite e derivados.

A fervura da carne pode levar a perdas de até 30% na água. Durante a secagem de alguns alimentos, a cobalamina pode ser convertida a formas análogas inativas.

VITAMINA B₁₂ - COBALAMINA

Benefícios à saúde - Age sobre os glóbulos vermelhos, células nervosas, no equilíbrio hormonal e na beleza da pele.

Fontes - É abundante em fígado, rins, carnes, peixes, ovos, leite, queijo.

LAS VITAMINAS DEL COMPLEJO B



Las vitaminas son sustancias muy importantes para el desempeño de las funciones corporales. El complejo B está formado por varias vitaminas que coexisten en algunos alimentos y que se complementan al servicio de la salud. Las vitaminas que son parte del complejo son B₁ (Tiamina), B₂ (Riboflavina), B₃ (Niacina), B₅ (Ácido Pantoténico), B₆ (Piridoxina), B₇ (Biotina), B₉ (Ácido Fólico) y vitamina B₁₂

(Cobalamina).

La vitamina B₁ o tiamina, fue la primera vitamina para tener su estructura química en particular, que es el motivo por el que se llama vitamina B₁. Ofrece varios beneficios para la salud, entre ellos: el mantenimiento del sistema nervioso y circulatorio en buen funcionamiento. Previene el envejecimiento, mejora la función cerebral, combatir la depresión y la fatiga. Es abundante en los vegetales de hojas (lechuga romana, espinaca), berenjena, champiñones, granos enteros, frijoles, nueces, atún,

carne de res y aves. Personas con deficiencia de la vitamina B₁ presentan con pérdida del apetito, baja aceptación de la dieta y la pérdida de peso posterior, confusión mental y debilidad muscular. En los casos más severos puede dañar el corazón.

La vitamina B₂, o riboflavina, previene las cataratas, ayuda en la reparación y el mantenimiento de la piel y en la producción de la hormona adrenalina. Se puede encontrar en los vegetales, granos integrales, leche y carne.

La niacina o vitamina B₃, es un

término genérico que engloba el ácido nicotínico y la nicotinamida, dos nucleótidos piridínicos que actúan como precursores de la coenzima nicotinamida-adenina-dinucleótido (NAD coenzima I) y de su forma fosforilada (NADP coenzima II). Reduce los triglicéridos y el colesterol.

Ayuda en el buen funcionamiento del sistema nervioso e inmune.

Los alimentos ricos en esta vitamina son la levadura, carne magra de la especie bovina y aves, hígado, leche, yemas de huevo, cereales integrales, vegetales de hoja (brócoli, espinacas), espárragos, zanahorias, patatas dulces, frutos secos, tomate, aguacate.

La vitamina B₃ o ácido pantoténico, se compone de ácido pantoico enlazada a una subunidad beta-alanina por enlace peptídico. El ácido pantoténico es un componente de la coenzima A (CoA), asumiendo un papel central en las reacciones de liberación de energía a partir de los carbohidratos. Ayuda en la formación de las células rojas de la sangre y la desintoxicación química. Previene la degeneración del cartílago y ayuda en la construcción de anticuerpos. Está presente en la carne, huevos, leche, granos integrales y enteros, maní, levadura, vegetales (brócoli), algunas frutas (aguacate), ovario de peces de agua fría, jalea real.

La vitamina B₆ o piridoxina se encuentra en tres formas biológicas: piridoxina, piridoxal y piridoxamina. Las tres formas de la vitamina están ampliamente presentes en los alimentos de origen animal y vegetal, vinculado a las proteínas. Reduce el riesgo de enfermedades del corazón, ayuda en el mantenimiento del sistema nervioso central y el sistema inmunológico. Además, alivia la migraña y náuseas. Los cereales integrales, semillas de girasol, frijoles (porotos de soja, maní, frijoles), carne de ave, pescado, frutas (plátano, tomate, aguacate) y vegetales (espinacas).

La vitamina B₇ o biotina, actúa como un cofactor esencial para la acetil-CoA,

propionil-CoA, beta-metilerotonil-CoA y enzimas carboxilasa y piruvato importante en la síntesis de ácidos grasos en el catabolismo de aminoácidos de cadena ramificada y en la vía gluconeogénica.

La biotina también desempeña un papel en la regu-

lación de la expresión génica.

Promueve el crecimiento celular, ayuda en la producción de ácidos grasos y la reducción de azúcar en la sangre. La vitamina B₇ evita la calvicie y también alivia los dolores musculares. Puede encontrarse en la carne de aves, hígado, riñón, yema de huevo, la coliflor y guisantes.

La vitamina B₉ o ácido fólico, se aplica a toda una familia de la vitamina con la actividad biológica equivalente. Otros términos tales como ácido fólico y folacina, también se utilizan indistintamente para referirse a estos compuestos. En algunos casos, también se utiliza el término vitamina B₉. Promueve la salud del cabello y la piel, además de ser esencial en la síntesis de DNA. La vitamina B₉ proporciona nutrientes para garantizar el mantenimiento de los sistemas inmunológico, circulatorio y nervioso. También ayuda a combatir el cáncer de mama y colon. Sus fuentes incluyen las hojas verde, hígado, carnes, pescado, cereales integrales, legumbres, etc.

La vitamina B₁₂ o cobalamina, es funcionalmente relacionados con el ácido fólico. Actúa sobre los glóbulos rojos, células nerviosas, en el equilibrio hormonal y la belleza de la piel. Es abundante en el hígado, riñón, carne, pescado, huevos, leche, queso.

