

KRACHT, SNELHEID en COÖRDINATIE.

door Dr.J.A.Vos,
Inspanningsfysioloog.

Inleiding:

Via factoranalyse blijkt vaak dat in veel takken van sport of in de revalidatie bij sportletsel behandeling, krachtraining gewenst is om de prestatiegrens te verleggen of weer op het "oude" niveau terug te komen.

Naast uithoudingsvermogen, snelheid van bewegen, coördinatie van bewegen en lenigheid, is kracht een van de vijf grondeigenschappen, die samen het begrip **KONDTIE** vormen. Er bestaan verschillende soorten krachten zoals:

1.MAXIMALE KRACHT, d.w.z. de grootst mogelijke kracht die in dynamische of statische vorm willekeurig tegen een weerstand kan worden uitgeoefend. Maximale kracht is afhankelijk van de **FYSIOLOGISCHE DWARSDOORSNEDE** van de skeletspier, **INTRA-** en **INTERMUSCULAIRE COÖRDINATIE** en via onderzoek uit de laatste twintig jaar blijkt ook de **SPIERVEZEL SAMENSTELLING** van groot belang te zijn.

2.SNELKRACHT. Met snelkracht geven wij de eigenschap aan om kracht in "explosieve" bewegingen optimaal in te zetten. Het eigen lichaam of delen ervan of sportmateriaal zoals kogel, speer, discus, halter, enz. worden met de grootst mogelijke versnelling verplaatst, daarbij speelt vooral coördinatie een grote rol.

3.SNELKRACHT-UITHOUDINGSVERMOGEN, Bij langdurende, submaximale prestaties speelt kracht-uithoudingsvermogen een belangrijke rol. Het anaërobe uithoudingsvermogen kan hierbij zelfs een beslissende rol spelen. Een slecht ontwikkeld anaërobe uithoudingsvermogen is bijvoorbeeld bij sportprestaties direkt bepalend voor een matig of slecht resultaat. In het dagelijks leven kan, onder andere bij zware lichamelijke arbeid, deze krachtvorm van groot belang zijn of men die arbeid wel vol kan houden. Monotone arbeid en daaraan verbonden houding kan een musculaire disbalans veroorzaken met verstrekkende gevolgen voor de totale gezondheidszorg.

De **SPIERCONTRACTIES** worden veelal onderscheiden in:

1.STATISCH (=isometrisch). De spierlengte verandert niet, maar de kracht die geleverd wordt wel.

2.DYNAMISCH (=isotonisch). De spierkracht kan door een samentrekkende beweging van de spieren over de gehele range van bewegen worden uitgeoefend en wordt dan **CONCENTRISCH** genoemd. Wanneer een spierverlenging door grote verzwaring plaats vindt spreekt men van een **EXCENTRISCH** beweging. Een combinatie van statische en dynamische contracties met verandering in spierkracht **EN** spierlengte noemt men

AUXOTONISCHE CONTRACTIES.

Verder laten de spiervezels zich naar energierijke substraten, opbouw van myosine filamenten en innervatie onderscheiden in twee hoofdtypen van spiervezels.

TYPE I, ook wel **Slow Twitch** (=ST) vezels genoemd en

TYPE II, ook wel **Fast Twitch** (=FT) vezels genoemd.

Type I vezels zijn vooral de vezels die bij **DUURSPORTEN** ontwikkeld worden met als belangrijkste kenmerken:

A. Hoofdzakelijk **AEROBE** arbeid met weinig lactaat(=melkzuur) productie;

B. Goede capillarisatie waardoor goede bloedvoorziening in de spier mogelijk is;

C. Vermoeidheidsgrens ligt ver weg;

D. De contractiesnelheid is relatief langzaam, bijvoorbeeld maximale, statische contractie van dit soort spiervezels vindt na 80-100 msec (=milliseconde) plaats.

E. Er is weinig myosine-ATP-ase (enzym)activiteit.

Bij de Type II vezels, vooral van belang in "explosieve" sporten, zijn de belangrijkste kenmerken:

A. Voornamelijk ANAËROBE arbeid die met hoge tot zeer hoge lactaat (=melkzuur) productie gepaard kan gaan;

B. Matige tot slecht capillarisatie van de spiervezels;

C. Vermoeidheidsgrens ligt dichtbij;

D. De contractiesnelheid is relatief snel, bijvoorbeeld een maximale, statische contractie vindt al na 40 msec plaats;

E. Er is veel myosine-ATP-ase (enzym)activiteit.

Verder maken we bij de Type II vezels nog een onderscheid naar:

Type IIa, Type IIb en Type IIc. Type IIa is met zijn hoge oxidatieve en glycolytische eigenschappen relatief goed bestand tegen vermoeidheid. Type IIb is de typisch snelle vezel met hoge glycolytische en slechts geringe aerobe eigenschappen. Type IIc maakt met een zeer gering aantal vezels als tussentype tussen Type IIa en IIb nauwelijks deel uit van de contracties.

SPIERKRACHT:

De door samentrekking of contractie uitgeoefende spierkracht grijpt nooit in het centrum van het gewricht aan maar altijd op enige afstand van dit centrum. Er ontstaat dus een draaimoment (=torque). De grootte van het draaimoment wordt bepaald door spierkracht en de loodrechte afstand tot het draaipunt in het gewricht.

Bij de meeste bewegingen werken verschillende spiergroepen gelijktijdig samen. Er zijn ook spiergroepen die voor een contrabeweging verantwoordelijk zijn, bijvoorbeeld in verband met stabilisatie van het gewricht. Wij kunnen bij het bewegen dan ook nauwelijks spreken van een spiergroep, omdat vrijwel altijd meerdere spiergroepen in een bewegingsketen meedoen. Dit is een zeer belangrijke consequentie voor de wijze waarop we bijvoorbeeld met krachttraining bezig zijn. Bij langzame bewegingssnelheid en veel krachtinzet doen zowel Type I als Type II vezels mee. Bij snelle bewegingen hoofdzakelijk Type II vezels met een korte contractietijd. Bij toenemende bewegingssnelheid neemt de maximale in te zetten kracht duidelijk af, m.a.w. er valt bij een toenemende hoeksnelheid niet voortdurend een krachttoename te signaleren, maar WAAR deze afname plaats vindt kan bijvoorbeeld met behulp van isokinetische meetapparatuur bepaald worden. Ook dit kan in verband met revalidatie of sporttraining van groot belang zijn om in trainingsprogramma's te verwerken.

TRAININGSEFFEKTEN IN DE SPIER:

Bij sub-maximale, lichte trainingsvormen zal het effect van de training vooral in Type I vezels duidelijk worden. Bij gemiddeld zware trainingen zijn vooral Type IIa vezels betrokken en bij zware, maximale trainingen is het effect vooral in de Type IIb terug te vinden.

Spiermassatoename is goed waarneembaar maar of de volumetoename louter hypertrofie is of ook hyperplasie genoemde moet worden is niet altijd duidelijk.

KRACHTTRAINING BIJ JONGEREN:

Tot de puberteit zien we weinig verschil in kracht, zowel in spiermassa als spierkracht, tussen jongens en meisjes. Een geringe kracht in grote spiergroepen kan wel tot houdingsafwijkingen bij schoolgaande jeugd leiden. Het passieve bewegingsapparaat stelt wel nadrukkelijk zijn

grenzen in verband met belastbaarheid en men moet intensiteit en duur van de krachttraining zeer goed hierop afstemmen. De skeletspier zelf beschermt zich tegen overbelasting door vermoeidheids- of uitputtingsverschijnselen als een natuurlijke rem te hanteren. Een algemeen advies mag dan ook luiden: Train met niet meer dan het lichaamsgewicht en geringe belasting van met name de wervelkolom, in de groeispurfase. Bij een volgroeid skelet kunnen zwaardere krachtvormen toegepast gaan worden.

KRACHTRAINING BIJ VROUWEN:

Het anabole effect van testosteron is verantwoordelijk voor het krachtonderscheid bij man en vrouw. Een ongetrainde vrouw heeft ongeveer 35 % spiermassa, een ongetrainde man ongeveer 45 % van het totale lichaamsgewicht. Het bovenlichaam kan bij vrouwen ongeveer 55 % van de kracht van die van de man uitoefenen en de benen ongeveer 65-70 % van die van de man. Zowel in absolute als relatieve waarden blijft het verschil in kracht tussen man en vrouw, ook bij getrainden in verschillende takken van sport bestaan.

LICHAAMSBOUW EN AFMETINGEN (SOMATOTYPEN): Er wordt, overeenkomstig een indeling naar lichaamsbouw type of somatotype, een indeling gehanteerd op voorstel van Tanner (1964) die als volgt in 3 basistypen te onderscheiden is:

1. Het **ECTOMORPHE** type, met als voornaamste kenmerken: dun, mager, met weinig lichaamsvet en spiermassa ontwikkeling, een lang gezicht en nek.
2. Het **MESOMORPHE** type, met als belangrijkste kenmerken: gedrongen lichaamsbouw, relatief groot hoofd, brede schouders, weinig onderhuids vet en gespierde ledematen.
3. Het **ENDOMORPHE** type, met een rond hoofd, relatief veel onderhuids vet, "peervormig" lichaam.

Om verwarring te voorkomen noemen we naast voornoemde typologie van Tanner die van Sheldon (1940) die ook grote bekendheid heeft gekregen. Hij noemt het ectomorphe type ---

LEPTOSOOM;

Het mesomorphe type --- **ATLETHISCH;** en het endomorphe type---
PYKNISCH.

De Tanner typologie heeft vooral in de sportanthropometrie de meeste opgang gemaakt. Ieder mens verenigd van alle drie typen enkele eigenschappen in zich, maar in de wedstrijd-topsport zien we vaak typen die extreem een bepaald type vertegenwoordigen en op grond van die genetische eigenschappen daar een voordeel aan hebben.

Typisch endomorphe gebouwde mensen zien we vrijwel nooit terug in de wedstrijd-top sport, het is veelal een mixture van mesomorphe en ectomorphe eigenschappen die in de sport domineren.

OUDER WORDEN EN SPIERFUNKTIES:

Vooraf bij vrouwen maar ook bij mannen zien we na het vijftigste levensjaar een duidelijke afname in kracht ten gevolge van hormonale veranderingen. Tegenwoordig staat met name de botontkalking of osteoporose, vooral bij vrouwen als gevolg van de veranderingen die in de menopauze plaats vinden, centraal in de belangstelling.

Bij het ouder worden verliezen we zeker zo'n 30 % spiermassa bij mensen op hoge leeftijd. Verlies van motorneuronen veroorzaakt een verlies aan motor-units waardoor spieren niet meer actief meedoen en degenereren. Histochemisch onderzoek laat deze veranderingen d.m.v. biopsie technieken duidelijk zien.

Het is bijvoorbeeld bekend dat het dragen van modieus, maar anatomisch niet goed schoeisel, neuropathologische afwijkingen op hoge leeftijd in de voetspieren als resultante van dit gedrag laat zien.

Wanneer de spierkracht van bepaalde spiergroepen onder een minimum drempel zakt, is men vrij plotseling niet meer in staat om het dagelijks leven aan te kunnen en wordt men hulpbehoevend. Verlies van onafhankelijkheid is dan het resultaat en er zal met een sterk groeiende groep ouderen steeds meer belangstelling komen om dit proces te begrijpen en vooral wat men er tegen kan doen. Trainen van skeletspieren tot op hoge leeftijd is zeer zeker mogelijk, zij het dat het vanzelfsprekend is dat de oefenstof moet worden aangepast. Kennis daaromtrent is helaas nog schaars omdat de groep ouderen zeker in deze maatschappij nu niet bepaald in de belangstelling staat of stond. Onder druk van grote economische belangen zal deze belangstelling ongetwijfeld de komende decennia sterk toenemen.

Een zeer spectaculaire groei voor onderzoek bij ouderen, terug te vinden in de gerontologie en geriatrie, vormt de basis van onze veronderstelling.

REGELMATIG beweging nemen waarin minimum prikkels zowel voor cardio-respiratoire of cardio-vasculaire en musculaire functies besloten liggen lijkt ons de aangewezen weg om de ongemakken van het ouder worden zolang mogelijk van je vandaan te houden.

ALGEMEEN KRACHTTRAININGSSHEMA
BELASTING HERHALING SERIES HERSTELTIJD
MAXIMALE KRACHT 90 - 95 % 1 - 3 4 - 8 2 - 4 min.

SNELKRACHT 75 - 90 % 8 - 12 3 - 5 90-120 s.

SNELKR.-UITH.V.: 50 - 75 % 10-15 3 - 5 45-90 sec.

SNELHEID-UITH.V.: $\frac{3}{4}$ 50 % 10-50 3 - 5 $\frac{3}{4}$ 45 sec.

Niet alleen het aantal herhalingen, het aantal series of de volhoudtijd tijdens de oefening spelen bij het opstellen van een krachttrainingsschema een rol van betekenis, maar vooral ook de belasting die veelal wordt uitgedrukt in procenten van dat maximum.

We kunnen bij krachttraining streven naar krachttoename hetgeen zich uit in fysiologische dwarsdoorsnede, zichtbaar als spiermassa toename of een intramusculaire coördinatie verbetering die niet als spiermassa toename valt waar te nemen, maar wel in een krachttoename resulteert. Naast krachttoename zien we door krachttraining ook verbetering in kracht-uthoudingsvermogen en snelkracht.

Wanneer we van een **ALGEMEEN KRACHTTRAININGSSHEMA** uitgaan dan kunnen we de hoofdgroepen waarin we trainen, zoals in bovenstaand schema is weergegeven, onderscheiden in **MAXIMALE**

KRACHT; SNELKRACHT; SNELKRACHT-UITHOUDINGSVERMOGEN en SNELHEID-UITHOUDINGSVERMOGEN.

Algemene krachttraining betekent in ons geval veelzijdig met accent op het leren van een goede technische uitvoering, zowel bij haltertraining als bij trainen met behulp van apparatuur.

Iedere training wordt door een goede warming-up en rekoefeningen vooraf gegaan en met een cool-down en rekoefeningen besloten.

Het schema moet in HORIZONTALE lijnen worden gevolgd!!!

Bijvoorbeeld: Iemand wil zijn of haar maximale kracht verbeteren. Hij of zij begint dan met het vaststellen van het persoonlijk 1 RPM (= 1 Repetition Maximum) d.w.z. het maximale gewicht dat bij een goede technische uitvoering in een bepaalde oefening gehaald kan worden. Stel dat dit gewicht bijvoorbeeld 40 kg is, dan begint de maximale krachttraining met een gewicht van 90 % van 40 kg = 36 kg.

Hij of zij oefent dat 1, mogelijk 2 of maximaal 3 herhalingen (= 1 serie!!). Daarna wordt voor de zojuist belaste spiergroepen 4 minuten hersteltijd uitgetrokken, alvorens een tweede serie van 1, 2 of 3 herhalingen te gaan doen. Het maximum is 8 series van 3 herhalingen met 95 % belasting en maar 2 minuten actieve hersteltijd tussen de series. Heeft iemand dit doel bereikt dan wordt een nieuw 1 RPM vastgesteld en begint de trainingscyclus opnieuw met 90 % van de nieuw gevonden waarde.

Voor snelkracht of snelkrachtuithoudingsvermogen geldt dezelfde procedure. Na een periode van techniek leren en de daaruit voortvloeiende aanpassing van gemiddeld 10-12 weken via het algemeen krachttrainingsschema opgebouwd, kan worden overgegaan naar verzwaring van het programma of naar een verdere differentiatie zoals hierna beschreven wordt.

Bij patiënten die nog geen goede bewegingsuitslag kunnen maken of een sterke funktiebeperking hebben komt vaak de **STATISCHE** krachttraining (= krachtoefening zonder bewegen tegen een onoverwinnelijke weerstand) in aanmerking om te trainen. Om de maximale kracht te trainen moet met een relatief hoge belasting van 70-90 % van het maximum getraind worden en steeds met een tijdsduur van 6-10 seconden de herhalingen worden volgehouden. Voor verbeteren van de intramusculaire maximale statische kracht moet men 90-100 % belasting en herhalingen met een tijdsduur van 3-5 seconden getraind worden. Voor het verbeteren van het statisch kracht-uithoudingsvermogen wordt geadviseerd om met relatief lage belasting van ongeveer 50 % van de maximale kracht gedurende 30-120 seconden te trainen.

DYNAMISCHE KRACHTTRAINING:

Bij **DYNAMISCHE CONCENTRISCHE** krachttraining worden relatief snelle bewegingen gemaakt. Wil men de maximale kracht trainen en vooral de intramusculaire coördinatie verbeteren, dan vinden relatief weinig herhalingen (1-5) met hoge belasting (85-100 %) plaats. Wil men spiermassa laten toenemen dan is

6-12 herhalingen bij een belasting van 70-85 % wenselijk. Bij **SNELKRACHT** training moet met 10-15 herhalingen en ongeveer 60-70 % belasting getraind worden (in het begin met 40-60 % belasting). Bij **KRACHTUITHOUDINGSVERMOGEN** zien we veel herhalingen van 20-60 of meer en relatief lage belasting van ongeveer 50 %.

Bij **EXCENTRISCHE DYNAMISCHE** krachttraining trainen we om de maximale kracht te verbeteren met 8-12 herhalingen en ongeveer 70 % belasting. Bij

KRACHTUITHOUDINGSVERMOGEN 10-30 herhalingen bij ongeveer 50 % belasting.

Een zeer zware vorm van krachttraining is de **EXCENTRISCHE** dynamische training waarbij supra-normale gewichten (boven 100 % maximum tot 130 % toe) "remmend" moeten worden tegengehouden. Deze trainingsvorm moet uitsluitend door goed getrainde atleten worden gedaan en goed in een trainingsprogramma worden ingepast.

MAXIMALE KRACHTTRAININGSMETHODEN:

A. Bijna **MAXIMALE CONTRACTIES**. Via **PYRAMIDE METHODE**.

Belasting: Herhalingen: Series: Hersteltijd:

90 % 3 1 3'- 5' *)

95 % 1 1 3'- 5'

97 % 1 1 3'- 5'

100 % 1 1 3'- 5'

100 % + 1 kg 1 1 3'- 5'

*) '= minuten aanduiding.

B. Maximale **CONCENTRISCHE CONTRACTIES.**

100 % 1 5 3'- 5'

Alleen zeer goed getrainde atleten;elke sessie gericht op prestatie verbeteren.

C. Maximale **STATISCHE CONTRACTIES.**

100 % 2 5 3'

Contractieduur: 5-7 seconden maximaal vasthouden!! Niet sportspecifiek maar wel geschikt in revalidatie!!

D. Maximale **EXCENTRISCHE CONTRACTIES.**

150 % 5 3 3'

Trainingspartners helpen met op de plaats "spotten" vanwege gevaar dat de sporter het gewicht niet kan houden!

E. Maximale **CONCENTRISCHE-EXCENTRISCHE CONTRACTIES.**

70 -90 % 6-8 3-5 5'

Piekbelasting is excentrisch. Intramusculaire coördinatie vooral concentrisch. Vaak zijn dit Bench Press en Squat trainingsvormen. Met name de bekende Duitse (toenmalig Westduitse) hoogspringers hebben hier succes mee gehad.

Een **VOORBEELD** om **EXPLOSIEVE KRACHT** te laten toenemen:

4 maal trainen per week;gedurende 6-8 weken:

**CONCENTRISCH EXCENTRISCH CONCENTRISCH/
EXCENTRISCH.**

Belasting: 100 % 150 % 70 - 90 %

Herhaling: 1 5 6 - 8

Series: 5 3 3 - 5

Hersteltijd: 3' - 5' 3' 5'

(in minuten)

Schema met als **DOEL ONTWIKKELEN MAXIMALE KRACHT:**

Warming-up ongeveer 10-15 minuten.

Belasting variabel en niet strikt volgens algemeen krachttrainingsschema.Er wordt vooral met meer herhalingen getraind, maar dit schema is dan ook zeker niet voor algemeen doel bij beginners bedoeld,maar voor gevorderden.Deze training vergt 3 - 4 uur trainingstijd.Totaal gewicht omzet= 18 - 20 ton.

Belasting: Herhalingen: Series:

70 % 10 2

80 % 5 2

100 % 2 2

85 % 8 3

75 % 8 2

90 % 3 2

95 % 6 5

80 % 6 3

Hersteltijd tussen de series minimaal 2 minuten!!

Goede Cool-down en lichte rekking.

Schema met als **DOEL ONTWIKKELEN HYPERTROFIE SPIER:**

EXTENSIEF INTENSIEF

Belasting: 60 - 70% 80 - 95%

Herhalingen: 15 - 20 8 - 5

Series: 3 - 5 3 - 5

Hersteltijd: 2' 3'

(in minuten)

VOORBEELD PYRAMIDE TRAINING:

Methode Progressief toenemende belasting. Bij ongetrainde beginner een brede pyramide; bij een getrainde een smalle pyramide.

Herhaling: Belasting:

1 x 10

3 x 90 %

5 x 80 %

7 x 70 %

12 x 60 %

CIRCUITTRAINING:

DOEL: Algemeen Uithoudingsvermogen en Kracht verbeteren.

OEFENSTOF: Grote spiergroepen ,eventueel met accenten.

ADMINISTRATIE: Op persoonlijke kaart waarop zeer zeker gegevens zoals de belasting(%);aantal herhalingen;series en hersteltijd genoteerd moeten worden.

De Organisatie vorm kan zijn:

- 1.Stations instellen met per station vaste herhalingen;
- 2.Stations instellen met per station variabele herhalingen;
- 3.Op tijd werken, dus per station (of toestel) is men bijvoorbeeld maar 30 seconden bezig en het aantal gehaalde uitvoeringen wordt genoteerd op de persoonlijke kaart.

Het zgn.**OVERLOAD PRINCIPE** omvat :

Opvoeren Belasting d.w.z. Omvang toename.

Opvoeren Herhalingen d.w.z. Intensiteit toename.

BEGINNERS KRACHTTRAINING:

Omvang = Gewenning = Techniek trainen VOOR Intensiteit!!!!

1. Per station 10 - 20 herhalingen om vooral de techniek te oefenen!!Het toepassen van het algemene krachttrainingsschema komt later aan de orde,eerst gewenning!!
2. **GEEN** intensieve herhalingen,d.w.z. hoog tempo en snelle uitvoering.
3. Pas op met excentrische oefenstof.Veel spierpijn is het gevolg omdat het snel trainingen zijn die te zwaar zijn.
4. Start betekent maanden i.p.v. weken om de basis techniek eigen te maken.
5. Een serie per oefening(station) in het begin.
6. Vooral ook heupstabiliserende spiergroepen trainen zoals buik- en rugspiergroepen en de rotatie en nekspieren die heel vaak vergeten worden!!
7. Rekkingsoefeningen goed leren uit te voeren.
8. Naast een goede warming-up vooraf vooral ook een goede cool down doen.

WELKE VERANDERINGEN ZIEN WE ZOAL IN DE SKELETSPIER OPTREDEN BIJ HET OUDER WORDEN ??

KRACHTTRAINING VOOR EXPLOSIEVE SPORTEN

Begripsomschrijvingen:

Kracht (=force) wordt weergegeven in Newton (=N), dat is de kracht die nodig is om een massa van 1 kg met 1 meter/sec/sec (lees meter per seconde kwadraat) te versnellen.

Zwaartekracht of magnetische kracht kunnen we niet zien, maar het effect ervan kan wel gemeten en gezien worden. De reden waarom bijvoorbeeld de wielrenner of hardloper niet steeds sneller gaan ligt in het feit dat bij toenemende snelheid van bewegen de windweerstand, maar ook de frictie weerstand in de draaiende delen van de racefiets en de menselijke gewrichten toenemen. Aangezien alle voorwerpen naar het centrum der aarde vallen met een versnelling van 9.81 meter/sec/sec bedraagt de zwaartekracht die op het menselijk lichaam inwerkt 9.81 maal het lichaamsgewicht (in kg). Wanneer iemand bijvoorbeeld 80 kg zwaar is dan kost het $80 \times 9.81 = 785$ N aan kracht om deze man van de grond te tillen.

Belangrijk: De anglo-saksische literatuur gebruikt uitwisselbaar de begrippen "Strength" en "Force", waar wij meestal alleen het woord "kracht" voor in de plaats stellen.

Zij verwoorden dat als volgt: "Strength is the ability to generate force".

Wanneer we onze man van 80 kg lichaamsgewicht niet alleen optillen maar ook gadeslaan bij bijvoorbeeld het verplaatsen van het lichaamsgewicht zoals bij traplopen het geval is, dan verricht hij bij het traplopen "arbeid", d.w.z. **ARBEID = KRACHT MAAL WEG.** (Arbeid=Work). Arbeid is dus het produkt van de uitgeoefende kracht en de afstand waarover de kracht wordt uitgeoefend. De eenheid waarin arbeid wordt weergegeven luidt:

Joule(=J). Ons voorbeeld van een man van 80 kg die bijvoorbeeld een trap van 4 meter hoogte opklimt verricht daarbij een arbeid die gelijk is aan:

$$80 \times 9.81 \times 4 = 3139 \text{ J.}$$

Nu kunnen bijvoorbeeld twee mannen van elk 80 kg lichaamsgewicht voornoemde trap van 4 meter hoogte opgaan met een verschillende snelheid. De eerste man doet de trap bijv. in 5 seconden en de tweede man doet er bijv. 10 seconden over. In het eerste geval wordt een vermogen (dat is de arbeid(=kracht x weg) per tijdseenheid) geleverd van $3139 : 5 = 628$ Watt.

In het tweede geval is het geleverde vermogen $3139 : 10 = 314$ Watt (=W).

Het **VERMOGEN** wordt als eenheid in Watt(=W) = J/s = N x m/s weergegeven.

Het vermogen is in de anglo-saksische literatuur gelijk aan het begrip **POWER.**

SNELHEID (= velocity) is afstand gedeeld door tijd (=m/s).

In formule bij elkaar gezet:

KRACHT = MASSA X VERSNELLING Eenheid= Newton (=N).

ARBEID = KRACHT X WEG Eenheid= Joule (=J).

VERMOGEN = ARBEID : TIJD Eenheid= Watt (=W).

SNELHEID = AFSTAND : TIJD Eenheid= meter per seconde.

De tijd die we nodig hebben om een bepaalde afstand te overbruggen maakt tevens het onderscheid in de sport tussen winnen en verliezen. De tijd waarin een bepaalde hoeveelheid arbeid wordt verricht noemen we de "power output". Verbeteren van iemands "power output" is dus heel vaak het trainingsdoel.

Voor de skeletspier ligt het begrip "power output" besloten in

de totale grootte en kracht van de spier en de snelheid waarmee de spier zich kan verkorten!

De maximale snelheid van verkorten voor een spier wordt als V_{max} weergegeven.

De snelheid van contractie van een totale spier hangt af van de verhouding in verschillende spiervezeltypen die binnen de spier bestaat, terwijl de intrinsieke snelheid van contractie voor

een enkele spiervezel door de enzym eigenschappen van de actomyosine crossbridges wordt bepaald.

Tot nu toe laten trainingsprikkel (nog) geen veranderingen in twitchcontractie tijden van de Type I en Type II vezels zien als resultaat van die training.

Met andere woorden het is (nog) niet mogelijk gebleken om Type I ("langzame" vezels) door trainingsprikkel "om te zetten" in Type II ("snelle" vezels), ook niet onder extreme trainingsomstandigheden.

Aangezien de lengte van de spier zeker ook invloed op de snelheid van contractie van de spier heeft, pleit een theorie voor rekken of "stretchen" van de spieren, omdat het resultaat van rekken van de spier zou zijn dat spierlengte en aantal sarcomeren toenemen en daarmee de maximale snelheid van verkorten.

VERANDERING IN KRACHT DOOR KRACHTTRAINING:

Wanneer we geen noemenswaardige verandering in snelheid van contractie van de spier door trainingsprikkel kunnen bereiken, dan blijft als alternatief over dat we i.p.v. aan de snelheid aan de krachttoename gaan werken met als totaal doel het laten toenemen van de power output van de spier.

Het is echter een beetje te eenvoudig gesteld wanneer we stellen dat krachttraining immers de grootte en kracht van een spier laat toenemen, deze toename meteen "vertaald" wordt in een toename van power output in bewegingen waarin de getrainde spieren worden gebruikt.

DOELGERICHT TRAINEN

In 1961 publiceerden Hettinger en Muller een geruchtmakend artikel waarin zij stelden dat de minimum prikkel om tot maximale statische (=isometrische) krachttoename te komen een maximale contractie van 1 tot 2 seconden volhoudtijd voldoende was om dat doel te bereiken!! Was dit maar waar dan zou met name in de revalidatie en ook in de sport de trainingstijd aanzienlijk bekort kunnen worden. Echter na een aantal jaren moesten Hettinger en Muller hun bevindingen herroepen en gaven zij aan dat krachttraining veel gecompliceerder in elkaar stak dan aanvankelijk leek. Met name Hettinger heeft nadien nog vele publikaties die als waardevol betiteld mogen worden op zijn naam gebracht.

Nu denken we dat per te trainen spiergroep (ook de kleine spieren!!) in ieder geval met 60-70 % van het maximum en 8 tot 10 herhalingen elke dag trainen, er een kleine maar constant toenemende krachttoename plaatsvindt.

Voor een goed overzicht van de effecten van statische en dynamische (incl. isokinetische) krachttraining kunnen we de review uit 1984 van McDonagh and Davies aanbevelen.

Rasch and Morehouse (1957) lieten als een van eersten zien dat training specifiek voor het bewegingspatroon moet zijn. Experimenten van o.a. Rutherford, e.a. (1986) lieten een duidelijk verschil in toename zien, na 3 maanden training, in het trainingsgewicht en de krachttoename in statische kracht van de getrainde spiergroepen.

Er is bijvoorbeeld geen groot verschil tussen armbuigkracht of armstrekkkracht van rechter en linker arm (niet meer dan 10 % in de meeste gevallen, Vos, 1976), maar wanneer gevraagd wordt aan dezelfde mensen om een bal te gooien dan blijkt dat er tussen de dominante arm en de niet dominante arm een verschil in snelheid van 100 % heel goed mogelijk.

Zonder goede coördinatie en techniek training is krachttoename **ALLEEN** zeker niet voldoende om tot prestatieverbetering te komen en is sportspecifiek trainen dus een eerste vereiste om tot een waarneembare verbetering te komen.

Voor ongetrainde mensen is het vaak heel moeilijk om goed "aan te voelen " dat ze bij vooral snelle bewegingen alle mogelijk inzetbare motor-units gebruiken. Door training kunnen we

deze "neurale aanpassing" zeker verbeteren en via een goede coördinatie is dan een duidelijke prestatieverbetering mogelijk.

Metingen aan veranderingen in kracht-snelheid eigenschappen van de spier zijn vooral bij grote spiergroepen heel moeilijk door te voeren (de Koning, 1984), vandaar dat mogelijke veranderingen in de kracht-snelheid curves vooral ook terug te vinden zijn in spiervezelveranderingen in de spiergroep zelf. Met behulp van moderne technieken zoals CT-scanners kunnen we bij verschillende spiergroepen de dwarsdoorsnede van de spier goed zichtbaar maken en een relatie met de uitgeoefende kracht grafisch weergeven.

Voordat we een krachttoename "zichtbaar" kunnen maken als toename in dwarsdoorsnede, wat pas na 6 tot 8 weken training het geval is, is er in de eerste weken wel sprake van krachttoename in de spier maar die krachttoename is toe te schrijven aan neurale mechanismen.

Hoe komt deze laatste vorm van krachttoename nu tot stand ?

We moeten daarbij aan twee mogelijkheden denken:

A. Er liggen " reservekrachten " te sluimeren in de vorm van grote, snelle motor-units die alleen bij grote krachten geactiveerd worden en meedoen en in ongetrainde toestand niets doen.

B. Verbeterde synchronisatie van "vurende" motor-units bij getrainden laat een grotere krachttuitoefening zien.

Naast dwarsdoorsnede en neurale adaptatie zijn spiervezel type, vezel bouw en de dichtheid van contractiel materiaal belangrijke factoren die verschillen in spierkracht kunnen verklaren. Er zijn experimentele aanwijzingen dat Type II (=Fast Twitch vezels) sterker zijn dan Type I (=Slow Twitch vezels). Veranderingen d.w.z. omzettingen in Type vezels door training is nog niet aangetoond (Edstrom and Grimby, 1986).

Veranderingen in spierbouw en/of de bindweefsel aanhechtingen in de spiervezel kan leiden tot veranderingen in power output van de spier. Toename in statische (=isometrische) kracht en afname in contractie snelheid zal resulteren in veranderingen in power output.

WAT IS DE STIMULANS VOOR KRACHTTOENAME ?

Voor nieuwe spiertoename d.w.z. krachtttoename is blijkens vele studies in ieder geval grote krachttuitoefening noodzakelijk, maar of de grote krachttuitoefening **OP ZICHZELF** of gewoonweg het feit dat alle beschikbare motor-units meedoen en ondergeschikt worden gemaakt aan een trainingsprikkel, zoals grote metabole veranderingen samen met zware training, de oorzaak zijn van krachtttoename is nog niet duidelijk gebleken.

Mogelijke prikkels om tot spierhypertrofie te komen zijn:

1. Hormonale prikkels:

Veel is gepubliceerd over endocrine response die voor spier omvang toename zou zorgdragen. Maar omdat hypertrofie ook in een enkele spier kan worden opgewekt in een kant van het lichaam denken we meer aan paracrine (=lokale produktie van groei factoren) dan aan endocrine groeiprikkels.

2. Metabole prikkels:

Iedereen kent het gevoel van "het doet brandend zeer " bij zware trainingsprikkels. Maar of die metabole uitputting een pre-voorwaarde is om tot spiergroei te komen is niet bewezen. Het lijkt er meer op dat deze metabole veranderingen zoals een sterke toename van waterstof ionen concentratie ("verzuring")

of ADP , NH₃ en inosine afname in verband moeten worden gebracht met het begrip

"fatigue"(vermoeidheid) dan met spiergroei. Een verbetering in uithoudingsvermogen is het resultaat i.p.v. spierkracht (omvang) toename. Goed getrainde duurathleten hebben geen spieren die sterker zijn dan matig getrainde recreatie sporters (Vos, 1976).

3. Mechanische factoren:

Grote krachten kunnen op micro basis schade veroorzaken in de sarcomeren en daarbij een prikkel geven om bij regeneratie tot groei te komen. Verandering in de Z-schijven die de myofibrillen aanzetten tot splitsing laten daarna zien dat de overgebleven stukken weer groeien tot volle omvang (Goldspink, 1971).

Vooraf excentrische oefeningen met grote krachttutoefening zijn voor deze gang van zaken verantwoordelijk, hetgeen tegenwoordig heel goed door middel van elektronen-microscopie zichtbaar te maken valt.

Mechanische prikkels bij de skeletspier van de rat (herhaald rekken van een geïsoleerde spier in rust) liet een toename van prostaglandinen zien.

Tot slot is het bij mechanische stress ook goed mogelijk dat fibroblasten in het bindweefsel groeifactoren produceren.

SAMENVATTING:

Wanneer het krachtttrainingsdoel het laten toenemen van iemands vermogen ("power output") is dan zien we een groeiontwikkeling in verschillende stadia.

Allereerst vindt er een leerproces plaats waarbij er wel degelijk sprake is van spierkrachttoename maar er nog geen spierdwarsdoorsnede toename te constateren valt. Dit leerproces is zeer specifiek en moet zeer zorgvuldig worden toegepast met de juiste belasting, aantal herhalingen, series en vooral met een goed gekozen hersteltijd !!

Daarna zien we behalve een toegenomen neurale innervatie en/of hoeveelheid bindweefsel en/of verandering in de ligging van de spiervezels een soort "tweede" fase waarin de spier sterker wordt. Deze genoemde tweede fase eindigt ongeveer na 12 weken en dan houden vrijwel alle wetenschappelijke experimenten op omdat de ongetrainde proefpersonen die meededen na 12 weken geen zin meer hebben om regelmatig te blijven trainen omdat de veranderingen nu zeker niet groot of spectaculair meer zijn.

De verandering die na 12 weken nog verwacht mag worden is weliswaar langzaam maar regelmatig in toename en moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan het feit dat bij zware trainingsprikkels er spierbeschadiging plaats vindt en bij herstel de gevormde satelliet-cellen, als "splitsingsprodukt" van die trainingsprikkel, zich in de spier verder ontwikkelen en op deze wijze er van groei sprake is.

Welke mechanismen spiergroei of spierkrachttoename beheersen en waarop trainingsprogramma's gebaseerd zouden moeten zijn is echter tot op heden nog grotendeels onduidelijk. **WAT GEBEURT ER MET DE SKELETSPIER WANNEER ER, OM WELKE REDEN DAN OOK, MET KRACHTTRAINING GESTOPT WORDT ?**

Stoppen met krachtttraining, immobilisatie door bijvoorbeeld gipsverband, ouder worden, chronische ziekten, enz. zijn voorbeelden waarbij duidelijke fysiologische veranderingen in de spier plaats vinden. Welke mechanismen hiervoor verantwoordelijk zijn weten we nog maar gedeeltelijk te beantwoorden. Zoals Saltin, e.a. in 1968 al aantoonde dat bij gezonde, jonge mensen die via drie weken bedrust een afname van 26 % van het maximale zuurstofopnamevermogen te zien gaven, weten we nu ook dat een maand durende immobilisatie tot een krachtafname van 10 tot wel 40 % van de uitgangswaarde kan leiden. Onderzoek laat een afname van Type I vezels zien, de dwarsdoorsnede van Type I vezels neemt meer af dan die van Type II vezels. Redenen hiervoor kunnen zijn dat de Type I vezels i.v.m. hun "antizwaartekracht" functie bij immobilisatie sterker hun functie verliezen dan bijvoorbeeld hun antagonisten, wat ook meetbaar is. Voorts speelt de pijngrens mogelijk een belangrijke rol. Bij pijn worden de motoneuronen van de Type I vezels geremd waardoor atrofie optreedt.

Zowel uithoudingsvermogen als kracht nemen bij immobilisatie dus in relatief korte tijd in sterke mate af, hetgeen natuurlijk zeer belangrijke consequenties heeft voor HOE we de training starten of hervatten.

Bij chronisch zieken zoals bijvoorbeeld reumapatiënten zijn nog maar een gering aantal onderzoeken bekend over structurele veranderingen in de spier tengevolge van de ziekte. Wanneer er geen sprake is van medicamenteuze bijwerkingen die de spierstructuur beïnvloeden, zoals bijvoorbeeld bij het toedienen van corticosteroiden het geval is of myopathien die de structuur eveneens veranderen, dan lijkt het erop dat de beperkte activiteit meer invloed op het ontstaan van atrofie heeft dan het toedienen van medicamenten. Bij ouderdomsatrofie, die overigens al na het dertigste jaar begint(!!!), zien we een verlies van ongeveer 10 % spiermassa tussen het dertigste en vijftigste levensjaar. Die afname loopt parallel met een afname van testosteron-oestrogenen productie. Boven 50 jaar zien we tot het 80ste levensjaar een daling tot 50 % van de oorspronkelijke spiermassa optreden.

Vooraf door een afname in spiervezelaantal en in mindere mate door afname in spiervezelgrootte wordt de atrofie gekenmerkt. Vooral Type II vezels verliezen aan grootte. Een disbalans tussen denervatie en re-innervatie ten nadele van de re-innervatie, waarbij de niet meer geïnnerveerde spiervezels verdwijnen, kan een verklaring zijn voor het afgenomen deel van samentrekkend weefsel in de spier bij ouder wordende mensen.

Interessant is de vraag te beantwoorden wat er na jarenlange specifieke training bij het beëindigen van die training met de spiervezelstructuur gebeurt. Waarschijnlijk is dat bepaalde definitieve structurele veranderingen, ook na het stoppen met trainen, blijven.

Een algemeen advies voor beginnen met krachttraining bij patiënten zou kunnen zijn.

A. Leer ze goed de uitvoering van de beweging in technische zin aan met een langzame uitvoering bij een constante snelheid.

B. Probeer (niet **MOET** !!) tot 10 herhalingen te komen die dan een prikkel vormen om tot krachttoename te komen.

C. Wil men het krachthoudingsvermogen verbeteren dan is 10 - 30 herhalingen gewenst.

D. Probeer, na gewenning, te komen tot 3 series waarbij elke serie uit 10 - 30 herhalingen bestaat.

E. Tussen iedere serie moet minimaal 1 -2 minuten herstel genomen worden.

F. Indien mogelijk, door middel van krachtmetingen of goede veldtesten, de ontwikkeling als resultaat van de krachttraining vastleggen en naar aanleiding van deze resultaten een therapie of training bijstellen. Uit eigen ervaring weten we dat het begeleiden van therapie of training met metingen van het trainingsresultaat enorm stimulerend kan werken.

G. Indien de patiënt nog geen gedeeltelijke of volledige bewegingsuitslag kan maken dan is vaak een statische krachttrainingsvorm de aangewezen manier op de spieren toch te kunnen trainen. De pijngrens blijft een schitterende fysiologisch signaal waarop door de trainer prompt gereageerd moet worden!!

SPIERKRACHTTESTMETHODEN: A. MANUEEL TESTEN:

Daniels, e.a. (1956) en Kendall, e.a. (1949) beschrijven in hun tekstboeken hoe bepaalde weerstandtesten manueel kunnen worden uitgevoerd en een ervaren fysiotherapeut kan daarmee een redelijk betrouwbare indruk verkrijgen over iemands functioneren. Maar nauwkeurig en onderling vergelijkbaar zijn dergelijke methoden allerm minst. Sinds de jaren zestig zijn o.a. met behulp van rekstrookjes zeer nauwkeurige meetmethoden ontwikkeld die meer en meer in praktische meetopstellingen hun toepassing hebben gevonden. Ook hydraulische- en veersystemen hebben opgang gemaakt. In klinische toepassingen wordt bijvoorbeeld de hand-hold-dynamometer gebruikt. Betrouwbaarheid en validiteit van de testen met behulp van draagbare hand-hold-dynamometers nemen toe wanneer er sprake is van

goede standaardisatie en voldoende normaalwaarden om de gevonden waarden te kunnen toetsen.

B. STATISCHE SPIERKRACHTTESTEN: Met behulp van rekstrookjes zijn verschillende dynamometers ontwikkeld die nauwkeurige krachtmetingen van grote spiergroepen mogelijk maken (Vos,1976). Goede standaardisatie overeenkomstig internationale afspraken is een noodzaak om goed reproduceerbaar te kunnen meten. De gemeten maximale statische kracht van grote spiergroepen is vergelijkbaar met normaalwaarden. Bij patiënten kan het van groot nut zijn dat men eerst de gelegenheid krijgt om rustig de kracht op te bouwen in een gefixeerde positie tot een maximale waarde is bereikt of tot de pijngrens. Bij dynamische bewegingen kan veel minder goed de functiebeperking onder controle worden gehouden. Nadeel van maximale statische krachtmetingen is dat men geen uitspraak kan doen over het functioneel gedrag van de patiënt. Statische krachtmetingen kunnen ook van belang zijn wanneer onderscheid tussen contractiel en niet-contractiel weefsel gemaakt moet worden.

Meer aandacht dan tot nu toe zou er o.i. moeten zijn voor testen van patiënten met osteoporosis, ernstige cardiovasculaire of respiratoire problemen, met zeer zwakke spiergroepen, zoals buik- en rugspieren of hypertensie. Ook in herhaalde, sub-maximale testseries moet bijvoorbeeld de pijngrens een belangrijk criterium blijven om te stoppen.

C. DYNAMISCHE SPIERKRACHTTESTEN: Wanneer we een oefening uitvoeren met een variabele snelheid en een vaste weerstand dan spreken we van een dynamische (=isotonische) contractie. Deze uitvoering kan met spierverkorting (=concentrisch) of spierverlenging (=excentrisch) plaatsvinden. Ondanks de verschillende uitvoeringen wordt de hoeksnelheid bij deze vorm van contracties tussen 60 en 90 graden gehouden.

Een moderne variant van dynamische spierkrachttesten is de recent ontwikkelde isokinetische meetapparatuur. Hislop en Perrine(1967) ontwikkelde een voorloper van de huidige Cybex apparatuur. Men kan de huidige apparatuur in 4 categorieën verdelen. Machines die alleen isokinetische concentrische contracties meetbaar maken zijn bijvoorbeeld ontwikkeld door Cybex en Merac. Er zijn ook machines die excentrische-, concentrische contracties en passieve range van bewegen meten. Dit zijn o.a. Biodex, Kim-Com en Lido-Active. Verder zijn er nog twee categorieën die iso-kinetisch achtige metingen mogelijk maken, zoals Physio-Tek, Ariel en Tru-Kinetics. De contracties gebeuren bij toenemende snelheid en weerstand.

De laatste categorie omvat de Hydra-Fitness apparatuur, waarbij contracties plaatsvinden met variabele snelheid en een weerstand die toeneemt.

Wanneer de bewegingssnelheid tijdens de gehele duur van de beweging constant blijft, spreken we van een isokinetische spiercontractie. Alle te overwinnen weerstand past zich, afhankelijk van de gewrichtspositie en de in die positie uitgeoefende kracht, steeds aan. De hoeksnelheden waarmee gemeten wordt, variëren van 0-450 graden per seconde hoeksnelheid.

Men kan met behulp van computerprogramma's snel informatie verkrijgen over parameters zoals; piekkracht(=peak torque of maximaal draaimoment); totaal verrichte arbeid; arbeid (=kracht maal weg); vermogen (=arbeid per tijdseenheid); vermoeidheid; verhouding agonist-antagonist; versnelling, enz.

Zowel concentrische als excentrische belasting- en meetmogelijkheden zijn in verschillende apparaten aanwezig.

STANDAARDISATIE KRACHTMETINGEN:

1. Goede patiënt/sporter instructie **HOE** de opdracht moet worden uitgevoerd.
2. Rotatie-as en gewrichts-as moeten in elkaars verlengde liggen.
3. Positie en stabilisatie. Er zijn nogal wat studies die aantonen dat het van groot belang is in welke positie de patiënt getest wordt en vooral **HOE** hij/zij gefixeerd wordt.
4. Eerst de klachtenvrije zijde testen, dan pas de aangedane kant.
5. Voor het testen begint eerst een goede warming-up.
6. Mondelinge aanmoediging standaardiseren.
7. Visuele feed-back. Tegenwoordig goed mogelijk om via de monitor het directe resultaat aan de patiënt te tonen.
8. Voor de test de keuze van hoeksnelheid maken.
9. Regelmatig (eens per 2 weken wordt aanbevolen) ijkken van de apparatuur.

Belangrijke parameters die gemeten moeten worden bij **ISOKINETISCHE** krachtmetingen zijn:

1. Peak-torque (=hoogste waarde) in verhouding tot lichaamsgewicht.
 2. Bilaterale gemiddelde peak torque vergelijking. Deze berekening wordt weinig gedaan, maar geeft waarschijnlijk meer informatie dan alleen de peak torque waarde, omdat we in het dagelijks leven of bij sportbeoefening heel veel herhalingen maken, zodat deze berekening over een aantal testen een goed gemiddelde geeft van wat iemand werkelijk kan over langere tijd bezien.
 3. Analyse van de torque curve. Bijvoorbeeld de eerste 10 graden van een torque curve kunnen door "overshoot" een pathologische interpretatie steun geven die niet terecht is.
 4. Bilaterale totaal arbeid vergelijking.
 5. Unilaterale peak torque verhouding.
 6. Gemiddeld vermogen verhouding tot lichaamsgewicht.
 7. Bilaterale peak torque vergelijking.
 8. Verhouding tijd tot torque ontwikkeling. Wanneer iemand tot sportactiviteit wil terugkeren wordt aanbevolen dat 80 % van de peak torque binnen 0.2 seconden bereikt moet zijn.
 9. Uithoudingsvermogen. Hierover zijn verschillende tegenstrijdige publikaties verschenen. Vergelijken van totaal arbeid met gemiddeld vermogen in de tweede herhaling met die van de laatste herhaling kan misschien een betrouwbare methode worden wanneer de verhouding 1 : 1 bij 180 graden en 300 graden testen gehaald wordt.
- Tot slot een waarschuwing om de resultaten verkregen met testen in het ene systeem niet zomaar te vergelijken met die van een ander systeem, omdat o.a. Wilk,e.a. torque waarden vonden die 10 - 15 % van elkaar afweken!!!!

DR. J.A.VOS