Effect van fysieke activiteit op de gemiddelde bloedglucose waarden(HbA1c) en insulinegevoeligheid bij patiënten met diabetes mellitus type 2.

Ron Dillerop, juni 2008
'Afstudeeropdracht, Opleiding Fysiotherapie, Instituut voor Bewegingsstudies, Faculteit Gezondheidszorg, Hogeschool Utrecht.'

Samenvatting

Doel: nagaan wat het effect is van fysieke activiteit op de gemiddelde bloedglucose waarden(HbA1c) en insulinegevoeligheid bij patiënten met diabetes mellitus type 2.
Methode: via Internet is met behulp van de databanken PubMed, Cochrane, Medscape. Pedro en Cinahl gezocht naar recente wetenschappelijke artikelen, gepubliceerd tussen 2003 en heden, die relevante informatie bevatten over het effect van fysieke activiteit op de insulinegevoeligheid en/of gemiddelde bloedglucose waarden.
Resultaten: in totaal werden er 6 recente artikelen gevonden. Binnen deze studie zullen 4 artikelen worden behandeld. 1 review, 1 meta-analyse, 1 randomized controlled trial en 1 cohort studie.
Conclusie: uit de onderzoeken blijkt dat fysieke activiteit de insulinegevoeligheid verhoogt en de gemiddelde bloedglucose waarden verlaagt. De verlaging van de bloedglucose waarden is vergelijkbaar met de resultaten, welke worden bereikt met diëten, insulinebehandelingen en overige diabetesmedicatie. Zowel duurtraining als krachttraining verhoogt de insulinegevoeligheid en verlaagt de gemiddelde bloedglucose waarden. Een trainingsprogramma met daarin een combinatie van duurtraining en krachttraining is het meest effectief.
De effecten van de trainingsintensiteit zijn op dit moment nog onduidelijk.

Inleiding

De groep patiënten met diabetes mellitus type 2 is groot en nog steeds stijgende waardoor je als fysiotherapeut steeds vaker te maken krijgt met mensen met diabetes mellitus type 2.
In 2004 waren er 584.900 geregistreerde patiënten met diabetes mellitus type 2 (RIVM). Uit verschillende epidemiologische onderzoeken is gebleken dat het aantal mensen met diabetes mellitus type 2 veel groter is en naar schatting tweemaal zo groot als het aantal geregistreerde patiënten met diabetes (Rutten, 2003 in Noten 2004). Uit schattingen van het rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu (RIVM) blijkt dat er per jaar 65.000 nieuwe patiënten met diabetes mellitus type 2 bijkomen. Het aantal mensen met diabetes mellitus type 2 in Nederland wordt op dit moment dan ook geschat op ongeveer een miljoen mensen.

Diabetes mellitus kan ontstaan door verschillende factoren zoals: erfelijkheid, overgewicht, te weinig beweging, afwijkingen van de alvleesklier, te vet eten, roken en hypertensie.

Vooral overgewicht speelt een grote rol in het krijgen van diabetes mellitus type 2.

Sinds het begin van de jaren negentig is het percentage diabetespatiënten bijna verdubbeld. De toename is niet voor alle groepen even sterk geweest. Zo is het percentage diabetespatiënten van 20-39 jaar nagenoeg gelijk gebleven. De stijging zit vooral in de groep mensen met ernstig overgewicht, in het bijzonder de ouderen. Het percentage zwaarlijvige ouderen met suikerziekte is sinds 1989-1991 bijna verdrievoudigd (CBS, 2007).

Er zijn in Nederland 3,2 miljoen mensen van 45 jaar en ouder met overgewicht (CBS, 2006). Zij lopen een verhoogd risico op diabetes mellitus type 2.

Uit verschillende onderzoek is gebleken dat doormiddel van een actievere leefstijl veel winst valt te halen binnen de patiënten- en risicogroep.

De preventieve aanpak van diabetes is sinds 2005 één van de speerpunten van het ministerie van Volksgezondheid.

Op dit moment is er een pilot gaande waarbij huisartsen in zeven regio's een ‘BeweegKuur’ kunnen voorschrijven aan mensen die diabetes type 2 hebben of het dreigen te krijgen. Doel van de beweegkuur is het professioneel begeleiden van diabeten naar een actieve leefstijl.
Mocht de kuur een succes worden, dan kan deze in 2011 in het basispakket van de zorgverzekering worden opgenomen.

De grote omvang van de patiënten- en risicogroep en de eventuele opname van de beweegkuur in het basispakket van de zorgverzekeringen, zorgen ervoor dat de patiënten- en risicogroep niet alleen sociaal maar ook commercieel een interessante groep is binnen de fysiotherapie.

Diabetes

Diabetes, in de volksmond ook wel "suikerziekte" genoemd, is een ziekte waarbij de glucosestofwisseling verstoord is.

De belangrijkste afwijking ligt in de verwerking van de suikers. Deze komen voor in de voeding als snel resorbeerbare suikers (suiker, frisdrank, enz.) die een snelle stijging van het bloedsuikergehalte teweeg brengen, of als complex traag resorbeerbare suikers (deegwaren, brood, rijst, fruit, enz.), die een tragere stijging van het bloedsuikergehalte teweegbrengen. Deze suikers worden door het lichaam omgezet in glucose, die vervolgens via het bloed wordt vervoerd naar alle lichaamscellen. Deze cellen zijn op glucose aangewezen voor de levering van energie.

De opname van glucose in de cellen van de meeste organen, wordt geregeld door insuline. In de lever- en spiercellen zorgt insuline ervoor dat glucose opgeslagen kan worden als glycogeen. Insuline wordt aangemaakt door de alvleesklier (pancreas). Insuline is het sleutelhormoon dat, naast verschillende andere hormonen, ervoor zorgt dat de organen voldoende energie in de vorm van glucose krijgen en dat tegelijkertijd het bloedglucose gehalte binnen bepaalde grenzen wordt gehouden. Bij mensen met diabetes is dit mechanisme verstoord door een onvoldoende aanmaak van insuline of door een verminderde gevoeligheid voor insuline.

Meten van de insulinegevoeligheid

De gouden standaard voor het meten van de insulinegevoeligheid is de hyperinsulinemic-euglycemic Clamp methode. Hierbij wordt de hoeveelheid glucose gemeten (M-waarde), die bij een verhoogd insulinegehalte nodig is om te voorkomen dat een hypoglykemie optreedt. Een waarde van 7.5 mg/min of hoger betekent dat de patiënt insulinegevoelig is. Lage waarden van 4.0 mg/min of lager indiceren dat het lichaam insulineresistent is.

Het meten van de insulinegevoeligheid d.m.v. de hyperinsulinemic-euglycemic
Clamp methode is vrij ingewikkeld en wordt maar in enkele ziekenhuizen/instellingen toegepast.
Er zijn verschillende eenvoudige modellen ontwikkeld om de insulinesecretie en insulineresistentie te meten. De meest toegepaste zijn de HOMA (homeostasis model assessement) en Quicki (Quantitative Insulin Sensitivity Index)

De HOMA index (insuline in mU/L x glucose in mM gedeeld door 22,5) is een klassieke manier om de insulineresistentie weer te geven. Deze index is bij gezonde personen kleiner dan 3 (1,7-2,9), maar is hoger bij insulineresistentie.

De QUICKI, als logaritmische transformatie van beide spiegels:
1/(log ‘fasting insulin’ [U/mL] + log ‘fasting glucose’ [mg/dL]) is een andere maatstaf van insulinegevoeligheid. Bij waarden lager dan 0,33 neemt men aan dat er sprake is van insulineresistentie.

HbA1c

De term HbA1c staat voor 'hemoglobine van het type A1c'. Hemoglobine is een eiwit in de rode bloedcellen, dat als functie heeft zuurstof te vervoeren en af te geven aan de cellen in het lichaam. Tevens geeft hemoglobine de rode kleur aan deze bloedcellen.

Hemoglobine heeft de eigenschap dat het zich hecht met de glucose in het bloed. Dus hoe meer glucose er in het bloed aanwezig is, des te meer "versuikerde" hemoglobine er zal zijn. Omdat de rode bloedcellen (en dus ook de hemoglobine in de rode bloedcellen) gemiddeld slechts 2 tot 3 maanden leven (turnover-tijd), geeft het HbA1c een inzicht in de gemiddelde bloedglucose waarden van de afgelopen 2 tot 3 maanden. Hierbij geldt, dat hoe hoger het glucosegehalte gedurende de afgelopen 3 maanden is geweest, des te hoger de HbA1c waarde zal zijn.

De HbA1c waarde wordt altijd in een percentage uitgedrukt. Bij mensen die geen diabetes hebben, zal deze waarde rond de 5% liggen.

Eves et al. (2006) melden in hun onderzoek dat een verlaging van HbA1c met 0.6% de kans op hart en vaatziekten doet afnemen met 32%. Bij een verlaging van 0.9% daalt de kans zelfs met 48%. Verder laten recente data van een EPIC-Norfolk prospective population study zien dat HbA1c-concentraties het verhoogde sterfterisico bij diabetes patiënten verklaren: een verhoging van 1% van HbA1c is gerelateerd aan 28% verhoogde kans op sterfte, onafhankelijk van andere cardiovasculaire risicofactoren.

GLUT 4

GLUT-4 is een eiwit dat zich bevindt in het celmembraan van spiercellen en vetcellen. GLUT4 is verantwoordelijk voor het glucosetransport over o.a. de spiercelmembraan. GLUT4 wordt actief na stimulering door insuline of door spiercontractie.

Gezien het bovenstaande is gekomen tot de volgende vraagstelling: *"Wat is het effect van fysieke activiteit op de gemiddelde bloedglucose waarden(HbA1c) en de insulinegevoeligheid bij patiënten met diabetes mellitus type 2?"*

Methode

Er is gezocht naar geschikte literatuur met behulp van de zoekmachines PubMed, Cochrane, Medscape. Pedro en Cinahl.

De volgende zoektermen of combinaties van zoektermen en trefwoorden zijn gebruikt:

- Diabetes mellitus type 2
- Diabetes mellitus type II
- DM II
- Diabetes
- Training
- Resistance training
- Glucose control
- Glycemic control
- HbA1c
- A1C
- Insulin sensitivity
- Fitness
- Aerobic exercise
- Physical activity

Er is gezocht naar artikelen geschreven in het Engels die niet ouder zijn dan 5 jaar, dus van 2003 tot heden.
In eerste instantie zijn alleen artikelen toegelaten met daarin mensen met diabetes mellitus type 2. Tijdens het onderzoek is naar voren gekomen dat de invloed van fysieke activiteit op de insuline gevoeligheid mogelijk verschilt per sekse (**Snowling et al. 2006**). Om deze uitkomst te ondersteunen/onderzoeken is gezocht naar artikelen over het verschil in effect van fysieke activiteit op de insulinegevoeligheid per sekse. Door het gebrek aan dit soort artikelen binnen een groep met

diabetes mellitus type 2 is bij uitzondering een onderzoek toegelaten, waarbij uitspraken worden gedaan over de invloed van fysieke activiteit op de insulinegevoeligheid per sekse bij jongeren zonder diabetes.

In totaal werden er 3 reviews, 1 meta-analyse, 1 randomized controlled trial en 1 cohort studie gevonden.

De uitkomsten van de 3 reviews (**Willey et al.(2003), Sigal et al. (2004) en Eves et al. (2006)**) komen met elkaar overeen.
Omdat de review van **Eves et al. (2006)** het meest recente en uitgebreide review (alle RCT's die in de 2 voorgaande reviews zijn behandeld komen hierin terug plus nog een paar extra RCT's) van deze 3 is zal alleen deze review worden besproken.

Resultaten

Eves et al. (2006) hebben een review geschreven om de effectiviteit van krachttraining voor de beheersing van de glucose homeostase bij personen met diabetes mellitus type 2 in kaart te brengen. In totaal werden er 20 bruikbare artikelen gevonden.

Source	n/design	Study length	Exercise prescription	Primary findings	Secondary findings
Resistance training–only trials					
Eriksson et al. (46)	8/NTD	Two times/week for 3 months	CWT, 11 exercises, intensity >50% PME; 1 set of 15–20 repetitions; 30 s rest between exercises	↓ in A1C with RT; (8.8 ± 1.4 to 8.2 ± 1.4%, $P < 0.05$)	↔ in HDL, LDL, fasting blood glucose, triglycerides, or BMI
Honkola et al. (50)	38: 18 RT and 20 control subjects/NRCT	Two times/week for 5 months	CWT, 8–10 exercises, intensity = moderate; 2 sets of 12–15 repetitions; 30 s light cycling between exercises	↔ in A1C with RT (7.5 ± 0.3 to 7.4 ± 0.2%); Δ in A1C with RT was different from control, $P < 0.05$	↓ LDL, triglycerides, and total cholesterol with RT ($P < 0.05$); ↔ in BMI; ↑ in HDL in control
Dunstan et al. (45)	27: 15 RT and 12 control subjects/RCT	Three times/week for 8 weeks	CWT, 10 exercises, intensity 50–55% 1 RM; weeks 1 and 2, 2 sets of 10–15 repetitions; weeks 3–8, 3 sets of 10–15 repetitions; 30 s rest between exercises	↔ in A1C with RT (8.2 ± 0.5 to 8.0 ± 0.5%); ↔ in A1C in control (8.1 ± 0.6 to 8.3 ± 0.7%); no difference between groups	↓ area under the OGTT curve for insulin and glucose following RT relative to control, $P < 0.05$; ↔ in fasting blood glucose, fasting insulin, or BMI
Ishii et al. (52)	17: 9 RT and 8 control subjects/NRCT	Five times/week for 4–6 weeks	9 exercises, intensity 40–50% 1 RM; upper body: 2 sets of 10 repetitions, lower body: 2 sets of 20 repetitions; <60 s rest between sets	↑ glucose disposal rate with RT, $P < 0.05$; ↔ in A1C with RT (9.6 ± 2.8 to 7.6 ± 1.3%); ↔ in A1C in control (8.8 ± 2.1 to 7.6 ± 1.9%)	↔ body composition; ↔ in BMI; ↔ in Vo_{2peak}
Dunstan et al. (43)	36: 19 RT+WL and 17 WL-only subjects/RCT	Three times/week for 6 months	9 exercises; weeks 1 and 2, intensity 50–60% 1 RM; weeks 3–26, intensity goal 75–80% 1 RM; 3 sets of 8–10 repetitions; 90–120 s rest between sets	↓ in A1C with RT+WL (1.2 ± 0.9%, $P < 0.01$); ↔ in A1C with WL only (0.4 ± 0.8%)	↓ in body mass and waist circumference in both groups, $P < 0.01$; ↓ in fat mass in both groups, $P < 0.01$; ↔ in HDL, LDL, fasting blood glucose, or triglycerides
Castaneda et al. (40)	62: 31 RT and 31 control subjects/RCT	Three times/week for 16 weeks	5 exercises; weeks 1–8, intensity 60–80% 1 RM; weeks 10–14, intensity 70–80% 1 RM; weeks 9 and 15, intensity reduced by 10%; 3 sets of 8 repetitions	↓ in A1C with RT (8.7 ± 0.3 to 7.6 ± 0.2%, $P < 0.01$); ↔ in A1C in control (8.4 ± 0.3 to 8.3 ± 0.5%)	↑ in muscle glycogen with RT and a ↓ with control, $P < 0.05$; ↑ in lean mass with RT, $P < 0.05$; ↓ systolic blood pressure with RT; ↔ in HDL, LDL, fasting blood glucose, triglycerides, or BMI
Baldi et al. (38)	18: 9 RT and 9 control subjects/RCT	Three times/week for 10 weeks	10 exercises, intensity 10 RM upper body, 15 RM lower body; intensity progressively increased by 5%; 60 s rest between sets	↓ in A1C with RT (8.9 ± 0.8 to 8.4 ± 0.6%, $P = 0.057$); ↔ in A1C in control (8.5 ± 0.7 to 8.4 ± 0.6%)	↓ in fasting insulin and fasting blood glucose with RT, $P < 0.05$; ↔ in 2-h glucose or insulin; ↑ in fat-free mass with RT, $P < 0.05$
Fennichia et al. (47)	7 RT (type 2 diabetic) and 8 RT (healthy control) subjects/NRCT	Three times/week for 6 weeks	8 exercises, intensity 8–12 RM; 3 sets of 8–12 repetitions; 90 s rest between sets	↓ area under the OGTT curve for glucose after acute RT, $P < 0.01$; ↔ area under the OGTT curve for glucose after chronic RT; A1C not reported	↓ in fat mass in type 2 diabetic but not in healthy control subjects $P < 0.01$; ↑ fat-free mass in healthy control but not type 2 diabetic subjects $P < 0.01$; ↔ in BMI
Ibanez et al. (51)	9/NTD	Two times/week for 16 weeks	7–8 exercises; weeks 1–8, intensity 50–70% 1 RM, 3–4 sets of 10–15 repetitions; weeks 9–16, intensity 70–80% 1 RM, 3–5 sets of 5–6 repetitions; 20% of training: 30–50% 1 RM, 6–8 repetitions, 3–4 sets as rapidly as possible	↓ in intra-abdominal adipose tissue with RT (10.3%, $P < 0.001$); ↓ in abdominal subcutaneous fat with RT (11.2%, $P < 0.001$); ↔ in A1C with RT (6.2 ± 0.9 to 6.2 ± 0.9%)	↑ in insulin sensitivity with RT (46.3%, $P < 0.01$); ↓ fasting blood glucose; ↔ in BMI
Combined resistance training and aerobic training trials					
Maiorana et al. (53,54)	16/randomize cross-over design	Three times/week for 8 weeks	Circuit = 7 resistance exercises, 8 cycling stations, and 5 min walking; RT intensity 55–65% 1 RM for 15 repetitions; AT intensity 70–85% HR_{peak}; 45 s exercise and 15 s rest; progressed up to 3 circuits	↓ A1C with RT + AT (8.5 ± 0.4 to 7.9 ± 0.3%, $P < 0.05$); ↑ flow-mediated dilation; ↑ forearm blood flow ratio to acetylcholine ($P < 0.05$)	↓ fasting blood glucose and percent body fat with RT+AT, $P < 0.05$; ↔ in HDL, LDL, triglycerides, or BMI; ↑ Vo_{2peak} with RT+AT, $P < 0.05$

*Tabel 1. Samenvatting van onderzoeken naar krachttraining of krachttraining plus duurtraining, **Eves et al. (2006)**.*

Source	n/design	Study length	Exercise prescription	Primary findings	Secondary findings
Cuff et al. (22)	28: 9 AT, 10 RT+AT, and 9 control subjects/RCT	Three times/week for 16 weeks	RT = 5 exercises; RT intensity not reported; 2 sets of 12 repetitions; AT: many different modes; AT intensity 60–75% HRR; duration not reported	Greater glucose disposal rate in RT+AT than AT, $P < 0.05$; ↔ in A1C in any group	↓ in abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue ($P < 0.05$) in both groups; ↑ in muscle density greater in RT+AT than RT ($P < 0.05$)
Tomakidis et al. (56)	9 RT+AT subjects/NTD	Two times/week for 4 months	RT = 6 exercises; RT intensity 60% 1 RM; 3 sets of 12 repetitions; AT: walking/jogging; AT intensity 70–85% HR_{peak}; duration 40–45 min	↓ area under the OGTT curve for insulin ($P < 0.05$) and glucose ($P < 0.01$); ↓ A1C with RT+AT (7.7 ± 1.7 to 6.9 ± 1.0%, $P < 0.01$)	↔ in fasting insulin; ↔ in BMI
McGavock et al. (55)	24: 17 RT+AT and 7 control subjects/NRCT	Three times/week for 10 weeks	RT = 7 exercises; RT intensity 50–70% 1 RM; 3 sets of 10–15 repetitions; AT: cycling; AT intensity 65–75% HRR; duration 30–55 min	↑ in large artery compliance ($P < 0.05$); ↔ in A1C (6.6 ± 0.9 to 6.4 ± 0.6%)	↑ in Vo_{2peak} ($P < 0.05$); ↔ in insulin sensitivity; ↔ in HDL, LDL, fasting blood glucose, triglycerides, or BMI
Balducci et al. (39)	120: 62 RT+AT and 58 control subjects/RCT	Three times/week for 1 year	RT = 6 exercises; RT intensity 40–60% 1 RM; 3 sets of 12 repetitions; AT: many different modes; AT intensity 40–80% HRR; duration 30 min	↓ A1C with RT+AT (8.3 ± 1.7 to 7.1 ± 1.2%)*	↑ in HDL*; ↓ in LDL, fasting blood glucose, triglycerides, BMI, and fat mass*; ↓ in waist circumference*; ↓ in systolic blood pressure ($P < 0.04$) and diastolic blood pressure*; ↑ in fat-free mass*

AT, aerobic training; CWT, circuit weight training; HR_{peak}, heart rate peak; HRR, heart rate reserve; NRCT, non-RCT; NTD, nontrial design; OGTT, oral glucose tolerance test; PME, preceived maximal exertion; RM, repetition maximum; RT, resistance training; Vo_{2peak}, peak O_2 consumption. *$P < 0.0001$.

Tabel 1. Vervolg.

Dunstan et al. (1998) meldt dat circuitkrachttraining op een matige intensiteit de plasma insulinereactie op glucose-inname, tijdens een orale glucose tolerantie test, significant reduceert. Dit lijdt tot een verbeterde zelf- monitorende bloedglucosecontrole.
Ishii et al. (1998) laat zien dat de glucose-opslagwaarde, gemeten door hyperinsulinemic-euglycemis clamp, stijgt met 48% bij groot volume (5 keer per week) krachttraining op middelmatige intensiteit bij een duur van 4 tot 6 weken in vergelijking tot de controlegroep.
In beide bovenstaande onderzoeken was geen significante verandering in HbA1c te zien. Dit kan waarschijnlijk verklaard worden door de korte duur van het onderzoek, waardoor de effecten op HbA1c nog niet duidelijk aantoonbaar waren.

De uitkomsten van de twee voorgaande studies werden ondersteund door de uitkomsten van twee grote RCTs (**Castaneda et al. (2002), Dunstan et al. (2002)**). Deze twee grote RCTs deden onderzoek naar de effecten van een langere, hogere intensiteit krachttraining interventie.

Dunstan et al. (2002) randomiseerden 36 oudere mannen en vrouwen (60-80 jaar) met overgewicht in een progressieve krachttraining + matige gewichtverlies (RT+WL) groep of een controlegroep (matige gewichtverlies + flexibiliteitoefeningen (WL)). Het totale onderzoek duurde 6 maanden, met een trainingsintensiteit van 3 keer per week.
In de RT+WL groep werd een grotere daling van HbA1c waargenomen (1,2%) dan in de WL groep (0,4%, P < 0.01). Tussen beide groepen was geen verschil waar te nemen in buikomvang of vetmassa. De WL groep had echter een verlies in spiermassa (0,4 kg) terwijl bij de RT+WL een stijging in spiermassa (0,5 kg) was waar te nemen.

Castaneda et al. (2002) randomiseerden 62 ouderen in een 16 weken durend krachttrainingsprogramma met supervisie of in een controlegroep die niet getraind werd. HbA1c daalde in de trainingsgroep van 8.7 naar 7.6% terwijl de spier/glucoseopslag steeg met 31%. In de controlegroep was er geen daling van HbA1c en de spier/glucoseopslag daalde met 23%. Lichaamsgewicht bleef in beide groepen hetzelfde, maar er was een gemiddelde stijging van 1,2 kg spiermassa in de trainingsgroep. Dit correleerde significant met de verbetering in HbA1c (r = -0,35, P = 0.03).
Een bijkomende, maar belangrijke uitkomst was, dat in de trainingsgroep het gebruik van diabetesmedicatie afnam met 72% terwijl in de controlegroep het medicijngebruik steeg met 42%.

Baldi et al. (2003) maakten gebruik van een meer middelmatige intensiteit trainingsprogramma (10-15 herhalingen) met een duur van 10 weken waarbij 3 keer per week werd getraind. Zij meldden dat krachttraining significant de HbA1c, (8.9 +/- 0.8 naar 8.4 +/- 0.6%, P = 0.057) nuchtere glucosewaarde en insulinegehalte reduceerde.
Er was een significante 6.9% stijging van de vetmassa in de controlegroep en een 3.5% stijging in vetvrije massa in de trainingsgroep. De stijging van de vetvrije massa was omgekeerd gecorreleerd met de veranderingen in HbA1c (r = -0.63) en nuchtere glucose (r = - 0.66). Het voorgaande veronderstelt dat krachttraining op een middelmatige intensiteit ook invloed kan hebben op de spieromvang en zorgt voor een verbeterde glucosebalans.

De gemeenschappelijke vinding dat een stijging in spiermassa is gerelateerd aan een daling van HbA1c ondersteunt de hypothese dat krachttraining de glucosebalans verbetert door de spier/glucoseopslag te vergroten. Of de daling van HbA1c komt door een toename van spiermassa of een kwalitatief aspect van verbeterde spierfunctie is nog niet duidelijk.

In het onderzoek van **Ishii et al.(1998)** wordt een duidelijk verbeterde insulinegevoeligheid vermeld zonder verandering in spiermassa. Het voorgaande suggereert dat een kwalitatieve verbetering in spierfunctie leidt tot een verbetering in insulinegevoeligheid.
Ter ondersteuning van deze hypothese demonstreerden **Holten et al. (2004)** dat één been krachttraining de insulinegevoeligheid verbeterde. Deze verbetering was onafhankelijk van een toename in spiermassa. De proteïne inhoud van GLUT4 als wel de totale glycogeensynthese waren verbeterd.

Uit onderzoek van **Kohrt et al. (1993)** en **Virtanen et al. (2005)** blijkt dat Buikvet ook gekoppeld is aan verminderde insulinegevoeligheid. Het is mogelijk dat krachttraining het viscerale vet vermindert en hierdoor de insulinegevoeligheid verbetert.

Ibanez et al. (2005) melden dat krachttraining visceraal vet en onderhuids vet doet afnemen met respectievelijk 10.3 en 11.2%, terwijl de insulinegevoeligheid toeneemt met 46.3%. Het is echter interessant dat er geen significante relatie werd gevonden tussen de verbeterde insulinegevoeligheid en het verlies in visceraal vet en onderhuids vet. Hoewel deze uitkomsten met voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd door de kleine onderzoeksomvang en het ontbreken van een controlegroep, lijkt het erop dat de reductie in visceraal vet en onderhuids vet door krachttraining niet het mechanisme is dat verantwoordelijk is voor de verbeterde insulinegevoeligheid bij deze vorm van training.

De effecten van krachttraining op HbA1c, vermeld in drie RCT's (**Baldi et al. (2003)**, **Castenda et al. (2002)** en **Dunstan et al. (2002)**), zijn vergelijkbaar met die van duurtraining (**Boule et al. (2001)**).
Een daling in HbA1c werd gevonden bij: **Baldi et al. (2003)** -0.5% (P < 0.057) , **castaneda et al (2002)** -1.1% (P < 0.01),**Dunstan et al. (2002)** -1,2% (p < 0.001) en **Boule et al (2001)** -0.66% (P < 0.001).

De synergetische effecten op de glucosebalans door krachttraining te combineren met duurtraining werden ondersteund door verschillende onderzoeken te weten: **Cuff et al. (2003)**, **Balducci et al. (2004)**, **Maiorana et al. (2001)** en **Tokmakidis et al. (2004)**.

Cuff et al. (2003) randomiseerden 28 zwaarlijvige postmenopauze vrouwen met type 2 diabetes aan één van de drie 16-weken durende behandelingen: controle, duurtraining alleen (Ae alleen), of duur plus krachttraining(Ae + RT). De insulinegevoeligheid en glucoseopname bleken alleen verbeterd in de Ae + RT groep. De Ae + RT groep had een significant grotere toename van spiermassa dan de Ae groep.
De verbeterde glucose opname werd significant gerelateerd aan een verlies van visceraal buikvet (r = -0.64) en onderhuids buikvet (r = -0.32). Spierdichtheid vertoonde een relatie met glucoseopname na controle op buikvetweefsel (r = 0.52). Deze uitkomst is tegengesteld aan de uitkomsten van **Ibanez et al. (2005)** en suggereert dat de verbeterde glucoseopname een resultaat is van een reductie in visceraal en onderhuids vet en van verbeterde spierkwaliteit.

De voordelen van een gecombineerde aanpak zoals beschreven door **Cuff et al. (2003)** worden ondersteund door de uitkomsten van een groot onderzoek (n = 120) van **Balducci et al. (2004).** Zij toonden aan dat gecombineerde training met een matige intensiteit o.a. de HbA1c significant doet dalen t.o.v. de niet trainingsgroep (van 8.5 +/- 0.4% naar 7.9 +/- 0.3%).

Conclusie

Eves et al. (2006) Stellen dat er voldoende bewijs is dat krachttraining een effectieve trainingsvorm is om de glucosebalans en insulinegevoeligheid te verbeteren bij patiënten met diabetes type 2. Grotere effecten worden bereikt door krachttraining te combineren met duurtraining.

Snowling et al. (2006) deden een meta-analyse met als doel om de effecten van alleen krachttraining, alleen duurtraining en een combinatie van krachttraining plus duurtraining op de glucosebalans en andere risicofactoren van complicaties voor diabetes in kaart te brengen .

Onderzoeksopzet

Alleen controlled trials van trainingsprogramma's onder supervisie bij patiënten met diabetes type 2 waren opgenomen in dit onderzoek.

Een ander inclusie criterium was minstens één meting voor het bepalen van de glucosebalans (HbA1c, nuchtere glucose, niet nuchtere glucose, nuchtere insuline en insulinegevoeligheid).

Veel studies werden uitgesloten van het onderzoek o.a. doordat ze geen controlegroep hadden of omdat de controlegroep bestond uit "gezonde" mensen zonder diabetes type 2.

In totaal bleven er 27 studies over (zie tabel 2), waarvan 18 randomized, parallel-group, controlled trials, 1 randomized crossover trial en nog 8 controlled trials met onduidelijke randomisatie.

			Sample size (*n*)			Exercise intervention					
Study (ref.)	Ethnicity	Age (years)	Exercise	Control	Dietary cointer-vention*	Frequency (weeks^{-1})	Duration (weeks)	Session time (min)	Total time (h)	Intensity rating	Intensity description
Aerobic training											
Agurs-Collins et al. (38)	African American	62	31	27	Yes	3	13	30	19.5	3	Low impact aerobic
Agurs-Collins et al. (38)	African American	62	30	25	Yes	3	26	30	39	3	Low impact aerobic
Boudou et al. (52)	European	45	8 M, 0 F	8 M, 0 F	No	3	8	45	18	4	75% Vo_{2max} 2 days/week + 85% Vo_{2max} 1 day/week
Cuff et al. (59)	European	61	0 M, 9 F	0 M, 9 F	No	3	16	75	60	2	Low impact aerobic
Dunstan et al. (40)	European	53	8 M, 3 F	9 M, 3 F	Yes	3	8	40	16	3	50–65% Vo_{2max}
Dunstan et al. (40)	European	53	10 M, 4 F	10 M, 2 F	Yes†	3	8	40	16	3	50–65% Vo_{2max}
Fujii et al. (56)	Japanese	40	6 M, 4 F	9 M, 6 F	No	5	26	30	65	2	40% Vo_{2max}
Giannopoulou et al. (41)	European	57	0 M, 11 F	0 M, 11 F	Yes	3	14	50	35	3	65–70% Vo_{2max}
Khan and Rupp (63)	European	50	21	18	No	5	15	50	63	2	40–60% Vo_{2max}
Lehmann et al. (61)	European	56	6 M, 8 F	7 M, 6 F	No	3	13	90	58.5	3	50–70% Vo_{2max}
Ligtenberg et al. (49)	European	62	25	26	No	3	6	50	15	4	60–80% Vo_{2max}
Mourier et al. (50)	European	46	10	11	No	3	10	55	27.5	4	75% Vo_{2max}
Raz et al. (51)	European	57	7 M, 12 F	7 M, 12 F	No	3	12	55	33	3	65% Vo_{2max}
Ronnemaa et al. (58)	European	53	13	12	No	6	17.5	45	78.75	3	70% Vo_{2max}
Skarfors et al. (53)	European	59	8 M, 0 F	8 M, 0 F	No	2	104	45	156	4	75% Vo_{2max}
Vanninen et al. (64)	European	53	21 M, 0 F	24 M, 0 F	No	3.5	52	45	135.2	3	Heart rate 110–140 bpm
Vanninen et al. (64)	European	54	0 M, 17 F	0 M, 16 F	No	3.5	52	45	135.2	3	Heart rate 110–140 bpm
Yamnouchi et al. (43)	Japanese	42	8 M, 2 F	11 M, 3 F	Yes	7	7	120‡	14	1	Exercise group 19,200 steps/day, control group 4,500 steps/day
Wing et al. (42)	European	54	10	12	Yes	3	10	60	30	3	4.8 km/h
Wing et al. (42)	European	56	13	15	Yes	4	10	60	40	3	4.8 km/h
Verity and Ismail (62)	European	59	0 M, 5 F	0 M, 5 F	No	3	17	75	63.75	4	65–80% heart-rate reserve
Resistance training											
Baldi and Snowling (57)	Polynesian, European	48	9 M, 0 F	9 M, 0 F	No	3	10	60	30	3	2 sets, 12–15 reps, 10 exercises
Castaneda et al. (60)	Hispanic	66	9 M, 20 F	12 M, 19 F	No	3	16	45	36	4	3 sets, 8 reps, 5 exercises
Dunstan et al. (44)	European	51	8 M, 3 F	5 M, 5 F	No	3	8	60	24	2	2–3 sets, 10–15 reps, 10 exercises, 50–55% 1 RM
Dunstan et al. (39)	European	67	10 M, 6 F	6 M, 7 F	Yes	3	13	45	29.25	4	3 sets, 10 reps, 9 exercises, 50–85% 1 RM
Dunstan et al. (39)	European	67	10 M, 6 F	6 M, 7 F	Yes	3	26	45	58.50	4	3 sets, 10 reps, 9 exercises, 50–85% 1 RM
Honkola et al. (45)	European	65	12 M, 6 F	5 M, 15 F	No	3	22	45	49.50	3	2 sets, 12–15 reps, 8–10 exercises
Ishii et al. (46)	Japanese	49	9	8	No	5	5	60	25	2	2 sets, 10–20 reps, 10 exercises, 40–50% 1 RM
Combined training											
Balducci et al. (65)	European	61	28 M, 29 F	28 M, 27 F	No	3	52	60	156	3	40–80% heart-rate reserve, 40–60% 1 RM, 1 set, 12 reps, 6 exercises
Cuff et al. (59)	European	61	0 M, 10 F	0 M, 9 F	No	3	16	75	60	3	60–70% heart-rate reserve on 5 machines, 2 sets, 12 reps, 5 exercises
Loimaala et al. (69)	European	54	24 M, 0 F	25 M, 0 F	No	4	52	45	156	3	65–75% Vo_{2max}; 3 sets, 10–12 reps, 8 exercises
Maiorana et al. (47)	European	52	14 M, 2 F	14 M, 2 F	No	3	8	60	24	3	Circuit training: 8 aerobic + 7 resistance exercises, 45 s each with 15 s rest
Tessier et al. (48)	European	69	12 M, 7 F	11 M, 9 F	No	3	16	60	48	3	60–79% Vo_{2max}; 2 sets, 20 reps, 9 exercises

*Applies to experimental and control groups; †including a diet high in fish; ‡estimated. RM, repetition maximum.

Tabel 2: statistische gegeven van de onderzoeken opgenomen in de meta-analyse, ***Snowling et al. (2006)****.*

De gegevens uit de 27 onderzoeken werden verwerkt in een Meta-analytisch model (PROC MIXED) met als doel om de verschillen tussen de studies zoals ernst van de ziekte, geslacht, totale trainingstijd, trainingsintensiteit en diëten (13 studies) in kaart te brengen.

Resultaten

Soort training	Onderzoek	HbA1c (%)	Insulinegevoeligheid (%)
Duurtraining	**Agurs Collins et al. (1997)**		
	3 maanden	-1.6 ± 0.7	-
	6 maanden	-2.4 ± 1.5	-
	Boudou et al. (2000)	-3.1 ± 1.0	61 ± 38
	Cuff et al. (2003)	-0.1 ± 0.4	19 ± 32
	Dunstan et al. (1997)	-0.2 ± 0.4	-
	Dunstan et a.l (1997) + dieet	-0.5 ± 0.5	-
	Giannopoulou et al. (2005)	-1.0 ± 1.1	-
	Khan et al. (1995)	-0.2 ± 1.2	-
	Lehmann et al. (1995)	-0.6 ± 1.0	-
	Ligtenberg et al. (1997)	-0.3 ± 0.8	-6 ± 36
	Mourier et al. (1997)	-2.6 ± 0.8	54 ± 34
	Razet et al. (1994)	-1.3 ± 1.9	-
	Ronnemaa et al (1986)	-0.9 ± 1.2	-
	Vanninen et al. (1992)		
	Mannen	-0.2 ± 0.9	-
	Vrouwen	0.0 ± 0.8	-
	Yamanouchi et al.(1995)	-	64 ± 12
	Wig et al. (1998)	-0.5 ± 0.7	-
	Verity et al.(1989)	0.5 ± 1.2	
	Meta-analytisch gemiddelde	-0.7 (-1.0, -0.4)	28 (9, 49)
Krachttraining	**Baldi et al. (2003)**	-0.4 ± 0.5	22 ± 32
	Casteneda et al. (2002)	-1.0 ± 0.6	-
	Dunstan et al. (1998)	-0.4 ± 1.5	-
	Dunstan et al. (2002)	-0.8 ± 0.6	-4 ± 20
	Honkola et al. (1997)	-0.5 ± 0.6	
	Ishii et al. (1998)	-0.8 ± 1.4	
	Meta-analytisch gemiddelde	-0.5 (-1.0, -0.1)	12 (-6, 33)
Duur + krachttraining	Balducci et al. (2004)	-1.2 ± 0.4	-
	Cuff et al. (2003)	-0.1 ± 0.5	75 ± 45
	Loimaala et al. (2003)	-1.0 ± 0.6	-
	Maiorana et al. (2002)	-0.6 ± 0.9	-
	Tessier et al. (2000)	-0.4 ± 0.7	-
	Meta-analytisch gemiddelde	-0.8 (-1.3, -0.2)	106 (12, 208)

*Tabel 3:: Verandering in HbA1c en insulinegevoeligheid van de studies opgenomen in de meta-analyse naar **Snowling et al. (2006).***

In tabel 3 zijn de veranderingen van HbA1c en insulinegevoeligheid uit de onderzoeken verwerkt.

In alle 3 de trainingsvarianten waren geringe maar duidelijke verlagingen in HbA1c.
Voor alle andere metingen van de glucosebalans (nuchtere glucose, niet nuchtere glucose, nuchtere insuline en insulinegevoeligheid) waren de meeste effecten duidelijk, matig of gering aanwezig.
De effecten van gecombineerde training op de insulinegevoeligheid waren groter t.o.v de andere trainingsvormen. Er was echter maar één RCT dat hier onderzoek naar deed.
Er was een gering voordeel van alle 3 de trainingsvarianten voor de HbAC1 waarden en nuchtere glucose bij een ernstigere vorm van diabetes.
In één onderzoek kwam een groter positief effect voor mannen t.o.v. vrouwen naar voren voor wat betreft de insulinegevoeligheid.

De effecten van een langere trainingstijd op de HbA1c waarden waren onduidelijk.
Bij één onderzoek naar de glucosebalans bleek een hogere trainingsintensiteit een matig nadelig effect te hebben. Bij de andere onderzoeken waren de effecten van een hogere trainingsintensiteit onduidelijk, matig of gering positief aanwezig.

Dieetinterventies resulteren in verschillende geringe positieve en negatieve effecten t.o.v. de effecten van de training.

De interventieduur had invloed op de verlaging van de HbA1c waarden. Bij studies ≥ 12 weken was gemiddelde verlaging van HbA1c 0.8 +/- 0,3% en bij studies <12 weken 0.4 +/- 0,4%.

De gegevens verwerkt als gestandaardiseerde eenheden gaven aan dat de verlaging van HbA1c gering was (0.42 +/- 0.16 en 0.23 +/- 0.22). De verschillen tussen lange en korte studies waren waarschijnlijk gering (-0.19 +/- 0.26).

Conclusie

Duurtraining, krachttraining en gecombineerde training hebben geringe positieve effecten op de gemiddelde waarden van de glucosebalans: HbA1c. Er is enig bewijs van geringe positieve effecten door krachttraining met duurtraining te combineren.

Wagner et al. (2006) deden onderzoek naar het effect van training en acarbose op de glucosebalans, insulinegevoeligheid en fenotype werd onderzocht bij mensen met een milde vorm van type 2 diabetes. Acarbose is een bloedglucose verlagend middel. Het remt de afbraak van koolhydraten in de darm, waardoor de glucose langzamer gevormd wordt en dus langzamer in het bloed terechtkomt.

Onderzoeksopzet

Tweeënzestig mannen en vrouwen met type 2 diabetes werden willekeurig verdeeld in twee groepen: een groep van 12 weken training met of zonder acarbosebehandeling en een groep met alleen acarbosebehandeling. De training bestond uit een combinatie van duur plus krachttraining. Er werd 3 keer per week 50 min getraind.De Glucosebalans werd bepaald door HbA1c (A1C), insulinegevoeligheid (de M-waarde) door euglycemic-hyperinsulinemic clamp, en regionale vet distributie door geautomatiseerde tomografie en dubbele X-ray absorptiometrie. De fysieke conditie werd bepaald door maximaal zuurstofverbruik (VO2max). Alle onderzoeken werden uitgevoerd vóór en na de interventie.

Resultaten

Achtenveertig proefpersonen doorliepen het gehele onderzoek. Training verbeterde de M-waarde voor 92% (van 5.1 $mg.min^{-1}.kg^{-1}$ naar 9.8 $mg.min^{-1}.kg^{-1}$ (P = 0,017)) en verminderde de totale vetmassa en romp-vetmassa (P = 0.002, 0.001) en systolische bloeddruk (P = 0.01). Training had geen significant effect op de VO2max en het HbA1c niveau. De combinatie van oefening en acarbose verminderde aanzienlijk de nuchtere bloedsuiker, HbA1c, vetgehalte en diastolische bloeddruk en verhoogde de VO2max. De gevolgen voor de M-waarde waren vergelijkbaar met die van alleen training. Acarbose alleen had geen significant effect op de M-waarde of de HbA1c maar verminderde de systolische (P = 0.001) en diastolische bloeddruk (P = 0.001) en het nuchtere insulineniveau (P = 0.009). Veelvoudige regressieanalyse toonde aan dat de toevoeging van acarbose aan oefening de glucosebalans verbeterde.

Conclusie

Training bij proefpersonen met een milde vorm van type 2 diabetes verbeterde de insulinegevoeligheid, maar had geen effect op de glucosebalans. De toevoeging van acarbose aan training werd gekoppeld aan een significante verbetering van de glucosebalans en mogelijke cardiovasculaire risicofactoren.

Imperatore et al. (2006) deden een studie om het verband tussen fysieke activiteit en cardiovasculaire fitheid (CVF) en insulinegevoeligheid in een nationaal representatieve steekproef van de jeugd van de V.S. te onderzoeken.

Onderzoeksopzet

De studie omvatte gegevens van 1.783 adolescenten van de V.S. van 12-19 jaar die in de periode van 1999-2002 deelnamen aan het Nationale Onderzoek voor Gezondheid en Voeding. De fysieke activiteit werd beoordeeld door vragenlijsten en werd uitgedrukt in eenheden MET uren per week (MET is de verhouding tussen het metabolisme wat plaatsvindt tijdens een bepaalde arbeid t.o.v. een standaard rustmetabolisme. MET 1 is gelijkwaardig aan het energieverbruik tijdens rust (3,5 ml zuurstof verbruik per kg lichaamsgewicht per min). Het voorspelde maximale zuurstofgebruik

(VO2max, in milliliters per kilogram lichaamsgewicht per minuut) was een maatstaaf van de CVF en werd bepaald door een submaximale loopbandtest. De insulinegevoeligheid werd bepaald aan de hand van de Quantitative Insulin ChecK Index (Quicki).

Resultaten

Jongens bleken eerder dan meisjes hoog actief te zijn (30 MET h/week; 51 versus. 37%, $P < 0.001$) en hadden hogere niveaus van CVF (gemiddelde VO2max 47 versus. 39 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, $p < 0.001$). Aan het geslacht inherente veelvuldige regressiemodellen die op leeftijd, ras en BMI waren gecontroleerd, toonden aan dat bij jongens de hoge niveaus van fysieke activiteit en de hoge niveaus van CVF positief met insulinegevoeligheid waren gekoppeld($\beta = 0,84$, $P < 0,001$ en $\beta = 0,82$, $P = 0,01$). Onder meisjes werd de insulinegevoeligheid niet significant gekoppeld aan fysieke activiteit of met CVF maar werd significant omkeerbaar verbonden met BMI.

Conclusie

Een stijging in de fysieke activiteit en CVF hebben beide effect op het verbeteren van insulinegevoeligheid onder jongens. Voor meisjes kan de primaire rol van fysieke activiteit gewichtscontrole zijn.

Conclusie

Er is veel onderzoek gedaan naar de effecten van fysieke activiteit op de behandeling van diabetes mellitus type 2.
De vraagstelling van dit artikel luidde:

"Wat is het effect van fysieke activiteit op de gemiddelde bloedglucose waarden(HbA1c) en de insulinegevoeligheid bij patiënten met diabetes mellitus type 2?"

Uit de onderzoeken blijkt dat fysieke activiteit de insulinegevoeligheid verhoogt en de gemiddelde bloedglucose waarden verlaagt. De verlaging van de bloedglucose waarden is vergelijkbaar met de resultaten die worden bereikt met diëten, insulinebehandelingen en overige diabetesmedicatie. Zowel duurtraining als krachttraining verhoogt de insulinegevoeligheid en verlaagt de gemiddelde bloedglucose waarden. Een trainingsprogramma met daarin een combinatie van duurtraining en krachttraining is het meest effectief.

Discussie

Uit de meta-analyse van **Snowling et al. (2006)** komt naar voren dat er nog onduidelijkheid is over de invloed van trainingsintensiteit op de effecten van HbA1c en insulinegevoeligheid. **Snowling et al. (2006)** vinden dit een verbazende uitkomst omdat de meeste, zo niet alle, fysiologische adaptaties van trainingen gevoelig zijn voor intensiteit. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de uitvoering van hogere trainingsintensiteit door patiënten minder goed was dan de auteurs beweren.
Uit het onderzoek van **Snowling et al. (2006)** blijkt dat mannen een groter voordeel hebben t.a.v. het effect van fysieke activiteit op de insulinegevoeligheid dan vrouwen.
Imperatore et al. (2006) ondersteunen dit. Uit hun onderzoek blijkt dat er een significante relatie is tussen fysieke activiteit en insulinegevoeligheid ($\beta = 0.84$, $P < 0.001$) bij jongens en dat er geen significante relatie tussen fysieke activiteit en insulinegevoeligheid is bij meisjes. De betrouwbaarheid van de uitkomsten door het gebrek aan voldoende hoogwaardige onderzoeken leidt er toe dat deze uitkomst met voorzichtigheid moet worden geïnterpreteerd en dat er meer onderzoek nodig is.
Uit verschillende onderzoeken blijkt dat de invloed van fysieke activiteit op de gemiddelde bloedglucose waarden vaak klein tot matig is en vaak niet voldoende is om de bloedglucose waarden op een acceptabel niveau te houden.
Uit het onderzoek van **Snowling et al. (2006)** blijkt dat bij mensen met een ernstige vorm van diabetes het effect van fysieke activiteit op de gemiddelde bloedglucose waarden iets groter is dan bij mensen met een mindere ernstige vorm van diabetes. Kortom de mensen die vaak de meeste moeite hebben met bewegen hebben het meeste baat bij bewegen.

Snowling et al. (2006) spreken steeds van geringe tot matige positieve effecten. Het gevaar hiervan is, dat mensen na het lezen van dit onderzoek mogelijk minder gemotiveerd zijn om fysieke activiteit in te zetten bij de behandeling van diabetes mellitus type 2. Toch zijn de uitkomsten van dit onderzoek interessant. **Snowling et al. (2006)** melden een gemiddelde verlaging van HbA1c van 0.8+/- 0.3 % na 12 weken van fysieke activiteit.
Eves et al. (2006) melden bijvoorbeeld dat een verlaging van HbA1c met 0.6% de kans op hart en vaatziekten doet afnemen met 32%. Bij een verlaging van 0.9% daalt de kans zelfs met 48%.
Snowling et al. (2006) melden dat de resultaten van fysieke activiteit op de HbA1c vergelijkbaar is met de resultaten die worden bereikt met, diëten, insulinebehandelingen en overige diabetesmedicatie.
Fysieke activiteit heeft echter veel meer voordelen t.o.v. de overige behandelingen. Zo nemen bijvoorbeeld bij fysieke activiteit de spiermassa en conditie toe, wat de zelfredzaamheid van de vaak toch kwetsbare groep ten goede komt. De voorkeur gaat dus uit naar fysieke activiteit of een combinatie van behandelingen waarin fysieke activiteit is opgenomen.

Uit het onderzoek van **Wagner et al. 2006** blijkt dat een gecombineerde behandeling van fysieke activiteit en acarbose de HbA1c significant doet verminderen t.o.v. alleen training of alleen acarbose.

Aanbevelingen

Een combinatie van krachttraining en duurtraining is aan te bevelen doordat de effecten van beide trainingsvormen een positieve invloed hebben op de behandeling van diabetes mellitus type 2 en hierdoor dus betere resultaten worden bereikt.

Er dient verder onderzoek te worden gedaan naar:

- de effecten van de trainingsintensiteit op de HbA1c en insulinegevoeligheid,
- het verschil in effect van fysieke activiteit op de gemiddelde glucosewaarden en insulinegevoeligheid per sekse,
- de invloed van gecombineerde therapie (diëten, medicatie en fysieke activiteit) op de HbA1c waarden en de insulinegevoeligheid .

Literatuurlijst

Boeken

- Noten K.: Diabetes in beweging. Uitgeverij karakters , Uithoorn 2004

Artikelen

- Baldi JC, Snowling N: Resistance training improves glycaemic control in obese type 2 diabetic men. Int J Sports Med 24:419–423, 2003

- Balducci S, Leonetti F, Di Mario U, Fallucca F: Is a long-term aerobic plus resistance training program feasible for and effective on metabolic profiles in type 2 diabetic patients?. Diabetes Care 27:841– 842, 2004

- Boule NG, Haddad E, Kenny GP, Wells GA, Sigal RJ: Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. JAMA 286:1218– 1227, 2001

- Castaneda C, Layne JE, Munoz-Orians L, Gordon PL, Walsmith J, Foldvari M, Roubenoffr R, Tucker KL, Nelson ME. A Randomized Controlled Trial of Resistance Exercise Training to Improve Glycemic Control in Older Adults With Type 2 Diabetes. Diabetes Care 25:2335–2341, 2002

- Cuff DJ, Meneilly GS, Martin A, Ignaszewski A, Tildesley HD, Frohlich JJ“Effective. Exercise Modality to Reduce Insulin Resistance in Women With Type 2 Diabetes. Diabetes Care 26:2977–2982, 2003

- Dunstan DW, Puddey IB, Beilin LJ, BurkeV, Morton AR, Stanton KG: Effects of a short-term circuit weight training program on glycaemic control in NIDDM. Diabetes Res Clin Pract 40:53– 61, 1998

- Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, Courten de M, Shaw M, Zimmet P. High-Intensity Resistance Training Improves Glycemic Control in Older Patients With Type 2 Diabetes. Diabetes Care 25:1729–1736, 2002

- Eves D, Plotnikoff C. : Resistance Training and Type 2 Diabetes. Diabetes Care, Volume 29, nr 8, augustus 2006

- Holten MK, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski JF, Dela F: Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signalling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. Diabetes 53:294–305, 2004

- Ibanez J, Izquierdo M, Arguelles I, Forga L, Larrion JL, Garcia-Unciti M, Idoate F,Gorostiaga EM: Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominalfat and improves insulin sensitivity inolder men with type 2 diabetes. Diabetes Care 28:662– 667, 2005

- Imperatore G, Cheng Y, Williams D, Fulton J, Gregg E. Physical activity, cardiovascular fitness, and insuline sentivity among U.S. Adolescent. Diabetes Care, volume 29, nr 7, juli 2006

- Ishii T, Yamakita T, Sato T, Tanaka S, Fujii S. Resistance training improves insulin sensitivity in NIDDM subjects without altering maximal oxygen uptake. Diabetes Care 21:1353–1355, 1998

- Kohrt WM, Kirwan JP, Staten MA, Bourey RE, King DS, Holloszy JO. Insulin resistance in aging is related to abdominal obesity. Diabetes 42:273–281, 1993

- Maiorana A, O'Driscoll G, Cheetham C, Dembo L, Stanton K, Goodman C, Taylor R, Green D. The effect of combined aerobic
  and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. J Am Coll Cardiol 38:860–866, 2001

- Rutten GEHM, Goudswaard
- Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of Different Modes of Exercise Training on Glucose Control and Risk Factors for Complications in Type 2 Diabetic Patients.
  Diabetes Care 29:2518–2527, 2006

- Tokmakidis SP, Zois CE, Volaklis KA, Kotsa K, Touvra AM. The effects of a combined strength and aerobic exercise program
  on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. Eur J Appl Physiol 92:437– 442, 2004

- Virtanen KA, Iozzo P, Hallsten K, Huupponen R, Parkkola R, Janatuinen T, Lonnqvist F, Viljanen T, Ronnemaa T, Lonnroth P, Knuuti J, Ferrannini E, Nuutila P. Increased fat mass compensates for insulin resistance in abdominal obesity
  and type 2 diabetes: a positron-emitting tomography study. Diabetes 54:2720– 2726, 2005

- Wagner H, Degerblad M, Thorell A, Nygren J, Stahle A, Kuhl J, Brismar, T, Öhrvik J, Efendic S, Båvenholm P: Combined treatment with exercise training and acarbose improves metabolic control and cardiovascular risk factor profile in subjects with mild type 2 diabetes. Diabetes Care, volume 29, nr 7, juli 2006

Websites

- http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/gezondheid welzijn/publicaties/artikelen/archief/2007/2007-2232-wm.html
  Website over statistische gegevens van diabetes bij overgewicht

- http://www.rivm.nl/vtv/object_document/o1259n17502.html
  Website over prevalentie en epidemiologie van diabetes mellitus type 2

Bijlage 1 Checklist

Naam student: *Ron Dillerop*

Titel: *Effect van fysieke activiteit op de gemiddelde bloedglucose waarden(HbA1c) en insulinegevoeligheid bij patiënten met diabetes mellitus type 2.*

Datum: *06-06-2008*

Checklist

1. het werkstuk heeft de onderdelen samenvatting, inleiding, methode, romp en afsluiting en is voorzien van passende tussenkopjes. **V**

2. het werkstuk is voorzien van een kop, waarin de volgende zaken opgenomen zijn: de titel, de naam van de student, de datum en de annotatie:
   'Afstudeeropdracht, Opleiding Fysiotherapie, Instituut voor Bewegingsstudies, Faculteit Gezondheidszorg' **V**

3. De bronvermeldingen in de tekst zijn conform de regels zoals vermeld in paragraaf 2.2. **V**

4. De literatuurlijst is opgesteld conform de regels zoals vermeld in paragraaf 2.2. **V**

5. De spelling is correct en gecontroleerd met spellingscontrole van Word. **V**

6. De tekst is gecontroleerd op stopwoorden en tussenvoegsels. **V**

7. De tekst is in de derde persoon geschreven. **V**

8. De tekst heeft een omvang van 2000-5000 woorden. **V**

Het aantal woorden exclusief literatuurlijst en bijlagen volgens Word woorden tellen: