

76-09

exempl 1

Rapport No. 76041

Densiteit en Lichaamsmaten bij Adolescenten

J.J.L. Pieters

G.B. Post

G.J.C. van Oosten - van der Goes

R. Luyken

J.F. de Wijn

lh VAKGROEP HUMANE VOEDING

C.I.V.O.-TNO: AFDELING VOEDINGSTOESTAND NED. BEVOLKING

E-343987

Densiteit en lichaamsmaten bij adolescenten

1. Inleiding

Bij het vaststellen van de voedingstoestand van groepen mensen is men over het algemeen aangewezen op relatief eenvoudige, maar tamelijk grove technieken. Voor een beoordeling van de voedingstoestand in morfologische zin maakt men gebruik van de anthropometrie, waarbij impliciet wordt aangenomen dat bepaalde lichaamsmaten min of meer representatief zijn voor verschillende lichaamscompartimenten. Zo zijn huidploidikten een maat voor de vetmassa, althans bij jonge mensen, terwijl sommige breedtematen (knie-, pols-) samen met de lichaamslengte de skeletmassa weerspiegelen. Om een voorspelling van lichaamscomponenten d.m.v. (combinaties van) lichaamsmaten te rechtvaardigen moet de relatie tussen beide bekend zijn. Voor wat volwassenen betreft, is er gedurende de afgelopen 10 jaar uitvoerig onderzoek op dit gebied verricht. Hieruit is gebleken dat bovengenoemde relaties sterk afhankelijk zijn van leeftijd en geslacht, terwijl mogelijk ook etnische factoren een rol spelen. Gegevens betreffende adolescenten zijn echter bijzonder schaars. Wel mogen we op grond van de bestaande literatuur aannemen, dat er tijdens de puberteit ingrijpende veranderingen plaatsvinden in de lichaamssamenstelling (Tanner 1973). Waarschijnlijk houden deze veranderingen verband met het rijpingsproces. Wanneer men de lichaamssamenstelling van adolescenten bestudeert, is het daarom van belang om het ontwikkelingsstadium mede in het onderzoek te betrekken. De spaarzame publicaties over de lichaamssamenstelling bij adolescenten vermelden echter niet meer dan de kalenderleeftijd (die slechts zwak met de rijpingsfase is gecorreleerd) of, op zijn best een onderscheid tussen prepuberteit en postpuberteit of pre- en post-menarche (Parizkova 1961, Young 1968). Het leek daarom de moeite waard om de lichaamssamenstelling van adolescenten juist in verband met het ontwikkelingsstadium nader te bestuderen.

2. Methodiek

2.1. Proefpersonen

Leerlingen van twee lagere scholen en een middelbare school in Zeist verleenden hun medewerking aan het onderzoek. Het materiaal werd aangevuld met gegevens van groepen jongere studenten, zwemmers en zwemsters. In totaal werkten ongeveer 340 kinderen aan het onderzoek mee, in leeftijd variërend van 9 - 22 jaar.

2.2. Meettechnieken

Bij alle kinderen werd een dichtheidsbepaling gedaan d.m.v. onderwaterweging teneinde het percentage vetmassa van het totaallichaamsgewicht te schatten. Over de theoretische achtergrond van dichtheidsmetingen is reeds eerder gepubliceerd (Pieters 1972). Kort samengevat wordt het lichaam beschouwd als de som van twee min of meer onafhankelijke componenten, te weten de vetmassa en de vetvrije massa. De componenten onderscheiden zich t.a.v. elkaar in dichtheid of dichtheid: voor vetmassa is de gemiddelde dichtheid gelijk aan 900 kg/m^3 , voor de vetvrije massa ca. 1100 kg/m^3 . Door meting van de dichtheid van het lichaam in zijn totaliteit kan worden berekend hoe groot de bijdrage van beide componenten is en dus hoe groot het percentage vetmassa is. Dichtheidsmeting kan in principe op twee verschillende manieren plaatsvinden, nl. volumetrisch en hydrostatisch. Bij de volumetrische bepaling wordt het lichaamsvolume direct bepaald (b.v. door waterverplaatsing); bij de hydrostatische bepaling wordt het volume afgeleid van het gewicht onder water volgens de formule:

$$\text{Vol.} = \frac{\text{gewicht}}{\text{gewicht-gewicht onder water/dichtheid water}}$$

Laatstgenoemde methode wordt, vooral om redenen van technische uitvoerbaarheid, vaker toegepast, dan eerstgenoemde.

Zowel bij de hydrostatische als de volumetrische methode moet een correctie voor de longinhoud worden aangebracht. Dat betekent dat gelijktijdig met de bepaling van het volume of onderwatergewicht de longinhoud moet worden gemeten. Schattingen van de longinhoud, op basis van lichaamsmaten, zijn in dit verband veel te grof. De longinhoud wordt gemeten d.m.v. heliumverdunning. Voor het in de darmen aanwezige gas werd, bij gebrek aan betrouwbare literatuurgegevens, geen correctie toegepast.

Voorafgaand aan de densiteitsmeting werd een anthropometrisch onderzoek verricht, bestaande uit metingen van het lichaamsgewicht, skeletmaten, omtrekmaten en huidploidikten (zie tabel 1). De toegepaste techniek was in grote lijnen overeenkomstig de beschrijving van Tanner (1964).

Gewicht : in ontklede toestand (met uitzondering van een hemd en/of onderbroek) weegschaal fabrikaat Berkel Avery, aflezing tot op 50 g.

Skeletmassa: lengte met een microtoise, aflezing tot op 1 mm.

breedtematen met een bekkenpasser, aflezing tot op 0,5 cm.

Omtrekmaten: met een flexibele stalen centimeter, fabrikaat Stanley, aflezing tot op 1 mm.

Huidploidikten: met een Harpenden huidplooiometer, aflezing tot op 0,1 mm.

De ontwikkeling van secundaire geslachtskenmerken werd onderzocht volgens de classificatie zoals beschreven door Van Wieringen e.a. (1968); volgens deze indeling worden ten aanzien van de pubesbeharing (P) en mamma-ontwikkeling (M) zes, t.a.v. de genitaalontwikkeling (G) bij jongens vijf stadia onderscheiden, waarbij de laagste score overeenkomt met het pueriele stadium en de hoogste score met het volwassen stadium. Bovendien werd aan de meisjes naar de menstruatie gevraagd.

2.3. Verwerking gegevens

Alle gegevens werden op ponskaarten gezet en per computer verwerkt (IWIS-TNO, Drs. J.C.A. Zaat). Veel gebruikte adipositas-indices op basis van gewicht en lengte werden als afzonderlijke variabelen ingebracht evenals de som van vier huidplooien (bicipitalis, tricipitalis, subscapularis, supra-ilicalis), die volgens Durnin (1967) een bruikbare schatting van het percentage vetmassa mogelijk maakt. Densiteitswaarden werden omgerekend tot percentages vetmassa m.b.v. de formule van Brozek (1963) als volgt:

$$\% \text{ vet} = \left(\frac{4570}{\text{densiteit}} - 4.142 \right) \times 100.$$

Zowel bij jongens als meisjes werd een onderverdeling in 3 rijpingscategorieën opgesteld. Bij de jongens werd hierbij uitgegaan van de pubesbeharing, die praktisch gemakkelijker is te beoordelen dan de genitaalontwikkeling. De stadia P1 en P2 werden samengevoegd (pueriele stadium resp. prepuberteit)

evenals de stadia P3 en P5 (intermediaire stadium) en P5 en P6 (volwassen stadium). Bij de meisjes werd de groep zonder secundaire mamma-ontwikkeling (M1) afzonderlijk beschouwd. De meisjes met een min of meer gevorderde mamma-ontwikkeling werden gesplitst in een praemenarchische en een postmenarchische groep. Voor de aldus geformeerde subgroepen werden de gemiddelden van alle lichaamskenmerken met standaarddeviaties berekend. Vervolgens werden correlatiematrices opgesteld van 30 gemeten en afgeleide variabelen. Bovendien werd voor de twee grootste subgroepen een faktoranalyse uitgevoerd. Voor alle subgroepen werden multiële regressieberekeningen uitgevoerd volgens het "stepwise forward" model met de densiteit als afhankelijke variabele.

3. Resultaten

3.1. Proefpersonen

Het onderzoek startte in oktober 1970 en duurde tot juli 1972. In totaal werden 342 kinderen onderzocht. Van 25 proefpersonen konden de gegevens niet worden verwerkt, òf wel omdat de rijpingsfase niet beoordeeld kon worden, òf wel omdat de densiteitsmeting mislukte. Vooral voor de jongste kinderen was het vaak moeilijk om enkele minuten rustig onder water te blijven. In twee gevallen werden de gegevens van een kind geseponneerd op grond van lichamelijke gebreken.

Tabel 2 geeft een overzicht van de redenen waarom de resultaten van een aantal kinderen niet statistisch verwerkt zijn.

Tabel 3 geeft aan dat de pueriele fase bij de jongens relatief erg sterk, bij de meisjes daarentegen nogal zwak vertegenwoordigd was.

3.2. Gemiddelden en standaarddeviaties

De gemiddelde waarden van alle lichaamskenmerken zijn vermeld in tabel 4a en 4b. De afgeleide kenmerken, zoals gewicht/lengte relaties, zijn apart vermeld in tabel 5a en 5b. Zoals te verwachten zien we een duidelijke toename van lichaamsmaten met de ontwikkeling. Zo trad er praktisch een verdubbeling op van het totale lichaamsgewicht van voor het pueriele tot aan het volwassen stadium. Aan de toename van het gewicht wordt zowel door de skeletmassa als de spiermassa bijgedragen zoals blijkt uit het verloop van

lengte en breedtematen enerzijds en omtrekmaten anderzijds. Bij de meisjes is de toename van huidploidikten analoog aan die van de andere lichaamsmaten. Relatief neemt de vetmassa zelfs meer toe dan de vetvrije massa, nl. met 78% tegen 73%. Bij de jongens is het verloop van de huidploidikten iets gecompliceerder: terwijl de plooien op de romp toenemen worden de plooien aan de extremiteiten kleiner naarmate de geslachtelijke rijping zich verder voortzet. Zodoende is de absolute toename van de vetmassa maar gering; het percentage vetmassa daalt van 18,4% in het pueriele stadium naar 11,7% in het volwassen stadium. Hiertegenover staat een toename van de vetvrije massa met maar liefst 96%.

Opvallend is bovendien dat er over het algemeen weinig verschil is tussen de pueriele en intermediaire ontwikkelingsfase voor wat de rompplooien betreft. Pas in de overgang naar het volwassen stadium zien we een duidelijke toename. De extremitetsplooien gedragen zich in dit opzicht heterogeen, de plooien aan de bovenarm nemen duidelijk af in de overgang van de pueriele naar de intermediaire fase, terwijl de quadriceps plooi pas in een latere fase terugloopt. De gemiddelde waarden voor P1 + 2 jongens komen sterk overeen met de gegevens van Wageningse schoolkinderen (Van der Haar 1973) en die van Engelse schoolkinderen 20 jaar geleden (Hammond 1953). Tabel 6 geeft hiervan een overzicht.

Vergelijkbare gegevens over lichaamsdensiteit zijn uiterst schaars. Tabel 7 laat opvallende verschillen zien tussen Amerikaanse en Nederlandse meisjes met name voor wat de jongere rijpingsfase betreft.

De Amerikaanse meisjes hebben volgens Young een aanzienlijk hoger percentage lichaamsvet dan hun Nederlandse leeftijdsgenoten. Daarentegen is de overeenkomst in densiteit tussen Nederlandse en Tsjechische kinderen bijzonder fraai, evenals die tussen Nederlandse en Amerikaanse jongens.

3.3. Correlaties tussen densiteit en overige lichaamskenmerken

Per geslacht/rijpingscategorie werd een correlatie-matrix opgesteld, waarin alle variabelen waren opgenomen. De belangrijkste correlaties in dit verband zijn die tussen densiteit en de overige lichaamskenmerken. Deze zijn weergegeven in tabel 8a en 8b. Het meest opvallend is dat in de pueriele groep jongens alle lichaamsmaten significant met densiteit zijn gecorreleerd, in tegenstelling tot de oudere groepen jongens en de meisjes waar alleen de huidploidikten en de meeste omtrekmaten significant met densi-

lengte en breedtematen enerzijds en omtrekmaten anderzijds. Bij de meisjes is de toename van huidploidikten analoog aan die van de andere lichaamsmaten. Relatief neemt de vetmassa zelfs meer toe dan de vetvrije massa, nl. met 78% tegen 73%. Bij de jongens is het verloop van de huidploidikten iets gecompliceerder: terwijl de plooien op de romp toenemen worden de plooien aan de extremiteiten kleiner naarmate de geslachtelijke rijping zich verder voortzet. Zodoende is de absolute toename van de vetmassa maar gering; het percentage vetmassa daalt van 18,4% in het pueriele stadium naar 11,7% in het volwassen stadium. Hiertegenover staat een toename van de vetvrije massa met maar liefst 96%.

Opvallend is bovendien dat er over het algemeen weinig verschil is tussen de pueriele en intermediaire ontwikkelingsfase voor wat de rompplooien betreft. Pas in de overgang naar het volwassen stadium zien we een duidelijke toename. De extremitetsplooien gedragen zich in dit opzicht heterogeen, de plooien aan de bovenarm nemen duidelijk af in de overgang van de pueriele naar de intermediaire fase, terwijl de quadriceps plooi pas in een latere fase terugloopt. De gemiddelde waarden voor P1 + 2 jongens komen sterk overeen met de gegevens van Wageningse schoolkinderen (Van der Haar 1973) en die van Engelse schoolkinderen 20 jaar geleden (Hammond 1953). Tabel 6 geeft hiervan een overzicht.

Vergelijkbare gegevens over lichaamsdensiteit zijn uiterst schaars. Tabel 7 laat opvallende verschillen zien tussen Amerikaanse en Nederlandse meisjes met name voor wat de jongere rijpingsfase betreft.

De Amerikaanse meisjes hebben volgens Young een aanzienlijk hoger percentage lichaamsvet dan hun Nederlandse leeftijdsgenoten. Daarentegen is de overeenkomst in densiteit tussen Nederlandse en Tsjechische kinderen bijzonder fraai, evenals die tussen Nederlandse en Amerikaanse jongens.

3.3. Correlaties tussen densiteit en overige lichaamskenmerken

Per geslacht/rijpingscategorie werd een correlatie-matrix opgesteld, waarin alle variabelen waren opgenomen. De belangrijkste correlaties in dit verband zijn die tussen densiteit en de overige lichaamskenmerken. Deze zijn weergegeven in tabel 8a en 8b. Het meest opvallend is dat in de pueriele groep jongens alle lichaamsmaten significant met densiteit zijn gecorreleerd, in tegenstelling tot de oudere groepen jongens en de meisjes waar alleen de huidploidikten en de meeste omtrekmaten significant met densi-

teit zijn gecorreleerd. Bovendien zijn alle significante correlaties met één uitzondering* negatief, d.w.z. dat grote maten gepaard gaan met lage densiteitswaarden oftewel hoge percentages vetmassa. Verder kan worden opgemerkt, dat het hoogste correlatieniveau wordt aangetroffen in de pueriele fasen. Soortgelijke bevindingen zijn beschreven door Young die de lichaams-samenstelling onderzocht bij praemenarchische en postmenarchische meisjes. Parizkova daarentegen vond geen duidelijk verschil in correlatieniveau tussen jonge kinderen (9 - 12 jaar) en ouderen (13 - 16 jaar).

Uit de tabellen 8a en 8b blijkt duidelijk dat, in overeenstemming met de verwachting, van alle kenmerken de huidplooidikten veruit het sterkste met densiteit zijn gecorreleerd. Het verband tussen skeletmaten en densiteit is over het algemeen niet- of laag-significant, de omtrekmaten nemen in dit opzicht een tussenpositie in, met uitzondering van het pueriele stadium bij jongens, waar omtrekmaten en huidplooidikte even sterk met densiteit zijn gecorreleerd.

Uit bovengenoemde tabellen blijkt verder dat er aanzienlijke verschillen bestaan in de correlatiestussen opeenvolgende ontwikkelingsfasen, zonder dat een duidelijk patroon is te onderscheiden.

Allereerst zien we dat zowel bij de jongens als de meisjes in het intermediaire stadium leeftijd significant positief met densiteit is gecorreleerd. Deze bevinding suggereert dat kinderen die een late geslachtelijke rijping ondergaan relatief vetarm zijn in vergelijking tot kinderen met een vroege puberteitsontwikkeling binnen het gestelde leeftijdsstraject.

Opvallend is ook dat de betekenis van het totaal lichaamsgewicht in relatie tot densiteit zo gering is. Bij de jongens bestaat alleen in het pueriele stadium en bij de meisjes juist in het eindstadium een (zwakke) correlatie. Dit hangt waarschijnlijk samen met de vermindering van het percentage vetmassa bij jongens gedurende de puberteitsontwikkeling ^{en daarna} tegenover de, zij het geringe, toename van de vetmassa bij meisjes.

Wat betreft de skeletmaten zijn er bij de jongens een aantal interessante maar tegenstrijdige correlaties voor lengte, kniebreedte en polsbreedte. In de pueriele fase zijn deze negatief, in het intermediaire stadium positief (uitg. de kniebreedte) en in het jong-volwassen stadium is er van een duidelijk verband geen sprake meer. Bij de meisjes is alleen de bekkenbreedte in het volwassen stadium significant negatief met densiteit gecorreleerd.

*de polsbreedte bij de groep jongens in de intermediaire rijpingsfase.

De overige breedtematen spelen geen rol van betekenis. De negatieve correlaties tussen omtrekmaten en densiteit zijn zowel bij de groepen jongens als meisjes in het pueriele en jongvolwassen stadium hoger dan in het intermediaire stadium. Ook van oudere vrouwen is bekend dat omtrekmaten veel meer een indicatie zijn voor vetmassa dan voor gespierdheid (Pieters 1975). Vooral de buikomtrek, de bekkenomtrek en bovenbeenomtrek zijn relatief hoog gecorreleerd met densiteit. De betekenis van bovenarmomtrek, borstomtrek en kuitomtrek is in het algemeen geringer. De bovenarm- en kuitomtrek zijn waarschijnlijk bij uitstek maten voor gespierdheid, terwijl de borstomtrek in de eerste plaats samenhangt met de longinhoud.

Over de hele linie liggen de negatieve correlaties tussen de huidploidikten en densiteit bij meisjes iets hoger dan bij jongens. Het sterkst komt dit tot uiting in de pueriele fase.

Grote verschillen tussen de diverse huidploidikten onderling zijn er in relatie tot densiteit niet. De hoogste correlaties betreffen de bicipitalis en tricipitalis bij jongens en de tricipitalis en quadricipitalis bij meisjes. De submentalis is bij beide sexen het laagste met densiteit gecorreleerd. Ter vergelijking zijn in tabel 9a en 9b de correlaties weergegeven zoals die door Parizkova en Young bij adolescenten werden gevonden.

Frappant zijn de veel hogere correlaties die door Parizkova bij jongens werden gevonden. Er zijn geen aanwijzingen dat verschillen in de spreiding in densiteitswaarden en/of huidploidikten hierin een rol spelen. Bij de meisjes is de overeenkomst veel beter, zij het dat de correlaties bij Tsjechische kinderen toch wel hoger liggen dan bij Nederlandse; dit geldt met name voor de oudere meisjes.

Daarentegen werden door Young in het algemeen lagere correlaties bij meisjes gevonden. Bij de jongere meisjes kwam de tricipitalis-plooi nog het meest constant uit de bus, bij de oudere meisjes de para-umbilicalis-plooi.

3.4. Correlaties met getransformeerde kenmerken

Gewicht als zodanig is een veel te grove en daardoor onbruikbare maat voor het percentage vetmassa van het lichaam. Ook het quotiënt van gewicht en lengte geeft niet meer dan een indruk over de lichaamssamenstelling. Een groot bezwaar van de index is o.a. dat hij lengte-afhankelijk is. Daarom wordt bij bevolkingsonderzoek in plaats van de gewicht/lengte ratio in toenemende mate gebruik gemaakt van de index $\text{gewicht}/\text{lengte}^2$. Deze index is nauwelijks afhankelijk van lengte en bovendien sterk gecorreleerd met de

huidploidikte, althans bij volwassenen (Keys 1972, Khosla 1967, du Florey 1970, De Waard 1975). Het leek daarom de moeite waard om na te gaan wat de relatie tussen de verschillende gewicht/lengte ratio's en densiteit was bij adolescenten. Tabel 10 laat zien dat zowel bij jongens als meisjes de index gewicht/lengte² hoger is gecorreleerd met densiteit dan de index gewicht/lengte, terwijl de laatste op zijn beurt weer hoger is gecorreleerd dan het gewicht als zodanig. Overigens blijven deze correlaties alle royaal onder het niveau van die met de huidploidikten. Op grond van deze uitkomsten lijkt het dus zinvol om, bij gebrek aan huidploidiktewaarnemingen, de gewicht/lengte² ratio te hanteren als indicator voor de vetmassa. Door verschillende onderzoekers is erop gewezen, dat de som van een aantal huidplooien beter overeenkomt met het percentage lichaamsvet dan de huidplooien ieder afzonderlijk (Durnin 1967, Forbes 1970). Durnin voerde zijn berekeningen uit met de 100 log 4 huidplooien, Forbes met het rekenkundig gemiddelde van 6 huidplooien. Beide combinaties werden door ons gecorreleerd met densiteit. Het resultaat is weergegeven in tabel 12. Hieruit blijkt dat de tricipitalis huidplooi alleen niet minder informatief is in relatie tot de vetmassa dan de genoemde combinaties. Alleen bij de oudere meisjes (intermediaire en volwassen stadium) lijkt het de moeite waard om meer dan één huidplooi te meten.

3.5. Factoranalyse

Voor de beide grootste subgroepen per sexe, nl. de pueriele categorie bij de jongens en de intermediaire bij de meisjes, werd een factoranalyse uitgevoerd. Hierbij worden de verschillende lichaamskenmerken gehergroepeerd in complexen (factoren) die als zodanig een bepaalde eigenschap of groep van eigenschappen weerspiegelen. Van ieder kenmerk kan dan worden nagegaan in hoeverre hij van betekenis is voor de beschrijving van het complex. Alleen de eerste twee factoren die een significante eigenwaarde bleken te hebben zullen in het volgende worden besproken; de overige bleken van ondergeschikt belang. De tabellen 13a en 13b geven een overzicht van de "loadings" die de verschillende kenmerken t.o.v. de factoren bezitten. De beide eerste factoren verklaren ruim 2/3 van de variantie. De eerste representeert de algemene "grootte" van het lichaam in contrast met densiteit; m.a.w. groot is vet. Opvallend hoog zijn de "loadings" voor gewicht en bovenbeenomtrek bij meisjes. Ook voor alle huidploidikten en de bovenarmomtrek zijn de loadings tamelijk hoog. De tweede factor lijkt (vooral bij de jongens) een contrast tussen skeletmassa en Vetmassa te weerspiegelen, waarbij de omtrekken een tussenliggende positie innemen. Vooral de lengte en schouderbreedte hebben een hoge loading op deze

factor. In iets mindere mate doet ook de leeftijd mee; dat betekent dat de oudere kinderen enerzijds meer skeletmassa hebben, hetgeen niet verwonderlijk is, maar anderzijds ook minder vetmassa. Anders gezegd: kinderen die relatief lang in het pueriele ontwikkelingsstadium blijven en dus een late sexuele rijping ondergaan, zijn naar verhouding vetarm (zie ook blz. 13). De figuren 1 en 2, waarin de loadings van de eerste factoren t.o.v. elkaar zijn uitgezet vertonen in grote lijnen eenzelfde beeld. Er lijkt sprake van een huidplooiën-complex en een skelet-complex te zijn. Beide complexen staan vrijwel loodrecht op elkaar in verschillende kwadranten van de figuur en zijn dus -voor zover de situatie door de eerste twee factoren wordt beschreven- onafhankelijk. De omtrekmaten bevinden zich hiertussen en moeten als afhankelijk van beide andere complexen worden opgevat. Dit is niet zo verwonderlijk als men bedenkt dat bij de verschillende omtrekmetingen, morfologisch gezien, tevens skelet- en vetmassa "gemeten" worden. Zowel bij de jongens als bij de meisjes bevindt zich de densiteit in het kwadrant diametraal tegenover de huidplooidikten. Dit zou erop kunnen duiden dat bij de "voorspelling" van densiteit de huidplooidikten de belangrijkste rol spelen, terwijl de skeletmaten in deze gemist kunnen worden.

3.6. "Stepwise regression" analyse

Per sexe en per rijpingscategorie werden stepwise regressies berekend op grond van alle beschikbare variabelen met de bedoeling om zodoende de meest informatieve combinaties met betrekking tot densiteit te selecteren. Bijlage 1 en 2 geven voor jongens, resp. meisjes de korrelatiecoëfficiënten en bijbehorende reststandaardafwijkingen. Bij jongens is de relatie tussen densiteit en lichaamsmaten aanzienlijk duidelijker in de overgangsfase (P 3, 4) dan in het pueriele en volwassen stadium. Zonder veel verlies aan "voorspellende" waarde kunnen in iedere rijpingscategorie de meeste kenmerken weggelaten worden. In overeenstemming met tabel 8a zijn vooral de huidplooidikten en omtrekmaten van belang voor de relatie met densiteit. Alleen voor de categorie P3, 4 speelt een skeletmaat (de lengte) in de multipеле regressie een belangrijke rol. Bij de meisjes zien we juist in de pueriele fase een sterker verband tussen densiteit en overige kenmerken dan in de latere rijpingsfasen. Ook hier zijn de huidplooidikten van overwegende betekenis. In de tweede plaats spelen omtrekmaten en skeletmaten een gelijkwaardige rol.

Tabel 14 geeft een overzicht van combinaties van kenmerken die voor de onderscheiden rijpingscategorieën kunnen worden geselecteerd. Hierbij is ener-

zijds gestreefd naar een zo sterk mogelijk verband met densiteit, anderzijds is in het belang van de praktische hanteerbaarheid gepoogd het aantal variabelen in de regressievergelijking tot een minimum te beperken. De hoogste korrelaties werden gevonden voor meisjes in de pueriele fase terwijl bij jongens in een overeenkomstig ontwikkelingsstadium juist een relatief zwak verband tussen densiteit en overige kenmerken werd gevonden.

Parizkova vond daarentegen hogere korrelaties bij de oudere leeftijdskategorie; bovendien waren de korrelaties bij de jongens hoger dan bij de meisjes (zie tabel 15). In totaal zijn niet minder dan 13 kenmerken in de diverse vergelijkingen betrokken; hiervan komen drie stuks in drie verschillende regressies voor, namelijk de bovenbeenomtrek, de bicipitalis en de quadricipitalis. De meeste andere variabelen zijn slechts in één vergelijking te vinden. Deze uitkomsten suggereren een zekere specificiteit in de lichaamssamenstelling voor de successievelijke rijpingsfasen. Gezien de drastische veranderingen die het lichaam in dit levensstadium ondergaat, is deze bevinding niet opzienbarend.

De consequentie is wel dat men bij de schatting van de lichaamsdensiteit (en daarmee het vetpercentage) de rijpingsfase niet buiten beschouwing kan laten.

In de meeste studies is echter niet of nauwelijks met het ontwikkelingsstadium rekening gehouden (Durnin 1967, Parizkova 1961). Niettemin leverden multipеле regressieberekeningen daar even hoge en zelfs hogere korrelaties tussen densiteit en lichaamsmaten op, dan in ons materiaal, zoals blijkt uit tabel 15.

4. Samenvatting

Bij 340 scholieren en studenten in leeftijd variërend van 9-22 jaar, werd het verband nagegaan tussen lichaamsdensiteit, bepaald via hydrostatische weging, en een reeks van anthropometrische lichaamskenmerken. Bij de jongens bleek het vetpercentage in de loop van de puberteit af te nemen van 18,4 naar 11,7; dit ging gepaard met een vermindering van de huidploidikten aan de extremiteiten. Bij de meisjes bleef de relatieve vetmassa gedurende de geslachtelijke rijping vrijwel constant (22%). Alle lichaamsmaten, inclusief de huidploidikten aan de extremiteiten, namen in deze periode toe. Over het algemeen waren huidploidikten sterker met densiteit gekorreleerd dan omtrekmaten en breedtematen. Combinaties van lichaamsmaten, geselecteerd volgens "stepwise forward analysis", leverden sterk uiteenlopende resultaten

op voor verschillende rijpingsfasen. Schatting van de vetmassa bij adolescenten lijkt daarom niet verantwoord zonder het ontwikkelingsstadium in de beschouwing te betrekken.

Referenties:

1. Brozek, J: Body Composition.
Annals N.Y. Acad. Sci. 110, 1963, 1-1018.
2. Durning, J.V.G.A. en M. Ramahan: The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness.
Br. J. Nutr. 21, 1967, 681-689.
3. Florey, C. du: The use and interpretation of Ponderal index and other weight-height ratios in epidemiological studies.
J. Chron. Dis. 23, 1970, 93-103.
4. Forbes, G.B. en G.H. Amirhakimi: Skinfold thickness and body fat in children.
Human Biol. 42(3), 1970, 401-418.
5. Haar, F. van der, A.W. van Hulzen, T.S.M. Koopman en D. Kromhout: Onderzoek naar de gezondheids- en voedingstoestand van Wageningse schoolkinderen, leeftijd 5 - 12 jaar.
Rapport Vakgroep Voeding Landbouwhogeschool Wageningen, 1973.
6. Hammond, W.H.: Physique and development of boys and girls from different types of school.
Brit. J. prev. soc. Med. 7, 1953, 231-239.
7. Keys, A., F. Fidanza, M.J. Karvonen, N. Kimura en H.L. Taylor: Indices of relative weight and obesity.
J. Chron. Dis. 25, 1972, 329-343+
8. Khosla, T. en C.R. Lowe: Indices of obesity derived from weight and height.
Br. J. prev. soc. Med. 21, 1967, 122-128.
9. Novak, L.P.: Age and sex differences in body density and creatinine excretion of high school children.
Annals N.Y. Acad. Sci. 110, 1963, 545-577.

10. Parizkova, J.: Total body fat and skinfold thickness in children.
Metabolism 10, 1961, 794-807.
11. Pieters, J.J.L., J.F. de Wijn en J.C.A. Zaat: Oriëntering over de relatie tussen "vetheid" en lichaamsmaten bij een groep getrainde sportlieden.
Ned. T. v. Geneesk. 116, 53, 1972, 2384-2392.
12. Steinkamp, R.C., N.L. Cohen, W.R. Gaffey, T. McKey, G. Bron, W.E. Siri, T.W. Sargent en E. Isaacs: Measures of body fat and related factors in normal adults - II. A simple clinical method to estimate body fat and lean body mass.
J. Chron. Dis. 18, 1965, 1291-1307.
13. Tanner, J.M.: Growth at adolescence.
Blackwell Scientific Publications, Oxford 1973, 2nd edition.
14. Tanner, J.M.: The physique of the olympic athlete.
Allen & Unwin, London, 1964.
15. Waard, F. de, E.A. Branders-van Halewijn, H.J.A. Collette en D. Vroegindewey-Jie: Overgewicht in Overvecht.
T. soc. Geneesk. 53, 1975, 70-75.
16. Wieringen, J.C. van, F. Wafelbakker, H.B. Verbrugge: Groeidiagrammen 1965 Nederland; tweede landelijke survey, 0-24 jaar.
Wolters-Noordhoff, Groningen, 1968.
17. Young, C.M.: Body composition of pre-adolescent and adolescent girls.
J.A.D.A. 53, 1968, 25-31.
- 11a. Pieters, J.J.L., G.B. Post en M.A.J. van Montfort: Schatting van vetmassa uit lichaamsmaten bij vrouwen van middelbare leeftijd.
Ned. T. Geneesk. 119 (28) 1975, 1101 - 1105.

Tabel 1. Lichaamsmaten

Gewicht

Skeletmassa: lengte

breedtematen: schouderbreedte: dist. biacromialis
borstbreedte: t.h.v. mamillae
bekkenbreedte: dist. biiliacalis
polsbreedte: dist. radio-ulnaris
kniebreedte: dist. bicondylaris

Omtrekmaten

bovenarm halverwege de afstand acromion-olecranon
borst: t.h.v. borstbreedte
buik: t.h.v. umbilicus
bekken: t.h.v. bovenrand trochanter major
bovenbeen: t.h.v. gluteaalplooi
kuit: t.h.v. grootste omvang

Huidplooidikten

submentalis: halverwege mentum - os hyoideum
bicipitalis: t.h.v. bovenarmomtrek
tricipitalis: t.h.v. bovenarmomtrek
subscapularis: vlak onder de angulus inferior
scapulae
supra-iliacalis: t.h.v. crista iliaca in de me-
dio aillairlijn
subcostalis: t.h.v. ribbenboog in de mediocla-
viculairlijn
para-umbilicalis: op de lijn die de umbilicus
verbindt met de spina iliaca an-
terior superior en wel op één-der-
de afstand van de umbilicus
quadricipitalis: t.h.v. bovenbeenomtrek

Tabel 2. Aantal onderzochte en overgebleven kinderen

Aantal	Jongens	Meisjes	Totaal
Onderzocht	159	183	342
Uitgevallen	6	19	25
rijpingsfase onbekend	3	12	15
densiteitsmeting mislukt	3	5	8
lichamelijke gebreken	0	2	2
Overgebleven	153	164	317

Tabel 3. Aantal onderzochte kinderen per rijpingsfase en geslacht

	rijpingsfase	aantal	leeftijd(jr)
Jongens	P1 + P2	80	10,4 - 14,2
	P3 + P4	38	11,8 - 16,2
	P5 + P6	35	14,1 - 22,5
Meisjes	M1	29	8,8 - 12,8
	M2-5, praemenarche	68	9,9 - 14,9
	M2-5, postmenarche	67	12,0 - 19,8

Tabel 4a. Gemiddelden en standaarddeviaties van alle lichaamskenmerken voor jongens

rijpingsfase aantal	P1 + P2		P3 + P4		P5 + P6	
	80		38		35	
	gem.	s.d.	gem.	s.d.	gem.	s.d.
leeftijd(jr)	12,2	0,9	13,9	1,3	17,8	1,6
gewicht (kg)	39,7	6,0	52,4	8,4	71,8	8,8
lengte (cm)	151,9	7,4	166,7	8,6	181,1	5,1
skeletmaten (cm):						
polsbreedte re + li	9,9	0,5	10,9	0,6	11,8	0,6
kniebreedte re + li	18,0	0,9	19,5	1,1	20,0	0,8
schouderbreedte	31,1	1,6	34,6	2,3	39,6	2,1
borstbreedte	21,8	1,5	24,5	2,0	27,7	1,6
bekkenbreedte	22,9	1,4	25,6	1,4	28,1	1,6
omtrekmaten (cm):						
armomtrek	20,3	1,8	22,1	2,0	26,7	2,4
borstomtrek	68,5	4,9	75,8	5,5	89,3	6,3
buikomtrek	58,2	5,3	64,6	5,2	72,9	5,3
bekkenomtrek	74,0	5,1	82,2	6,0	92,9	4,5
dijomtrek	42,5	3,5	46,7	3,7	53,2	3,7
kuitomtrek	29,7	2,3	33,0	2,1	36,2	2,0
huidploidikten (mm):						
submentaal	6,5	2,3	6,3	2,3	6,0	2,7
bicipitaal	5,6	2,4	4,9	1,9	4,9	2,6
tricipitaal	10,1	3,5	9,4	3,4	9,2	4,3
subscapulair	6,3	2,1	7,0	2,8	8,8	3,6
suprailiacaal	8,1	5,1	8,3	5,0	12,2	7,5
subcostaal	5,5	2,4	6,2	3,0	8,4	3,8
paraumbilicaal	7,1	4,1	8,2	5,2	9,7	6,4
quadricipitaal	15,4	7,3	15,7	5,6	13,2	5,8
densiteit (kg/m ³)	1056,5	14,0	1060,6	13,2	1073,0	12,8

Tabel 4b. Gemiddelden en standaarddeviaties van alle lichaamskenmerken voor meisjes

rijpingsfase aantal	M1		M2-5 Preamenarche		M2-5 Postmenarche	
	28		68		67	
	gem.	s.d.	gem.	s.d.	gem.	s.d.
leeftijd (jr.)	10,9	0,9	12,0	1,1	15,2	2,3
gewicht (kg)	33,61	4,97	42,57	6,31	58,35	8,61
skeletmaten (cm)						
lengte	142,0	7,6	154,5	8,3	167,7	6,4
polsbreedte re + li	9,1	0,5	9,8	0,6	10,3	0,6
kniebreedte re + li	16,6	0,8	17,4	0,8	18,4	1,0
schouderbreedte	29,3	2,1	32,0	2,2	35,5	2,0
borstbreedte	19,8	1,3	21,5	1,4	24,4	1,8
bekkenbreedte	21,4	1,3	23,7	1,7	26,9	2,1
omtrekmaten (cm)						
armomtrek	19,7	1,5	21,5	1,9	24,5	2,4
buikomtrek	54,5	4,2	59,2	5,1	67,2	5,7
bekkenomtrek	71,1	5,3	78,0	5,3	90,5	5,9
dijomtrek	42,0	3,6	45,3	3,7	51,9	4,8
kuitomtrek	28,0	2,0	30,0	2,1	33,7	2,5
huidploidikten (mm)						
submentaal	6,5	1,9	7,3	2,1	8,6	2,8
bicipitaal	7,0	2,6	7,5	2,4	7,8	3,4
tricipitaal	12,5	3,7	13,0	4,2	15,4	5,1
subscapulair	6,9	2,6	7,8	2,4	10,6	4,7
suprailiacaal	9,6	5,0	11,4	5,5	14,4	6,9
subcostaal	6,1	2,4	7,1	2,2	10,0	3,8
paraumbilicaal	8,9	4,5	11,8	5,1	14,6	6,9
quadricipitaal	18,4	6,9	21,6	6,5	25,5	7,3
densiteit (kg/m ³)	1048,6	14,2	1047,9	13,3	1047,7	13,7

Tabel 5a. Afgeleide lichaamskenmerken voor jongens; gemiddelden en standaarddeviaties

rijpingsfase	P1 + P2		P3 + P4		P5 + P6	
	gem.	s.d.	gem.	s.d.	gem.	s.d.
% lichaamsvet	18,4	6,3	16,7	5,9	11,7	5,8
vetmassa (kg)	7,5	3,3	8,8	3,3	8,5	4,3
vetvrije massa (kg)	32,2	3,8	43,6	7,4	63,2	7,4
G/L (kg/m)	26,1	3,0	31,3	4,0	39,6	4,4
G/L ² (kg/m ²)	17,1	1,6	18,8	2,0	21,9	2,3
100 log \sum 4 (huidploidikten)	144,5	15,4	144,2	14,5	152,6	17,3
gem. 6 huidploidikten (mm)	7,1	2,9	7,3	3,1	8,9	4,4

Tabel 5b. Afgeleide lichaamskenmerken voor meisjes; gemiddelden en standaarddeviaties

rijpingsfase	M1		Praemenarche		Postmenarche	
	gem.	s.d.	gem.	s.d.	gem.	s.d.
% lichaamsvet	21,5	6,4	21,9	6,0	21,9	6,2
vetmassa (kg)	7,4	2,6	9,4	2,9	13,1	4,7
vetvrije massa (kg)	26,3	4,0	33,2	4,9	45,6	6,5
G/L (kg/m)	23,8	2,9	27,5	3,1	34,7	4,3
G/L ² (kg/m ²)	17,0	2,0	17,9	1,8	20,7	2,3
100 log \sum 4 huidploidikten	153,1	14,7	157,8	14,0	165,8	14,5
gem. 6 huidploidikten (mm)	8,6	3,2	9,8	3,2	12,2	4,5

Tabel 6. Gemiddelde waarden voor lichaamsmaten van 12-jarige jongens in verschillende onderzoeken

	referentie		
	Van der Haar 1973	Hammond 1953	eigen onderz.
aantal	64	86	80
lengte (cm)	151,0	151,1	151,9
gewicht (kg)	39,5	39,3	39,7
schouderbreedte (cm)	31,8	31,0	31,1
bovenarmomtrek (cm)	20,7	20,0	20,3
borstomtrek (cm)	70	65	68
buikomtrek (cm)	62	61	58
huidplooidikten (mm)			
bicipitalis	5,4	---	5,6
tricipitalis	10,1	---	10,1
subscapularis	6,7	---	6,3
para-umbilicalis	7,9	---	7,1
supra-iliacalis	9,0	---	8,1

Tabel 7. Densiteitswaarden bij verschillende onderzoeken

	eigen onderzoek	referentie		
		Novak 1963	Young 1968	Parizkova 1961
jongens: P1 + P2 (12 jaar)	1056*	----	----	----
P3 + P4 (14 jaar)	1061	1065	----	1060
P5 + P6 (18 jaar)	1073	1074	----	----
meisjes: M1 (11 jaar)	1049	----	1034	----
M2-5 praemenarche (12 jaar)	1048	----	1034	----
M2-5 postmenarche (15 jaar)	1048	1056	1044	1047

*N.B. Een densiteitsverschil van 15 eenheden komt overeen met een verschil van 6% lichaamsvet bij de in de tabel vermelde densiteitswaarden.

Tabel 8a. Enkelvoudige correlaties tussen densiteit en overige lichaamskenmerken bij jongens, weergegeven als correlatiecoëfficiënten

rijpingsfase	P1 + P2	P3 + P4	P5 + P6
aantal	80	38	35
leeftijd	-.22*	.49***	.09
gewicht	-.59***	-.00	-.28
lengte	-.30**	.44**	.07
schouderbreedte	-.23*	.26	.23
borstbreedte	-.27*	.11	.15
bekkenbreedte	-.25*	-.02	-.09
polsbreedte	-.22*	.38*	.04
kniebreedte	-.41***	-.08	-.29
bovenarmomtrek	-.59***	-.30	-.22
borstomtrek	-.49***	.00	-.09
buikomtrek	-.53***	-.22	-.54***
bekkenomtrek	-.64***	-.17	-.35*
bovenbeenomtrek	-.60***	-.35*	-.45**
kuitomtrek	-.57***	-.12	-.23
submentale hdpl.	-.57***	-.52***	-.45**
bicipitale hdpl.	-.60***	-.68***	-.64***
tricipitale hdpl.	-.65***	-.75***	-.68***
subscapulaire hdpl.	-.59***	-.47***	-.58***
suprailiacale hdpl.	-.57***	-.33*	-.65***
subcostale hdpl.	-.58***	-.41**	-.64***
paraumbilicale hdpl.	-.62***	-.54***	-.59***
quadricipitale hdpl.	-.66***	-.77***	-.65***

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Tabel 8b. Enkelvoudige correlaties tussen densiteit en overige lichaamskenmerken bij meisjes, weergegeven als correlatiecoëfficiënten

rijpingsfase	M1	premenarche postmenarche	
		M2-5	M2-5
aantal	28	68	67
leeftijd	.23	.34**	.12
gewicht	-.21	-.24	-.34**
lengte	.27	.14	.19
schouderbreedte	.03	.09	.06
borstbreedte	.04	.01	.01
bekkenbreedte	-.17	-.08	-.27*
polsbreedte	.20	-.07	.15
kniebreedte	-.19	-.20	-.23
bovenarmomtrek	-.42*	-.36**	-.31*
buikomtrek	-.59**	-.28*	-.49***
bekkenomtrek	-.52**	-.26*	-.47***
bovenbeenomtrek	-.56**	-.53***	-.45***
kuitomtrek	-.22	-.30*	-.38**
submentale hdpl.	-.60***	-.53***	-.67***
bicipitale hdpl.	-.78***	-.70***	-.68***
tricipitale hdpl.	-.78***	-.64***	-.69***
subscapulaire hdpl.	-.72***	-.54***	-.74***
suprailiacale hdpl.	-.70***	-.59***	-.63***
subcostale hdpl.	-.66***	-.59***	-.63***
paraumbilicale hdpl.	-.79***	-.56***	-.67***
quadricipitale hdpl	-.75***	-.68***	-.52***

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Tabel 9a. Correlaties tussen densiteit en huidplooidikten bij jongens in verschillende onderzoeken

	referentie	
	eigen materiaal P3+4 (12-16 jr.)	Parizkova (1961) 13 - 16 jr.
leeftijd/rijping aantal	38	57
huidplooi: submentalis	-.52	-.92
tricipitalis	-.75	-.93
subscapularis	-.47	-.89
para-umbilicalis	-.54	-.84
subcostalis	-.41	-.86
supra-iliacalis	-.33	-.86

Tabel 9b. Correlaties tussen densiteit en huidplooidikten bij meisjes in verschillende onderzoeken

	referentie		
	eigen materiaal M1(9-13 jr.)	Parizkova (1961) 9-12 jr.	Young (1968) prae menarche
ontw. stadium/leeftijd aantal	28	56	56
huidplooien:			
submentalis	-.60	-.74	-.46
tricipitalis	-.78	-.74	-.76
subscapularis	-.72	-.80	-.72
supra-iliacalis	-.70	-.75	-.78
subcostalis	-.66	-.76	-.76
para-umbilicalis	-.79	-.80	-.70
quadricipitalis	-.75	----	-.74

ontw. stadium/leeftijd aantal	M2-5 postmenarche 12-20 jr.	13-16 jr.	postmenarche
huidplooien:			
submentalis	-.67	-.69	-.51
tricipitalis	-.69	-.74	-.58

vervolg zie vlg.blz.

vervolg tabel 9b.

ontw. stadium/leeftijd	M2-5 postmenarche 12-20jr.	13-16jr.	postmenarche
huidplooien:			
subscapularis	-.74	-.80	-.52
supra-iliacalis	-.63	-.76	-.52
subcostalis	-.63	-.77	-.61
para-umbilicalis	-.67	-.76	-.70
quadricipitalis	-.52	----	-.51

Tabel 10. Correlaties tussen densiteit en gewicht-lengte ratio's in vergelijking met de correlatie tussen densiteit en tricepshuidploidikte

		variabele			
		gewicht	$\frac{\text{gewicht}}{\text{lengte}}$	$\frac{\text{gewicht}_2}{\text{lengte}}$	triceps
rijpingsfase					
jongens:	P 1 + 2	-.59***	-.64***	-.62***	-.65***
	P 3 + 4	-.00	-.18	-.43**	-.75***
	P 5 + 6	-.28	-.33*	-.37*	-.68***
meisjes:	M1	-.21	-.42*	-.52**	-.78***
	M2-5, praemenarche	-.24*	-.38***	-.52***	-.64***
	M2-5, postmenarche	-.34**	-.48***	-.60***	-.69***

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,01$

Tabel 11. Combinaties van huidploidikten

referentie	Durnin (1967)	Forbes (1970)
huidplooien:	bicipitalis	bicipitalis
	tricipitalis	tricipitalis
	subscapularis	subscapularis
	supra-iliacalis	supra-iliacalis
		subcostalis
		para-umbilicalis

Tabel 12. Correlaties tussen combinaties van huidplooiën en densiteit

	rijpingsfase	100 log Σ 4 hdpl. (vlgs.Durnin)	gemidd.6 hdpl. (vlgs.Forbes)	triceps
jongens:	P 1 + 2	-.64	-.68	-.65
	P 3 + 4	-.61	-.58	-.75
	P 5 + 6	-.65	-.67	-.68
meisjes:	M1	-.78	-.79	-.78
	M2-5, praemenarche	-.71	-.69	-.64
	M2-5, postmenarche	-.75	-.77	-.69

Tabel 13a. Faktor-analyse op alle lichaamskenmerken voor jongens met ontwikkelingsstadium P1+2 (n=80); de getallen geven loadings aan.

	Faktor	
	1	2
eigenwaarde	17.29	4.27
leeftijd	-.34	.51
gewicht	-.93	.31
lengte	-.58	.68
schouderbreedte	-.53	.65
borstbreedte	-.59	.55
bekkenbreedte	-.49	.58
polsbreedte	-.49	.50
kniebreedte	-.76	.39
bovenarmomtrek	-.83	-.10
borstomtrek	-.63	-.00
buikomtrek	-.86	.21
bekkenomtrek	-.95	.11
bovenbeenomtrek	-.92	-.02
kuitomtrek	-.69	.18
submentalis	-.73	-.40
bicipitalis	-.80	-.35
tricipitalis	-.85	-.29
subscapularis	-.82	-.33
supra-iliacalis	-.77	-.45
subcostalis	-.76	-.31
para-umbilicalis	-.79	-.42
quadricipitalis	-.87	-.26
densiteit	.71	.21

Tabel 13b. Faktor-analyse op alle lichaamskenmerken voor meisjes met ontwikkelingsstadium M2-5, praemenarche (n=68); de getallen geven loadings aan

	Faktor	
	1	2
eigenwaarde	13.13	7.53
leeftijd	-.02	.68
gewicht	.80	.57
lengte	.35	.81
schouderbreedte	.35	.76
borstbreedte	.51	.63
bekkenbreedte	.58	.56
polsbreedte	.48	.45
kniebreedte	.61	.47
bovenarmomtrek	.67	.07
buikomtrek	.76	.24
bekkenomtrek	.76	.50
bovenbeenomtrek	.82	.11
kuitomtrek	.64	.39
submentalis	.62	-.45
bicipitalis	.77	-.49
tricipitalis	.64	-.57
subscapularis	.74	-.41
supra-iliacalis	.68	-.55
subcostalis	.71	-.52
para-umbilicalis	.79	-.40
quadricipitalis	.73	-.46
densiteit	-.62	.47

Bijlage 1: Multipele regressies van densiteit op overige lichaamsmaten volgens "step-wise forward" regressie-analyse; correlatiecoëfficiënten en reststandaardafwijkingen; jongens.

P1 + P2 toegevoegde variabele	R*	S*	P3 + P4 toegevoegde variabele	R*	S*	P5 + P6 toegevoegde variabele	R	S
quadricepsitalis	0,67	10,4	quadricepsitalis	0,78	8,4	tricepsitalis	0,68	9,5
kuitomtrek	0,71	9,9	lengte	0,82	7,8	supra-iliacalis	0,71	9,3
submentalis	0,73	9,7	bovenbeenomtrek	0,85	7,3	borstomtrek	0,75	8,9
borstomtrek	0,74	9,6	gewicht	0,85	7,3	bovenbeenomtrek	0,77	8,7
subcostalis	0,74	9,6	buikomtrek	0,86	7,1	bekkenomtrek	0,79	8,6
bovenarmomtrek	0,75	9,6	bekkenbreedte	0,87	7,1	schouderbreedte	0,80	8,5
bovenbeenomtrek	0,75	9,5	tricepsitalis	0,87	7,1	borstbreedte	0,81	8,4
polsbreedte	0,76	9,5	para-iliacalis	0,88	7,1	polsbreedte	0,82	8,5
bekkenomtrek	0,76	9,5	supra-iliacalis	0,89	7,0	submentalis	0,82	8,5
borstbreedte	0,77	9,5	kuitomtrek	0,89	6,9	para-umbilicalis	0,82	8,6
Gewicht	0,77	9,5	bekkenomtrek	0,90	6,8	bicepsitalis	0,83	8,7
leeftijd	0,78	9,5	submentalis	0,90	6,9	kuitomtrek	0,83	8,9
schouderbreedte	0,78	9,5	polsbreedte	0,90	7,0	leeftijd	0,83	9,0
bicepsitalis	0,78	9,6	bovenarmomtrek	0,91	7,1	quadricepsitalis	0,83	9,2
supra-iliacalis	0,78	9,6	schouderbreedte	0,91	7,2	gewicht	0,83	9,4
tricepsitalis	0,78	9,6	bicepsitalis	0,91	7,3	lengte	0,84	9,7
bekkenbreedte	0,78	9,7	leeftijd	0,91	7,4	bovenarmomtrek	0,84	9,6
bekkenbreedte	0,78	9,7	borstomtrek	0,91	7,4	kniebreedte	0,84	9,9
subscapularis	0,78	9,8	kniebreedte	0,91	7,5			
para-umbilicalis	0,78	9,9	borstbreedte	0,91	7,7			
buikomtrek	0,78	9,9	subscapularis	0,91	7,8			
lengte	0,78	10,0	subcostalis	0,91	8,1			

R*; multipele correlatiecoëfficiënt

S*; reststandaardafwijking

Bijlage 2: Multiple regressies van densiteit op overige lichaamskenmerken volgens "sterfwise forward" regressie-analyse; correlatiecoëfficiënten en rest-standaardafwijkingen; meldjes.

M ₁		M ₂₋₅ , praemenarche		M ₂₋₅ , postmenarche	
toegevoegde variabele	R*	toegevoegde variabele	R	toegevoegde variabele	R
para-umbilicalis	0,80	bicipitalis	0,71	subscapularis	0,75
bicipitalis	0,84	quadricepitalis	0,73	bicipitalis	0,80
lengte	0,87	leeftijd	0,75	schouderbreedte	0,81
bovenbeenomtrek	0,91	bovenbeenomtrek	0,76	buikomtrek	0,82
polsbreedte	0,93	buikomtrek	0,77	tricipitalis	0,82
buikomtrek	0,94	kniebreedte	0,78	quadricepitalis	0,83
supra-iliacalis	0,94	bekkenbreedte	0,79	leeftijd	0,83
leeftijd	0,94	polsbreedte	0,79	lengte	0,83
gewicht	0,94	schouderbreedte	0,80	bekkenomtrek	0,84
bekkenbreedte	0,94	subcostalis	0,80	bovenarmomtrek	0,84
tricipitalis	0,94	bekkenomtrek	0,81	borstbreedte	0,84
subcostalis	0,95	subscapularis	0,81	para-umbilicalis	0,85
quadricepitalis	0,95	para-umbilicalis	0,81	subcostalis	0,85
schouderbreedte	0,95	supra-iliacalis	0,82	kuitomtrek	0,85
borstbreedte	0,95	borstbreedte	0,82	polsbreedte	0,85
subscapularis	0,95	bovenarmomtrek	0,82	supra-iliacalis	0,85
bovenarmomtrek	0,95	submentalals	0,82	submentalals	0,85
kniebreedte	0,95	lengte	0,82	bovenbeenomtrek	0,85
kuitomtrek	0,95			bekkenbreedte	0,85
				gewicht	0,85

R* : multiple correlatiecoëfficiënt

S* : rest-standaardafwijking

Tabel 14 Regressievergelijkingen van densiteit (y) op lichaamsmaten (x)

Categorie	Regressievergelijking	R ^x	densiteitsenheden	S ^x vetmassa
P ₁₊₂	$y = 1127,9 - 0,6x_{22} - 1,8x_{14} - 1,4x_{15}$	0,73	9,7	3,9
P ₃₊₄	$y = 1012,4 - 1,2x_{22} + 0,7x_3 - 1,2x_{13}$	0,85	7,3	2,9
P ₅₊₆	$y = 1069,4 - 1,1x_{17} - 0,6x_{19} + 0,9x_{10} - 1,1x_{13}$	0,77	8,7	3,5
M ₁	$y = 1009,0 - 0,9x_{21} - 1,0x_{16} + 0,5x_3 - 2,5x_{13} + 0,9x_4$	0,93	5,9	2,4
M ₂₋₅ praemen.	$y = 1057,4 - 2,1x_{16} - 0,7x_{22} + 1,5x_1$	0,75	9,0	3,6
M ₂₋₅ postmen.	$y = 1075,4 - 1,5x_{18} - 1,5x_{16}$	0,80	8,2	3,3

x₁ : leeftijd, x₃: lengte, x₄: polsbreedte, x₁₀: borstomtrek, x₁₃: bovenbenenomtrek,
 x₁₄ : kuitomtrek, x₁₅: submentalals, x₁₆: bicipitalals, x₁₇: tricipitalals, x₁₈: subscapularis,
 x₁₉ : supra-iliacalals, x₂₁: para-umbilicalals, x₂₂: quadricipetalals

R^x : multiple correlatiecoëfficiënt
 S^x : rest-standaardafwijking

Tabel 15. Correlaties tussen densiteit en combinaties van lichaamsmaten in verschillende studies.

Auteur	leeftijd	n	verklarende variabelen	corr.coëff.	rest-standaardafw.
<u>Jongens</u>					
Durnin	13-16	48	Σ log 4 huddplooiën	.76	?
Parizkova	9-12	66	submentalis, axillaris	.89	8,6
	13-16	57	submentalis, tricipitalis	.97	6,1
<u>Meisjes</u>					
Durnin	13-16	38	Σ log 4 huddplooiën	.78	?
Parizkova	9-12	56	subscapularis, para-umbilicalis	.81	11,0
	13-16	62	tricipitalis, subscapularis	.82	9,0
Young	praemen. postmen.	56 46	xyphoidalis, tricipitalis abdominalis, buikomtrek	.82 .78	8,7 7,1

Fig. 1. Kowarijs van keulse twee faktorien l.v.v. elkaar



