

Auteur: MSc Raymond Gemen
Boogjes 26, 3075 TB Rotterdam
raymondgemen@hotmail.com
MSc Nutrition & Health (Wageningen University & Research)

Co auteur: Prof. Dr. Ir. Gertjan Schaafsma

In opdracht van: Productschap Pluimvee & Eieren, Zoetermeer

Periode: 14 februari – 13 mei 2011

Voorwoord

Vanuit voedingskundig oogpunt is een ei een buitengewoon interessante combinatie van nutriënten. Deze uiterst gebalanceerde samenstelling zorgt er immers voor dat dit ei 'tot leven komt' en ontplooit tot een compleet organisme met alles erop en eraan. Voor deze ontwikkeling zijn veel verschillende voedingstoffen als eiwitten, vitaminen, mineralen en ook cholesterol nodig. Het cholesterol is een zeer belangrijk component in het lichaam van mens en dier, maar heeft een ook nogal wat negatieve reputatie als het gaat om het risico van cholesterol in het bloed op het krijgen van hart- en vaatziekten. Het Productschap Pluimvee & Eieren heeft daarom de opdracht gegeven tot het uitvoeren van een onafhankelijk wetenschappelijk literatuuronderzoek met als doel het in kaart brengen van de huidige stand van zaken in de voedingswetenschap met betrekking tot het effect van ei-consumptie op de gezondheid van mensen.

Graag wil ik van de gelegenheid gebruik maken om Gertjan Schaafsma te bedanken voor zijn ondersteunende rol in dit onderzoek. Zijn uitgebreide kennis op het gebied van voeding & gezondheid en expertise op onderzoeksgebied hebben sterk bijgedragen aan de volledigheid en het wetenschappelijk karakter van het rapport. Ook wil ik Erdie Burema, Hidde Rang, Menno de Gruijter en Noura el Farissi van het Productschap Pluimvee & Eieren bedanken voor het vertrouwen en de plezierige samenwerking.

Raymond Gemen

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Inhoudsopgave	3
Samenvatting.....	4
Introductie	6
1. Kader	6
2. Het ei	7
3. Onderzoeksvraag	8
Methoden.....	9
1. Literatuuronderzoek.....	9
2. MeSH termen.....	9
3. Resultaten.....	10
4. Inclusie criteria.....	11
Resultaten.....	12
1. Voedingsrichtlijnen met betrekking tot ei-consumptie	12
1.1 Eieren.....	12
1.2 Cholesterol	13
2. De bijdrage van eieren aan de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid (ADH) voedingsstoffen ...	14
2.1 De uitkomsten voor eieren	15
2.2 De nutritionele kwaliteit van eieren	16
2.3 Effect van voeding leggen op de voedingswaarden van het ei	17
3. Eiwit	18
4. Vetzuren	23
5. Vitaminen.....	23
6. Luteïne en zeaxanthine	26
7. Choline.....	27
8. Mineralen	27
9. Cholesterol.....	30
9.1 Atherosclerose en hart-en vaatziekten	31
9.2 Atherogeniciteit van het LDL partikel	33
9.3 Hyporesponders versus hyperresponders.....	34
9.4 Resultaten met betrekking tot de effecten van eieren op het cholesterolmetabolisme	34
10. Eieren en gewichtsmanagement	41
Discussie	43
Referenties	49
Bijlage I	56
Bijlage II	58

Samenvatting

Achtergrond. Als het gaat om de gezondheid van eieren heerst er veel onwetendheid onder de Nederlandse bevolking. Vanwege de relatief hoge hoeveelheid aan cholesterol, en het vermeende effect daarvan op zowel de serum cholesterolwaarden als het hart- en vaatziekerisico worden eieren vaak beschouwd als zijnde ongezond, ondanks de interessante nutritionele samenstelling. Het Productschap Pluimvee & Eieren heeft daarom de opdracht gegeven tot het uitvoeren van een onafhankelijk wetenschappelijk literatuuronderzoek met als doel het in kaart brengen van de huidige stand van zaken in de voedingswetenschap met betrekking tot het effect van ei-consumptie op de gezondheid van mensen.

Onderzoeksvraag. Wat is de bijdrage van eieren aan de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid (ADH) voedingsstoffen, zijn er effecten op bepaalde gezondheidsaspecten en wat is het effect van ei-consumptie op het cholesterolmetabolisme en het hart- en vaatziekerisico.

Methode. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt (14 februari – 13 mei 2011) van de PubMed online database voor referenties van wetenschappelijke publicaties uit biomedische en life science tijdschriften. De nadruk ligt op publicaties vanaf 1999 omdat studies van voor deze tijd als methodisch zwak worden omschreven (Weggemans, 2001).

Resultaten. De resultaten van het onderzoek laten zien dat eieren een hoge nutritionele kwaliteit hebben. Per energie-eenheid bevatten eieren hoge waarden voor zowel een aantal micronutriënten als alle essentiële aminozuren en enkelvoudig onverzadigde vetzuren. Op basis van Europese regelgeving (Eur-Lex, 2006/1924/EG) inzake voeding- en gezondheidsclaims op levensmiddelen zijn eieren 'rijk aan' (hoog kwalitatief) eiwit, enkelvoudig onverzadigde vetzuren, vitamine B12 en selenium en een 'bron van' vitamine A, vitamine B2, foliumzuur, vitamine D, vitamine E, fosfor, ijzer, zink en jodium. Ook zijn eieren een goede bron van zowel luteïne en zeaxanthine als choline waarvoor in Nederland geen ADH waarden zijn opgesteld. Voor bovengenoemde nutriënten heeft het 'Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies' (NDA) van de 'European Food Safety Authority' (EFSA) verschillende oorzaak-gevolg relaties vastgesteld met betrekking tot de bijdrage aan een goede gezondheid van de mens. Ten opzichte van het referentiepatroon voor benodigde hoeveelheden aan essentiële aminozuren (WHO/FAO/UNU) is de samenstelling van eiwit uit eieren beter dan andere eiwitbronnen en zorgt in combinatie met laagwaardige (plantaardige) eiwitbronnen voor een uitgebalanceerde voeding. Er zijn aanwijzingen dat een maaltijd met eieren meer verzadigend is dan een isocalorische maaltijd met een gelijk gewicht waarin het eiwit is vervangen door koolhydraten. De samenstelling van eieren maakt dat ze een uitstekend voedingsmiddel zijn die past in de huidige wetenschappelijke inzichten voor de aanpak van obesitas en gerelateerde acute en chronische aandoeningen door vervanging verzadigde en transvetzuren voor eiwitten en onverzadigde vetzuren.

Bovendien, en zeker niet op de laatste plaats, concluderen alle recente overzichtsartikelen eenduidig dat het cholesterol uit eieren niet of nauwelijks van invloed is op de serumcholesterol waarden en dat er geen sterk verband is met het risico op hart- en vaatziekten. De 'misvatting' die er in de jaren '60 en '70 werd gemaakt is dat er werd aangenomen dat het cholesterol uit de voeding direct werd omgezet in serumcholesterol, wat niet zo blijkt te zijn. Het effect van verzadigde vetzuren op het serumcholesterol is vele malen hoger. In de internationale voedingsadviezen heeft er daarom een verschuiving plaatsgevonden en is er voor gezonde mensen veelal geen maximum voor de hoeveelheid voedingscholesterol, maar wel voor de hoeveelheid verzadigde vetzuren (10 E%). De interventieonderzoeken waarbij gezonde mensen

langdurig (6-12 weken) zijn blootgesteld aan zeer hoge hoeveelheden (tot 640 mg/dag extra) cholesterol (2-3 eieren/dag) laten nauwelijks effecten zien op de serum cholesterolwaarden. Op enkele studies na laat het merendeel van de recente (vanaf 1999), langdurige (10-20 jaar) prospectieve cohortstudies in gezonde mensen naar het (acute) hart- en vaatziekerisico en het risico op overlijden geen associatie zien tot en met een consumptie van 6 eieren/week. Het niet vinden van een hoger risico komt waarschijnlijk omdat de ei-consumptie naar het verhogen van het LDL (slecht) cholesterol ook het HDL (goed) cholesterol in het bloed verhoogd. Diabetici lijken echter wel een verhoogd risico te hebben op hart- en vaataandoeningen en er zijn wat aanwijzingen dat er een associatie zou kunnen bestaan tussen een hogere ei-consumptie en het krijgen van diabetes.

Conclusie. Het feit dat eieren een zeer relevante voedingskundige bijdrage leveren in zowel de micronutriënten als essentiële aminozuren en onverzadigde vetzuren, en de wetenschappelijke literatuur eenduidig onderschrijft dat het cholesterol uit eieren slechts in geringe mate bijdraagt aan de verhoging van het serumcholesterol en niet sterk is geassocieerd met het hart- en vaatziekerisico, is het legitiem om het huidige, ten aanzien ei-consumptie, terughoudende advies in Nederland ter discussie te stellen. Uiteraard dienen autoriteiten als de Gezondheidsraad en het Voedingscentrum in het voedingsadvies enige voorzichtigheid in acht te nemen. Zeker als het gaat om de voedingskundige nuancering, als het kunnen inschatten van 10 E% aan verzadigde vetzuren, die wellicht de gemiddelde consument niet goed kan inschatten. Maar op basis van deze uitgebreide literatuurstudie kan worden geconcludeerd dat eieren een zeer waardevolle nutritionele bijdrage leveren aan de voeding van mensen en dat er onvoldoende bewijs is om voor gezonde mensen, die zich houden aan de voedingsadviezen, een consumptie tot en met 6 eieren per week te ontraden.

Introductie

1. Kader

Er heerst in Nederland veel onwetendheid als het gaat om de gezondheid van eieren in de voeding. Vanwege de relatief hoge hoeveelheid aan cholesterol, en het vermeende effect daarvan op zowel de serum cholesterolwaarden als het hart- en vaatziekerisico worden eieren vaak beschouwd als zijnde ongezond, ondanks de veelzijdige nutritionele samenstelling. Het Productschap Pluimvee & Eieren heeft daarom de opdracht gegeven tot het uitvoeren van een onafhankelijk wetenschappelijk literatuuronderzoek met als doel het in kaart brengen van de huidige stand van zaken in de voedingswetenschap met betrekking tot het effect van ei-consumptie op de gezondheid van mensen.

Dit rapport geeft een volledig overzicht weer van de meest recente wetenschappelijke literatuur met betrekking tot gezondheidseffecten van eieren. Hierbij wordt aangegeven wat de voedingskundige betekenis is van het consumeren van eieren waarbij zowel de positieve als negatieve aspecten belicht zullen worden.

Hoofdpunten van het rapport zijn; de effecten van ei-consumptie op de bijdrage van eieren aan de dagelijkse nutritionele behoeften van mensen, de invloed van eieren op het cholesterolmetabolisme, de potentiële gezondheidseffecten van bestanddelen als vitamines en mineralen, en de resultaten op recentere onderzoeksgebieden als gewichtsmanagement.

De auteur is onafhankelijk en heeft geen verdere betrekkingen tot het Productschap Pluimvee & Eieren; de resultaten zijn objectief en volledig.

2. Het ei

Met eieren worden in Nederland over het algemeen kippeneieren bedoeld, welke in het voortplantingsstelsel van de vrouwelijke kip (leghen) worden gevormd. Een hen heeft één eierstok waarin alle eicellen al bij de geboorte aanwezig zijn. De eieren die door mensen geconsumeerd worden zijn altijd onbevuchte eieren, maar wanneer een ei wordt bevrucht door het mannetje (haan), duurt het ongeveer 25 uur voordat het wordt gelegd. Na 21 dagen broeden is het embryo dan volledig ontwikkeld tot een kuiken en komt het ei uit (Wikipedia).

Een kippenei bestaat uit een harde kalkschaal (~9,5%) met daarin het eiwit (~63%) en de dooier (eigeel, ~27,5%). De belangrijkste componenten zijn water (~75%), eiwit (~12%) en lipiden (~12%), met daarnaast nog koolhydraten, vitaminen en mineralen. De eiwitten zitten zowel in het eiwit als in de dooier terwijl de lipiden zich uitsluitend in de dooier bevinden, in de vorm van lipoproteïnen (Kovacs-Nolan, 2005).

Het eiwit en de dooier vormen samen een belangrijke bron van nutriënten met daarin alle eiwitten, lipiden (waaronder cholesterol), vitaminen, mineralen en groei factoren die nodig zijn bij de ontwikkeling van het embryo (in het geval van een bevrucht ei). Behalve stoffen met een voedingswaarde bevatten eieren ook andere biologisch actieve peptiden die bescherming bieden tegen bacteriële en virale infecties (Kovacs-Nolan, 2005).

Vanuit voedingskundig oogpunt is het een dus zeer interessante combinatie van nutriënten die ook voor de mens een relevante bijdrage zou kunnen leveren aan de dagelijkse behoefte voor een goede gezondheid.

Er heerst echter veel onduidelijkheid als het gaat om hoe gezond eieren nu daadwerkelijk zijn en een ei wordt vaak beschouwd als ongezond vanwege het aanwezige cholesterol. Dat is ook niet zo vreemd, aangezien de (internationale) voedingsadviezen sinds de jaren '60 en '70 hebben aangeraden het gebruik van eieren te limiteren vanwege het vermeende effect van het cholesterol in eieren op het hart- en vaatziekerisico (Kritchevsky, 2004). Er is sinds die tijd veel onderzoek gedaan naar de effecten van eieren op de gezondheid en met name is er gekeken naar effecten op het serumcholesterol en het risico op hart- en vaataandoeningen. Op basis daarvan heeft er in het voedingsadvies een duidelijke verschuiving plaatsgevonden en is de nadruk veel sterker komen te liggen op het verlagen van verzadigd vet en minder op de hoeveelheid cholesterol in de voeding als het gaat om gezonde bloedvaten (Kritchevsky, 2004; RGV, 2006).

3. Onderzoeksvraag

Het doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van de huidige wetenschappelijke kennis met betrekking tot de gezondheidseffecten van eieren. Belangrijk is de bijdrage van eieren aan de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid (ADH) voedingsstoffen zoals opgesteld door de Gezondheidsraad en de stand van zaken in de wetenschap als het gaat om het effect van eieren op het cholesterolmetabolisme en het hart- en vaatziekerisico. Daarnaast is er gekeken of er andere componenten van eieren zijn die een effect hebben op specifieke gezondheidsaspecten.

Onderzoeksvragen:

- Wat is de bijdrage van eieren op de ADH waarden van de verschillende macro- en micronutriënten?
 - o Eiwitten
 - o Vetzuren
 - o Vitaminen
 - o Mineralen
 - o Heeft het voer van de leghen effect op de nutriëntensamenstelling van het ei?
- Wat is de aminozuursamenstelling/kwaliteit van het eiwit in eieren?
- Wat is het effect van ei-consumptie op de vetzuurstofwisseling?
 - o Wat is het effect van ei-consumptie op de verschillende serumlipiden (LDL, HDL) en het serum totaalcholesterol?
 - o Wat is het effect van ei-consumptie op de atherogeniciteit van het LDL partikel?
 - o Wat is het effect van ei-consumptie ten opzichte van verzadigd vet?
- Wat is het effect van ei-consumptie op het risico voor hart- en vaatziekten?
- Heeft ei-consumptie effect op het lichaamsgewicht?

Methoden

1. Literatuuronderzoek

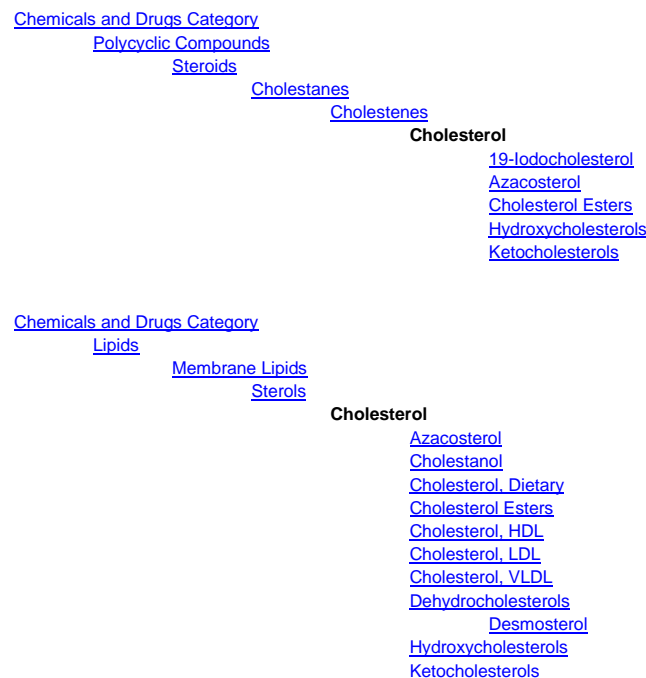
Voor het uitvoeren van het literatuuronderzoek is gebruik gemaakt van de PubMed online database (PubMed). MEDLINE is de grootste component van PubMed en in deze database bevinden zich referenties en samenvattingen van wetenschappelijke publicaties uit biomedische en life science tijdschriften uit meer dan 80 landen. MEDLINE is gecreëerd door de Amerikaanse National Library of Medicine (NLM®).

Ook zijn er verschillende websites gebruikt voor het vinden van achtergrondinformatie zoals de voedingsrichtlijnen van de Gezondheidsraad en de Nederlandse Voedingsstoffenbestand (NEVO).

2. MeSH termen

De zoekmachine van de online PubMed database maakt gebruik van zogenoemde MeSH (Medical Subject Headings) termen die de zoekopdrachten zowel gericht als vollediger maken. Zo neemt de MeSH term 'heart diseases', de zoekresultaten mee voor zowel 'heart disease(s)' als 'cardiac disease(s)'.

Daarnaast geeft PubMed weer waar in hiërarchie de MeSH term zich bevindt, van algemeen naar meer specifiek. Zie ter illustratie de plaats van 'cholesterol' in de MeSH hiërarchie:



De termen die meer specifiek zijn en zich rechtsonder cholesterol bevinden worden automatisch in de zoekopdracht meegenomen, maar kunnen ook worden weggelaten.

Zoekopdrachten kunnen specifiekere worden gemaakt door verschillende zoektermen (niet voor alle onderwerpen zijn MeSH termen) te combineren en zoekresultaten te filteren op bijvoorbeeld 'type artikel', 'jaar van publicatie' en de 'taal' waarin het is geschreven.

3. Resultaten

Alvorens de volledige zoekopdracht uit te voeren zijn er relevante overzichtsartikelen (reviews) bestudeerd om de zoektermen te identificeren. Ook zijn referentielijsten van de gevonden publicaties nagelopen om te voorkomen dat relevante publicaties ontbreken.

De zoekopdracht is uit gevoerd in februari 2011. De volgende combinaties van zoekopdrachten, met bijbehorende verfijning van de resultaten, zijn uitgevoerd:

- ("Eggs"[Mesh]) AND ("Cholesterol"[Mesh] OR "Cholesterol, HDL"[Mesh] OR "Cholesterol, VLDL"[Mesh] OR "Cholesterol, LDL"[Mesh] OR "Cholesterol, Dietary"[Mesh])
Limits Activated: Humans, English, Publication Date from 1995/01/01 to 2011/02/21
- ("Eggs"[Mesh]) AND "Cardiovascular Diseases"[Mesh]
Limits Activated: Humans, English, Publication Date from 1995/01/01 to 2011/02/21
- ("Eggs"[Mesh]) AND "Health"[Mesh]
Limits Activated: Humans, English, Publication Date from 1995/01/01 to 2011/02/21
- ("Eggs"[Mesh]) AND "Body Weight"[Mesh]
Limits Activated: Humans, English, Publication Date from 1995/01/01 to 2011/02/21
- ("Eggs"[Mesh]) AND "Vitamins"[Mesh]
Limits Activated: Humans, English, Publication Date from 1995/01/01 to 2011/02/22
- ("Eggs"[Mesh]) AND "Minerals"[Mesh]
Limits Activated: Humans, English, Publication Date from 1995/01/01 to 2011/02/22
- ("Eggs"[Mesh]) AND "Lutein"[Mesh]
Limits Activated: Humans, English, Publication Date from 1995/01/01 to 2011/02/21
- ("Eggs"[Mesh]) AND "zeaxanthin" [Supplementary Concept]
- ("Eggs"[Mesh]) AND "Macular Degeneration"[Mesh]
- ("Eggs"[Mesh]) AND "Selenium"[Mesh]
Limits Activated: Humans, English, Publication Date from 1995/01/01 to 2011/02/22
- ("Eggs"[Mesh]) AND ("Choline"[Mesh] OR "Choline Deficiency"[Mesh])
- ("Eggs"[Mesh]) AND "Biotin"[Mesh]

4. Inclusie criteria

Bij het selecteren van de gevonden publicaties zijn de volgende inclusie criteria gehanteerd:

- Geschreven in het Engels (of eventueel Nederlands);
- Gepubliceerd na 1995. Studies van voor deze tijd worden in de literatuur als methodisch zwak omschreven (Kritchevsky, 2000; McNamara, 2000; Weggemans, 2001);
- Observationeel en interventieonderzoek waarbij er is gekeken naar effecten van (cholesterol uit) eieren op de gezondheid in mensen;
- Overzichtsartikelen waarin effecten van (componenten in) eieren op de menselijke gezondheid worden beschreven.

Resultaten

De resultatensectie van dit rapport gaat in op de onderzoeksvraag en de verschillende subvragen zoals deze in de introductie zijn opgesteld. Allereerst wordt er aandacht besteed aan de Nederlandse regelgeving omtrent eieren als voedingsmiddel. Hierin wordt tevens verwezen naar uitkomsten van internationale onderzoeksgroepen die hebben bijgedragen aan de adviezen die zijn opgesteld door de Gezondheidsraad. Vervolgens wordt er ingegaan op de voedingskundige bijdrage van eieren aan de dagelijkse behoefte voor een goede gezondheid van de mens. Ten slotte wordt er dieper ingegaan op een aantal componenten van eieren die effect kunnen hebben op de gezondheid. Dit zijn bijvoorbeeld de eiwitten en de kwaliteit daarvan, bepaalde vitaminen en mineralen die in een significante hoeveelheid in eieren voorkomen en cholesterol.

1. Voedingsrichtlijnen met betrekking tot ei-consumptie

In Nederland zijn de adviezen voor gezonde voeding omschreven in de Richtlijnen Goede Voeding (RGV) welke door de Gezondheidsraad zijn opgesteld. De Gezondheidsraad is een onafhankelijk wetenschappelijk adviesorgaan met als taak de regering en het parlement 'voor te lichten over de stand der wetenschap ten aanzien van vraagstukken op het gebied van de volksgezondheid'.

De meest recente versie van de RGV dateert van 18 december 2006 en is bedoeld om de overheid te steunen in het vormen van voedingsbeleid en het volgen van de effecten van dat beleid. Hierin staat omschreven aan welke voedingskundige eisen een totaal voedingspakket moet voldoen om adequate hoeveelheden nutriënten te leveren en zo preventief bij te dragen aan het voorkomen van voedingsgerelateerde welvaartsziekten.

Deze RGV zijn door het Voedingscentrum vertaald naar Richtlijnen Voedselkeuze (RV) in termen van voedingsmiddelen die in Nederland worden geconsumeerd. Het Voedingscentrum adviseert consumenten over gezonde voeding en de RV dienen als leidraad om in het dagelijkse eetpatroon te kunnen voldoen aan de RGV (Voedingscentrum).

Op 1 maart 2011 is er een tussentijdse versie van de RV gepubliceerd waarin enkele praktische aanpassingen zijn doorgevoerd om harmonisering van het Ik-Kies-Bewust-logo en het Gezonde-Keuze-Klavertje mogelijk te maken. Een volledige herziening zal verschijnen na het uitkomen van de nieuwe voedselconsumptiegegevens voor volwassenen in Nederland. Deze worden in de zomer van 2011 verwacht (RIVM/VCP).

1.1 Eieren

Wat betreft eieren staat er in de RV dat deze behoren tot de 'basisvoedingsmiddelen' welke de voornaamste nutriënten leveren, in tegenstelling tot 'niet-basisvoedingsmiddelen' die vanwege de samenstelling daar niet per se aan bijdragen (RV, 2011).

Daarnaast wordt een ei aangeduid als cholesterolrijk voedingsmiddel waarvan een 'meer dan gemiddeld gebruik wordt ontraden' (RGV, 2006). Deze gemiddelde consumptie van eieren in Nederland is 3 per week (VCP, 1998). Jaarcijfers van het Productschap Pluimvee en Eieren laten zien dat dit sindsdien vrij constant is gebleven. Het verbruik in 2009 was 184 eieren per persoon dat neer komt op gemiddeld 3,5 eieren per week. Dit getal is gebaseerd op verkoopcijfers en is inclusief eieren die verwerkt zijn in producten als ijs, gebak en deegwaren (PVE, 2010).

Ook zijn er in de RV zogenoemde 'referentievoedingen' opgenomen voor de verschillende leeftijd- en geslachtsgroepen. Deze referentievoedingen zijn opgesteld op basis van zowel de RGV als de voedselconsumptiepeilingen (VCP, 1998; VCP, 2003) en hebben als doel om zo goed mogelijk aan de dagelijkse aanbevelingen voor macro- en micronutriënten tegemoet te komen. In Tabellen staat er voor mannen en vrouwen in de verschillende leeftijdsgroepen vermeld hoeveel er dagelijks van de verschillende basisvoedingsmiddelen geconsumeerd dient te worden om daar zo goed mogelijk aan te voldoen.

Met betrekking tot de consumptie van eieren komt dit neer op een dagelijkse inname van 15–16 en 14 gram ei per dag voor respectievelijk mannen en vrouwen tussen de 19 en 70 jaar oud, wat gelijk staat aan ongeveer 2 eieren per week voor een gemiddeld ei van 51 (maat M, zonder schaal) gram. Binnen deze referentievoeding is er echter nog wel sprake van vrije ruimte, maar de bovengrens is 3 eieren per week (RV, 2011)

1.2 Cholesterol

Zoals gezegd is de aanbeveling voor ei-consumptie gebaseerd op het cholesterolgehalte van het ei. Voor gekookte eieren is dat 371mg/100g, wat neer komt op circa 200 mg voor een gemiddeld ei.

De voedselconsumptiepeiling van 2003 (RIVM/VCP) onder mannen en vrouwen (19-30 jaar) geeft aan dat de gemiddelde inname van cholesterol 205 mg/dag is en dat de bijdrage van eieren op de totale cholesterol inname 17.6% bedraagt (Tabel 1).

Waar er in RGV van 1986 nog een bovengrens van 33 mg/MJ (tussen de 300 en 380 mg/dag voor respectievelijk vrouwen en mannen) voor cholesterol gehanteerd werd, is er in de RGV 2006 geen kwantitatieve richtlijn opgenomen. De reden hiervoor is dat voedingsmiddelen die rijk zijn aan cholesterol zijn over het algemeen ook rijk aan verzadigd vet. Een richtlijn om verzadigd vet in de voeding te verminderen (naar maximaal 10 en%), zal daarom gemiddeld ook leiden tot een verlaging van de hoeveelheid cholesterol in de voeding (RGV 2006).

De aanvaardbare hoeveelheid cholesterol in de voeding die wordt aanbevolen door verschillende internationale deskundigencommissies die voedingsrichtlijnen hebben opgesteld varieert van 'zo laag mogelijk' tot 300 mg/dag (RGV 2006). Het Amerikaanse advies voor gezonde mensen is om 'minder dan 300mg/dag' te consumeren, en 'minder dan 200 mg/dag' voor mensen met verhoogde LDL cholesterol levels. Sinds 2000 is er geen restrictie op het aantal eieren (USDA) In Engeland heeft de Food Standard Agency (FSA) het beleid versoepeld en is er ook geen restrictie meer op het aantal eieren dat per week gegeten mag worden. De nadruk wordt gelegd op het verlagen van het verzadigd vet in de voeding (FSA). Voor mensen met erfelijke hypercholesterolaemia, die gevoeliger zijn voor voedingscholesterol, wordt in Engeland 2 tot 3 eieren per week geadviseerd door de Engels hart stichting (Heart UK, 2010)

Tabel 1: De gemiddelde cholesterol inname bij mannen en vrouwen (19-30 jaar) en de gemiddelde bijdrage van de verschillende voedingsmiddelen aan cholesterol inname (voedselconsumptiepeiling 2003)

	Cholesterol inname in mg/dag (gem. ± sd)	Gem bijdrage (%) aan cholesterol inname	
		vlees (-producten)	35,9
Totaal (n = 750)	205 ± 110	melkproducten	23,2
Mannen (n= 352)	240 ± 120	eieren	17,6
Vrouwen (n=398)	173 ± 89	koek/gebak	8,1

Reden om cholesterol inname te beperken, is omdat een verhoogd serumcholesterol gehalte een risicofactor is voor atherosclerose en hart- en vaatandoeningen.

In het achtergrond document van de RGV 2006 (RGV achtergrond document, 2006) is beschreven wat de verschillende internationale deskundigencommissies hebben geconcludeerd uit de resultaten van het voedingsonderzoek naar de effecten van zowel voedingscholesterol als eieren op serumcholesterol en hart- en vaatandoeningen.

In de discussie van dit document komt naar voren dat de onderzoeksresultaten niet altijd eenduidig zijn. Verschillende onderzoeksgroepen concluderen dat de resultaten van het epidemiologisch onderzoek* naar het verband tussen voedingscholesterol en het risico op coronaire hartziekten (veel voorkomende vorm van hart- en vaatziekten) in de algemene bevolking niet consistent zijn. De onderzoeksgroep van Walter Willet (Amerikaanse voedingswetenschapper aan de Harvard Universiteit) wijst erop dat er uit de meeste prospective observationele studies* geen significant verband naar voren komt tussen de cholesterol in de voeding en coronaire hartziekten.

Ook komt er in de onderzoeken waarbij er specifiek naar ei-consumptie is gekeken, geen eenduidig beeld naar voren. Enerzijds zijn er studies die een ongunstig effect laten zien op het serumcholesterol en daarmee een groter risico op hart- en vaatziekten en uit andere studies blijkt dat het dagelijks gebruik van een ei niet significant is geassocieerd met coronaire hartziekten. In een overzichtsartikel uit 2004 (Kritchevsky, 2004) komt de auteur tot de conclusie dat het gebruik van eieren in de praktijk niet gepaard gaat met hogere serum cholesterolniveaus en de aanbevelingen om gebruik van eieren te beperken is onvoldoende wetenschappelijk gefundeerd. Het onderzoek is schaars en vaak methodologisch zwak (RGV achtergronddocument, 2006). Wel is er consensus over het feit dat ten opzichte van voedingscholesterol, verzadigde vetzuren een groter effect hebben op het verhogen van het LDL-cholesterol. Het document concludeert dan ook dat vervangen van de consumptie van volle melkproducten, vette vleessoorten en vette vleeswaren door de magere varianten de hoeveelheid cholesterol in de voeding gemiddeld sterker zal afnemen dan bij een vermindering van specifieke cholesterolrijke producten (naast eieren zijn dat schaal -en schelpdieren en orgaanvlees die in Nederland geen relevante bijdrage leveren aan het risico op coronaire hartziekten). Een kwantitatieve richtlijn voor de consumptie van cholesterol is daarom niet noodzakelijk (RGV achtergronddocument, 2006).

* De publicaties waaraan gerefereerd wordt in het achtergronddocument van de Gezondheidsraad worden later in de resultatensectie van dit rapport behandeld.

2. De bijdrage van eieren aan de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid (ADH) voedingsstoffen

In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de belangrijkste macro- en micronutriënten per 100 gram van de verschillende soorten eieren. Ter vergelijking is dit ook gedaan voor andere eiwitbronnen die in Nederland regelmatig gegeten worden. De waarden komen uit het online Nederlandse Voedingstoffenbestand (NEVO) welke wordt beheerd en onderhouden door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Dit zijn betrouwbare waarden die tevens voor wetenschappelijke doeleinden worden gebruikt (RIVM/NEVO).

Tabel 2: Overzicht van de voedingswaarden van verschillende soorten eieren en andere veel gegeten eiwitbronnen (RIVM/NEVO). Van cellen die leeg zijn is geen data beschikbaar.

		E kippen- rauw gemiddeld	E kippen- gekookt gemiddeld	E kippen- gebakken	E kippen- scharrel gekookt	E kippen- mais gekookt	E kippen- biologisch gekookt	Gehakt runder- rul gebakken	Kipfilet bereid	Koolvis bereid in magnetron	Varkensfilet- lappen bereid	Zalm kweek- bereid in magnetron
Energie & macronutriënten	Energie (kCal)	137	136	220	133	156	141	232	158	108	178	220
	Eiwit - g	12.3	12.3	14.4	12.2	13.0	12.7	25.0	30.9	24.5	31.3	25.2
	Koolhydraten - g	1.5	1.9	0.9	1.9	1.9	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	Vetten totaal - g	9.1	8.8	17.6	8.5	10.7	9.5	14.4	3.8	1.1	5.9	13.2
	Voedingsvezel - g	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Waterl - g	76.2	76.2	65.7	76.6	73.4	75.8	60.0	64.2	73.3	62.0	61.7
Vetten	Verzadigde vetzurenl - g	3.1	2.9	5.6	2.8	3.5	3.1	6.1	1.4	0.3	2.0	2.7
	Enk. onverzadigde vetzurenl - g	3.7	3.6	5.7	3.5	4.4	3.8	6.2	1.0	0.2	2.4	6.2
	Meerv. onverzadigde vetzuren - g	0.6	0.7	3.7	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5	0.7	3.3
	alfalinoleenzuur (ALA) - g	0.01	0.01	0.19	0.01	0.01	0.02	0.14	0.09	0.00	0.06	0.12
	eicosapentaenzuur (EPA) - g	0.04	0.03	--	0.03	0.04	0.05	0.00	0.00	0.10	0.00	0.74
	docosahexaenzuur (DHA) - g	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.33	0.00	1.33
	linolzuur - g	0.5	0.6	0.5	3.2	0.7	0.7	0.6	0.8	0.0	0.7	0.4
	Cholesterol - mg	353.0	371.0	321.0	350.0	490.0	420.0	29.8	33.4	86.0	40.6	54.1
Vitaminen	Vit A (retinol equivalenten) - µg	194	215	110	228	131	199	18	18	6	6	12
	Luteïne - µg	246	301		310	136	399			1		36
	Zeaxanthine - µg	139	185		195	89	201			0		14
	Vit B1 (thiamine) - mg	0.05	0.06	0.04	0.06	0.04	0.06	0.05	0.08	0.06	0.88	0.22
	Vit B2 (riboflavine) - mg	0.38	0.35	0.53	0.35	0.35	0.33	0.16	0.08	0.16	0.29	0.08
	Vit B6 - mg	0.089	0.114	0.053	0.123	0.056	0.099	0.280	0.672	0.244	0.505	0.402
	Vit B12 - µg	1.49	1.54	1.10	1.53	1.05	2.15	2.55	0.29	4.44	0.79	3.99
	Folaat equivalenten - µg	81.5	59.3	33.0	60.3	59.8	50.5	5.0	2.0	19.6	3.0	6.8
	Vit C - mg	0	0	0				13	0	0	0	2
	Vit D - µg	1.0	1.6	1.4	1.5	1.9	2.1	0.1	0.1	0.6	0.4	4.6
Vit E - mg	3.1	4.2	2.9	4.5	2.0	3.4	0.6	1.1	1.2	0.3	4.1	
Mineralen	Natrium - mg	153	149	160	150	144	144	66	53	134	60	53
	Kalium - mg	145	141	151	141	138	139	325	419	690	416	455
	Calcium - mg	57	64	59	63	72	62	21	7	15	6	12
	Fosfor - mg	229	247	200	242	277	256	180	335	383	240	347
	Magnesium - mg	14	15	13	15	16	15	21	35	48	28	34
	IJzer totaal - mg	2.2	2.4	2.3	2.4	2.7	2.5	2.9	0.7	0.5	1.5	0.3
	Selenium - µg	17	20	28	20	19	20	9	18	32	15	22
	Zink - mg	1.56	1.63	1.30	1.60	1.90	1.60	4.80	0.74	0.71	1.90	0.47
	Jodium - µg	31.3	35.5	35.0	35.0	41.0	34.0	15.0	8.0	308.3	3.0	8.0
			bron van		rijk aan							

Op basis van Europese regelgeving (2006/1924/EG) inzake voedings- en gezondheidsclaims op levensmiddelen zijn er voorwaarden opgesteld voor het voeren hiervan. Zo zijn producten 'eiwitrijk' wanneer er minimaal 20% van de energetische waarde wordt geleverd door eiwitten en zijn ze 'vetarm' wanneer het vetgehalte van de producten maximaal 3g/100g vaste stof is. Voor vitaminen en mineralen zijn de waarden voor een 'bron van' en 'rijk aan' percentages (respectievelijk 15 en 30%) van de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid (ADH) welke zijn opgesteld in de Europese richtlijn inzake voedingswaarde-etikettering (2008/100/EG tot wijziging van 1990/496/EEG). Deze waarden zijn gebaseerd op algemeen aanvaarde wetenschappelijke inzichten.

2.1 De uitkomsten voor eieren

Eieren leveren een aanzienlijke bijdrage aan de nutritionele behoefte van de mens. Ze zijn naast 'rijk aan' eiwit, enkelvoudig onverzadigde vetzuren, vitamine B12, biotine (volgens Europese richtlijn) en selenium ook een 'bron van' vitamine A, vitamine B2, foliumzuur, vitamine D, vitamine E, fosfor, ijzer, zink en jodium. Daarnaast bevatten eieren relatief veel cholesterol, waarvoor geen specifieke regelgeving is opgesteld (zie hoofdstuk 'voedingsrichtlijnen met betrekking tot ei-consumptie'). Ook bevatten eieren een aanzienlijke hoeveelheid aan luteïne en zeaxanthine maar hiervoor zijn (nog) geen ADH waarden opgesteld. Er is veel onderzoek gedaan naar deze

bioactieve stoffen in verband met de mogelijke bescherming tegen de degeneratie van de macula (gele vlek op het netvlies). Dit wordt later in het rapport behandeld.

Voor choline is ook geen ADH waarde opgesteld. Wanneer de Amerikaanse waarde wordt aangenomen, zijn eieren 'rijk aan' choline (zie hoofdstuk 'choline').

2.2 De nutritionele kwaliteit van eieren

Een ei weegt ongeveer 55 gram (zonder schaal) en in Tabel 3 is een overzicht gemaakt van de bijdrage van 1 ei aan de ADH. In percentages is aangegeven hoe groot de bijdrage is per nutriënt. Eén ei per dag levert een aanzienlijke hoeveelheid micronutriënten; bijvoorbeeld al 22% van de dagelijkse behoefte aan foliumzuur en één derde van de hoeveelheid vitamine B12.

Tabel 3: De bijdrage van 1 ei per dag aan de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid (ADH) voor vitamines en mineralen zoals deze zijn opgesteld volgens de Europese richtlijnen (2008/100/EG tot wijziging van 1990/496/EEG).

		ADH - 2008/100/EG	voedingwaarden 1 ei (55g)	percentuele bijdrage van 1 ei op ADH	percentage van de nutriëntendichtheid tov ADH per energie-eenheid*
Vitamines	Vit A (retinol equivalenten) - µg	800	106,7	13	442
	Vit B1 (thiamine) - mg	1,1	0,028	3	83
	Vit B2 (riboflavine) - mg	1,4	0,2	15	495
	Vit B6 - mg	1,4	0,0	3	116
	Vit B12 - µg	2,5	0,8	33	1087
	Folaat equivalenten - µg	200	44,8	22	743
	Vit C - mg	80	0,0	0	0
	Vit D - µg	5	0,6	11	365
	Vit E - mg	12	1,7	14	471
	Biotine - µg**	50	13,8	28	502
	Choline - mg	550***	138,6†	25	460
Mineralen	Natrium - mg	2400‡	84,2	4	116
	Kalium - mg	2000	79,8	4	132
	Calcium - mg	800	31,4	4	130
	Fosfor - mg	700	126,0	18	597
	Magnesium - mg	375	7,7	2	68
	IJzer totaal - mg	14	1,2	9	287
	Selenium - µg	55	9,4	17	564
	Zink - mg	10	0,9	9	284
	Jodium - µg	150	17,2	11	381

* Dit percentage geeft de nutritionele bijdrage aan per energie-eenheid en is gebaseerd om een dagelijkse behoefte van een volwassen man (2500 kCal).

** De waarde voor de hoeveelheid biotine in eieren komt van de Duitse voedingswaardenTabel (Souci-Fachmann-Kraut).

*** Dit is de adequate inname waarde die het Amerikaanse Institute of Medicine (IOM) heeft opgesteld in 1998 voor een volwassen man. Voor vrouwen is de ligt de adequate inname iets lager (425 mg/dag).

† Waarde voor de concentratie choline (251 mg/100g ei) komt uit een overzichtartikel van Zeisel et al. (Zeisel 2004).

‡ De waarde voor natrium is de maximale hoeveelheid geadviseerd door de gezondheidsraad (RGV 2006).

De laatste kolom vertegenwoordigt de nutritionele bijdrage van een ei per energie-eenheid. Dit getal is als volgt tot stand gekomen:

$$\text{Nutritionele kwaliteit} = \frac{\text{(hoeveelheid nutriënt / energie 1 ei)}}{\text{(ADH nutriënt / dagelijkse energie behoefte)}} \times 100\%$$

In deze formule is de hoeveelheid energie die geleverd wordt door 1 ei 76 kCal (137 kCal/100 g) en is er uitgegaan van de dagelijkse energiebehoefte van een volwassen man die ongeveer 2500 kCal bedraagt. Dit getal is een indicatie van de nutriëntendichtheid van het ei ten opzichte van de ADH en totale energiebehoefte, en daarmee een maat voor de voedingskundige kwaliteit van een product. Een waarde van 100 zou betekenen dat er precies aan de ADH wordt voldaan bij een inname van de aanbevolen hoeveelheid energie. Uit deze Tabel is te zien dat voor veel nutriënten deze waarde vele malen hoger ligt en de voedingskundige kwaliteit van dit voedingsmiddel hoog is.

In een observationele studie onder meer dan 25.000 mensen werd ei-consumptie geassocieerd met een belangrijke nutritionele bijdrage in de Amerikaanse voeding (Song, 2000). In vergelijking met mensen die geen eieren aten, hadden ei-consumeerders significant hogere inname voor alle micronutriënten (vitaminen A, B12, C, D, E en foliumzuur) die onderzocht waren, behalve voor vitamine B6. Zowel de inname van verzadigde als meervoudig onverzadigde vetzuren was hoger in de groep ei-consumeerders. Logischerwijs was de inname van cholesterol hoger, maar de serum totaalcholesterol waarden waren in deze groep juist lager (zie hoofdstuk 'cholesterol'). Interventie met verrijkte eieren (1 'designer egg'/dag) verhoogde na 8 weken de serumwaarden voor vitamine E, luteïne en docosahehaezuur (DHA, n-3 vetzuur) (Surai, 2000).

Verderop in de resultatensectie wordt er dieper ingegaan op een aantal belangrijke nutriënten uit eieren.

2.3 Effect van voeding leghen op de voedingswaarden van het ei

In de Tabel 2 is te zien dat de verschillende eieren (scharrel, maïs, biologisch) variëren in waarden voor de nutriënten. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de voeding van de leghen die van invloed lijkt te zijn op de samenstelling van het ei; de hoeveelheid vitaminen, mineralen en vetzuren kan met voeding worden beïnvloed (Bourre, 2006). Zo bevatten de eieren uit dit onderzoek 4 keer zoveel omega-3 vetzuren. Door de leghen verrijkte voeding te geven kunnen er zogenaamde 'designer eggs' worden gecreëerd (Surai, 2000). Het is echter wel van belang dat bij het bepalen van de voedingsgerelateerde relevantie er wordt gekeken naar de absolute bijdrage van het product aan de dagelijkse behoefte van het desbetreffende nutriënt. Een 8-weekse interventie met deze designer eggs (1/dag) verhoogde het aandeel DHA met 30% in de lipidfractie en zorgde voor significante stijging van de plasma waarden voor vitamine E en luteïne (Surai, 2000).

3. Eiwit

Eieren bevatten ongeveer 36 energieprocent aan eiwitten en zijn daarom 'rijk aan' (>20 E%) eiwit. Eén ei levert 11% van de aanbevolen hoeveelheid (10 E%) eiwitten voor een dag (op basis van een energie behoefte van 2500 kCal/dag).

Eiwitten zijn polymere ketens van aminozuren die belangrijk zijn voor structuur (bouwstoffen) in alle lichaamcellen, maar hebben ook functies als enzymen, zijn betrokken bij transport, afweer, communicatie en regulatie en kunnen als brandstof worden gebruikt. Deze ketens van aminozuren (Tabel 4) die door middel van peptidenketens met elkaar zijn verbonden kunnen enkele tientallen tot honderden eenheden lang zijn. Ze hebben een driedimensionale structuur welke belangrijk is voor de moleculaire interacties die het eiwit kan aangaan; de vorm is bepalend voor de functionaliteit van het eiwit. De samenstelling van aminozuren, de volgorde en lengte van de eiwitketen maakt dat er een grote verscheidenheid van structuren mogelijk is. Van de 22 aminozuren kan het menselijk lichaam er 13 zelf synthetiseren. Van de 13 zijn er 6 semi-essentiële aminozuren. De andere 9 aminozuren kunnen echter niet door het lichaam worden aangemaakt en worden daarom essentiële aminozuren genoemd die uit de voeding moeten komen.

Tabel 4: Een overzicht van alle 22 aminozuren (Voedingscentrum).

Essentiële aminozuren	Niet essentiële aminozuren	Semi-essentiële aminozuren
Histidine	Alanine	Arginine
Isoleucine	Asparaginezuur	Asparagine
Leucine	Cysteïne	Glutamine
Lysine	Cystine	Glycine
Methionine	Glutaminezuur	Serine
Fenylalanine	Tyrosine	Proline
Threonine	Hydroxyproline	
Tryptofaan		
Valine		

Eiwitten komen vooral voor in dierlijke producten (vlees, vis, eieren en melkproducten), maar ook in granen, peulvruchten en noten. De samenstelling van aminozuren varieert per product en het dus van belang om verschillende producten te eten om aan de dagelijkse behoeften te voldoen. Dierlijke producten bevatten relatief veel van de essentiële aminozuren, bij plantaardige producten kan dat verschillen. Eieren en (koe)melk worden als producten met een hoge eiwitkwaliteit beschouwd, van de plantaardige producten scoort soja relatief hoog (Voedingscentrum).

Voor het onderhoud van het lichaam vindt er voortdurend vernieuwing van weefsel plaats en bij deze turnover van eiwitten (dagelijks 200-300 gram) worden deze omgezet in ureum en uitgescheiden via de nieren in urine. Ook verliest het lichaam eiwitten in de vorm van haren nagels, huidschilfers en zweet. Het Voedingscentrum geeft aan dat een mens dagelijks 0,8 g eiwit per kg lichaamsgewicht nodig. Voor duursporters (1,2-1,4 g/kg/dag) en krachtsporters (1,7-1,8 g/kg/dag) ligt dat hoger, maar deze krijgen genoeg binnen omdat ze ook meer eten.

De Gezondheidsraad adviseert een eiwitname tussen de 10 en 25 E% (GR, 2006). Bij groepen als kinderen, zwangere en lacterende vrouwen is de behoefte groter (Voedingscentrum).

Eiwit is belangrijk voor het behoud van spiermassa. Betrekkelijk nieuw is het inzicht dat eiwitten in de voeding sterker verzadigen dan andere macronutriënten (koolhydraten en vet). Eiwitten zouden daarom van belang kunnen zijn in het gewichtsmanagement waarbij het mensen helpt om minder calorieën binnen te krijgen (Voedingscentrum).

Bepaalde aminozuren, zoals bijvoorbeeld tryptofaan, zouden gezondheidsbevorderende effecten kunnen bewerkstelligen. Tryptofaan (vooral in zuivel) wordt gedeeltelijk omgezet in de neurotransmitter serotonine en wordt in verband gebracht met verhoogde alertheid en gemoedstoestand (Voedingscentrum).

Het verlies van spiermassa, sarcopenia, komt vooral voor bij ouderen. Zij bewegen minder en ook de eetlust neemt af. Het aandeel vetvrije massa neemt af waardoor het rustmetabolisme lager wordt. De vetmassa neemt hierbij vaak toe wat de kans op chronische aandoeningen vergroot (Herron, 2004a). Spieren worden continu afgebroken en weer opgebouwd en de balans hiertussen bepaalt in hoeverre de massa behouden blijft. Zowel weerstandstraining als eiwitconsumptie stimuleren de synthese van spiermassa en in een passieve levensstijl en een lage eiwitconsumptie is de afbraak juist groter. Wanneer het lichaam onvoldoende calorieën binnenkrijgt is de afbraak van spiermassa geïntensiveerd om het lichaam van energie te voorzien. De bron waaruit het eiwit afkomstig is, lijkt van belang te zijn waarbij ten opzichte van dierlijke eiwitten, plantaardige eiwitten minder in staat zijn om te afbraak van spiermassa te verminderen en de synthese te initiëren. Dit komt mede doordat plantaardig eiwit minder bijdraagt aan de pool van essentiële aminozuren (Herron, 2004a).

De voedingskundige kwaliteit van een eiwitbron kan beschouwd worden als het vermogen van die bron om te voorzien in de behoeften voor stikstof en aminozuren voor het betreffende organisme (behoefte bij dieren kan anders zijn). Deze behoefte is gebaseerd op 3 componenten; (1) de essentiële aminozuren, (2) de niet-essentiële aminozuren en (3) het non-specifieke stikstof die nodig is voor de vorming van niet-essentiële aminozuren en andere bestanddelen. Deze kwaliteit van eiwitten varieert afhankelijk van de aminozuursamenstelling en de verteerbaarheid (Schaafsma, 2005).

De Gezondheidsraad heeft in Nederland geen specifieke richtlijnen opgesteld voor de ADH waarden van aminozuren. De Wereld Gezondheidsorganisatie (WHO) heeft in 2007 een rapport uitgebracht over de eiwit en aminozuurbehoeften in mensen (Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation). In dit rapport zijn waarden opgenomen voor de essentiële aminozuurbehoefte voor volwassenen (Tabel 5) en de verschillende leeftijdscategorieën onder de 18 jaar (Tabel 6).

Tabel 5: Waarden voor de behoefte aan essentiële aminozuren van volwassenen (Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation).

Amino acid requirements of adults^a

Amino acid	mg/kg per day	mg/g protein
Histidine	10	15
Isoleucine	20	30
Leucine	39	59
Lysine	30	45
Methionine	10	16
Cystine	4	6
Methionine + cysteine	15	22
Phenylalanine + tyrosine	25	30
Threonine	15	23
Tryptophan	4	6
Valine	26	39

Tabel 6: Waarden voor de behoefte aan essentiële aminozuurbehoefte van volwassenen (Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation).

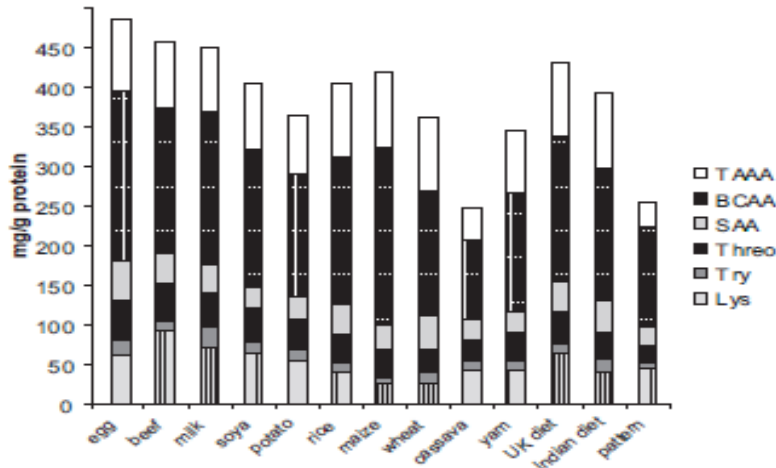
Amino acid requirements of infants, children and adolescents^a

Age (years)	Lysine Sulfur amino acids		Threonine	Tryptophan	Lysine Sulfur amino acids		Threonine	Tryptophan
	(mg/kg per day)				(mg/g protein)			
0.5	64	31	34	9.5	57	28	31	8.5
1-2	45	22	23	6.4	52	26	27	7.4
3-10	35	18	18	4.8	48	24	25	6.6
11-14	35	17	18	4.8	48	23	25	6.5
15-18	33	16	17	4.5	47	23	24	6.3
>18	30	15	15	4.0	45	22	23	6.0

Op basis van de behoeften van opgroeiende kinderen (1-2 jaar, 'pre-school-age children') heeft de WHO een referentiepatroon opgesteld. Dit referentiepatroon wordt gebruikt bij het bepalen van de eiwitkwaliteit volgens de zogenoemde Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score (PDCAAS). Hierbij wordt een test-eiwit vergeleken met het referentiepatroon en wordt er gecorrigeerd voor de 'werkelijke verteerbaarheid' (in ratten) van het betreffende test-eiwit (Schaafsma, 2005).

In figuur 1 is voor de verschillende eiwitbronnen de eiwitkwaliteit visueel weergegeven als de hoeveelheid (in mg) essentiële aminozuren per gram eiwit, vergeleken met het referentiepatroon dat helemaal rechts is afgebeeld. Hieruit is te zien dat eieren ten opzichte van de andere eiwitbronnen de beste eiwitkwaliteit heeft. Eieren bevatten ten eerste alle essentiële aminozuren. Daarnaast is het aandeel van deze essentiële aminozuren in het eiwit uit eieren hoger ten opzichte van het referentiepatroon.

Indispensable amino acids in food proteins and diets compared with the requirement pattern



TAAA: Total aromatic amino acids
 BCAA Branched-chain amino acids
 SAA Sulfur amino acids
 Threo: Threonine
 Try: Tryptophan
 Lys: Lysine

Figuur 1: Visuele weergave van de hoeveelheid (in mg) essentiële aminozuren per gram eiwit voor de verschillende eiwitbronnen. Het referentiepatroon is helemaal rechts afgebeeld (Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation).

In Tabel 7 is deze visuele weergave uitgedrukt in percentages ten opzichte van het referentiepatroon; 1 gram ei-eiwit bevat bijvoorbeeld 39% meer Lysine dan 1 gram van het referentie-eiwit.

Tabel 7: Percentuele bijdrage aan de verschillende essentiële aminozuurbehoeften van de verschillende eiwitbronnen ten opzichte van het referentiepatroon (=100) (Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation).

Distribution of amino acids in food proteins and diets

	Percentage of requirement pattern ^a											
	Egg	Beef	Milk	Soya	Potato	Rice	Maïze	Wheat	Cassava	Yam	UK diet ^b	Indian diet ^c
Lys	139	203	158	144	121	86	58	57	92	91	140	87
Tryp	293	213	417	217	240	224	117	217	192	213	211	293
Threo	223	202	191	191	167	153	157	127	115	157	177	143
SAA	225	182	164	114	131	176	132	203	124	125	174	182
BCAA	168	144	151	136	120	146	177	122	79	116	143	132
TAAA	301	275	271	281	243	305	314	306	135	265	311	317

Lys, lysine; Tryp, tryptophan; Threo, threonine; SAA, sulfur amino acids; BCAA, branched-chain amino acids; TAAA, total aromatic amino acids.

Voor de absolute bijdrage aan de ADH is het uiteraard van belang om tevens te bepalen in hoeverre een betreffend product bijdraagt aan de dagelijkse behoefte voor eiwit; de samenstelling kan immers goed zijn, maar wanneer er weinig van gegeten wordt, kan de inname toch te laag uitvallen. Er is daarom hieronder (Tabel 8) weergegeven wat de voedingskundige bijdrage is van 1 ei per dag.

Tabel 8: De bijdrage van 1 ei per dag aan de essentiële aminozuurbehoefte (en cystine) zoals deze zijn opgesteld door de Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation in 2007. Deze waarden zijn niet gecorrigeerd voor de verteringsfactor.

		Essentiële aminozuurbehoefte - WHO/FAO/UNU 2007	voedingwaarden 1 ei (55g)**	percentuele bijdrage van 1 ei	percentage van de nutriëntendichtheid tov ADH per energie-eenheid***
Aminozuren†	Histidine	700	182	26	860
	Isoleucine	1400	512	37	1211
	Leucine	2730	693	25	842
	Lysine	2100	490	23	773
	Methionine	700	248	35	1172
	Fenylalanine + tyrosine	1750	765	44	1448
	Threonine	1050	391	37	1233
	Tryptofaan	280	127	45	1498
	Valine	1820	616	34	1122
	Cystine	280	171	61	2019

* De waarden voor aminozuurbehoeften zijn berekend op basis van de hoeveelheid in mg/kg lichaamsgewicht. In deze Tabel is uitgegaan van een lichaamsgewicht van 70 kg.

** De waarden voor de aminozuren de eieren komt van de Duitse voedingswaarde Tabel (Souci-Fachmann-Kraut)

***Dit percentage geeft de nutritionele bijdrage aan per energie-eenheid en is gebaseerd om een dagelijkse behoefte van een volwassen man (2500 kCal). Zie voor uitleg over de totstandkoming van dit getal het vorige hoofdstuk over de bijdrage van eieren aan de ADH.

† Essentiële aminozuren en cystine (niet-essentieel).

Eén ei per dag levert gemiddeld 34% (23 – 45%) van de behoefte van alle essentiële aminozuren (uit Tabel 5). In de laatste kolom is te zien dat per energie-eenheid de nutritionele bijdrage in essentiële aminozuren vele malen hoger is dan 100%, wat de hoge nutritionele kwaliteit van eieren weergeeft. Echter, voor een betere benadering van de eiwitkwaliteit wordt er nog gecorrigeerd voor de verteerbaarheid van de matrix waarin het eiwit zich bevindt (is hoog voor eieren) door middel van de zogenaamde 'protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS) (Schaafsma, 2005). De waarden uit Tabel 8 vallen daarom wat hoger uit, maar geven desalniettemin een goede weergave van de hoge eiwitkwaliteit van eieren.

Naast het leveren van voedingswaarde, zijn bepaalde componenten uit eieren ook biologisch actieve stoffen die het embryo beschermen tegen bacteriën en virussen. Dit zijn peptiden (eiwitten met korte keten) als ovomucine, ovotranferrine, ovalbumine, ovomucine, lysozyme, avidine, cystatine en immunoglobuline Y die in verband worden gebracht (*in-vitro* onderzoek) met antibacteriële en antivirale activiteit, immunomodulerende activiteit en anti-kanker activiteit (Mine, 2007). Deze onderzoeken geven het belang van eieren en de componenten in de humane gezondheid en ziektepreventie of behandeling, aldus de auteur. Met het gebruik van de juiste enzymen kunnen deze biologisch actieve peptiden door middel van hydrolyse *in-vitro* uit eiwit (uit o.a. eieren, melk, vis en granen) worden geproduceerd en dit biedt potentieel voor farmaceutische doeleinden (Mine, 2007).

Het effect van ei-consumptie op deze factoren in mensen is echter (nog) niet onderzocht.

Vergeleken met andere eiwitrijke producten, zijn eieren een relatief goedkope optie. Een recente prijsvergelijking in een Britse supermarkt (Tesco, 2009) laat zien dat in vergelijking met andere, veel gegeten eiwitbronnen (rundergehakt, varkensfilet, tofu, kipfilet en witvisfilet), eieren (6 per doos) het goedkoopst zijn (Ruxton, 2010). Per 45g eiwit is alleen rundergehakt goedkoper (Tabel

9). De Britse gezondheidsraad (Department of Health, 1991) hanteert 45g eiwit als dagelijkse behoefte voor een vrouw. In Nederland liggen deze waarden iets hoger; tussen de 59 – 61g en 50 – 52g voor respectievelijk mannen en vrouwen t/m 70 jaar (RGV, 2006).

Tabel 9: Prijsvergelijking van de verschillende eiwitrijke producten. £1.00 staat gelijk aan €1.15 (maart 20011)

	prijs/100g	g eiwit/100g	prijs/45g eiwit
eieren (6 in doos)	£0.268	12.5	£0.96
rundergehakt	£0.303	16.6	£0.82
varkensfilet	£0.557	17	£1.47
tofu	£0.672	12.1	£2.50
kipfilet	£0.656	17.6	£1.68
witvisfilet	£0.373	12	£1.40

4. Vetzuren

Circa 10% van het ei bestaat uit vetzuren die zo'n 60% van de energie van het ei leveren. De vetzuren van 1 ei leveren 45 kCal, wat overeenkomt met 5% van de geadviseerde dagelijkse hoeveelheid vet (35 E% van 2500 kCal).

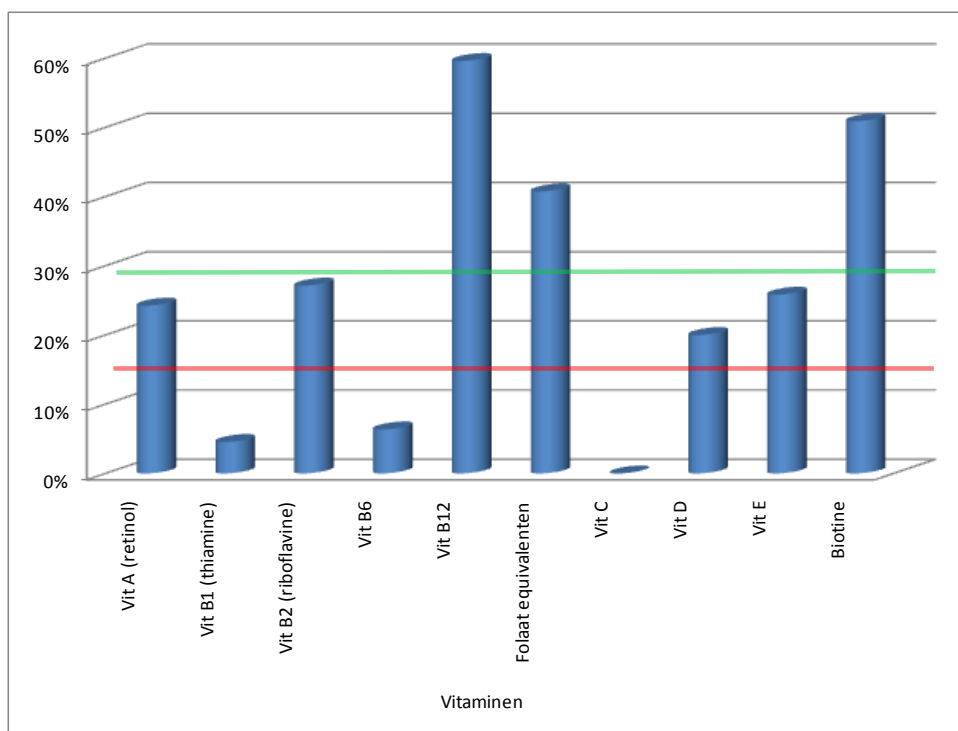
Enkelvoudig onverzadigde vetzuren leveren 24 E% en een ei is daarmee 'rijk aan' deze vetzuren. Het aandeel meervoudig onverzadigde vetzuren is gering.

Ongeveer 3% zijn verzadigde vetzuren en 1 ei levert slechts 10% van de maximum hoeveelheid verzadigd vet die per dag geadviseerd wordt.

5. Vitaminen

Eieren zijn 'rijk aan' vitamine B12 en zijn een 'bron van' vitamine A, vitamine B2, foliumzuur, vitamine D en vitamine E (figuur 2). Op basis van de Europese regelgeving zijn eieren ook rijk aan biotine (zie onderstaand). In de figuur lijken eieren 'rijk aan' foliumzuur te zijn. Foliumzuur is echter gevoelig voor verhitting en na bereiding is een ei een 'bron van' foliumzuur.

Hieronder wordt er dieper ingegaan op de verschillende vitaminen die minstens voor 15% ('bron van') van de ADH in 100 gram ei aanwezig zijn. Dit is tevens de hoeveelheid die gehanteerd wordt door het 'Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies' (NDA) van de 'European Food Safety Authority' (EFSA); in de wetenschappelijk opinies omtrent de gezondheidsclaims wordt aangegeven dat 100 gram van een voedingsmiddel op z'n minst 15% van de ADH (2008/100/EG) van het betreffende nutriënt moet bevatten waarvoor een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld.



Figuur 2: Visueel overzicht van de in eieren aanwezige vitaminen en de percentuele bijdrage aan de ADH per 100 gram ei.

Vitamine B12 (cobalamine) is betrokken bij de aanmaak van rode bloedcellen en zorgt voor een goede werking van het zenuwstelsel. Een tekort aan vitamine B12 kan dan ook leiden tot bloedarmoede of heeft neurologische gevolgen. Vitamine B12 is oplosbaar in water en redelijk stabiel bij verhitten (Voedingscentrum).

Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van vitamine B12 en de bijdrage aan (1) normale rode bloedcelformatie, (2) een normaal verloop van de celdeling, (3) een normaal energieleverend metabolisme, (4) het normaal functioneren van het immuunsysteem, (5) het normaal neurologisch en psychologisch functioneren, (6) een normaal homocysteïne metabolisme en (7) het verminderen van vermoeidheid (EFSA).

Eén ei levert 33% van de ADH voor vitamine B12.

Vitamine A (retinol) is vetoplosbaar en kan ook door het lichaam zelf worden geproduceerd ook provitamine A (bètacaroteen is de belangrijkste). Het is betrokken bij de aanmaak van cellen en weefselstructuur van de huid, waaronder het epitheel in luchtpijp en longen en het tandvlees. Door vitamine A kunnen de ogen zich aanpassen aan schemer, het is betrokken bij de afweer en speelt een belangrijke rol bij de groei van kinderen. Een teveel aan vitamine A kan giftig zijn. Vitamine A is bestand tegen hoge temperaturen zoals bij bakken en braden (Voedingscentrum). Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van vitamine A en de bijdrage aan (1) normale celdeling, (2) het normaal functioneren van het immuunsysteem, (3) het behoud van normaal zicht (ogen), (4) het behoud van een normale huid en membranen met een slijmachtig oppervlak en (5) een normaal ijzermetabolisme (EFSA).

Eén ei levert 13% van de ADH voor vitamine A.

Vitamine B2 (riboflavine) is nodig voor de energievoorziening van het lichaam, het is betrokken bij het vrijmaken van energie koolhydraten, vetten en eiwitten. Vitamine B2 is oplosbaar in water en redelijk stabiel bij verhitten. Het kan echter niet tegen licht en kan bij blootstelling verloren gaan (Voedingscentrum).

Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van vitamine B2 en de bijdrage aan (1) een normaal energieleverend metabolisme, (2) een normaal ijzermetabolisme, (3) het behoud van een normale huid en membranen met een slijmachtig oppervlak, (4) het behoud van normaal zicht (ogen), (5) het behoud van normale rode bloedcellen, (6) het verminderen van vermoeidheid en (7) het normaal functioneren van het zenuwstelsel (EFSA).

Eén ei levert 15% van de ADH voor vitamine B2.

Foliumzuur (vitamine B11) is nodig voor groei, een goede werking van het lichaam is betrokken bij de aanmaak van rode en witte bloedcellen. Foliumzuur is ook betrokken bij de vroege ontwikkeling van het ongeboren kind, waar het belangrijk is voor de vorming van het zenuwstelsel. Een tekort vóór en gedurende de zwangerschap kan leiden tot geboortefwijkingen als een open ruggetje en hazenlip. Een tekort aan vitamine B12 kan leiden tot een tekort aan foliumzuur. Nederlanders krijgen niet altijd voldoende foliumzuur binnen. Foliumzuur is oplosbaar in water en bij verhitting kan 30 tot 80% van het foliumzuur verloren gaan (Voedingscentrum). Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van foliumzuur en de bijdrage aan (1) normaal psychologisch functioneren, (2) het verminderen van vermoeidheid, (3) een normaal verloop van de celdeling en (4) een normale aminosuursynthese (EFSA).

Eén ei levert 22% van de ADH voor foliumzuur.

Vitamine D is nodig voor de opname van calcium uit de voeding en daarom belangrijk voor de groei en behoud van stevige botten. Vitamine D kan het lichaam zelf in huid produceren onder invloed van zonlicht, maar dit is niet altijd voldoende. Jonge kinderen, ouderen, mensen met een donkere huidskleur, mensen die weinig buiten komen, zwangere vrouwen en vrouwen die borstvoeding geven hebben meer vitamine D nodig en een tekort kan leiden tot botontkalking of spierzwakte. Een teveel kan juist leiden tot kalkafzettingen in het lichaam. Vitamine D is vetoplosbaar, is bestand tegen hoge temperaturen maar is wel gevoelig voor afbraak onder invloed van zonlicht (Voedingscentrum).

Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (25 februari 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van vitamine D en de bijdrage aan (1) het behoud van normale botten en tanden, (2) de absorptie en benutting van calcium en fosfor, (3) het behouden van normale bloed calciumconcentraties, (4) een normaal verloop van de celdeling, (5) het normaal functioneren van het immuunsysteem, (6) een gezonde ontstekingsrespons en (7) het behoud van normaal spier functioneren (EFSA).

Eén ei levert 11% van de ADH voor vitamine D.

Vitamine E (α -tocoferol) is een belangrijke antioxidant voorkomt oxidatie van de onverzadigde vetzuren en daarmee beschermt het de lichaamscellen, de celwand, de bloedbaan en weefsel. Ook speelt vitamine E een rol bij de stofwisselingsregulatie. Het is oplosbaar in vet en is gevoelig

voor verhitting. Er blijft echter genoeg over in het eten en drinken en een tekort komt zelden voor (Voedingscentrum).

Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van vitamine E en de bijdrage aan bescherming van DNA, eiwit en lipiden tegen oxidatieve schade (EFSA).

Eén ei levert 14% van de ADH voor vitamine E.

Biotine (vitamine B8/vitamine H) is nodig om energie uit eten vrij te maken en is betrokken bij de vorming van vetzuren. Tevens houdt het de huid en het haar gezond. Bij het eten van rauwe eieren zou een tekort kunnen ontstaan vanwege het onoplosbare complex dat biotine vormt met avidine. Door verhitting wordt avidine geïnactiveerd. Biotine is oplosbaar in water, blijft redelijk stabiel bij verhitting en kan slecht tegen zonlicht (Voedingscentrum).

De Europese regelgeving geeft aan dat de ADH voor biotine 50 µg bedraagt en dat deze waarde op 31 oktober 2009 in werking moet zijn getreden in alle lidstaten. Het Voedingscentrum geeft echter op dit moment aan (mei 2011) dat er (nog) geen ADH waarde is opgesteld voor biotine. De NEVO Tabel (en de Amerikaanse equivalent van de US Drug Administration) hebben biotineconcentratie niet in de analyses van eieren genomen. Op basis van de cijfers uit een recente Britse publicatie (Ruxton 2010) bevat 100 gram ei 20 µg (25 µg volgens de Duitse voedingswaardetabel van Souci, Fachman en Kraut) biotine. Dit is meer dan de 30% van de ADH en dat zou betekenen dat op basis van de Europese regelgeving (2006/1924/EG) een ei 'rijk aan' biotine is.

Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van biotine en de bijdrage aan (1) het behoud van een normale huid en membranen met een slijmachtig oppervlak, (2) het behoud van normaal haar, (3) normaal psychologisch functioneren en (4) een normaal macronutriënt metabolisme (EFSA).

Eén ei levert 28% van de ADH voor biotine (aan de hand van de ADH uit richtlijn 2008/100/EG).

6. Luteïne en zeaxanthine

De isomeren luteïne en zeaxanthine komen vooral voor in groene bladgroenten als spinazie, maar zit ook in eigeel. Het zijn 'bioactieve stoffen' die behoren tot de carotenoïden en antioxidante eigenschappen bezitten. Luteïne en zeaxanthine concentreren zich in het netvlies en de gele vlek waar deze stoffen beschermen tegen oxidatieve stress en tegen de hoogenergetische fotonen van blauw licht (Ribaya-Mercado, 2004). De mogelijke bescherming van deze stoffen tegen leeftijdgerelateerde degeneratie van de gele vlek op het netvlies (age-related macular degeneration, A(R)MD) heeft de interesse voor eieren als bron voor deze voedingsstoffen gestimuleerd (Clark, 2006). Daarnaast is de biobeschikbaarheid van luteïne uit eieren hoger dan van andere bronnen als supplementen en spinazie (Chung 2004).

Een 5-weekse interventie van 1 ei/dag (gewoon, niet verrijkt) verhoogt de serum concentraties van luteïne en zeaxanthine met respectievelijk 26 en 38% in mannen en vrouwen (gem. 79 jaar) (Goodrow, 2006). In andere 8-weekse interventiestudie met 1 ei/dag onder mannen en vrouwen (gem. 41 jaar) werd geen verhoogde serumwaarde voor luteïne gevonden voor normale eieren, maar wel voor de 'designer eggs' met bijna 16 keer zoveel luteïne (Surai, 2000). Na 30-daagse

interventie van 3 eieren per dag waren plasma luteïne waarden hoger in hyperresponders voor cholesterol dan in hyporesponders (zie hoofdstuk over cholesterol) (Clark, 2006).

Een overzichtsartikel uit 2004 geeft aan dat er een groeiende hoeveelheid aan bewijs is voor een inverse relatie tussen deze carotenoïden en aandoeningen aan het netvlies, maar dat er meer consistentie in de humane studieresultaten dient te zijn voor een gegronde bewijsvoering (Ribaya-Mercado, 2004).

In Nederland is er geen regelgeving opgesteld met betrekking tot ADH waarden voor deze stoffen. Het NDA panel van de EFSA heeft in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims zeer recentelijk (8 april 2011) aangegeven dat er onvoldoende bewijs is aangeleverd (in de vorm van humane interventiestudies) om een oorzaak-gevolg relatie vast te kunnen stellen tussen de inname van luteïne en zeaxanthine (zowel individueel als gezamenlijk) en het behoud van normaal zicht (ogen) (EFSA).

7. Choline

Choline wordt beschouwd als halfvitamine en is van nature aanwezig in moedermelk. Het is belangrijk voor structuur en signaalfuncties in celmembranen, een belangrijke bron van methylgroepen (bijvoorbeeld voor de methylering van homocysteïne waarvan verhoogde waarden een risicofactor zijn voor hart- en vaatziekten en cognitieve aandoeningen) en is nodig voor de aanmaak van acetylcholine (neurotransmitter) en fosfolipiden (Cho, 2006).

Verschillende studies laten zien dat een hogere inname van choline en betaine (een metaboliet van choline) geassocieerd wordt met een lager totaalhomocysteïne level (Zeisel, 2004; Detopoulou, 2008) en ontstekingsfactoren (Detopoulou, 2008). Naast koeienlever (418 mg/100 g) en kippenlever (290 mg/100 g) zijn eieren (251 mg/100 g) een goede bron van choline (Zeisel, 2004). In een observationele studie onder mannen en vrouwen van gemiddelde (47-49) en oudere (71-74) leeftijd was hogere ei-consumptie geassocieerd met een hogere plasma choline waarden (Konstantinova, 2008).

Het NDA panel van de EFSA heeft in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims zeer recentelijk (8 april 2011) aangegeven dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van choline en de bijdrage aan (1) een normaal lipidenmetabolisme, (2) het behoud van een normale leverfunctie en (3) het behoud van een normaal homocysteïne metabolisme.

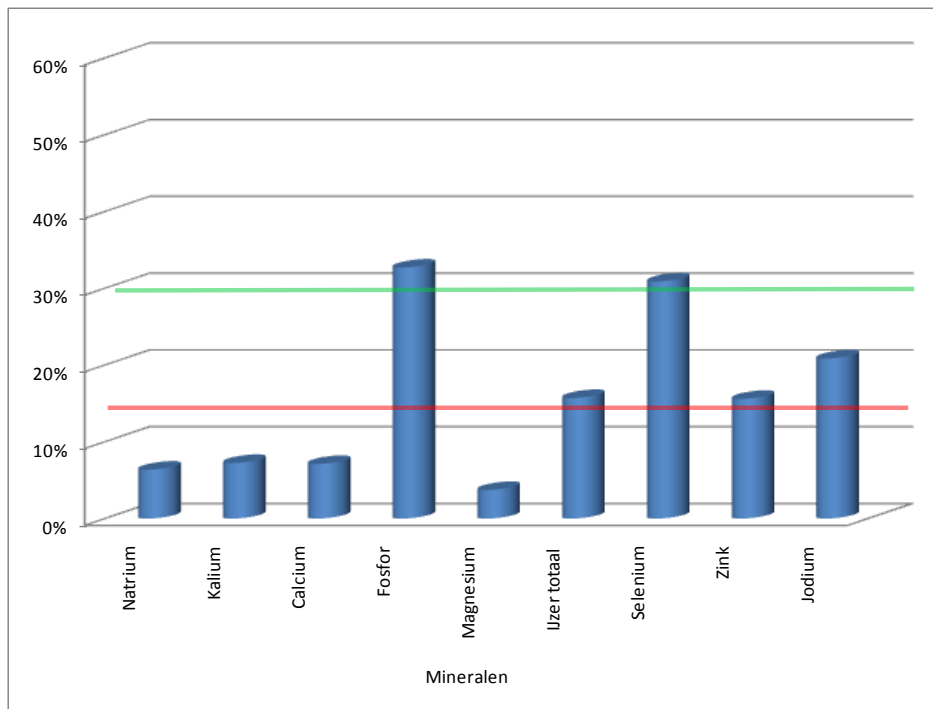
Het NDA panel heeft tevens aangegeven dat er in Europa geen ADH level voor is opgesteld en dat er voor bovenstaande claims is uitgegaan voor de ADH waarde die het Amerikaanse Institute of Medicine (IOM) in 1998 heeft opgesteld voor volwassen mannen (550 mg/dag) (<http://www.iom.edu/>). Een product dient per 100g ten minste 15% van de ADH voor choline te bevatten voor het voeren van de claims.

Eén ei levert 25% van de ADH (volgens IOM) voor choline.

8. Mineralen

Eieren zijn 'rijk aan' selenium en fosfor en zijn een 'bron van' ijzer, zink en jodium (figuur 3). Hieronder wordt er dieper ingegaan op de verschillende mineralen die minstens voor 15% ('bron van') van de ADH in 100 gram ei aanwezig zijn. Dit is tevens de hoeveelheid die gehanteerd wordt door het 'Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies' (NDA) van de 'European Food Safety Authority' (EFSA); in de wetenschappelijk opinies omtrent de gezondheidsclaims

wordt aangegeven dat 100 gram van een voedingsmiddel op z'n minst 15% van de ADH (2008/100/EG) van het betreffende nutriënt moet bevatten waarvoor een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld.



Figuur 3: Visueel overzicht van de in eieren aanwezige mineralen en de percentuele bijdrage aan de ADH per 100 gram ei.

Selenium kan fungeren als antioxidant en beschermt rode bloedlichaampjes en cellen tegen beschadiging. Het kan zware metalen die met verontreinigde voeding meekomen minder giftig maken en is belangrijk voor een goede werking van de schildklier (Voedingscentrum).

Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van selenium en de bijdrage aan (1) de bescherming van DNA, eiwitten en lipiden, (2) een normale schildklier functie, (3) het behoud van normaal haar en nagels (er is echter niet vastgesteld dat een inadequate inneming leidt tot een verminderd behoud hiervan in de Europese populatie) en (4) het normaal functioneren van het immuunsysteem (EFSA).

Eén ei levert 17% van de ADH voor selenium.

Fosfor geeft samen met calcium stevigheid aan botten en tanden. Daarnaast beïnvloedt fosfor het energiemetabolisme (Voedingscentrum).

Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van fosfor en de bijdrage aan (1) het normaal functioneren van de celmembranen, (2) een normaal energieleverend metabolisme en (3) het behoud van normale botten en tanden. Er is echter niet vastgesteld dat een inadequate inneming leidt tot een verminderd functioneren van de hier bovengenoemde gezondheidsassociaties in de Europese populatie (EFSA).

Eén ei levert 18% van de ADH voor fosfor.

IJzer (haemijzer en non-haemijzer) is belangrijk voor de vorming van hemoglobine, dat nodig is voor zuurstoftransport in het bloed en de stofwisseling. Een tekort is te herkennen aan vermoeidheid, bleke huid, rusteloosheid en het snel buiten adem zijn (Voedingscentrum). Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van ijzer en de bijdrage aan (1) een normale formatie van rode bloedcellen en hemoglobine, (2) een normaal zuurstoftransport, (3) het reduceren van vermoeidheid, (4) de normale cognitieve ontwikkeling van kinderen en jongeren (innamen kunnen adequaat zijn in subgroepen van kinderen en jongeren in sommige EU landen), (5) normaal cognitief functioneren, (6) een normaal energieleverend metabolisme, (7) het normaal functioneren van het immuunsysteem en (8) een normale celdeling (EFSA).

Eén ei levert 9% van de ADH voor ijzer.

Zink is een spoorelement dat onderdeel is van een groot aantal enzymen die betrokken zijn bij de stofwisseling. Zink is nodig bij de opbouw van eiwitten, de groei en ontwikkeling van weefsel en de afweer. Een tekort kan leiden tot afwijkingen aan de huid, slijmvliezen en skelet, het anders ruiken/proeven, achterblijvende groei en geslachtsontwikkeling en een verminderde afweer tegen infecties en nachtblindheid (Voedingscentrum).

Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van zink en de bijdrage aan (1) het normaal functioneren van het immuunsysteem, (2) een normale DNA en eiwitsynthese en celdeling, (3) bescherming van DNA, eiwitten lipiden tegen oxidatieve schade, (4) het behoud van normale botten, (5) normaal cognitief functioneren, (6) normale vruchtbaarheid en reproductie, (7) een normaal vetzuurmetabolisme, (8) een normaal vitamine A metabolisme, (9) het behoud van normaal zicht (ogen), (10) het behoud van een normale huid, (11) het behoud van normaal serum testosteronconcentraties, (12) een normaal koolhydraatmetabolisme, (13) het behoud van een normaal macronutriëntmetabolisme en (14) het behoud van normaal haar en nagels Er is echter niet vastgesteld dat een inadequate inneming leidt tot een verminderd functioneren van de hier bovengenoemde gezondheidsassociaties in de Europese populatie (EFSA).

Eén ei levert 9% van de ADH voor zink.

Jodium is belangrijk voor de schildklierhormonen en daarmee voor de groei, de ontwikkeling van het zenuwstelsel en de stofwisseling. Een tekort komt in Nederland dankzij de verrijking van zout met jodium nauwelijks voor, maar kan leiden tot een trager werkende schildklier, groeiachterstand en een verminderd leervermogen (Voedingscentrum).

Het NDA panel van de EFSA onderschrijft (19 oktober 2010) in haar wetenschappelijke opinie omtrent de gezondheidsclaims dat er een oorzaak-gevolg relatie is vastgesteld tussen de inname van jodium en de bijdrage aan (1) het normaal functioneren van de schildklier en de vorming van schildklierhormonen, (2) een normaal energieleverend metabolisme, (3) het behoud van een normale huid, (3) normaal cognitief en neurologisch functioneren en (4) een normale groei van kinderen en jongeren (innamen kunnen adequaat zijn in subgroepen van kinderen en jongeren in sommige EU landen) (EFSA).

Eén ei levert 11% van de ADH voor jodium.

9. Cholesterol

Alle dierlijke cellen bevatten cholesterol waar het onmisbaar is voor vloeibaarheid en permeabiliteit van de celmembranen. Het is afwezig in planten waarin wel de zogenaamde fytosterolen voorkomen die het menselijk lichaam niet kan vormen. Cholesterol is tevens de precursor (voorloper) van vitamine D (wordt in de huid gevormd onder invloed van zonlicht), bijnier- en geslachtssteroïde hormonen en galzouten (Lecerf, 2011). Gal (galzouten, emulgerende fosfolipiden (lecithine) en cholesterol) zorgt voor het emulgeren van vetten (hoofdzakelijk triglyceriden) die daardoor beter kunnen worden verteerd.

Het menselijk lichaam kan cholesterol opnemen uit de voeding, maar ook zelf aanmaken. Het voedingscholesterol is niet noodzakelijk, maar de regulatie hiervan helpt om een stabiele pool van cholesterol te behouden. Wanneer de cholesterolinname erg laag is (zoals bij veganisten die geen dierlijke producten consumeren), wordt zowel de opname als aanmaak vergroot. Het lichaam kan cholesterol niet afbreken en wanneer cholesterolinname te hoog is, wordt de lichaamseigen productie onderdrukt en de excretie via galzouten geïntensiveerd (Lecerf, 2011). Een gedeelte van de galzouten wordt gereabsorbeerd en een klein deel wordt uitgescheiden via de ontlasting, zo kan het lichaam de cholesterolpool reguleren (Berne en Levy, 2000). De stanolen en sterolen uit planten (fytosterolen) competeren met cholesterol in de dunne darm om te worden opgenomen en kunnen op die manier een cholesterolverlagend effect bewerkstelligen. Ook voedingsvezels hebben dit effect door galzouten te binden en dus absorptie te verminderen (Lecerf, 2011).

Het cholesterol in de dunne darm komt dus zowel vanuit de voeding als in de vorm van galzouten die aan het begin van de dunne darm door het lichaam zelf worden uitgescheiden. De concentratie van cholesterol in het bloed is afhankelijk van zowel de voeding als genetische factoren en is het netto resultaat van enerzijds de absorptie vanuit de darmen en de synthese vanuit de lever, en anderzijds de uitscheiding via de ontlasting (in de vorm van galzouten, cholesterol en bacteriële omzettingsproducten van cholesterol) en het gebruik van cholesterol door lichaamscellen (Lecerf, 2011).

De hoeveelheid cholesterol die dagelijks de dunne darm passeert ligt tussen de 1000 en 2000 mg (Lecerf, 2011) en in een gebruikelijke westerse voeding is de lichaamseigen productie dus aanmerkelijk hoger dan de hoeveelheid cholesterol die via de voeding wordt ingenomen (in Nederland circa 200 mg/dag).

Naast genetische factoren die van invloed kunnen zijn op de cholesterol synthese in de lever (verklaart de individuele variatie), kunnen nutritionele factoren ook van invloed zijn op de endogene cholesterol synthese. Zo verminderen verzadigde vetzuren de LDL-receptor activiteit (zie uitleg verderop) in de lever waardoor het serum LDL wordt verhoogd en ook overgewicht/obesitas kan de cholesterol synthese verhogen van circa 12 tot 20 mg/kg lichaamsgewicht per dag (Lecerf, 2011). Voedingscholesterol zelf heeft echter een klein effect op de cholesterol synthese omdat de regulatie vooral plaatsvindt via de opname in de dunne darm (Lecerf, 2011).

Na het passeren van de darmwand wordt het cholesterol via LDL (low-density lipoprotein) partikels naar de verschillende lichaamscellen getransporteerd. De LDL partikels bevatten het meeste cholesterol in het bloed. Deze opname wordt gereguleerd door receptoren op de

lichaamscellen die interacties aangaan met de apoproteïnen (ApoE en ApoB-100) op het LDL partikel (Berne en Levy, 2000).

Een ander lipoproteïne, het zogenaamde HDL (high-density lipoprotein) neemt cholesterol op vanuit de verschillende lipoproteïnen en perifere cellen en vervoert het naar de lever waar een gedeelte naar de gal wordt getransporteerd. Het cholesterol wordt veresterd door het LCAT (lecithin cholesterol acyltransferase) enzym onder invloed van ApoA-1. Deze cholesterol esters worden uitgewisseld voor triglyceriden uit andere partikels door het enzym CETP (cholesterol-ester transfer protein) (Berne en Levy, 2000). Hogere concentraties en activiteit van deze 2 enzymen wordt geassocieerd met verhoogde omgekeerde cholesteroltransport-pathway en dus de afvoer van overtollig cholesterol naar de lever (Herron, 2003).

9.1 Atherosclerose en hart-en vaatziekten

Verhoogde serumcholesterol waarden worden sterk in verband gebracht met hart- en vaatziekten (Djoussé, 2009a) en wordt ook wel hypercholesterolemia genoemd. Het gaat hier om verhoogde LDL levels (ook wel 'slecht cholesterol') en verlaagde HDL levels ('goed cholesterol').

Interventiestudies hebben aangetoond dat een toename van het voedingscholesterol leidt tot een toename van zowel LDL als HDL cholesterol. Omdat een hogere LDL waarde risicoverhogend effect heeft op hart- en vaatziekten en een hoger HDL in verband wordt gebracht met een lager risico, is de ratio van 'totaal tot HDL cholesterol' een betere risicovoorspeller dan alleen de LDL of de totaal cholesterol waarde (Weggemans, 2001).

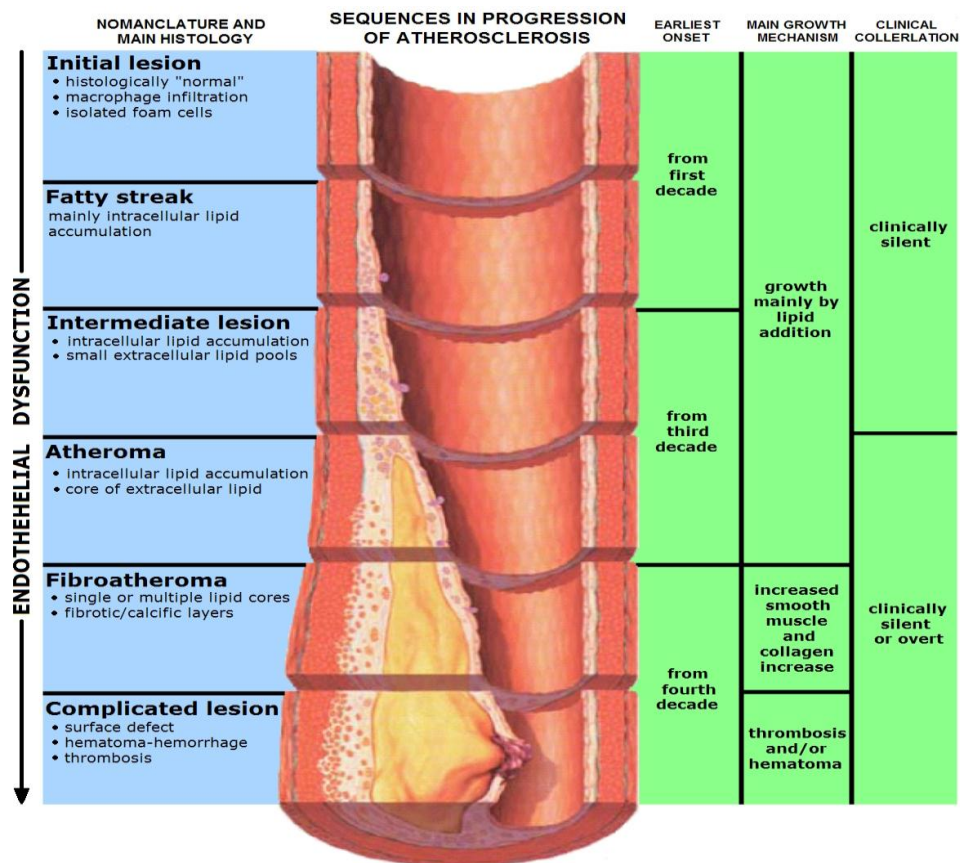
Tabel 10 geeft een kwantitatief overzicht van de verschillende serum lipidwaarden zoals deze zijn opgesteld door de Nederlandse en Amerikaanse Hartstichting.

Cholesterol is betrokken bij de vorming van atherosclerose (aderverkalking) dat een proces is waarbij er aan de binnenkant van de aderen zogenaamde (vetachtige) plaques ontstaan die de (slag)ader vernauwen. Op deze manier kan de ader dichtslippen en de bloedtoevoer voor het achtergelegen weefsel verhinderen. Tevens kan het voorkomen dat de plaque (gedeeltelijk) loslaat en in een ander bloedvat voor een verstopping (embolie) zorgt (bijvoorbeeld een hart- of herseninfarct).

Tabel 10: Overzicht van de serum lipidwaarden en bijbehorende kwalitatieve omschrijving van zowel de Nederlandse als de Amerikaanse Hartstichting. De waarden van de Amerikaanse hartstichting zijn omgerekend van mg/dL naar mmol/L voor de verschillende cholesterolfracties (gedeeld door 38,67) en triglyceriden (gedeeld door 88,57).

Nederlandse hartstichting		Amerikaanse hartstichting	
totaal cholesterol (mmol/L)			
<5	normaal	<5,17	gewenst niveau
5,0 - 6,4	licht verhoogd	5,17 - 6,18	borderline risico
6,5 - 7,9	verhoogd	>6,21	hoog cholesterol
>8,0	sterk verhoogd		
LDL cholesterol (mmol/L)			
<2,5	optimaal	<2,59	optimaal
>3,5	te hoog	2,59 - 3,34	bijna optimaal
		3,36 - 4,11	borderline risico
		4,14 - 4,89	hoog
		>4,91	heel hoog
HDL cholesterol (mmol/L)			
<0,9	te laag	<1,03 (♂) <1,29 (♀)	laag
		1,03 - 1,53	medium
		>1,55	hoog, optimaal
totaal/HDL			
<5	optimaal	<5	doelstelling
		3,5	optimaal
triglyceriden (mmol/L)			
>2,1	te hoog	<1,69	normaal
		1,69 - 2,25	borderline risico
		2,26 - 5,63	hoog
		>5,65	heel hoog

Het LDL partikel is in staat om het endotheel (wand van het bloedvat) te passeren naar een dieper gelegen laag. Het LDL ondergaat daarbij een aantal reacties (oxidatie en glycosilering van de lipiden) die het ontstekingsproces bevorderen. Bij deze ontsteking worden onder invloed van onder andere het gemodificeerde LDL en signaalstoffen (cytokines), leukocyten (witte bloedcellen) aangetrokken die zich kunnen vasthechten aan de bloedwand. Deze witte bloedcellen worden macrofagen die de verschillende lipiden op kunnen nemen. Ze worden dan 'schuimcellen' genoemd. Deze schuimcellen kunnen zowel loslaten als vast blijven zitten en de balans hiertussen bepaald uiteindelijk de mate van plaque-vorming. De schuimcellen stimuleren middels de aanmaak van onder andere cytokines de vermenigvuldiging van gladspierweefsel en extracellulaire matrix dat het kapsel van de plaque vormt in een verder gevorderd stadium van atherosclerose. De uiteindelijke calciumophoping (overeenkomstig met botvorming) maakt de plaque stijver. Figuur 4 geeft een schematisch overzicht van jarenlange ontwikkeling atherosclerose.



Figuur 4: visuele weergave van het atherosclerose proces (wikipedia).

9.2 Atherogeniciteit van het LDL partikel

Het LDL partikel is heterogeen met betrekking tot grootte, dichtheid, compositie, geladenheid en atherogeniciteit (Fernandez, 2006; Herron, 2004b; Ballasteros, 2004; Greene, 2005). Op basis van de grootte worden de partikels geïnclassificeerd van LDL-1 tot LDL-7 waarbij een hoger getal staat voor een lagere peak partikel diameter. Een patroon waarbij vooral kleine partikels met een hogere dichtheid (LDL-3+) voorkomen (B-subklasse) wordt beschouwd als méér atherogeen dan het patroon waarbij er meer grotere partikels (A-subklasse) aanwezig zijn (Herron, 2004b; Ballasteros, 2004; Greene, 2005). Het hebben van een B-subklasse patroon heeft 3 keer zo groot risico op coronaire hartziekten (Herron 2004b).

Er worden een aantal mogelijke verklaringen aangedragen waarom juist deze LDL partikels atherogener zijn: ze kunnen makkelijker de bloedvatwand passeren, ze zijn gevoeliger voor oxidatie, en ze zouden een verminderde affiniteit voor de LDL receptor kunnen hebben waardoor de halfwaardetijd van deze LDL partikels in de bloedbaan groter is (Herron, 2004b; Ballasteros, 2004; Greene, 2005).

De ApoB waarde van het bloed wordt gebruikt als maat voor het aantal atherogene partikels (Pearce, 2011). Op elk LDL partikel is één ApoB aanwezig en is dus representatief voor het aantal LDL partikels waarbij het aantal partikels atherogener wordt geacht dan de hoeveelheid cholesterol dat in de partikels aanwezig is (Greene, 2005).

9.3 Hyporesponders versus hyperresponders

Resultaten uit meta-analyses geven aan dat bij een toename van 100 mg voedingscholesterol, een toename van het serum totaalcholesterol van 0.05-0.06 mmol/L (2,0-2,2 mg/dL) te verwachten is (McNamara, 2000). Voor de afzonderlijke lipoproteïnen is de verwachte toename 0,04 – 0,05 mmol/L (1.9-2.1 mg/dL) (LDL) en 0,010 – 0,011 mmol/L (0.40-0.44 mg/dL) (HDL) per 100 mg voedingscholesterol (Djoussé, 2009a).

Mensen die een respons op het totaal cholesterol hebben van <0.05 (2,0) of >0.06 (2,2) mmol/L (mg/dL) worden respectievelijk aangeduid als hypo- en hyperresponders (Greene, 2005; Herron, 2002; McNamara, 2000). Het bestaan van een hypo- dan wel hyperrespons is ook aangetoond in diermodellen (Greene, 2005). Chakrabarty heeft een toename van meer dan 15% (volgens eigen zeggen arbitrair) in het LDL cholesterol als criterium voor de hyperrespons gehanteerd (Chakrabarty, 2004).

Geen effect op het serumcholesterol of een matige toename (<0.06 mmol/L), de hyporespons, komt vaker voor (~70%) dan de hyperrespons (Fernandez, 2006; Herron, 2002; Herron, 2003). Volgens Djoussé en Gaziano komt een hyperrespons bij 15-25% van de bevolking voor (Djoussé, 2009a).

Het verschil in de respons op voedingscholesterol kan gedeeltelijk worden beïnvloed door factoren als geslacht, leeftijd, hormoonstatus en obesitas, maar kan ook genetische componenten hebben, bijvoorbeeld in het lipoproteïnenmetabolisme. Er zijn echter weinig studies gedaan naar de effecten van genetische variatie op de cholesterol respons (Fernandez, 2006).

9.4 Resultaten met betrekking tot de effecten van eieren op het cholesterolmetabolisme

Binnen deze paragraaf is er waar mogelijk een onderverdeling gemaakt in de verschillende soorten publicaties/onderzoeken. Over het algemeen zijn er 2 soorten publicaties: onderzoeksartikelen en zogenaamde overzichtsartikelen (reviews).

De overzichtsartikelen geven een samenvatting van de verschillende onderzoeksresultaten op een bepaald gebied, bediscussiëren deze en geven aan welke relevante zaken er beter onderzocht moeten worden. Zo worden vaak de verschillende onderzoeken in mensen met elkaar vergeleken en probeert men aan de hand van *in-vitro* studies of diermodellen de achterliggende mechanismen te achterhalen en toekomstig onderzoek richting te geven.

De onderzoeksartikelen beschrijven de verschillende soorten onderzoek. Dit varieert van *in-vitro* onderzoek (niet in een levend organisme), diermodellen (bijvoorbeeld muizen of varkens) en onderzoeken in mensen. In dieren kan ook experimenteel onderzoek gedaan welk vanwege ethische redenen of vanwege te weinig kennis (nog) niet op mensen kan worden uitgevoerd. Er kan in mensen observationeel onderzoek gedaan worden, waarbij er een grote groep mensen (cohort) in de tijd wordt gevolgd, informatie verzameld wordt door middel van vragenlijsten en er gekeken wordt wat er gebeurt. Onderzocht wordt dan of er bepaalde associaties zijn, bijvoorbeeld of mensen die meer roken vaker overlijden aan longkanker. Daarnaast kan er ook interventieonderzoek worden gedaan, waarbij een groep mensen verdeeld wordt over 2 (of meer) verschillende interventies. Enerzijds de nutriënt waarvan men het effect wil bestuderen en anderzijds de placebo/controle om het daadwerkelijke verschil te meten. Een voorbeeld is het effect van een antihypertensie medicijn/placebo (exposure) op de bloeddruk (outcome).

De verschillende soorten onderzoek hebben voor- en nadelen, maar het interventieonderzoek wordt als zeer belangrijk geacht als het gaat om de bewijskracht in het aantonen van een oorzaak-gevolg relatie van een bepaalde exposure in mensen.

9.4.1 Overzichtsartikelen

Verschillende recente overzichtsartikelen concluderen eenduidig dat in de studies met betrekking tot de effecten van eieren op het cholesterolmetabolisme, ei-consumptie niet wordt geassocieerd met een verhoogd serumcholesterol (McNamara 2009, Gray 2009, Kritchevsky 2004) en dat er onvoldoende bewijs is voor een sterke associatie met een hoger hart- en vaatziektenrisico (Lecerf, 2011; McNamara, 2009; Djoussé, 2009a; Fernandez, 2006; Kritchevsky, 2004; Applegate, 2000).

Echter, in bepaalde subpopulaties als hyperresponders (15-25% van de bevolking) en mensen met type 2 diabetes wordt voedingscholesterol in verband gebracht met een verhoogd risico op respectievelijk de toename in serum (totaal-)cholesterol (Djoussé 2009a) en hart-en vaatziekten en overlijden (Djoussé, 2009a; Nakamura, 2006; Qureshi, 2007; Hu 1999).

Kritchevsky (Kritchevsky, 2004) geeft aan dat de vroegere adviezen om ei-consumptie te beperken (zoals die van de American Heart Association (AHA, 1973) zijn gebaseerd op de zogenoemde 'diet-heart' hypothese die is voortgekomen uit aanwijzingen dat enerzijds voedingscholesterol het serumcholesterol verhoogt en anderzijds het serumcholesterol is geassocieerd met het hartziektenrisico. De misvatting die toen werd gemaakt is dat het voedingscholesterol direct wordt omgezet in serumcholesterol en dat ei-consumptie ook het risico op hart- en vaatziekten zou verhogen (Gray, 2009; Kritchevsky, 2004). Daar was echter geen empirische data voor op dat moment (Kritchevsky, 2004).

In de later verschenen epidemiologische data uit cohorten met vrij-levende populaties komt geen associatie naar voren tussen ei-consumptie en serumcholesterol levels en deze literatuur ondersteunt niet de hypothese dat eieren een risicofactor zijn voor coronaire hartziekten (Kritchevsky, 2004).

In een recente review van Lecerf en Lorgeril (Lecerf, 2011) concluderen de auteurs dat wanneer voedingscholesterol leidt tot een verhoogd risico op hart- en vaatziekten, dit een laag risico is met een te verwaarlozen klinische relevantie. Ze schrijven dat recente epidemiologische studies geen relatie laten zien tussen zowel voedingscholesterol als ei-consumptie en het risico op hart- en vaatziekten. In vergelijking met verzadigd vet heeft het cholesterol uit eieren een klein, insignificant effect op het serumcholesterol (Gray, 2009).

Omgekeerd heeft, volgens McNamara, de restrictie van voedingscholesterol weinig profijt als het gaat om de reductie van het ziekterisico (McNamara, 2009).

9.4.2 Observationale studies

Bijlage I geeft een overzicht van de observationele studies waarin is gekeken naar de effecten van eieren op het serumcholesterol, het hart- en vaatziektenrisico (coronaire hartziekte, hartfalen, hartinfarct), overlijdensrisico en de kans op het krijgen van type 2 diabetes.

In de cohort studies is de ei-consumptie bepaald aan de hand van vragenlijsten waarbij er onderscheid wordt gemaakt tussen 2-6 categorieën, variërend van 'zelden' tot '≥2 eieren per dag'. Deze vragenlijsten zijn één of meerdere keren afgenomen gedurende de studieperiode, soms door de mensen zelf ingevuld, soms (telefonisch) afgenomen door interviewers.

Er zijn 17 prospectieve cohort studies, 2 retrospectieve studies en 2 meta-analyses geïdentificeerd. De mensen uit de verschillende cohort studies zijn tussen de 8 en 24 jaar gevolgd waarvan bij het merendeel de studieperiode >14 jaar was. De cohort-grootte varieert van enkele honderden (2 studies) tot enkele (tien)duizenden.

Ei-consumptie versus serumcholesterol

In 7 cohortstudies is er gekeken naar het effect van eieren op het serumcholesterol, welke veelal aan het begin (baseline) van de studie is bepaald. Er zijn 2 studies waarin ei-consumptie wordt geassocieerd met een verhoogd serum totaalcholesterol (Nakamura 2004, D'Avanzo 1995). In een cohort (Nakamura, 2004) van >9000 gezonde Japanners (>30 jaar) was bij vrouwen (niet mannen) het serum totaalcholesterol verhoogd van 4,84 naar 5,09 mmol/L voor respectievelijk 'zelden' en een consumptie van '≥2 eieren per dag'. In een retrospectieve studie (D'Avanzo, 1995) vond men een zwakke maar significante correlatie tussen ei-consumptie en serum totaalcholesterol; oplopend van 5,04 naar 5,20 mmol/L voor de categorieën '<1 ei/week' en '≥2 eieren/week', welke door de auteurs als niet epidemiologisch relevant werd beschouwd. In een andere studie werd geen verschil waargenomen tussen 6 ei-categorieën en het totaal-, LDL en HDL cholesterol (Djoussé 2008a). Een lichte verlaging (0,10-0,13 mmol/L tussen laagste en hoogste categorie) van het totaalcholesterol werd in 2 studies (Nakamura, 2006; Song, 2000) gevonden. In een recente publicatie (Djoussé, 2010) werd een verlaging van het LDL cholesterol gevonden; van 3,49 naar 3,18 mmol/L voor respectievelijk 'nooit een ei' en 'bijna dagelijks een ei'. Er was in deze studie geen verschil in totaal- en HDL cholesterol en de ratio LDL/HDL.

Samengevat, in het observationele onderzoek zijn er minimale (van -0,10 tot +0,26 mmol/L tussen laagste en hoogste ei-consumptie categorie) of geen effecten waargenomen van ei-consumptie op het serum totaalcholesterol (Djoussé, 2008; Nakamura, 2004; Nakamura, 2006; Song, 2000; D'Avanzo, 1995).

Ei-consumptie versus hart- en vaatziektenrisico

Met betrekking tot het hart- en vaatziektenrisico, overlijdensrisico en het krijgen van diabetes zijn verschillende associaties waargenomen. In een aantal recente prospectieve cohortstudies (Djoussé, 2008a; Djoussé, 2008b; Qureshi, 2007; Nakamura, 2006; Hu, 1999) is er geen associatie gevonden tussen ei-consumptie tot 6 eieren/week en (acute) hart- en vaatziekte en overlijdensrisico. Twee publicaties van hetzelfde cohort (Djoussé, 2008a; Djoussé, 2008b) met >20,000 gezonde mannen (39-85 jaar) is tot '6 eieren/week' geen associatie gevonden voor een hart- of herseninfarct, hartfalen en het totale overlijdensrisico, maar '1 ei/dag' en '≥2 eieren/dag'

hebben een respectievelijk 28 en 64% verhoogde kans op hartfalen en '≥7 eieren/week' is geassocieerd met een 23% hoger overlijdensrisico. In deze laatste categorie hebben mensen met type 2 diabetes een 100% hogere kans op overlijden (Djousse, 2008a). In 2 Japanse cohorten (Nakamura, 2006), 2 Amerikaanse cohorten met mannen werkzaam in de gezondheidszorg en vrouwelijke verpleegkundigen (Hu, 1999) en een ander representatief Amerikaans cohort met gezonde mensen (Qureshi, 2007) was ei-consumptie tot respectievelijk 'bijna dagelijks een ei', '1 ei/dag' en '>6 eieren/week' niet geassocieerd met een hoger risico voor coronaire hartziekten (Nakamura, 2006; Qureshi, 2007; Hu 1999) en het herseninfarct- en overlijdensrisico (Qureshi, 2007). Vier cohorten (Nakamura, 2006; Hu, 1999) bestonden uit >30,000 mensen (40-75 jaar) en beide studies hebben in hun statistische analyse gecorrigeerd voor multiële variabelen inclusief dieetfactoren en andere risicofactoren voor hart- en vaatziekten (Nakamura, 2000; Hu, 1999). In de Japanse cohorten is het hebben van hypercholesterolaemia meer frequent in categorieën met een lage ei-consumptie. De auteur geeft aan dat juist deze groep mensen het consumeren van eieren en andere cholesterolrijke producten waarschijnlijk probeert te vermijden (Nakamura, 2006). In de Amerikaanse cohorten (Hu, 1999) is de consumptie van '1 ei/dag' vergeleken met '<1 ei/week' geassocieerd met een 102 en 49% hoger risico voor coronaire hartziekten voor respectievelijk mannen en vrouwen met diabetes. De studie naar het andere Amerikaanse cohort (n>9500) vond ook een 2 keer zo hoog risico op het krijgen van een hartaanval in mensen met diabetes (Qureshi, 2007). In een oudere publicatie (Dawber, 1982) van de Framingham Study (cohort van 1957-1981) werden geen verschillen gevonden tussen de tertielen van ei-consumptie en het risico op coronaire hartziekten, hartinfarct, overlijdensrisico en angina pectoris in zowel mannen als vrouwen. De gemiddelde ei-consumptie was 3.8 en 5.9 eieren per week voor respectievelijk vrouwen en mannen, de analyses zijn niet gecorrigeerd voor eventuele variabelen die de relatie kunnen beïnvloeden. Een sterke relatie tussen eieren en hart- en vaatziekten in diabetici werd ook gevonden in een ander recent cohort (Houston, 2010). De hazard ratios in de multiële gecorrigeerde modellen voor '1-2 eieren/week' en '≥3 eieren/week' waren in deze subpopulatie respectievelijk 3.33 en 5.02 in vergelijking met '<1 ei/week'. De niet-significante (p=0.09 voor trend) equivalente ratios in non-diabetici zijn 1.03 en 1.38. In dit Amerikaanse cohort met ouderen (70-79 jaar, start 1997/1998 met 9 jaar follow-up) consumeerde 38% van de mensen '<1 ei', 40% '1-2 eieren' en 22% '≥3 eieren' per week (Houston, 2010). In diabetici verhoogd een toename van 10g ei/dag het totale overlijdensrisico met 31% en het overlijdensrisico dat gerelateerd is aan hart- en vaatziekte met 54% in een Griekse populatie (Trichopoulou, 2006).

In een Japans cohort bestaande uit >37,000 overlevenden van de Hiroshima en Nagasaki atoombommen uit 1945 is er een 30% lager risico op een herseninfarct gevonden voor mensen die 'bijna dagelijks' een ei eten vergeleken met mensen die 'nooit' een ei eten. Deze populatie bestond uit mensen die verder weinig dierlijke producten eten met een mogelijk lagere kans op hart- en vaataandoeningen (Sauvaget, 2003).

In een cohort met >14,000 (Afro-) Amerikanen werd een 23% hogere kans op hartfalen gevonden voor een extra dagelijks ei (Nettleton, 2008). In een cohort van >10,000 (semi-) vegetariërs en vleeseters (Mann, 1997) werd in vergelijking met '<1 ei/week' een 28 en 168% hogere kans op acute hartziekte gevonden voor respectievelijk '1-5 eieren/week' en '≥6 eieren/week'. In de statistische analyse is gecorrigeerd voor geslacht, leeftijd, roken en sociale klasse, niet voor BMI of dieetfactoren. In het Japanse cohort (Nakamura, 2004) werd naast een lichte verhoging van het serum totaalcholesterol in vrouwen ook relatie gevonden tussen ei-consumptie en overlijdensrisico (alle oorzaken) wederom alleen in vrouwen; vergeleken met '1 ei/dag', is '1-2

eieren/week' geassocieerd met een 22% lagere kans op overlijden. Onder Australische Aboriginals wordt een hogere ei-consumptie (≤ 8 /maand versus > 8 /maand) geassocieerd met een 159% hoger risico op coronaire hartziekten (Burke, 2007). Er is onder andere gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht, roken en fysieke inspanning, niet voor BMI of dieetfactoren.

In een zogenoemd risico gewogen model (Barraj, 2009) is de bijdrage van eieren (en andere veranderlijke risicofactoren) aan het risico voor coronaire hartziekten bepaald op populatie niveau. In een complex statistisch model zijn met behulp van aannames uit 2 cohorten (Hu, 1999) voor de relatieve risico's van eieren op het coronaire hartziektenrisico percentages berekend. De auteurs concludeerden dat de bijdrage van ei-consumptie minder dan 1% bedraagt op het totale coronaire hartziektenrisico (Barraj, 2009).

In een systematische meta-analyse van 6 cohorten (Mente, 2009) hebben de auteurs na het toepassen van de zogenoemde Bradford Hill criteria (om een causaal verband aan te tonen) geconcludeerd dat er onvoldoende bewijs is om ei-consumptie te relateren aan het risico op coronaire hartziekten.

Naast de verhoogde kans op hart- en vaatziekten voor mensen met diabetes zoals hierboven genoemd (Houston, 2010; Djoussé, 2008a; Qureshi, 2007; Trichopoulou 2006; Hu, 1999), zijn er aanwijzingen dat ei-consumptie mogelijk is geassocieerd met het type II diabetesrisico. In de recente publicatie, waar een verlaging van het LDL cholesterol werd gevonden (Djoussé, 2010), was de kans op type 2 diabetes in mannen 145% (correctie leeftijd en ras) hoger in de hoogste categorie ('bijna dagelijks een ei'). Na multivariabele correctie (inclusief BMI) was het risico 81% hoger en niet meer significant. In vrouwen werd een niet-significant 62% lager risico gevonden. Ei-consumptie was in dit cohort niet geassocieerd met serum waarden voor glucose en insuline tijdens het vasten en insuline resistentie (Djoussé, 2010). Dezelfde auteur vond in een twee andere cohorten ook een hoger risico op diabetes type II voor een consumptie van ≥ 1 ei/dag, in zowel mannen (58%) als vrouwen (77%) na multi-pele correctie (Djoussé, 2009b). Een andere recente studie vond vergelijkbare resultaten in een prospectief cohort en een retrospectieve case-control studie waarbij er werd onderzocht of ei-consumptie gerelateerd was aan het risico op zwangerschapsdiabetes; beide studies gaven aan dat er een trend is voor een toenemend risico bij een toenemende ei-consumptie, met een 80% grotere kans bij een consumptie van ≥ 7 eieren/week (Qiu, 2011).

Samengevat, de meeste prospectieve cohortstudies in gezonde mensen die hebben gekeken naar de effecten van ei-consumptie op het (acute) hart- en vaatziektenrisico en het overlijdensrisico laten geen associatie zien tot een consumptie van circa 6 eieren/week (Djoussé, 2008a; Djoussé, 2008b; Qureshi, 2007; Nakamura, 2006; Hu, 1999). In een Japans cohort met een lage consumptie van dierlijke producten wordt ei-consumptie zelfs geassocieerd met een lager herseninfarctrisico (Sauvaget, 2003). Dit zijn omvangrijke cohorten (10.000 – 30.000 personen), die voor lange tijd (10 – 20 jaar) zijn gevolgd en waarbij er in de statistische analyses is gecorrigeerd voor multi-pele variabelen. Er zijn echter studies die ei-consumptie wel hebben gerelateerd aan het risico op hart- en vaatziekten. In een cohort van gezonde mensen werd 1 extra ei per dag gerelateerd aan een 23% hoger risico op hartfalen (Nettleton, 2008). Een Japans cohort vond in vrouwen, niet mannen, een hoger overlijdensrisico voor een dagelijks ei vergeleken met 1-2 eieren/week (Nakamura, 2004). In 2 studies waar een hogere risico's werden

gevonden voor hogere ei-consumptie op (acute) coronaire hartziekten was er niet gecorrigeerd voor belangrijke confounders als BMI en dieetfactoren (Burke, 2007; Mann, 1997). Diabetes patiënten die vaker eieren eten lijken wel een verhoogd risico op hart- en vaatandoeningen te hebben (Houston, 2010; Djoussé, 2008; Qureshi, 2007; Trichopoulou 2006; Hu, 1999). Tevens zijn er enkele aanwijzingen dat het risico op het krijgen van type 2 diabetes verhoogd is bij consumptie van 1 of meer eieren per dag (Djoussé, 2010; Djoussé, 2009b) en is er een trend gevonden voor een toenemende ei-consumptie en het risico op zwangerschapsdiabetes (Qiu, 2011).

9.4.3 Interventiestudies

Bijlage II geeft een overzicht van de interventiestudies die het effect van eieren op de serum lipiden, de endotheelfunctie, de atherogeniciteit van het LDL partikel en andere markers voor het hart- en vaatziekten risico.

De interventies waren veelal 2-3 eieren per dag (heel, of vloeibaar/gepasteuriseerd, circa 400 – 600 mg extra cholesterol per dag) voor periodes variërend van 30 dagen tot 12 weken (1 studie was voor 15 dagen, Cesar, 2006), vergeleken met een cholesterol- en vetvrije controle. Dit onderzoek is gedaan in gezonde mensen, maar ook mensen met verhoogde serum lipidwaarden, mensen met een overgewicht, vrouwen na de menopauze en kinderen.

Er zijn 14 studies geïdentificeerd die eieren als interventie hebben gebruikt, 1 studie is een meta-analyse. In 9 van de interventies is de mate van respons op voedingscholesterol/eieren binnen beschouwing genomen en gekeken naar een eventueel verschil tussen hypo- en hyperresponders (Pearce, 2011; Mutungi, 2008; Waters, 2007; Green, 2005; Chakrabarty, 2004; Ballasteros, 2004; Herron, 2004b; Herron, 2003; Herron, 2002).

Ei-consumptie versus serumcholesterol

Een aantal studies laten een matige verhoging van het totaal- en/of LDL cholesterol zien, in andere studies hebben eieren geen effect op de serumlipiden of zorgen ze voor een verhoging van het HDL cholesterol.

In een 6-weekse interventie van 2 eieren/dag vergeleken met een ei-ervanger in mensen met hyperlipidaemia was zowel het totaal- (6,18 vs. 5,87 mmol/L) als LDL (4,27 vs. 3,98 mmol/L) verhoogd (Njike, 2010). Er werd geen verschil in HDL, totaal/HDL ratio en triglyceriden gevonden. In hyper- (niet hypo-)responder post-menopausale vrouwen was het totaal- (5,48 vs. 4,55 mmol/L), het LDL- (3,26 vs. 2,48 mmol/L) en het HDL cholesterol (1,55 vs. 1,42 mmol/L) verhoogd in een interventie van 30 dagen met 3 vloeibaar/gepasteuriseerde eieren/dag (Waters, 2007). In 2 soortgelijke interventies, voor 15 dagen in gezonde mannen met een achtergrond dieet dat laag was in (verzadigd) vet (Cesar, 2006), en voor 30 dagen in gezonde mannen (Greene, 2005), werden vergelijkbare resultaten gevonden met verhoogde serumlipiden in combinatie met een onveranderde LDL/HDL ratio (Cesar, 2006; Greene, 2005). In Mexicaanse kinderen (8-12 jaar) met een laag sociale achtergrond en vetrijke voeding verhoogden in hyperresponders 2 eieren/dag voor 30 dagen het LDL- (1,94 vs. 1,55 mmol/L) en HDL cholesterol (1,34 vs. 1,24 mmol/L) met onveranderde totaal/HDL en LDL/HDL ratios (Ballasteros, 2004). Een interventie van 1 gekookt ei/dag bij jonge Indiërs (25.7 jaar) in een lacto-vegetarisch dieet verhoogde totaal- (5,28 vs. 4,45 mmol/L) en LDL cholesterol (3,31 vs. 2,33 mmol/L) en de totaal/LDL ratio (4.55 vs. 3.42), alleen in hyperresponders. In 3 soortgelijke 30-daagse interventies met 3

vloeibaar/gepasteuriseerde eieren/dag versus een vet/cholesterolvrije vervanger in combinatie met een gezonde voeding (STEP 1 dieet, AHA) in pre-menopausale vrouwen (Herron, 2002), mannen (Herron, 2003) en mannen & vrouwen (Herron, 2004b) zijn vergelijkbare verhogingen in het LDL cholesterol (circa 2,87-3,08 vs. 2,20-2,51 mmol/L) gevonden (alleen in hyperresponders voor alle 3 de studies). In de 2 studies met pre-menopausale vrouwen (Herron, 2002) en mannen (Herron, 2003) is een hoger HDL cholesterol waargenomen, respectievelijk 1,76 vs. 1,58 mmol/L en 1,29 vs. 1,11 mmol/L waarbij alleen bij mannen de LDL/HDL ratio verhoogd was van 1.91 naar 2.33. In een 6-weekse interventie van 2 eieren/dag in gezonde mensen (36-73 jaar) is er geen effect op de serum lipiden gevonden in vergelijking met de baseline waarden (Katz, 2005). Ook in een interventie van 12 weken met 12 eieren per week (gewone of verrijkt met n-3 vetzuren) in combinatie met een laagvet dieet in 25 mensen (serumcholesterol > 5,17 mmol/L) werd geen effect gevonden op de serum lipiden (Lewis, 2000); alleen na het meenemen van 2 personen met een uitzonderlijk hoge hyperrespons (verhoging van het totaal cholesterol van >2 x de standaard deviatie) was de LDL waarde verhoogd: 4,16 (n-3 ei), 4,06 (gewoon ei) en 3,88 mmol/L (geen ei). Twaalf eieren per week verrijkt met n-3 vetzuren zorgde voor meer dan een verdubbeling van de n-3 vetzuurinname (1.4 mg/dag) (Lewis, 2000). In combinatie met een koolhydraatarm dieet werd er in mannen met overgewicht/obesitas (BMI 25-37) juist een verhoging gezien van het HDL (57.1 vs. 48.8) bij een interventie van 12 weken met 3 vloeibaar/gepasteuriseerde eieren/dag terwijl er geen effect was op het totaal- en LDL cholesterol, de LDL/HDL ratio en de triglyceriden (Mutungi, 2008). Een vergelijkbare studie in mensen met obesitas werden geen effecten gevonden op de serum lipiden (Harman, 2008). In vergelijking met mager dierlijk eiwit, zorgden 2 eieren/dag in een eiwitrijk + energiearm dieet in mensen met type 2 diabetes ook voor een verhoogd HDL (1,24 vs. 1,17 mmol/L) en was het LDL cholesterol onveranderd (Pearce, 2011). Een meta-analyse van 17 geselecteerde interventiestudies (Weggemans, 2001) naar het effect van eieren op de totaal/HDL ratio (als betere voorspeller van het hart- en vaatziekerisico dan LDL cholesterol) geeft aan dat 1 ei/dag extra zorgt voor een verhoging van de ratio van 0.041 eenheden. Dit komt volgens de auteurs overeen met een verhoging van het risico op een hartinfarct van 2.1% dat op individueel niveau wellicht niet groot is, maar op populatieniveau relevant, aldus Weggemans e.a..

Samengevat, in gezonde mensen (normolipidaemisch, geen overgewicht, pre-menopausaal voor vrouwen, 17 - >60 jaar) was er voor de consumptie van 2 á 3 eieren/dag, ten opzichte van de controle/placebo, een minimale toename voor totaalcholesterol (tussen 0,16-1,22 mmol/L tot een maximum van 5,28 mmol/L), het LDL cholesterol (tussen 0,06-0,98 tot een maximum van 3,31 mmol/L) en een toename voor het HDL cholesterol (tussen 0,04-0,18 mmol/L tot 1,27-1,76 mmol/L) (Cesar, 2006; Greene, 2005; Chakrabarty, 2004; Herron, 2004b; Herron, 2003; Herron, 2002). In de studies van Chakrabarty et al. en Herron et al. gaat hem om significante effecten in hyperresponders, niet hyporesponders (Chakrabarty, 2004; Herron, 2004b; Herron, 2003; Herron, 2002). Daarnaast zijn er een aantal studies die hebben gekeken naar effecten in mensen met overgewicht (Mutungi, 2008; Harman, 2008) of type 2 diabetes (Pearce, 2011), postmenopausale vrouwen (Waters, 2007), mensen met verhoogde (>5,17 mmol/L) (Lewis, 2000) of hyper- (>6,21mmol/L) (Njike, 2010) serum totaalcholesterol waarden en Mexicaanse kinderen met een laag-sociale achtergrond (Ballesteros, 2004).

Ei-consumptie versus additionele markers voor het hart- en vaatziekerisico

In de studie van Herron et al. met interventies in zowel mannen als vrouwen (Herron, 2004b) is er tevens gekeken naar de atherogeniciteit van het LDL partikel; samen met de verhoging van het LDL cholesterol was in vrouwen, ongeacht het dieet, de diameter van het LDL partikel groter (26.78 vs. 26.52 nm). Tevens was de LDL-1 subklasse groter na de interventie met ei. Beide effecten worden geassocieerd met lagere atherogeniciteit. Hogere cholesterolwaarden gingen in een soortgelijke interventie ook samen met een verhoogde LDL diameter (26.1-26.2 vs. 25.7-25.8 nm). Daarbij werd de gevoeligheid van het partikel voor oxidatie (risicofactor hart- en vaatziekten) niet negatief beïnvloed door ei-consumptie aldus de auteurs (Green 2005). In post-menopausale vrouwen werd bij een soortgelijke interventie geen verschil gevonden in de LDL diameter welke gemiddeld 21.5 ± 1.0 nm bedroeg (Waters, 2007).

Enkele studies hebben gekeken naar het effect van eieren op de apolipoproteïnen. Hogere ApoB waarden (respectievelijk 1.28 vs. 1.02 en 0.79 vs. 0.68 g/L) werden gevonden in zowel gezonde mannen (Cesar, 2006) als (hyperresponder) pre-menopausale vrouwen (Herron, 2002) bij interventies met 3 eieren/dag. In beide studies ging samen met verhoogde LDL cholesterol waarden. In tegenstelling tot voorgaand, was bij mannen met gezonde voeding (Herron, 2003) en Mexicaanse kinderen met een vette voeding (Ballesteros, 2004) geen effect op de ApoB waarden waar wel hogere LDL cholesterol waarden werden geconstateerd. In combinatie met een eiwitrijk/energiearm dieet was er geen verschil in zowel LDL cholesterol als ApoB waarde tussen de interventies in mensen met diabetes, maar was de ApoB waarde wel significant lager in de beide interventies (Pearce, 2011).

Ei-consumptie had geen effect op de ApoCIII waarde in mannen (Herron, 2003), maar was verhoogd in vrouwen (Herron 2002). ApoE was onveranderd in mannen (Herron, 2003) en vrouwen (Herron, 2002).

ApoAI werd niet beïnvloed door ei-consumptie (Cesar, 2006).

In mannen en vrouwen werden enerzijds hogere activiteiten waargenomen voor CETP (Herron, 2002; Herron, 2003; Herron, 2004b) en LCAT (Herron, 2003; Herron, 2004) in hyperresponders, anderzijds werd er geen effect van eieren op de activiteit gezien in post-menopausale vrouwen (Waters, 2007).

De endotheelfunctie (als marker voor coronaire hartziekerisico) wordt niet verslechterd door 2 eieren/dag voor 6 weken (Njike, 2010; Katz, 2005). Ook in een acute analyse van ei-consumptie in vergelijking met een sandwich met kaas en worst wordt geen verschil gezien (Njike, 2010).

In één publicatie is er gekeken naar de verblijfsduur chylomicron-remnants in de bloedbaan als risicofactor voor hart- en vaatziekten (Cesar, 2006) en hebben geconcludeerd dat 3 eieren dagelijks een pro-atherogeen effect hebben door een verhoging van het LDL en het verlengen van het verblijf van deze lipiden in de bloedbaan (Cesar, 2006).

10. Eieren en gewichtsmanagement

Eieren zijn rijk aan eiwit en zouden om die reden een interessant voedingsmiddel kunnen zijn in een voeding waarbij de gewichtsbeheersing centraal staat. Studies tonen aan dat maaltijden en

voedingsmiddelen die rijk zijn aan eiwit meer verzadigend zijn dan isocalorische (met dezelfde hoeveelheid calorieën) maaltijden hoog in koolhydraten of vet (Noakes, 2008). Als het gaat om verzadiging is er enerzijds de verzadiging (satiation) die een persoon doet stoppen met eten (vol zitten), en anderzijds de verzadiging (satiety) die bepaalt hoeveel tijd er zit tussen de juist gegeten maaltijd en de daarop volgende, dus wanneer een persoon weer 'trek' krijgt. Eiwitrijke maaltijden lijken effect te hebben op de 'satiety' waarbij er minder calorieën worden gegeten tijdens een maaltijd wanneer de voorgaande maaltijd eiwitrijk was. Echter, studies die hebben gekeken naar de effecten van eiwitrijke voeding ten opzichte van koolhydraatrijke voeding in een energiebeperkt dieet op het lichaamsgewicht en calorie-inname vonden geen verschillen ondanks de het verwachte verschil in verzadiging (Noakes, 2008). In combinatie met fysieke inspanning, laten verschillende studies een verbeterde lichaamscompositie zien bij eiwitrijke voeding, soms zonder gewichtsverlies (Noakes, 2008). Een verbeterde lichaamsstelling houdt in dat de vetvrije massa (vooral spier) ten opzichte van de vetmassa is toegenomen. Het rustmetabolisme (de basisverbranding die nodig is voor het onderhoud van alle lichaamscellen) is daarom hoger en draagt bij aan gewichtsverlies of juist het behoud van het gewenste gewicht. Zo wordt het aminozuur leucine, dat ook in eieren zit (figuur 1, branched-chain amino acids), beschouwd als belangrijk nutritioneel signaal die de post-prandiale spiereiwitsynthese stimuleert (Koopman, 2009). Het overzichtartikel van Noakes, uit 2008 concludeert dat een eiwitrijke voeding van belang is voor gewichtsverlies zowel op korte als lange termijn en dat dit in combinatie met weinig verzadigde vetzuren een legitieme methode voor gewichtsbeheersing.

Het onderzoek naar de potentie van eieren op weight management is vrij recent en een (beperkt) aantal studies hebben gekeken naar het effect van eieren in het ontbijt en lichaamsgewicht en één studie heeft onderzocht of eieren de verzadigingshormonen kunnen beïnvloeden. In een interventiestudie onder mensen met overgewicht/obesitas resulteerde een ontbijt met eieren (2 roereieren) versus een gelijkwegend, isocalorisch bagel-ontbijt voor hogere waarden van verzadiging (satiety) en een lagere inname van calorieën (circa 160 kCal) tijdens de lunch (3,5 uur later) en tot 36 uur nadien (vander Wal, 2005). Dezelfde auteur vond in een 8-weekse interventie in mensen met overgewicht/obesitas met hetzelfde ontbijt (2 roereieren vs. bagel, gelijkwegend en isocalorisch) een 65% grotere gewichtsafname wanneer de interventie was gecombineerd met een energiebeperkt dieet. Echter, er werden geen verschillen gevonden wanneer de testpersonen in combinatie met het de ei-interventie hun normale leefpatroon (in voeding en fysieke activiteit) aanhielden (vander Wal, 2008). Eenzelfde studieopzet van 12 weken in combinatie met een energiebeperkt dieet in mensen met obesitas vond geen verschil in gewichtsverlies (-4 kg) (Harman, 2008). Bovendien zorgde de interventies van 2 eieren/dag voor 8-12 weken niet voor verschillen in serumcholesterol en triglyceriden wat er op wederom op wijst dat voedingscholesterol geen significante factor is voor het serumcholesterol (Vander Wal, 2008; Harman, 2009). De restrictie van eieren zou kunnen leiden tot onvoldoende inname van hoge kwaliteit dierlijke eiwitten die gunstig zijn voor het gewichtsmanagement, de ontwikkeling en behoud van niet-vetweefsel en de preventie van sarcopenia (verlies van spierweefsel) (McNamara, 2009).

In een 12-weekse interventie van 3 vloeibaar/gepasteuriseerde eieren in mensen met overgewicht/obesitas in een koolhydraatbeperkt dieet, had het extra cholesterol geen gevolg voor het positieve effect van minder koolhydraten op de insulineresistentie. Ondanks dat de testpersonen aangaven meer verzadigd te zijn bij de ei-interventie, waren er geen verschillen waargenomen in verzadigingshormonen (Ratliff, 2009).

Discussie

Dit rapport geeft een overzicht van de meest recente wetenschappelijke literatuur met betrekking tot de effecten van eieren op de gezondheid van mensen. Er is gekeken naar de bijdrage van de consumptie van eieren aan de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid (ADH) aan zowel macro- als micronutriënten en de eventuele gezondheidseffecten van die bijdrage. Daarnaast is de huidige wetenschappelijk opinie omtrent het effect van eieren op het cholesterolmetabolisme ruimschoots aan bod gekomen. Voor dit literatuuronderzoek is gebruik gemaakt van de PubMed online zoekmachine voor wetenschappelijke literatuur voor biomedische en life science gerelateerde onderzoeksgebieden.

Uit dit literatuuronderzoek kan worden afgeleid dat eieren een bijzonder gunstige bijdrage leveren aan de voedingskundige behoefte van mensen voor een goede gezondheid. Het is 'rijk aan' vitamine B12, biotine (volgens Europese richtlijn), selenium, fosfor en (hoog kwalitatief) eiwit, dat alle essentiële aminozuren bevat en is een 'bron van' vitamine A, B2, D, E, foliumzuur, ijzer, zink en jodium. Ook zijn eieren een goede bron van zowel luteïne en zeaxanthine als choline waarvoor in Nederland geen ADH waarden zijn opgesteld. Bovendien, en zeker niet op de laatste plaats, is gebleken dat het cholesterol uit eieren niet of nauwelijks van invloed is op de serumcholesterol waarden en dat er geen sterk verband is met het risico op hart- en vaatziekten. Op basis van de huidige wetenschappelijk inzichten is er onvoldoende bewijs om voor gezonde mensen (met een gezond gewicht en gezonde serum lipidwaarden), in combinatie met een gezond eetpatroon zoals geadviseerd door de gezondheidsraad, een ei-consumptie tot en met 6 eieren per week te ontraden. Echter, een kanttekening dient geplaatst te worden bij een subgroep van de populatie (15-25%) die gekarakteriseerd kan worden als hyperresponder voor cholesterol waardoor een hogere toename in serumcholesterol waarden verwacht kan worden (Fernandez, 2006; Djoussé, 2009b), en voor mensen met diabetes die een hogere kans hebben op het krijgen van hart- en vaatziekten (Djoussé, 2008a; Qureshi, 2007; Hu, 1999).

Nutritionele bijdrage van ei-consumptie

De belangrijke bijdrage van eieren aan een gezonde voeding blijkt uit de waarden die de nutritionele kwaliteit van eieren weergeeft in Tabel 3. Eieren hebben een hoge nutriëntendichtheid en leveren voor een aantal belangrijke micronutriënten per energie-eenheid een veelvoud van de ADH/energiebehoefte ratio. Daarnaast is het een eiwitbron van hoogwaardige kwaliteit die door de ruime hoeveelheid aan essentiële aminozuren in staat is om laagwaardige eiwitten aan te vullen en daardoor te balanceren. Zo draagt een ei bijvoorbeeld sterk bij aan de dagelijkse behoefte voor het aminozuur lysine dat onvoldoende aanwezig is in vooral plantaardige voedingsmiddelen, als granen (Tabel 7). Ook is een ei ten opzichte van andere eiwitbronnen per gram eiwit de goedkoopste bron van hoogwaardig eiwit (Ruxton, 2010). De veelzijdigheid van eieren maakt dat ze door veel mensen worden gegeten en dat ze gebruikt worden in een groot aantal gerechten. Een hogere ei-consumptie wordt wel geassocieerd met een hogere inname van verzadigd vet uit vooral volle zuivel- en (bewerkte) vleesproducten, maar wordt tevens geassocieerd met gezonde eetpatronen (Ruxton, 2010).

Er zijn aanwijzingen dat het voer van de leghen van invloed kan zijn op de samenstelling van micronutriënten in het ei (Bourre, 2006; Surai, 2000). De voedingskundige relevantie hiervan dient onderzocht te worden aan de hand van de bijdrage van een ei aan de ADH van de betreffende

micronutriënt. Draagt een ei weinig bij aan de ADH voor dit micronutriënt, dan zal de verrijking van het ei slechts een geringe voedingskundige relevantie hebben.

Steeds meer aanwijzingen duiden erop dat de vervanging van verzadigd en/of totaal vet door (vooral vereenvoudigde) koolhydraten in de voeding niet leidt tot een afname van het hart- en vaatziekerisico, dan wel zorgt voor een lichte toename (Hu, 2010). Vooral de inname van koolhydraten met een hoge glycaemische index (GI), die snel verteerd worden en de bloedsuikerspiegel snel laten stijgen en daarna weer ook weer snel laten dalen, lijken het risico op zowel diabetes als hart- en vaatziekten te verhogen (Hu, 2010). De auteur van dit overzichtsartikel geeft aan dat voor mensen met overgewicht en obesitas en daaraan gerelateerde aandoeningen op dit moment het reduceren van vereenvoudigde koolhydraten en het verbannen van frisdranken met suiker hoge prioriteit heeft. Een strategie die hiertoe zou kunnen bijdragen is volgens de auteur het vervangen van koolhydraten (vooral de geraffineerde granen en suikers) door onverzadigde vetzuren en/of gezonde bronnen van eiwitten (Hu, 2010). De achtergronddocumentatie van de RGV van de Gezondheidsraad uit 2006 geeft aan dat door de vervanging van verzadigd vet door koolhydraten, het serumlipidenpatroon in bepaalde opzichten ongunstige beïnvloed wordt. Het gaat dan vooral om een daling van het HDL cholesterolgehalte en een stijging van het triglyceridengehalte in nuchter bloed waardoor het risico op coronaire hartziekten wordt vergroot. Volgens de discussie in dit document pleiten een groeiend aantal wetenschappers voor een vervanging van verzadigd vet door (enkelvoudig) onverzadigde vetzuren (RGV achtergronddocument, 2006). Het Voedingscentrum geeft aan dat wanneer 5% van de calorieën in plaats vanuit verzadigd vet uit onverzadigd vet komt, de kans op hart- en vaatziekten met ongeveer 20% vermindert (Voedingscentrum). Dit wordt onderbouwd door de meta-analyse van Mensink en Katan die hebben aangetoond dat wanneer trans en verzadigde vetzuren worden vervangen door cis onverzadigde vetzuren dit de serum LDL en totaal/HDL ratio waarden sterk verlaagd (Mensink, 2003).

Met het oog op bovenstaande inzichten, waarbij er gestuurd wordt naar een voeding met een beperkte hoeveelheid eenvoudige koolhydraten (vooral toegevoegde suikers en geraffineerde graanproducten) en verzadigd vet, vervangen door eiwitten en (enkelvoudig) onverzadigde vetzuren, zijn eieren een uitstekend voedingsmiddel. Een ei bevat slechts 1 tot 2% aan koolhydraten en is rijk aan eiwit en onverzadigde vetzuren.

Meer recent is er vanuit de wetenschap interesse in het effect van eieren op het gebied van het gewichtsmanagement. Er zijn aanwijzingen dat dit nutriëntendichte, eiwitrijke voedingsmiddel een hogere verzadiging heeft ten opzichte van een voedingsmiddel met hoofdzakelijk koolhydraten. Wanneer er eieren tijdens het ontbijt worden gegeten, zorgt dit voor een significant lagere calorie-inname tijdens de daaropvolgende lunch (vander Wal, 2005) en op de langere termijn zouden eieren het gewichtsverlies van een energiebeperkt dieet kunnen versterken (vander Wal, 2008). De mate waarin eieren op de lange termijn effect hebben op het verlagen of juist behouden van het gewenste lichaamsgewicht dient nog onderzocht te worden.

Het gewichtmanagement heeft ook een andere kant waar eiwit juist kan bijdragen aan het behoud van lichaamsgewicht, zeker wanneer dit gecombineerd wordt met een toename van de lichamelijke activiteit ter voorkoming van het verlies van spiermassa.

Ei-consumptie versus serumcholesterol en hart- en vaatziekerisico

Als het gaat het effect van eieren op de serumcholesterol waarden en daarmee op het hart- en vaatziekerisico concluderen alle recente overzichtsartikelen eenduidig dat ei-consumptie niet wordt geassocieerd met verhoogde cholesterolwaarden (McNamara, 2009; Gray, 2009; Kritchevsky, 2004) en dat er onvoldoende bewijs is voor een sterke associatie met een hoger hart- en vaatziekerisico (Lecerf, 2011; McNamara, 2009; Djoussé, 2009a; Fernandez, 2006; Kritchevsky, 2004; Applegate, 2000). Kritchevsky (Kritchevsky, 2004) heeft het over een 'misvatting' die werd gemaakt waarbij er werd aangenomen dat het cholesterol uit de voeding direct werd omgezet in serumcholesterol. Het lichaam reguleert echter het eigen cholesterolmetabolisme door bij een hogere inname van voedingscholesterol, de eigen productie door de lever te onderdrukken en juist de excretie via gal te intensiveren (Lecerf, 2011). De bijdrage van 1 ei aan cholesterol (200 mg) is immers klein in vergelijking met de hoeveelheid cholesterol die dagelijks de dunne darm passeert (1000-2000 mg); de lichaamseigen productie van cholesterol is dus een aantal malen hoger dan de bijdrage die 1 ei per dag levert (Lecerf, 2011).

De wetenschap erkent dat de oudere onderzoeken naar de effecten van voeding op de serumcholesterol waarden methodisch zwak waren (Weggemans, 2001). In de statistische analyses werd namelijk niet gecorrigeerd voor belangrijke dieetfactoren als verzadigde vetzuren die juist bepalend bleken te zijn voor de verhoogde cholesterol waarden. In de Seven Countries Study (Kromhout, 1995) waren zowel de verzadigde vetzuren ($r = 0.88$, $p < 0.0001$) als voedingscholesterol ($r = 0.55$, $p = 0.029$) gecorreleerd aan het risico voor coronaire hartziekten. Echter, voedingscholesterol en verzadigd vet inname waren ook gecorreleerd ($r = 0.62$, $p = 0.011$) en na correctie voor verzadigd vet was er voor voedingscholesterol geen significante correlatie meer (McNamara, 2009). Deze inzichten hebben ertoe geleid dat er in recenter epidemiologisch onderzoek (multipole regressie analyses), minder sterke relaties werden gevonden tussen voedingscholesterol en het risico op hart- en vaatziekten (Barraj, 2009). In dit literatuuronderzoek is er daarom de nadruk gelegd op literatuur vanaf 1999.

De interventieonderzoeken waarbij gezonde mensen langdurig (6-12 weken) zijn blootgesteld aan zeer hoge hoeveelheden (tot 640 mg/dag extra) cholesterol (2-3 eieren/dag) laten nauwelijks effecten zien op de serum cholesterolwaarden (Cesar, 2006; Greene, 2005; Chakrabarty, 2004; Herron, 2004b; Herron, 2003; Herron, 2002). De duur van deze interventiestudies kan als lange termijn worden beschouwd en eventuele effecten op de serum cholesterolwaarden zouden al waarneembaar moeten zijn geweest. Dit wordt onderbouwd door langdurige observationele studies waarbij er minimale effecten zijn waargenomen op het serum totaalcholesterol (Djoussé, 2008; Nakamura, 2004; Nakamura, 2006; Song, 2000; D'Avanzo, 1995). In de interventiestudies van Chakrabarty et al. en Herron et al. gaat hem om significante effecten in hyperresponders, niet hyporesponders (Chakrabarty, 2004; Herron, 2004b; Herron, 2003; Herron, 2002). Deze hyperrespons wordt gedeeltelijk beïnvloed door factoren als geslacht, leeftijd, hormoonstatus en obesitas, maar kan ook genetische componenten hebben, bijvoorbeeld in het lipoproteïnenmetabolisme (Fernandez, 2006). Een studiepopulatie dient daarom groot genoeg te zijn omdat een ongelijke verdeling van de individuele respons types over de verschillende interventies zou kunnen leiden tot een onterechte conclusie (Djoussé, 2009a). Met het oog op het vormen van een conclusie aangaande de ei-consumptie in relatie tot het risico op verhoogde

cholesterolwaarden is het van belang om te realiseren dat de hyperrespons zoals deze in een subgroep van de populatie is waargenomen ten eerste is geconstateerd bij een extreem hoge inname van cholesterol voor een aanzienlijke periode, en ten tweede de serum cholesterolwaarden (totaal en LDL cholesterol) nog steeds binnen het normale bereik liggen zonder een verhoogd hart- en vaatziekerisico.

Het risico van ei-consumptie op het hart- en vaatziekerisico en overlijdensrisico is vooral bestudeerd in observationeel onderzoek. In een overzichtartikel van de epidemiologische literatuur concludeerde Kritchevsky dat na de correctie voor de mogelijke confounders de cholesterol inname geassocieerd was met een bescheiden toename in coronaire hartziekerisico (~6% toename in risico voor 200 mg cholesterol/1000 kcal per dag wat neer komt op circa 2 eieren/dag). Ook gaf de auteur aan dat de schatting van de ware associatie werd bemoeilijkt door het feit dat vele cohorten voor die tijd niet voor dieetfactoren hebben gecorrigeerd (Kritchevsky, 2000). De meta-analyse van 17 interventiestudies van Weggemans e.a. concludeert echter dat een toename van 0.041 eenheden in het totaal/HDL ratio (door 1 ei/dag) gelijk staat aan een toename van 2.1% op het hartinfarctrisico welke op populatieniveau niet zo maar mag worden weggecijferd, aldus de auteurs (Weggemans, 2001). In tegenstelling, Barraij e.a. concludeert op basis van het zogenoemde risico gewogen model dat de bijdrage van eieren tot het coronaire hartziekerisico minder dan 1% bedraagt op populatie niveau (Barraij, 2009).

Op enkele studies na laat het merendeel van de recente (vanaf 1999), langdurige (10-20 jaar) prospectieve cohortstudies in gezonde mensen naar het (acute) hart- en vaatziekerisico en het overlijdensrisico geen associatie zien tot een consumptie van 6 eieren/week (Djoussé, 2008; Djoussé, 2008; Qureshi, 2007; Nakamura, 2006; Hu 1999). Een reden dat het eten van eieren het risico op coronaire hartziekten niet verhoogt, zou verklaard kunnen worden door de omstandigheid dat naast een toename in LDL, eieren zorgen voor er een toename in het HDL zonder een verandering van de LDL/HDL ratio, zoals in verschillende studies is waargenomen (Cesar 2006, Green 2005, mutungi 2008, Ballestero,s 2004). Dit pleit voor de suggestie dat de ratio tussen LDL en HDL wel eens een betere voorspeller voor het hart- vaatziektenrisico zou kunnen zijn (Weggemans, 2001). Een andere hypothese voor het niet vinden voor een verhoogd risico op hart- en vaatziekten zou de verhoogde diameter van het LDL partikel kunnen zijn. Een shift van een klein LDL partikel met hoge dichtheid naar een groter partikel (A-subklasse) zou beschouwd kunnen worden als een minder atherogeen serum lipid profiel (Herron, 2004b).

Diabetici lijken echter wel een verhoogd risico te hebben op hart- en vaataandoeningen (Houston, 2010; Djoussé, 2008; Qureshi, 2007; Trichopoulou 2006; Hu, 1999) en er zijn wat aanwijzingen dat er een associatie zou kunnen bestaan tussen ei-consumptie en het krijgen van diabetes (Djoussé, 2010; Djoussé, 2009b; Qui, 2011). Het mechanisme waarmee eieren en voedingscholesterol het glucose metabolisme en het diabetesrisico beïnvloeden is onduidelijk en ontstekingsfactoren zouden een mogelijke rol kunnen spelen (Qui, 2010). Het lijkt erop dat in mensen met diabetes voedingscholesterol schadelijker is vanwege de verstoorde regulatie van de serumlipiden (Tanasescu, 2004) en/of het eventuele negatieve effect van eieren op de glycaemische respons (Hu, 1999). Er zijn aanwijzingen dat in mensen met type I diabetes de absorptie van voedingscholesterol hoger is en dat in mensen met type II diabetes juist de cholesterol synthese hoger is (Lecerf, 2011). Obesitas is de meest belangrijke niet-erfelijke

risicofactor voor het ontwikkelen van diabetes (Trichopoulou, 2006) en fysieke activiteit reduceert bloed glucose omdat het onder andere de insulinegevoeligheid vergroot (Trichopoulou, 2006).

Een beperking van observationele onderzoeken als de prospectieve cohortstudies is het niet kunnen aantonen van oorzaak-gevolg relaties, wat in goed opgezette interventiestudies wel gedaan kan worden. Daar komt nog bij dat informatie omtrent de eetgewoonten, die wordt verzameld door middel van vragenlijsten, niet altijd accuraat is. De interventieonderzoeken staan daarom hoger in de hiërarchie als het gaat om de bewijskracht van studies die de relatie tussen voeding en gezondheid/ziekte onderzoeken. De kracht van de observationele studies is dat mensen gedurende lange tijd (mogelijk vele jaren) gevolgd kunnen worden, en daarmee associaties kunnen worden gelegd tussen voeding en het ontstaan bijvoorbeeld hart- en vaatziekten dat een proces is van vele jaren. Om praktische redenen, zowel financieel als het aandeel van proefpersonen dat het onderzoek vol weet te houden (compliance), is dit niet mogelijk met interventieonderzoek. Daarom worden er in dit soort onderzoek vaak bepaalde markers onderzocht die worden gezien als risicofactor voor een bepaalde aandoening. In dit geval is het serumcholesterol een belangrijke risicofactor voor het hart- en vaatziekerisico. Interventiestudies variëren in duur, de hoeveelheid voedingscholesterol/ei en de gemeten eindpunten (totaal cholesterol versus de verschillende lipoproteïnen of de ratio daartussen). Daarnaast verschillen de onderzochte personen in BMI (belangrijke factor voor endogene cholesterol synthese), geslacht, ras, status van de serumlipiden en hormoonhuishouding (pre- en postmenopausale vrouwen) (McNamara, 2009). Deze factoren dienen in acht te worden genomen bij het vergelijken van de verschillende studieresultaten en het extrapoleren van de conclusies.

Uiteindelijk is het juist de combinatie van uitkomsten uit de verschillende soorten onderzoek die het bewijs vormt voor een eventueel oorzakelijk verband tussen een externe factor, zoals voeding, en een bepaald ziektebeeld. Zoals in het interventie onderzoek is aangetoond, heeft een extreem hoge consumptie van eieren, voor een periode die lang genoeg is om effecten te laten zien in serum cholesterolwaarden, nauwelijks een effect op deze waarden. Maar vanwege uitkomsten uit het observationele onderzoek, die soms associaties op chronische aandoeningen laten zien bij hoge ei-consumptie (circa 7 en meer), kun je niet uitsluiten dat op de langere termijn een ei-consumptie van 1 of meer per dag tot een verhoogd ziekterisico zou kunnen leiden. Al deze overwegingen hebben bijgedragen aan de conclusie van dit rapport. Het feit dat de uitkomst in lijn is met alle recente overzichtsartikelen van de verschillende voedingswetenschappers uit toonaangevende wetenschappelijke tijdschriften, maakt dat de interpretatie van de onderzoeksresultaten uit dit rapport, valide is.

Dat dit breed gedragen conclusies zijn blijkt ook uit de (inter-)nationale regelgeving waarin een duidelijke verschuiving heeft plaatsgevonden. Waar voorheen, in de jaren '60 en '70 het gebruik van cholesterolrijke producten als eieren werd ontraden, zijn de autoriteiten op voedingsgebied het er nu over eens dat het effect van voedingscholesterol in vergelijking met het effect van verzadigde vetzuren, op de cholesterolwaarden in het bloed, van geringe betekenis is (Gray, 2009). In Nederland is daarom in de meest recente richtlijnen goede voeding (RGV, 2006) van de Gezondheidsraad geen maximum voor voedingscholesterol, maar wel voor verzadigde vetzuren (maximum 10 E%) opgenomen. Deze inzichten met betrekking tot verzadigde vetzuren zijn onder andere gebaseerd het onderzoek dat is uitgevoerd door Mensink, Katan en Zock die hebben aangetoond dat wanneer het cholesterol uit het typische Nederlandse dieet wordt vervangen door

verzadigde vetzuren, het verhogende effect op het zowel het totaal- als LDL cholesterol veel sterker is (Katan, 1994). Deze analyses zijn tevens gebaseerd op formules die al in de jaren '50 zijn opgesteld (Keys, 1957). Waar in Nederland een 'meer dan gemiddelde consumptie van eieren (3/week)' wordt ontraden (RGV 2006) is er in landen als Amerika en Engeland geen limiet op het aantal te consumeren eieren, mits er aan de richtlijnen voor een gezond eetpatroon wordt voldaan.

Conclusie

Het feit dat eieren een zeer relevante voedingskundige bijdrage leveren in zowel de micronutriënten als essentiële aminozuren en onverzadigde vetzuren, en de wetenschappelijke literatuur eenduidig onderschrijft dat het cholesterol uit eieren slechts in geringe mate bijdraagt aan de verhoging van het serumcholesterol en niet sterk is geassocieerd met het hart- en vaatziektierisico, is het legitiem om het huidige, ten aanzien ei-consumptie, terughoudende advies in Nederland ter discussie te stellen. Uiteraard dienen autoriteiten als de Gezondheidsraad en het Voedingscentrum in het voedingsadvies enige voorzichtigheid in acht te nemen. Zeker als het gaat om de voedingskundige nuancering, als het kunnen inschatten van 10 E% aan verzadigde vetzuren, die wellicht de gemiddelde consument niet goed kan inschatten. Maar op basis van deze uitgebreide literatuurstudie kan worden geconcludeerd dat eieren een zeer waardevolle nutritionele bijdrage leveren aan de voeding van mensen en dat er onvoldoende bewijs is om voor gezonde mensen, die zich houden aan de voedingsadviezen, een consumptie tot en met 6 eieren per week te ontraden.

Referenties

American Heart Association. <http://www.heart.org/HEARTORG/> (7 maart 2011).

Applegate, A. (2000). Introduction: Nutritional and Functional Roles of Eggs in the Diet. *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 19, No. 5, 495S–498S.

Ballesteros MN, Cabrera RM, Saucedo MD, Fernandez ML: Dietary cholesterol does not increase biomarkers for chronic disease in a pediatric population from northern Mexico. *Am J Clin Nutr* 2004; 80:855–861.

Barraj, L., Tran, N. and Mink, P. (2009), “A comparison of egg consumption with other modifiable coronary heart disease lifestyle risk factors: A relative risk apportionment study”, *Risk Analysis*, Vol.29, No.3, pp.401-415.

Berne, R.M., Levy, M.N. (2000). Boek: Principles of Physiology, 3e editie.

Bourré, J.M., Galea, F. An important source of omega-3 fatty acids, vitamins D and E, carotenoids, iodine and selenium: a new natural multi-enriched egg. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, volume 10, Number 5, 2006.

Burke, J.D., Curran-Celentano, J. and Wenzel, A.J. (2005), “Diet and serum carotenoid concentrations affect macular pigment optical density in adults 45 years and older”, *Journal of Nutrition*, Vol.135, No.5, pp.1208-14.

Burke, V. et al. (2006). Health-related behaviours as predictors of mortality and morbidity in Australian Aborigines. *Preventive Medicine* 44 (2007) 135–142.

Cesar, T.B. et al. High Cholesterol Intake Modifies Chylomicron Metabolism in Normolipidemic Young Men. *J. Nutr.* 136: 971–976, 2006.

Chakrabarty, G. et al. (2004). The effect of ingestion of egg on the serum lipid profile of healthy young Indians. *Indian J Physiol Pharmacol* 2004; 48 (3) : 286–292

Cho, S., Dietrich, M., Brown, C.J., Clark, C.A. and Block, G. (2003), “The effect of breakfast type on total daily energy intake and body mass index: results from the hird National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III)”, *Journal of the American College of Nutrition*, Vol.22, No.2, pp.296-302.

Chung HY, Rasmussen HM, Johnson EJ: Lutein bioavailability is higher from lutein-enriched eggs than from supplements and spinach in men. *J Nutr* 2004; 134:1887–1893.

Clark RM, Herron KL, Waters D, Fernandez ML. Hypo- and Hyperresponse to Egg Cholesterol Predicts Plasma Lutein and beta-Carotene Concentrations in Men and Women. *J. Nutr.* 136: 601–607, 2006.

D'Avanzo, B., Negri, A and La Vecchia, C. (1995), "Frequency of consumption of selected indicator foods and serum cholesterol. GISSI-EFRIM investigators. Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto-Epidemiologia dei Fattori di Rischio dell'Infarto Miocardico", European Journal of Epidemiology, Vol.11, No.3, pp.269-74.

Dawber TR, Nickerson RJ, Brand FN, Pool J: Eggs, serum cholesterol, and coronary heart disease. Am J Clin Nutr 1982;36:617-625.

Department of health, Engeland. <http://www.dh.gov.uk/en/index.htm> (7 maart 2011).

Detopoulou P, Panagiotakos DB, Antonopoulou S, Pitsavos C, Stefanadis C: Dietary choline and betaine intakes in relation to concentrations of inflammatory markers in healthy adults: The ATTICA study. Am J Clin Nutr 2008;87:424-430.

Djoussé et al. (2010). Egg consumption and risk of type 2 diabetes in older adults. Am J Clin Nutr 2010;92:422-7.

Djoussé L, Gaziano JM (2009a). Dietary Cholesterol and Coronary Artery Disease: A Systematic Review. Curr Atheroscler Rep. 2009 Nov;11(6):418-22.

Djoussé, L., Gaziano, J.M., Buring, J.E. and Lee, I.M. (2009b), "Egg consumption and risk of type 2 diabetes in men and women", Diabetes Care, Vol.32, No.2, pp.295- 300.

Djoussé, L. and Gaziano, J.M. (2008a), "Egg consumption in relation to cardiovascular disease and mortality: the Physicians' Health Study", American Journal of Clinical Nutrition, Vol.87, No.4, pp.964-9.

Djoussé, L. and Gaziano, J.M. (2008b). Egg Consumption and Risk of Heart Failure in the Physicians' Health Study. Circulation. 2008;117: 512-516.

European Food Safety Authority (EFSA), Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA): <http://www.efsa.europa.eu/en/panels/nda.htm> (mei 2011)

Eur-Lex. Website voor internationale wetgeving en overeenkomsten in de Europese Unie. Richtlijnen 2006/1924/EG en 2008/100/EG tot wijziging van 1990/496/EEG: <http://eur-lex.europa.eu/nl/index.htm> (mei 2011).

Fernandez, M.L. (2006), "Dietary cholesterol provided by eggs and plasma lipoproteins in healthy populations", Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, Vol.9, No.1, pp.8-12.

Food Standards Agency (FSA), Engeland. <http://www.food.gov.uk/> (7 maart 2011).

Goodrow, E.F., Wilson, T.A., Crocker Houde S., Vishwanathan, R, Scollin, P.A., Handelman, G. and Nicolosi, R.J. (2006), "Consumption of one egg per day increases serum lutein and zeaxanthin concentrations in older adults without altering serum lipid and lipoprotein cholesterol concentrations", The Journal of Nutrition, Vol.136, No.10, pp.2519-2524.

Gray, J. and Griffin, B. (2009), "Eggs and dietary cholesterol – dispelling the myth", Nutrition Bulletin, Vol.34, pp.66-70.

Greene CM, et al: Maintenance of the LDL cholesterol: HDL cholesterol ratio in an elderly population given a dietary cholesterol challenge. J Nutr 2005; 135:2793–2798.

Harman, N.L., Leeds, A.R., Griffin, B.A. (2008), "Increased dietary cholesterol does not increase plasma low density lipoprotein when accompanied by an energy restricted diet and weight loss", Eur J Nutr (2008) 47:287–293

Heart UK. <http://www.heartuk.org.uk/> (7 maart 2011).

Herron, K.L. and Fernandez, L.M. (2004a), "Are the current dietary guidelines regarding egg consumption appropriate?" Journal of Nutrition, Vol.134, No.1, pp187-190.

Herron KL, Lofgren IE, Sharman M, Volek JS, Fernandez ML (2004b): High intake of cholesterol results in less atherogenic low-density lipoprotein particles in men and women independent of response classification. Metabolism 2004;53:823–830.

Herron KL, Vega-Lopez S, Ramjiganesh T, et al. Men classified as hypo- or hyper-responders to dietary cholesterol feeding exhibit differences in lipoprotein metabolism. J Nutr 2003; 133:1036–1042.

Herron KL, Vega-Lopez S, Conde K, et al.: Pre-menopausal women, classified as hypo- or hyperresponders, do not alter their LDL/HDL ratio following a high dietary cholesterol challenge. J Am Coll Nutr 2002, 21:250–258.

Houston, D.K. et al (2010). Dietary fat and cholesterol and risk of cardiovascular disease in older adults: The Health ABC Study. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2011 Jun;21(6):430-437. Epub 2010 Mar 24

Hu, F.B. (2010). Are refined carbohydrates worse than saturated fat? Am J Clin Nutr 2010;91:1541–2.

Hu, F.B., Stampfer, M.J., Rimm, E.B., Manson, J.E., Ascherio, A., Colditz, G.A., Rosner, B.A., Spiegelman, D., Speizer, F.E., Sacks, F.M., Hennekens, C.H. and Willett, W.C (1999), "A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women", Journal of the American Medical Association, Vol. 281, No.15, pp.1387-94.

Institute of Medicine (IOM), Verenigde Staten. <http://www.iom.edu/> (7 maart 2011).

Katz, D.L., Evans, M.A., Nawaz, H., Njike, V.Y., Chan, W., Comerford, B.P. and Hoxley, M.L. (2005), "Egg consumption and endothelial function: a randomized controlled crossover trial", International Journal of Cardiology, Vol.99, No.1, pp.65-70.

Keys A, Anderson JT, Grande F. Prediction of serum-cholesterol responses of man to changes in fats in the diet. *Lancet* 1957;2: 959–66.

Konstantinova SV, et al: Dietary patterns, food groups, and nutrients as predictors of plasma choline and betaine in middle-aged and elderly men and women. *Am J Clin Nutr* 2008; 88:1663–9.

Koopman R, van Loon LJ. Aging, exercise and muscle protein metabolism. *J Appl Physiol* 2009;106:2040–8

Kovacs-Nolan J, Phillips M, Mine Y (2005). Advances in the value of eggs and egg components for human health. *J Agric Food Chem*. 2005 Nov 2;53(22):8421-31.

Kritchevsky SB. A review of scientific research and recommendations regarding eggs. *J Am Coll Nutr* 2004; 23:596S–600S.

Kritchevsky S and Kritchevsky D (2000), “Egg consumption and coronary heart disease: an epidemiological overview”, *Journal of the American College of Nutrition*, Vol.19, No.5, pp.549S-555S.

Kromhout D, et al: Dietary saturated and trans fatty acids and cholesterol and 25-year mortality from coronary heart disease: The seven countries study. *Prev Med* 1995;24:308–315.

Lecerf, J.M., Lorigeril, M. de (2011). Dietary cholesterol: from physiology to cardiovascular risk. *Br J Nutr*. 2011 Mar 9:1-9.

Lewis, N.M. et al. (2000). Serum lipid response to n-3 fatty acid enriched eggs in persons with hypercholesterolemia. *J Am Diet Assoc*. 2000 Mar;100(3):365-7.

Mann, J.I. et al. (1997). Dietary determinants of ischaemic heart disease in health conscious individuals. *Heart* 1997;78:450–455.

McNamara, D.J. (2009). Dietary Cholesterol and Blood Cholesterolemia: A Healthy Relationship. *World Rev Nutr Diet*. 2009;100:55-62. Epub 2009 Aug 17.

McNamara, D.J. (2000), “The impact of egg limitations on coronary heart disease risk: do the numbers add up?” *Journal of the American College of Nutrition*, Vol.19, No.5, pp.540S-548S.

Mensink, R.P. et al. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2003;77:1146–55.

Mente, a. et al. (2009). A Systematic Review of the Evidence Supporting a Causal Link Between Dietary Factors and Coronary Heart Disease. *Arch Intern Med*. 2009;169(7):659-66.

Mine, Y. (2007). Egg Proteins and Peptides in Human Health-Chemistry, Bioactivity and Production. *Current Pharmaceutical Design*, 2007, 13, 875-884

Mutungu, G., Ratliff, J., Puglisi, M., Torres-Gonzalez, M., Vaishnav, U., Leite, J.O., Quann, E., Volek, J.S. and Fernandez, M.L. (2008), "Dietary cholesterol from eggs increases plasma HDL cholesterol in overweight men consuming a carbohydraterestricted diet", *Journal of Nutrition*, Vol.138, No.2, pp.272-6.

Nakamura, Y., Iso, H., Kita, Y., Ueshima, H., Okada, K., Konishi, M., Inoue, M. and Tsugane, S. (2006), "Egg consumption, serum total cholesterol concentrations and coronary heart disease incidence: Japan Public Health Centre-based prospective study", *British Journal of Nutrition*, Vol.96, No.5, pp.921-8.

Nakamura, Y., Okamura, T., Tamaki, S., Kadowaki, T., Hayakawa, T., Kita, Y., Okayama, A., Ueshima, H; NIPPON DATA80 Research Group (2004), "Egg consumption, serum cholesterol, and cause-specific and all-cause mortality: the National Integrated Project for Prospective Observation of Non-communicable Disease and Its Trends in the Aged, 1980 (NIPPON DATA80)", *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol.80, No.1, pp.58-63.

Nederlands Voedingsstoffenbestand (NEVO) van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). <http://nevo-online.rivm.nl/> (februari – mei 2011).

Nederlandse Hartstichting. <http://www.hartstichting.nl/> (7 maart 2011).

Nettleton, J.A., Steffen, L.M., Loehr, L.R., Rosamond, W.D & Folsom, A.R. (2008), "Incident heart failure is associated with lower whole-grain intake and greater high-fat dairy and egg intake in the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study", *Journal of the American Dietetic Association* , Vol.108, No.11, pp.1881-7.

Njike, V. et al. (2010). RDesaeaircyh egg consumption in hyperlipidemic adults - Effects on endothelial function and cardiovascular Risk. *Nutrition Journal* 2010, 9:28

Noakes, M. (2008). The role of protein in weight management. *Asia Pac J Clin Nutr* 2008;17 (S1):169-171.

Pearce, K.L., Clifton, P. M., Noakes, M. (2011). Egg consumption as part of an energy-restricted high-protein diet improves blood lipid and blood glucose profiles in individuals with type 2 diabetes. *British Journal of Nutrition* (2011), 105, 584–592

Productschap Pluimvee & Eieren (PPE). <http://pve.nl/pve?waxtrapp=nfMsHsuOpbPREC> (21 februari 2011).

PubMed online database voor wetenschappelijke literatuur.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezproxy.library.wur.nl/pubmed> (februari - mei 2011)

Qiu, C. et al. (2011). Risk of Gestational Diabetes Mellitus in Relation to Maternal Egg and Cholesterol Intake. *Am J Epidemiol.* 2011 Mar 15;173(6):649-58. Epub 2011 Feb 15.

Qureshi, A.I., Suri, F.K., Ahmed, S., Nasar, A., Divani, A.A. and Kirmani, J.F. (2007), "Regular egg consumption does not increase the risk of stroke and cardiovascular diseases", *Medical Science Monitor*, Vol.13, No.1, pp.CR1-8.

Ratliff, J., Mutungi, G., Puglisi, M.J., Volek, J.S. and Fernandez, M.L. (2009), "Carbohydrate restriction (with or without additional dietary cholesterol provided by eggs) reduces insulin resistance and plasma leptin without modifying appetite hormones in adult men", *Nutrition Research*, Vol.29, No.4, pp.262-8.

Ribaya-Mercado JD, Blumberg JB. Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *J Am Coll Nutr* 2004; 23:567S–587S.

Richtlijnen Goede Voeding (RGV) 2006 van de Gezondheidsraad.
<http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/2006@21N.pdf> (21 februari 2011).

Richtlijnen Goede Voeding (RGV) achtergronddocument, 2006 van de Gezondheidsraad.
http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/2006@A06_08_3.pdf (21 februari 2011).

Richtlijnen Voedselkeuze (RV) 2011 van het voedingscentrum.
http://www.voedingscentrum.nl/Assets/Uploads/Documents/Voedingsvoorlichters/Richtlijnen_voedselkeuze_2011.pdf (4 maart 2011).

Ruxton C (2010) Recommendations for the use of eggs in the diet. *Nursing Standard.* 24, 37, 47-55. Date of acceptance: April 1 2010.

Sauvaget C, et al: Animal protein, animal fat, and cholesterol intakes and risk of cerebral infarction mortality in the adult health study. *Stroke* 2004;35: 1531–1537.

Schaafsna, G. (2005). The protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS) – a concept for describing protein quality in foods and food ingredients: a critical review. *J AOAC Int.* 2005 May-Jun;88(3):988-94.

Song, W.O. and Kerver, J.M. (2000), "Nutritional contribution of eggs to American diets", *Journal of the American College of Nutrition*, Vol.19, No.5, pp.556S-562S.

Souci – Fachmann – Kraut, Duitse voedingsstoffentabel. <http://www.sfk-online.net/cgi-bin/sfkstart.mysql?language=german> (18 april 2011).

Surai, P.F., MacPherson, A., Speake, B.K. and Sparks, N.H.C.. Designer egg evaluation in a controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition* (2000) 54, 298-305.

Tanasescu, M. et al. (2004). Dietary fat and cholesterol and the risk of cardiovascular disease among women with type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* 2004;79:999 –1005.

Trichopoulou, A., Psaltopoulou, T., Orfanos, P. and Trichopoulos, D. (2006), "Diet and physical activity in relation to overall mortality amongst adult diabetics in a general population cohort", *Journal of International Medicine*, Vol.259, No.6, pp.583- 91.

United States Department of Agriculture (USDA), Center for Nutrition Policy and Promotion. <http://www.cnpp.usda.gov/> (7 maart 2011).

Vander Wal, J.S., Gupta, A., Khosia, P. and Dhurandhar, N.V. (2008), "Egg breakfast enhances weight loss", *International Journal of Obesity*", Vol.32, No.10, pp.1545-51.

Vander Wal, J.S., Marth, J.M., Khosla, P., Jen, K.L.C. and Dhurandhar, N.V. (2005), "Short-term effect of eggs on satiety in overweight and obese subjects", *Journal of the American College of Nutrition*, Vol.24, No.6, pp.510-515.

Voedingscentrum. <http://www.voedingscentrum.nl/nl.aspx> (februari - mei 2011).

Voedselconsumptiepeiling (VCP) van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). <http://www.rivm.nl/vcp/> (februari – mei 2011).

Waters D, Clark RM, Greene CM, Contois JH, Fernandez ML: Change in plasma lutein after egg consumption is positively associated with plasma cholesterol and lipoprotein size but negatively correlated with body size in postmenopausal women. *J Nutr* 2007;137:959–963.

Weggemans, R.M., Zock, P.L. and Katan, M.B. (2001), "Dietary cholesterol from eggs increases the ratio of total cholesterol to high-density lipoprotein cholesterol in humans: a meta-analysis", *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol.73, No.5, pp.885-91.

WHO/FAO/UNU (Samenwerkingsconsultatie van de World Health Organization, de Food and Agricultural Organization en de United Nations University). Protein and amino acid requirements in human nutrition. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 2007;(935):1-265.

Wikipedia, de vrije encyclopedie. Zoektermen: kip (vogel) en atherosclerose. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Hoofdpagina> (21 februari 2011).

Zeisel, S.H (2004). Nutritional Importance of Choline for Brain Development, *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 23, No. 6, 621S–626S.

Bijlage I

Overzicht van observationele studies met betrekking tot ei-consumptie en cholesterolmetabolisme/hart- en vaatziekerisico. De follow-up ligt tussen de 8 en 24 jaar (geldt niet voor Song, D'Avanzo and Barra).)

auteur	outcome	conditie van proefpersonen	effect op serum cholesterol	conclusie
Houston (2010)	hart- en vaatziekte	gezonde ouderen (70-79 jaar)	niet gemeten	toenemende ei-consumptie wordt geassocieerd met hart- en vaatziekte in mensen met diabetes. De hazard ratio's (gecorrigeerd voor multiële variabelen) voor '1-2 eieren/week' en '≥3/week' zijn respectievelijk 3,33 en 5,02 voor diabetici en 1,03 en 1,38 (niet significant) voor mensen zonder diabetes.
Djousse (2010)	T2D and serum lipiden	gezond (65-98 jaar)	baseline waarden: 'nooit een ei' vergeleken met 'bijna dagelijks een ei', geen verschil in totaal en HDL cholesterol en de LDL/HDL ratio. LDL was significant lager voor hogere consumptie: 3,49 vs. 3,18 mmol/L	bijna dagelijks een ei' vergeleken met 'nooit een ei' wordt geassocieerd met 145% verhoogd risico op T2D in mannen, niet vrouwen. Na multivariabele correctie is dit niet meer significant (81% hoger).
Qiu (2011)	zwangerschapsdiabetes (2 studies)	prospectief: zwangere vrouwen zonder diabetes, retrospectief: cases en controles (rond 32 jaar)	niet gemeten	toenemende ei-consumptie gedurende de periode voor de zwangerschap en de vroege zwangerschap wordt geassocieerd met een verhoogd risico (in beide studies) op zwangerschapsdiabetes (risico is 1,8 keer zo groot voor ≥7 eieren/week)
Djousse et al. (2009)	T2D	gezond (≥40 jaar)	niet gemeten	≥1 ei/dag' wordt geassocieerd met een verhoogd T2D risico in mannen (58%) en vrouwen (77%), onafhankelijk van andere risicofactoren voor T2D. Significante trend voor toenemende ei-consumptie
Djousse and Gaziano (2008a)	hartinfarct, herseninfarct, overlijden	gezond(40-85 jaar)	baseline waarden: geen verschil in totaal- en HDL cholesterol en totaal/HDL ratio tussen de 6 categoriën	een consumptie tot en met '6 eieren/week' wordt niet geassocieerd met een hartinfarct, herseninfarct of overlijden (vergeleken met '<1 ei/week'. '≥7 eieren/week' is geassocieerd met een 23% hoger overlijdens risico. Diabetici hebben hoger een 2 keer zo hoog overlijdensrisico voor '≥7 eieren/week'
Djousse and Gaziano (2008b)	hartfalen	gezond (39-85 jaar)	baseline waarden: geen verschil in totaal- en HDL cholesterol en totaal/HDL ratio tussen de 6 categoriën	een consumptie tot en met '6 eieren/week' wordt niet geassocieerd met hartfalen. '1 ei/dag' en '≥2 eieren/dag' hebben een 28 en 64% hoger risico met een significante trend over de consumptie range.
Nettleton et al. (2008)	acuut hartfalen	gezond(45-64 jaar)	serumlipiden zijn niet vergeleken met met ei-consumptie	1 extra ei/dag wordt geassocieerd met een 23% hoger risico op hartfalen.
Qureshi et al. (2007)	coronaire vaatziekte, hartinfarct, herseninfarct, overlijden	gezond(25-74 jaar)	na stratificeren voor cholesterolinname in quartielen was er geen verschil in serum totaalcholesterol.	>6 eieren/week verhoogt niet het risico op coronaire vaatziekte, hartinfarct, herseninfarct of overlijden in een representatief Amerikaans cohort. Diabetici hebben een 2 keer zo grote kans op overlijden bij >6 eieren/week.
Trichopoulou et al. (2006)	hart- en vaatziekte	diabetes zonder kanker of hart- en vaatziekte.	niet gemeten	de toename van 10 g ei/dag verhoogt het totale overlijdensrisico met 31% en het overlijden aan hart- en vaatziekte met 54% in diabetici.
Nakamura et al. (2006)	coronaire vaatziekte, serum cholesterol	representatief cohort, inclusief hoge bloeddruk, diabetes, gebruikers van cholesterolverlagende medicijnen	significante trend voor lagere serum totaalcholesterolwaarden (van 5,30 tot 5,17 mmol/L) bij toenemende ei-consumptie (van <1 dag/week een ei' tot 'bijna dagelijks een ei')	ei consumptie tot en met 'bijna dagelijks' is niet geassocieerd met coronaire vaatziekte. Er is een minimale inverse relatie tussen ei-consumptie en serum totaalcholesterol.

Vervolg Bijlage I

auteur	outcome	conditie van proefpersonen	effect op serum cholesterol	conclusie
Nakamura et al. (2004)	serumcholesterol, overlijden	gezonde Japanners (≥ 30 jaar)	baseline waarden: geen verschillen bij mannen. Bij vrouwen nam serum totaalcholesterol toe bij toenemende consumptie: van 4,84 ('zelden een ei') tot 5,09 mmol/L (≥ 2 eieren/dag).	in vrouwen, niet mannen, was er een dosis respons relatie tussen ei-consumptie en serum totaalcholesterol en hadden vrouwen een 22% lager risico op overlijden bij lagere ei-consumptie (1-2/week tov 1/dag).
Sauvagat (2003)	herseninfect	gezonde Japanners (overlevenden van Hiroshima en Nagasaki, 34-103 jaar)	niet gemeten	in vergelijking met 'nooit een ei' is 'bijna dagelijks' geassocieerd met een 30% lager risico op overlijden in een Japanse populatie die weinig dierlijke producten eten.
Hu et al. (1999)	hartinfarct, herseninfect, fatale coronaire vaatziekte	gezond (34-75 jaar)	niet gemeten	vergeleken met '<1 ei/week' is tot en met '1 ei/dag' niet geassocieerd met een hoger risico op hart- en vaatziekte in 2 grote representatieve cohorten van mannen en vrouwen. Diabetici hebben een hoger risico bij hogere ei-consumptie.
Mann (1997)	acuut hartinfarct, overlijden	gezond (waaronder gezondheidsbewuste mensen)	niet gemeten	vergeleken met '<1 ei/week' is '1-5 eieren/week' en ' ≥ 6 eieren/week' geassocieerd met een respectievelijk 28 en 168% hoger risico op een hartinfarct. Echter geen correctie voor BMI en dieetfactoren.
Dawber (1982)	coronaire vaatziekte, hartinfarct, overlijden, angina pectoris	gezond	serum totaalcholesterol waarden over de tertielen tussen de 6,08 en 6,26 mmol/L	ei -consumptie tot en met 3,8/week (vrouwen) en 5,9/week (mannen) is niet geassocieerd met serum totaalcholesterol en coronaire vaatziekte, hartinfarct, overlijden en angina pectoris. Geen correctie voor andere risico- (dieet-)factoren.
Burke (2007)	coronaire vaatziekte, overlijden	Australische Aboriginals	serum lipiden waren niet vergeleken met ei-consumptie	vergeleken met ' ≤ 8 eieren/maand' is '>8 eieren/maand' geassocieerd met een 159% hoger risico op coronaire vaatziekte in Aboriginals. Alleen gecorrigeerd voor leeftijd en geslacht.
Song (2000)	nutriënten inname en serum cholesterol	gezonde ouderen (≥ 75 jaar)	lagere serum totaalcholesterol waarden voor toenemende ei-consumptie: van 5,09 (' ≤ 1 ei/week') tot 4,99 mmol/L (≥ 4 eieren/week')	vergeleken met ' ≤ 1 ei/week' is ' ≥ 4 eieren/week' geassocieerd een lager serum totaalcholesterol.
D'Avanzo et al. (1995)	serumcholesterol (retrospectief)	controles: gezond met acute condities (niet hart- en vaatziekte gerelateerd)	hogere serum totaalcholesterol waarden voor toenemende ei-consumptie: van 5,04 ('<1 ei/week') tot 5,20 mmol/L (≥ 2 eieren/week')	ei-consumptie gecorreleerd aan serum totaalcholesterol (0,8).
Barraj et al. (2009)	coronaire vaatziekeerisico in een "risico gewogen model" impact van eieren in vergelijking met andere risicofactoren	niet van toepassing	niet van toepassing	de consumptie 1 ei/dag ondefr Amerikaanse volwassenen (+25 jaar) bepaalt <1% van het risico op coronaire vaatziekte volgens het gebruikte "risico gewogen model"
Mente (2009)	coronaire vaatziekte risico door middel van een systematisch review uit 6 cohorten. Bepaald aan de hand van Bradford Hill criteria voor een oorzakelijk verband.	niet van toepassing	niet van toepassing	Er is onvoldoende bewijs om ei-consumptie te relateren het risico op coronaire vaatziekte volgens het Bradford Hill model.

Bijlage II

Overzicht van interventiestudies met betrekking tot ei-consumptie op serum cholesterolwaarden en andere markers voor het hart- en vaatziekerisico.

auteur	exposure	outcome	conditie van proefpersonen	effect op serum cholesterol	conclusie
Pearce (2011)	2 eieren dagelijks (HPHchol) vs. mager dierlijk eiwit (HPLchol, controle) icm energiebeperkt (1400-1700 kcal/dag), hoog eiwit dieet.	serum lipiden, glycaemische respons, lichaamsgewicht en additionele markers voor het hart- en vaatziekerisico	T2D (20-75 jaar)	geen significante effecten op LDL. HDL was significant hoger: 1,24 vs. 1,17, totaalcholesterol hoger: 4,58 vs. 4,50 mmol/L. totaal/HDL geen verschil. ApoB lager na beide interventies.	2 eieren dagelijks voor 12 weken icm energiebeperkt dieet, hoog in eiwit heeft geen negatief effect op serumlipiden of factoren voor hart- en vaatziekerisico in mensen met T2D en verbeterde het HDL effectiever dan in het vervangende dieet. Er was geen hyperrespons vastgesteld.
Njike (2010)	2 eieren dagelijks vs. ei-ervanger + in de acute fase: 3 gekookte eieren vs. sandwich met worst en kaas	endotheelfunctie (indicator voor hart- en vaatziekerisico) en serum cholesterol	hyperlipidaemisch: totaalcholesterol > 6,2 mmol/L (59,9 jaar)	interventie vs. vervanger: hoger totaal: 6,18 vs. 5,87, hoger LDL: 4,27 vs. 3,98. geen effect op HDL, triglyceriden en totaal/HDL ratio	2 eieren dagelijks voor 6 weken had geen negatief effect op de endotheelfunctie en de serumlipiden (tov de baseline waarden) in mensen met hyperlipidaemia. De ei vervanger verlaagde totaal- en LDL cholesterol en verbeterde de endotheelfunctie. In de acute fase werden geen effecten op de endotheelfunctie waargenomen.
Harman (2008)	2 eieren dagelijks vs. geen eieren in ontbijt icm energiebeperkt dieet	serum lipiden en lichaamsgewicht	obesitas, verder gezond	geen verschil in serum lipiden. Totaal: 4,99, LDL: 2,84, HDL: 1,03 mmol/L. matig gewichtsverlies in beide groepen (-4 kg)	2 eieren dagelijks voor 12 weken icm energiebeperkt dieet had geen effect op de serumlipiden en had geen invloed op het gewichtsverlies door energiereductie.
Mutungi (2008)	3 vloeibaar gepasteuriseerde eieren dagelijks cs. Cholesterol/vet vrije equivalent icm koolhydraatbeperkt dieet	variabelen van het metabole syndroom (glucose tijdens het vasten, triglyceriden, HDL, lichaamssomtrek)	mannen met overgewicht/obesitas (BMI = 25-37, 40-70 jaar)	interventie vs. vervanger: alleen HDL was hoger: 1,48 vs. 1,26 mmol/L. geen effect op totaal, LDL, TG en LDL/HDL ratio	3 vloeibare eieren dagelijks voor 12 weken icm koolhydraatarm dieet verbeterde alle risicofactoren van het metabole syndroom in obese mannen. Het verhoogde het HDL cholesterol.
Waters (2007)	3 vloeibaar gepasteuriseerde eieren dagelijks cs. Cholesterol/vet vrije equivalent icm normaal dieet	serum lipiden, LDL partikelgrootte, luteïne, enzymactiviteit (CETP, LCAT)	gezonde postmenopausale (>1 jaar) vrouwen (50-77 jaar)	interventie vs. vervanger: (alleen verschil bij hyperresponders): totaal: 5,48 vs. 4,55, LDL: 3,26 vs. 2,48, HDL: 1,55 vs. 1,42. mmol/L. geen verschil in aantal grootte van lipoproteïnen en activiteit in CETP en LCAT	3 vloeibare eieren dagelijks voor 30 dagen verhoogde serumlipiden in hyper (niet hypo) responder vrouwen. Grotere toename in luteïne en zeaxanthine in hyperresponders. De toename in luteïne was geassocieerd met een toename in serum totaalcholesterol maar lichaamssomvang verminderde dit verband.
Cesar (2006)	3 eieren dagelijks vs. laag-cholesterol/vet eieren icm dieet laag in verzadigde vetzuren	chylomicron verblijfstijd	gezonde mannen (17-22)	interventie vs. vervanger: hoger totaal: 4,71 vs. 3,49, hoger LDL: 3,08 vs. 2,22, hoger HDL: 1,27 vs. 0,98 mmol/L. geen effect op LDL/HDL. Hoger ApoB 1,28 vs. 1,02 g/L	3 eieren dagelijks voor 15 dagen in gezonde mannen zou meer atherogeen kunnen zijn vanwege de langere verblijfstijd van chylomicron remnants in de bloedbaan (verhoogd risico op coronaire hartziekte). Geen effect op de LDL/HDL ratio.
Greene (2005)	3 vloeibaar gepasteuriseerde eieren dagelijks cs. Cholesterol/vet vrije equivalent icm normaal dieet	serum lipiden, LDL partikelgrootte, LDL gevoeligheid voor oxidatie	gezonde mannen en vrouwen (>60 jaar)	interventie vs. Vervanger: hoger totaal: 4,57 vs. 4,42 (mannen), 5,06 vs. 4,75 (vrouwen), hoger LDL 2,77 vs. 2,72 (mannen), 2,98 vs. 2,72 (vrouwen), hoger HDL: 1,34 vs. 1,22 (mannen), 1,53 vs. 1,49 (vrouwen) mmol/L. geen effect LDL/HDL and TG. LDL partikel grootte: 26,1-26,2 vs. 25,7-25,8 nm.	3 vloeibare eieren dagelijks voor 30 dagen in gezonde oudere mensen verhoogde serumlipiden maar niet de LDL/HDL ratio en TG. De LDL partikel grootte was toegenomen na de interventie. De auteurs concluderen dat regelmatige consumptie geen slechte gevolgen heeft voor de gezondheid.

Vervolg Bijlage II

auteur	exposure	outcome	conditie van proefpersonen	effect op serum cholesterol	conclusie
Katz (2005)	2 eieren dagelijks vs. 60 gram ongekookte haver/mokken	endotheelfunctie (indicator voor hart- en vaatziektierisico) en serum cholesterol	gezonde mannen en vrouwen (36-73 jaar)	interventie vs. baseline: geen verschillen. Haverdieet verlaagde totaalcholesterol en LDL.	2 eieren dagelijks voor 6 weken in gezonde mensen had geen negatief effect op de endotheelfunctie. Er is geen reden om een gemiddeld gebruik van eieren in gezonde mensen te ontraden.
Chakrabarty (2004)	1 gekookt ei dagelijks vs. geen ei in lacto-vegetarisch dieet	serum lipiden	gezonde mannen en vrouwen uit India (>25,7 jaar, niet roker, geen alcohol)	interventie vs. geen ei: alleen in hyperresponders: hoger totaal: 5,28 vs. 4,44, hoger LDL: 3,31 vs. 2,33 mmol/L en hoger totaal/HDL: 4,55 vs. 3,42	1 gekookt ei dagelijks voor 8 weken in jonge Indiërs verhoogde serumlipiden alleen in hyperresponders. In de totale populatie was er een lichte verhoging van de totaal/HDL ratio.
Ballesteros (2004)	2 eierendagelijks vs. equivalente hoeveelheid eiwitten icm normaal dieet	serum lipiden, LDL partikelgrootte en fenotype	gezonde Mexicaanse kinderen met laag-sociale achtergrond (8-12 jaar)	interventie vs. vervanger: alleen in hyperresponders: hoger LDL: 1,94 vs. 1,55, hoger HDL: 1,35 vs. 1,24 mmol/L. geen effect op totaal/HDL en LDL/HDL en ApoB. Geen effect op aantal partikels, LDL partikel was wel groter.	2 eieren dagelijks voor 30 dagen in Mexicaanse kinderen met een vette voeding en laag sociale achtergrond had geen negatieve gezondheids implicaties met betrekking tot de serum lipiden. 15% van de studie populatie veranderde van patroon B naar patroon A, wat als minder atherogeen wordt beschouwd.
Herron (2004)	3 vloeibaar gepasteuriseerde eieren dagelijks cs. Cholesterol/vet vrije equivalent icm gezond dieet	atherogeniciteit: LDL partikelgrootte en compositie, LDL gevoeligheid voor oxidatie	gezonde mannen en vrouwen (18-50 jaar)	interventie vs. vervanger: alleen in hyperresponders: hoger LDL: 3,07 vs. 2,38 (mannen), 2,96 vs. 2,57 mmol/L. hogere LDL peak diameter in vrouwen ongeacht interventie. CETP en LCAT hoger tijdens interventie (alleen in hyperresponders). LDL-1 subklasse groter tijdens interventie (alleen in hyperresponders).	3 vloeibare eieren dagelijks voor 30 dagen icm gezond dieet in gezonde mensen had geen negatieve invloed op de atherogeniciteit van het LDL partikel. Alleen in hyperresponders was LDL verhoogd.
Herron (2003)	3 vloeibaar gepasteuriseerde eieren dagelijks cs. Cholesterol/vet vrije equivalent icm gezond dieet	serum lipiden	gezonde mannen (18-57 jaar)	interventie vs. vervanger (alleen in hyperresponders): hoger totaal: 4,89 vs. 4,14, hoger LDL 2,87 vs. 2,19 en hoger HDL: 1,29 vs. 1,11 mmol/L. hogere LDL/HDL: 2,33 vs. 1,91. Geen effect op ApoB, ApoE, ApoCIII maar wel hogere LCAT en CETP activiteit in hyperresponders. Tijdens interventie was HDL en CETP gecorreleerd.	3 vloeibare eieren dagelijks voor 30 dagen icm gezond dieet in gezonde mannen ontwikkelde geen atherogeen lipidprofiel onafhankelijk van het respons type.
Herron (2002)	3 vloeibaar gepasteuriseerde eieren dagelijks cs. Cholesterol/vet vrije equivalent icm gezond dieet	serum lipiden	gezonde premenopausale vrouwen (18-49)	interventie vs. vervanger: alleen in hyperresponders: hoger LDL 3,03 vs. 2,51 en hoger HDL: 1,76 vs. 1,58. geen effect LDL/HDL, TG en ApoE. Hoger ApoB, ApoCIII en CETP in hyperresponders	3 vloeibare eieren dagelijks voor 30 dagen icm gezond dieet in gezonde pre-menopausale vrouwen verhoogde niet het risico op een atherogeen lipidprofiel onafhankelijk van het respons type.
Lewis (2000)	Omega-3 vetzuur verrijkte eieren vs. normale eieren vs. geen eieren icm dieet laag in vet.	serum lipiden	gezonde mannen en vrouwen met verhoogde serum totaalcholesterol (>5,2 mmol/L)	geen effect op serumlipiden. Alleen na het bijvoegen van 2 mensen met uitzonderlijk hoge hyperrespons: LDL: 4,16 (n-3) vs. 4,06 (normaal ei) vs. 3,88 (geen ei)	12 eieren per week voor 6 weken icm laag vet dieet in mensen met verhoogde serum cholesterolwaarden verhoogde niet de serum lipiden, alleen na bijvoegen hyperresponders. Dagelijks 2 n-3 vetzuur eieren verhoogde de inname van meervoudig onverzadigde vetzuren met 1,4 mg/dag.
Weggemans (2001)	ei vs. controle (meta-analyse)	totaal/HDL ratio	gezond, in sommige studies inclusief mensen met hyperlipidaemia en diabetes	verschil per dagelijks extra ei: totaal: + 0,111, LDL: + 0,100, HDL: + 0,016 en totaal/HDL: + 0,041	de meta-analyse over 17 geselecteerde studies van > 14 dagen vond een toename in de totaal/HDL ratio welke een toename van het hartinfarctrisico van 2,1% voorspelt. Het advies om ei-consumptie te beperken zou nog steeds belangrijk kunnen zijn in de preventie van hart- en vaatziekten.