

Voeding en verouderingsprocessen

Implicaties voor bevolkingsonderzoek

M.R.H. Löwik, F.J. Kok, G. Schaafsma, Th. Ockhuizen,
Instituut CIVO-Toxicologie en Voeding TNO, Afdeling Voeding

Door de vergrijzing van de Nederlandse bevolking wordt een beter inzicht in de oorzaken van verouderingsprocessen in het menselijk lichaam steeds belangrijker. Biologische veroudering bestaat uit meerdere processen en kan bestudeerd worden aan de hand van verschillende functies van het lichaam.

Preventie van versnelde veroudering impliceert identificatie van extrinsieke factoren, zoals voeding, die mede ten grondslag liggen aan succesvolle (alleen door intrinsieke factoren bepaalde) veroudering. De huidige verouderingstheorieën geven aan dat bij de mogelijke invloed van voeding op de snelheid van verouderingsprocessen vooral gedacht moet worden aan het energiemetabolisme (inclusief lichaamsbouw en -samenstelling), de accumulatie van afvalstoffen, de afweerreacties van het immuunsysteem en de vorming en het metabolisme van vrije radicalen. De belangrijkste implicaties voor toekomstig bevolkingsonderzoek worden besproken. Inzicht in de invloed van voeding en andere extrinsieke factoren op verouderingsprocessen is maatschappelijk van groot belang omdat preventie van versnelde veroudering en (chronische) ziekten de periode van morbiditeit en afhankelijkheid bij ouderen aanzienlijk kan verminderen.

Trefwoorden: voeding, veroudering, ziekte, preventie, epidemiologisch onderzoek

De vergrijzing van de Nederlandse samenleving impliceert een toenemend maatschappelijk belang van de daaraan verbonden consequenties en vraagt om meer wetenschappelijke aandacht voor biologische verouderingsprocessen. Rowe en Kahn (1987) hebben bij normale veroudering onderscheid gemaakt in 'gebruikelijke' en 'succesvolle' veroudering. Bij gebruikelijke of 'normale' veroudering is er sprake van versnelde (door ongunstige extrinsieke factoren) veroudering van lichaamsfuncties zonder duidelijke klinische symptomen oftewel afwezigheid van pathologische processen. Bij succesvolle veroudering daarentegen hebben extrinsieke factoren geen nadelig effect op verouderingsprocessen, waardoor de snelheid van veroudering alleen wordt bepaald door intrinsieke factoren. 'Succesvolle' ofwel biologische veroudering kan dan ook worden gedefinieerd als die onvermijdelijke, irreversibele, door intrinsieke (genetische) factoren bepaalde veranderingen die optreden als gevolg van het toenemen van de chronologische leeftijd.

Deze veroudering wordt gekenmerkt door afname van reservecapaciteit (vermogen om adequaat op externe belastingen van fysieke, fysiologische en mentale functies te reageren) en van homeostase. Hierdoor wordt het verschil tussen het maximale vermogen van een functie of combinatie van verschillende functies en hetgeen nodig is voor normale dagelijkse activiteiten steeds kleiner. Een aantal van deze veranderingen kan waargenomen worden onder normale (rust)omstandigheden (bijv. de creatinineklaring), terwijl andere veranderingen vooral zichtbaar worden na belasting van het lichaam (bijv. de glucosetolerantietest). De grootste veranderingen tijdens het ouder worden treden op bij complexe functies en na belasting van het lichaam (Shock 1982). Er bestaan aanzienlijke verschillen tussen individuen alsmede tussen verschillende weefsels en organen van één en hetzelfde individu wat betreft veranderingen in functies met het stijgen van de leeftijd (Baker en Spratt 1988).

Alvorens aan te geven hoe in de toekomst het mogelijke effect van voeding op verouderingsprocessen bij mensen bestudeerd kan worden, wordt eerst zeer beperkt ingegaan op datgene wat dierexperimenteel en epidemiologisch onderzoek tot dusverre heeft opgeleverd.

DIEREXPERIMENTEEL ONDERZOEK

In dierexperimenteel onderzoek is in het verleden vooral nagegaan in hoeverre voeding invloed heeft op de levensduur. Bij ratten is een positief effect op de levensverwachting aangetoond van een energiebeperking tijdens de groeiperiode, maar ook tijdens jonge volwassenheid. Tevens blijken bij ratten met alleen

een 'tekort' aan energie vrijwel alle weefselfuncties beter behouden te blijven tijdens het ouder worden. Vergelijkbare resultaten zijn waargenomen bij muizen en andere knaagdieren. Een energiebeperking blijkt eveneens gepaard te gaan met een verlaagde incidentie van een aantal chronische ziekten, waarbij de leeftijd waarop deze ziekten zich manifesteren gemiddeld hoger is bij dieren met een energiebeperkt dieet (Watkin 1982, Masoro 1985, Munro 1986). Als verklaring zijn een groot aantal werkingsmechanismen gepostuleerd en bij dieren onderzocht, waaronder het niveau van de stofwisseling (energie- en zuurstofgebruik) en effecten op het immuunsysteem, het neuro-endocriene systeem, herstel van DNA-beschadiging, anti-oxidanten, eiwitsynthese en -turnover, lichaamsvet, en de delingsactiviteit van cellen.

Het feit, dat voeding (met name energie) in diermodellen zowel ziekteprocessen als verouderingsprocessen in gunstige zin beïnvloedt, geeft het belang van onderzoek naar de relatie tussen voeding en verouderingsprocessen bij mensen aan. Hoewel er grote overeenkomsten in verouderingsprocessen wat betreft biologisch mechanisme zijn bij knaagdieren en mensen, bestaan er aanzienlijke verschillen in vermogens van de verschillende lichaamsfuncties (Baker en Spratt 1988). Mede hierdoor is generalisatie naar de humane situatie slechts zeer beperkt mogelijk.

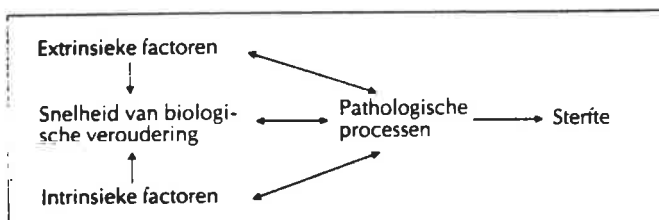
ONDERZOEK BIJ MENSEN

Uit het klassieke Amerikaanse dwarsdoorsnede onderzoek van McGandy e.a. (1966) bij mannen van 20 tot 100 jaar blijkt dat de inneming van energie en een groot aantal voedingsstoffen daalt met het toenemen van de leeftijd.

Tijdens het ouder worden treden verschillende veranderingen op in de lichaamssamenstelling, waarbij het vetpercentage toeneemt en de vetvrije massa afneemt, hoofdzakelijk door vermindering van de spiermassa (Forbes & Reina 1970, Steen e.a. 1979). Een belangrijke oorzakelijke factor hierbij is de verminderde lichamelijke activiteit. Uit landelijk TNO-onderzoek naar de voeding en de voedingstoestand van ouderen blijkt dat bovenstaande verschillen tussen jongere en oudere volwassenen ook gelden voor Nederland (Löwik e.a. 1987).

In een aantal longitudinale onderzoeken zijn veranderingen in de voeding tijdens het ouder worden waargenomen (Steinkamp e.a. 1965, Garcia e.a. 1975, Elahi e.a. 1983, Kromhout 1983a). In de 'Zutphenstudie' is bijvoorbeeld in een tijdsbestek van 10 jaar (1960-1970) voor de groep als geheel een daling van de energie-innemering, maar een stijging van het lichaamsgewicht

en het serumcholesterolgehalte geconstateerd (Kromhout 1983a en 1983b). De inneming van plantaardig eiwit, vet en polysacchariden daalde eveneens, terwijl de dagelijkse hoeveelheid alcohol steeg van gemiddeld 4 naar 9 gram (Kromhout 1983a). Naast trendmatige verschuivingen zijn deze veranderingen naar alle waarschijnlijkheid gedeeltelijk het gevolg van het ouder worden, alsmede het optreden van (chronische) ziekten. Hoewel Bell e.a. (1972) ziekten zien als een vorm van versnelde veroudering, is er bij ernstige ziekten waarschijnlijk meer sprake van een ontsporing respectievelijk verstoring van het normale functioneren dan van een 'normaal' biologisch proces. De interacties tussen veroudering, ziekten en voeding (als extrinsieke factor) zijn schematisch weergegeven in figuur 1.



Figuur 1 Schematische weergave van de oorzaken en gevolgen van biologische veroudering

Veranderingen in de voeding kunnen het gevolg zijn van verouderingsprocessen, ziekten (met name waarbij sprake is van een dieet) dan wel trendmatige leefstijlveranderingen. Om deze oorzaken nader te onderzoeken is een onderzoeksopzet als bij de 'Baltimore longitudinal study of aging' nodig (een combinatie van een longitudinale en een transversale onderzoeksopzet). In dit Amerikaanse onderzoek werden geen cohort effecten (historische verschillen tussen opeenvolgende generaties) op de inneming van energie en voedingsstoffen geconstateerd. Trendmatige veranderingen traden op bij de inneming van koolhydraten (daling), cholesterol (daling) en meervoudig onverzadigd vet (stijging). Ouder worden bleek een negatief effect te hebben op de inneming van energie, (verzadigd) vet en cholesterol (Elahi e.a. 1983).

Hoewel interessant, zijn bij onderzoek naar de invloed van de voeding op verouderingsprocessen niet de gevolgen van veroudering op de voeding maar de functionele consequenties (veranderingen) van een bepaalde 'stabiele' voeding van belang. In de 'Baltimore longitudinal study of aging' is bijvoorbeeld geen effect geconstateerd van de eiwitinneming (variërend van 45 tot 185 g/dag) op de creatinineklaring (Tobin 1986). Hierbij is echter niet onderzocht wat het effect van eiwit is op de mate van verandering in de creatinineklaring, terwijl veranderingen in de tijd vanuit het oogpunt van veroudering juist interessant zijn. Daartegenover bleek uit hetzelfde onderzoek dat de verminderde glucosetolerantie bij niet-diabeten positief geassocieerd was met de leeftijd en de Quetelet-index en negatief samen te hangen met de inneming van koolhydraten. Ook uit andere studies is gebleken dat een deel van de veranderingen in de glucosetolerantie met het stijgen van de leeftijd toegeschreven kan worden aan voedingsfactoren en lichamelijke activiteit (Rowe 1988).

LICHAAMSFUNCTIES

Volgens Shock (1980) is de chronologische leeftijd op zichzelf meestal een slechte indicator voor functionele prestaties. Wel treedt met het ouder worden (enig) functieverlies op in een groot aantal organen. Zo is bijvoorbeeld in zowel transversaal als longitudinaal onderzoek een vermindering in de nierfunctie (creatinineklaring) waargenomen (Rowe e.a. 1976). Er blijken echter individuen te zijn waarbij de creatinineklaring niet daalt en bij sommigen is zelfs een stijging met het ouder worden waargenomen (Tobin 1986). Doordat er geen aanwijzingen zijn dat er een algemene merker voor veroudering bestaat, is er sprake van een meerdimensionaal verouderingsprofiel dat kan worden vastgesteld aan de hand van verschillende lichaamsfuncties (Shock 1980). Parameters die een kenmerkende indruk geven van een bepaalde lichaamsfunctie kunnen als verouderingsmerkers worden gezien. Verouderingsmerkers zijn daarmee

de operationele invulling van de biologische leeftijd van lichaamsfuncties. Door het gebrek aan adequate (gevalideerde) merkers van biologische veroudering is dit begrip echter tot nog toe een enigszins lege abstractie. Meestal zijn deze merkers gevalideerd door middel van een correlatie met de chronologische leeftijd, waarbij grote verschillen zijn waargenomen in correlaties tussen de betreffende merker en de chronologische leeftijd. De belangrijkste tekortkoming van deze validering is de cirkelredenering die hieraan ten grondslag ligt. Aangezien er een verschil kan bestaan tussen chronologische en biologische leeftijd, is een validering van de één op de ander in strijd met deze veronderstelling.

De consequenties (levensverwachting en verlies aan functionele capaciteit op latere leeftijd) verbonden aan verandering van een bepaalde merker kunnen wel dienen ter validering van verouderingsmerkers (Baker en Sprott 1988). Uit de 'Baltimore longitudinal study of aging' blijkt dat een verminderde vitale capaciteit van de longen, creatinineklaring en hogere bloeddruk, inderdaad een voorspellende waarde hebben met betrekking tot de kans op sterfte en daarmee de levensverwachting (Shock 1980). Helaas is het aantal verouderingsstudies, waarin de relevantie van veranderingen in merkers is nagegaan, gering en is er vooralsnog weinig bekend over de mate waarin veranderingen in een groot aantal lichaamsfuncties over langere perioden afhankelijk zijn van de voeding. Mogelijk kunnen er aan de verschillende verouderingstheorieën selectiecriteria en/of merkers worden ontleend die bruikbaar zijn in bevolkingsonderzoek naar de relatie tussen voeding en verouderingsprocessen.

VEROUDERINGSTHEORIEËN

Momenteel bestaat er een groot aantal verouderingstheorieën, variërend van het moleculaire niveau tot dat van organellen, cellen, weefsels, organen en het gehele organisme. In het algemeen worden drie categorieën verouderingstheorieën onderscheiden (zie tabel 1), te weten genetisch gebaseerde theorieën (somatische mutatie, fouten-theorie, programma-theorie), biochemische theorieën (vrije radicalen, 'cross-linking', afvalstofaccumulatie) en de fysiologische orgaansysteemtheorieën, waaronder immuun- en neuro-endocrien systeem (Shock 1980, Strehler 1980, Masoro 1985, Hayflick 1985). Hoewel deze theorieën verschillen van uitgangspunt, zijn ze niet per definitie strijdig. Veroudering is waarschijnlijk het gevolg van een aantal van deze 'primaire' verouderingsprocessen, die elkaar kunnen versterken (Masoro 1985). Gegeven de erfelijke aanleg van een

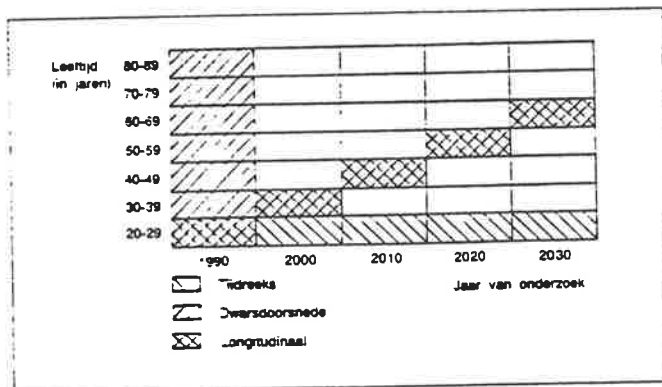
Tabel 1 Werkingsmechanismen en mogelijke extrinsieke determinanten van de belangrijkste verouderingstheorieën

Theorie	Werkingsmechanisme	Extrinsieke beïnvloeding
Genetisch gebaseerde theorieën		
Somatische mutatie	Accumulatie mutaties	radio-activiteit
Mutatie fouten	Verminderde 'DNA-repair'	radio-activiteit
Programma	Erfelijke factoren bij geboorte	?
Biochemische reacties		
Vrije radicalen	Beschadiging biologisch materiaal	voeding; roken
Cross-linking	Koppeling macromoleculen	voeding (o.a. via vrije radicalen)
Accumulatie	Opslag (bijv. cadmium in de nieren)	voeding; milieu
Fysiologische processen		
Immuunsysteem	Verminderde immuunrespons; Autoimmuun reacties	voeding
Neuro-endocrien systeem	Verlies van neuronen en endocriene cellen	?

bepaald individu kunnen er, door inwerking van extrinsieke factoren op biochemische processen, veranderingen optreden in weefsels en organen, die op hun beurt kunnen leiden tot een verminderde homeostase. Indien effecten accumuleren kunnen zelfs kleine veranderingen door bijvoorbeeld de voeding aanzienlijke gevolgen hebben voor functies, orgaan-systemen en dergelijke die pas op oudere leeftijd tot uitdrukking komen in veranderingen in vorm en/of functie van het menselijk lichaam dan wel delen daarvan.

IMPLICATIES VOOR ONDERZOEK

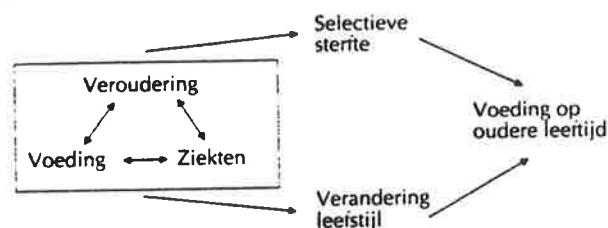
Wetenschappelijk het meest productief (een gunstige verhouding tussen enerzijds de kosten en anderzijds de wetenschappelijke produktiviteit onder de randvoorwaarde dat er geen extra gezondheidsrisico's worden geïntroduceerd door het onderzoek) voor onderzoek naar de relatie tussen voeding en veroudering bij mensen is een mengvorm van longitudinaal en transversaal onderzoek met een lange looptijd. Een dergelijke onderzoeksopzet is schematisch weergegeven in figuur 2. Het leeftijds-traject moet dan bij aanvang van de studie groot genoeg zijn en de periode tussen de herhaalde metingen relatief lang (Elahi e.a. 1983). Daarnaast moeten de belangrijkste variabelen van de voeding alsmede de markers van de biologische leeftijd herhaald worden gemeten om onderscheid mogelijk te maken tussen binnenpersoonsvariatie en versnelde veroudering als gevolg van voeding. Bij de keuze van verouderingsmarkers moet vooral worden gedacht aan veranderingen in die lichaamsfuncties die sterk gerelateerd zijn aan ziekte, sterfte en verminderde homeostase op oudere leeftijd en waarvan tevens mag worden verwacht dat ze beïnvloed kunnen worden door de voeding. Op basis van de huidige verouderingstheorieën ligt aandacht voor het energiemetabolisme (en lichamelijke activiteit), de afweerreacties van het immuunsysteem, de accumulatie van afvalstoffen en de vorming en het metabolisme van vrije radicalen voor de hand.



Figuur 2 Onderzoeksopzet bij een mixed-longitudinaal onderzoek

Onderzoekspopulatie

De relatie tussen voeding en verouderingsprocessen moet onderzocht worden over een relatief groot leeftijds-traject. Er bestaan waarschijnlijk kritieke levensfasen waarin de invloed van bepaalde extrinsieke factoren op de snelheid van veroudering relatief groot is. Als concreet voorbeeld kan hierbij worden gedacht aan de hoeveelheid botmassa aan het einde van de groeiperiode, waarbij hogere waarden op jongere leeftijd een gunstig effect hebben op het verloop van botontkalking op oudere leeftijd. Verder treedt er al vroeg (20-40 jaar) tijdens de volwassenheid een daling in de dichtheid van het bot op. Dit geeft aan dat de voeding (in dit geval met name calcium, eiwit, fosfaat en vitamine D) al op relatief jonge leeftijd mede bepalend is voor hetgeen op oudere leeftijd manifest kan worden in onder andere botbreuken. Bij selectie van alleen ouderen wordt de interpretatie en daarmee de identificatie van mogelijkheden voor preventie aanzienlijk beperkt door factoren als selectieve sterfte, ziekten en daarmee gepaard gaande diëten en geneesmiddelen-gebruik (zie ook figuur 3). Selectie van alleen volledig gezonde ouderen levert geen inzicht in de karakteristieken die voorspellend zijn voor gezondheid op hogere leeftijd (Bell e.a. 1972).



Figuur 3 Schematische weergave van de relatie voeding en veroudering alsmede de invloed op de voeding op oudere leeftijd

Door het individuele (genetische) karakter van veroudering zullen in ieder cohort personen gezond oud worden, zelfs onder ongunstige omstandigheden voor de populatie als geheel. Een relatief groot leeftijds-traject is bovendien belangrijk daar verouderingsprocessen niet gelijkmatig in de tijd behoeven te verlopen (Masoro 1988). Op een bepaalde leeftijd kunnen verouderingsprocessen versnellen door onder andere veranderingen in intrinsieke (bijvoorbeeld de menopauze bij vrouwen) of extrinsieke omstandigheden (bijvoorbeeld tijdelijk afwijkende leefstijl door het overlijden van de partner). Een grote spreiding qua leeftijd betekent dat de analyse van het transversale deel al enig licht kan werpen op de markers van veroudering die mogelijk afhankelijk zijn van bepaalde voedingsstoffen. Ten slotte resulteert een groot leeftijds-traject eveneens in een grotere variatie in extrinsieke variabelen daar lichamelijke activiteit, lichaamsbouw, immunusstatus (vaccinatie, epidemieën) en voeding tijdsafhankelijk zijn (historische context).

Om inzicht te krijgen in de lange-termijneffecten van voeding op verouderingsprocessen is onderzoek vereist bij een groep met een relatief grote verscheidenheid aan voedingsgewoonten, waaraan eventuele verschillen (in snelheid van verandering) in verouderingsmarkers kunnen worden toegeschreven. Dit betekent dat de selectie van personen van dien aard moet zijn dat interessante bevolkingsgroepen sterker vertegenwoordigd zijn dan het geval zou zijn bij een aselechte steekproef. Recrutering van personen via een aselechte steekproef resulteert in een groot aantal personen in het midden van de verdeling van de inneming van voedingsstoffen. De selectie richtten op personen met een lage en hoge inneming van bijvoorbeeld calcium is productiever. Hierbij dient wel nagegaan te worden in hoeverre de waargenomen inneming de gebruikelijke inneming weerspiegelt. Hoewel het contrast in voeding versterkt kan worden door internationale studies introduceert dit eveneens potentieel verstoringen variabelen als erfelijke en sociaal-economische factoren.

Ondanks het grotere aantal oudere vrouwen dan mannen zal onderzoek naar de relatie tussen voeding en verouderingsprocessen betrekking moeten hebben op beide geslachten, daar mannen en vrouwen verschillen wat betreft gezondheid, sterfte en levensverwachting (Brody 1982, Verbrugge 1985). Hieraan kunnen interessante hypothesen en verklaringen worden ontleend aangaande het eventuele effect van voeding op verouderingsprocessen. Te meer omdat de voeding van Nederlandse oudere vrouwen in het algemeen wat gunstiger is dan die van mannen (Löwik e.a. 1987, 1989).

Samenhang en variatie in de voeding

Hoewel beperking van de energie-inneming bij diereperimenteel onderzoek tot nog toe de meeste wetenschappelijke aandacht heeft gehad, behoeft dit in onderzoek bij mensen niet zonder meer de (enige) verklarende factor te zijn. Veelal gaat een hoge energie-inneming bij mensen gepaard met een hogere lichamelijke activiteit. Aangezien lichamelijke activiteit van invloed is op onder andere de lichaamsbouw en -samenstelling, botontkalking en de incidentie van coronaire hartziekten dient met deze potentiële verstoringen factor in bevolkingsonderzoek rekening te worden gehouden. Verder resulteert een lage energie-inneming doorgaans eveneens in een lage inneming van zowel voedingsstoffen als (potentieel) giftige stoffen. De menselijke voeding is op te vatten als een cluster van een aantal

componenten die vaak onderling sterk afhankelijk zijn (Willett 1987). Naast de karakteristieke samenstelling van voedingsmiddelen (melk is bijvoorbeeld een goede bron voor zowel vitamine B₂ als calcium) ontstaat er eveneens een samenhang door gewoonten in het gecombineerde gebruik van voedingsmiddelen, zoals zuurkool met rookworst. Hierdoor behoeft een bepaalde voedingsstof niet zonder meer of alleen de oorzaak te zijn van een versneld verouderingsproces.

Echter mensen vertonen ook variatiezoekend gedrag bij het gebruik van voedingsmiddelen, hetgeen resulteert in dag tot dag variatie. Verder is er sprake van enige seizoensafhankelijkheid en kunnen er trendmatige verschuivingen optreden. De binnenpersoonsvariatie betekent dat er gegevens over verschillende dagen (zoals 6-9 dagen bij vet) nodig zijn om een goede schatting van de gebruikelijke inneming te verkrijgen (Riboli e.a. 1987). Tevens kunnen de gehalten van bepaalde moleculen en enzymactiviteiten in lichaamsvloeistoffen of weefsels worden gemeten daar deze een kenmerkende indruk van de inneming van voedingsstoffen over enige tijd kunnen geven (Hebert & Miller 1988).

Aangezien nog niet duidelijk is welke voedingsstoffen van invloed zullen zijn op bepaalde functies van het menselijke lichaam moet bij de opzet van onderzoek rekening worden gehouden met de samenhang en variatie in de voeding, alsmede met de determinanten (als sociaal-economische status) van voedingsgewoonten.

MAATSCHAPPELIJK BELANG

Volgens Fries (1980) zal het percentage zeer oude mensen niet toenemen, zal de gemiddelde periode van verminderde lichamelijke 'kracht' afnemen en zal de duur van chronische ziekten, en daarmee de behoefte aan gezondheidszorg op hogere leeftijd afnemen. Daartegenover stelt Brody (1985) dat de levensverwachting van ouderen weliswaar sterk toeneemt, maar dat het vooral jaren met lichamelijke, mentale en sociale problemen betreft en dat in mindere mate gezonde jaren worden toegevoegd aan de levensverwachting. De stelling van Fries gaat uit van ruimere mogelijkheden van preventie en protectie. Door onder andere verbeterde therapieën voor (chronische) ziekten is de mortaliteit gedaald, maar de morbiditeit gestegen. Verbeteringen in levensomstandigheden, levensstijl en gezondheidszorg kunnen echter nog steeds een positief effect hebben op de levensverwachting en de kwaliteit van het leven. Functieverliezen die gepaard gaan met het stijgen van de leeftijd, kunnen immers hun oorzaak gedeeltelijk vinden in extrinsieke factoren, waardoor de 'gebruikelijke' veroudering niet als norm geldt voor het ouder worden. Identificatie van extrinsieke factoren, zoals verschillen in levensstijl, als verklaring voor 'succesvolle' veroudering is nodig voor eventuele preventieve maatregelen. Indien preventie een gunstige invloed heeft op zowel verouderingsprocessen als ziekten kan de periode waarin afhankelijkheid voorkomt korter worden. Onderzoek zal moeten uitwijzen welke maatregelen succesvol kunnen zijn, waardoor de duur en daarmee de prevalentie van morbiditeit aanzienlijk vermindert. Vergrijzing van de samenleving behoeft dan niet per definitie samen te gaan met hogere kosten voor de gezondheidszorg.

ABSTRACT

More insight into physiological aging processes is of vital importance because of past and present demographic changes in affluent societies, like the Netherlands. Biological aging consists of different aging processes which may be examined through particular markers of functions of the human body.

Prevention of an increased rate of aging implies the identification of extrinsic factors, such as nutrition, that are etiologically related to successful (intrinsic determined only) aging. The current theories of aging indicate that the main nutrition related issues are the energy metabolism (including body build and composition), the accumulation of harmful substances, reduced responsiveness of the immune system, and formation and metabolism of free radicals. The main implications for future research are discussed. More insight into the impact of nutrition and other extrinsic factors on human physiological aging processes is important, since prevention of an increased rate of aging as well

as of (chronic) diseases may decrease the period of morbidity and dependency among elderly people.

LITERATUUR

- Baker, G.T. & R.L. Sprott, Biomarkers of aging. *Exp. Gerontol.* 23 (1988) 223-239
- Bell, B., C.L. Rose & H. Damon, The normative aging study: An interdisciplinary and longitudinal study of health and aging. *Aging Hum. Dev.* 3 (1972) 5-17
- Brody, J.A., Life expectancy and the health of older people. *J. Am. Geriatr. Soc.* 30 (1982) 681-683
- Brody, J.A., Prospects for an aging population. *Nature* 315 (1985) 463-466
- Elahi, V.K. e.a., A longitudinal study of nutritional intake in men. *J. Gerontol.* 38 (1983) 162-180
- Forbes, G.B. & J.C. Reina, Adult lean body mass declines with age: Some longitudinal observations. *Metabolism* 19 (1970) 653-663
- Fries, J.F., Aging, natural death and the compression of morbidity. *New Eng. J. Med.* 303 (1980) 130-135
- Garcia, P.A., G.E. Batesse & W.D. Brewer, Longitudinal study of age and cohort influences on dietary patterns. *J. Gerontol.* 30 (1975) 349-356
- Haylick, L., The aging process: current theories. *Drug-Nutrient Interactions* 4 (1985) 13-33
- Hebert, J.R. & D.R. Miller, Methodologic considerations for investigating the diet-cancer link. *Am. J. Clin. Nutr.* 47 (1988) 1068-1077
- Kromhout, D., Changes in energy and macronutrients in 871 middle-aged men during 10 years of follow-up (The Zutphen Study). *Am. J. Clin. Nutr.* 37 (1983a) 287-294
- Kromhout, D., Body weight, diet and serum cholesterol in 871 middle-aged men during 10 years of follow-up (The Zutphen Study). *Am. J. Clin. Nutr.* 38 (1983b) 591-598
- Löwik, M.R.H. e.a., Onderzoek naar de voeding en voedingstoestand van zelfstandig wonende mensen van 65 tot 80 jaar. *Voeding* 48 (1987) 177-191
- Löwik, M.R.H. e.a., Nutrition and aging: Dietary intake of 'apparently healthy' elderly (Dutch nutrition surveillance system). *J. Am. Coll. Nutr.* 8 (1989) 347-356
- Masoro, E.J., A discussion of the aging process: current theories. *Drug-Nutrient Interactions* 4 (1985) 35-41
- Masoro, E.J., Physiological system markers of aging. *Exp. Gerontol.* 23 (1988) 391-394
- McGandy, R.B. e.a., Nutrient intakes and energy expenditure in men of different ages. *J. Gerontol.* 21 (1966) 581-587
- Munro, H.N., Aging and nutrition: A multifaceted problem. In: M.L. Hutchinson, H.N. Munro (eds.), *Nutrition and aging*. Academic Press, London (1986) 1-10
- Riboli, E., H. Rönholm & R. Saracci, Biological markers of diet. *Cancer Surveys* 6 (1987) 685-718
- Rowe, J.W. e.a., The effect of age on creatinine clearance in men: A cross-sectional and longitudinal study. *J. Gerontol.* 31 (1976) 155-163
- Rowe, J.W. & R.L. Kahn, Human aging: Usual and successful. *Science* 237 (1987) 143-149
- Rowe, J.W., Aging reconsidered: strategies to promote health and prevent disease in old age. *Quart. J. Med.* 66 (1988) 1-4
- Shock, N.W., Physiological and chronological age. In: A.A. Dietz (ed.), *Aging - Its chemistry*. American Association for Clinical Chemistry, Washington, 1980 pp.3-24
- Shock, N.W., The role of nutrition in aging. *J. Am. Coll. Nutr.* 1 (1982) 3-9
- Steen, G.B., B. Isaksson & A. Svanberg, Body composition at 70 and 75 years of age - A longitudinal population study. *J. Clin. Exp. Geront.* 1 (1979) 185-200
- Steinkamp, R.C., N.L. Cohen & H.E. Walsh, Resurvey of an aging population: fourteen-year follow-up. The San Mateo nutrition study. *J. Am. Diet. Ass.* 46 (1965) 103-110
- Strehler, B.L., A critique of theories of biological aging. In: A.A. Dietz (ed.), *Aging - Its chemistry*, American Association for Clinical Chemistry, Washington 1980 pp.25-45
- Tobin, J., Nutrition and organ function in a cohort of aging men. In: M.L. Hutchinson en H.N. Munro (eds.), *Nutrition and aging*. Academic Press, London 1986 pp.23-34
- Verbrugge, L.M., Gender and health: An update on hypotheses and evidence. *J. Health Soc. Behav.* 26 (1985) 156-182
- Watkin, D.M., The physiology of aging. *Am. J. Clin. Nutr.* 36 (1982) 750-758
- Willett, W.C., Nutritional Epidemiology: Issues and challenges. *Int. J. Epidemiol.* 16 (1987) 312-317

CORRESPONDENTIEADRES

Drs.ir. M.R.H. Löwik, Afdeling Voeding, Instituut CIVO-Toxicologie en Voeding TNO, Postbus 360, 3700 AJ Zeist, tel. 0340-44144

Ontvangen 20 februari 1989, geaccepteerd 26 juni 1989